



INSPECTION THERMIQUE SITE ANONYMISE

Nom : Site anonymise

Date : Date anonymisee

Adresse : Site confidentiel - Grand Est

Contact service technique :

Pierre Harter : ✉ pierre@iadrones.fr ☎ 0769449530

Arthur Fraulob : ✉ arthur@iadrones.fr ☎ 0771232050

Rapport réalisé par : **Arthur Fraulob**

Table des matières

1. Informations sur le site	3
1.1 image visible	3
1.2 Ortho-image thermique	4
1.3 Plan cadastral des défauts	5
2. Méthodologie et normes	7
2.1 Conformité aux normes IEC	7
2.2 Terminologie utilisée dans le rapport	7
3. Données de la mission	8
3.1 Drone utilisé et configuration	8
3.2 Conditions d'acquisition	9
4. Analyse des données	10
4.1 Détection, classification et visualisation des défauts	10
4.2 Interprétation des défauts thermiques	10
4.3 Synthèse des résultats	22
4.4 Conclusion	23

1. Informations sur le site

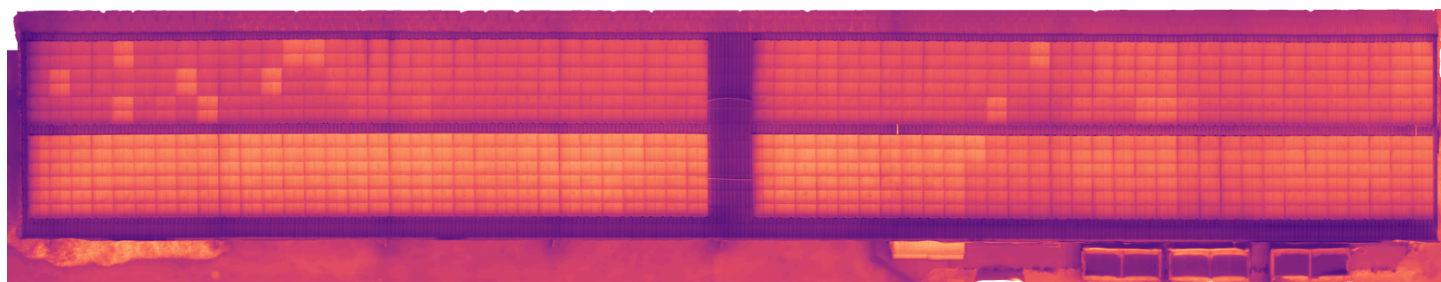
Nom/Adresse du site	Site confidentiel - Grand Est
Puissance totale	346 kWc
Nombre panneaux	768

1.1 image visible

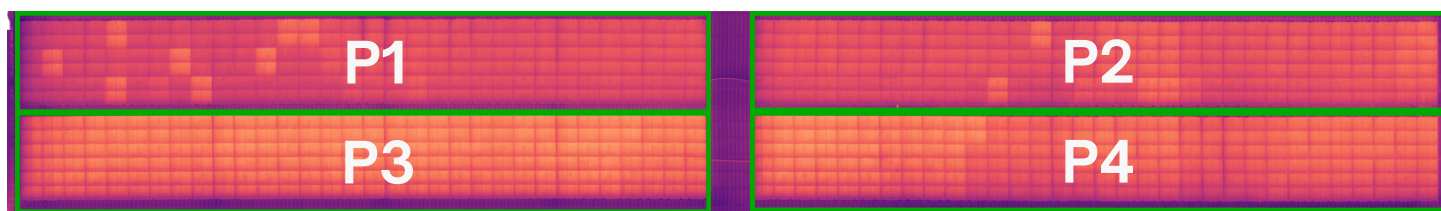


Prise de vue orientée face à l'installation

1.2 Ortho-image thermique



Prise de vue orientée face à l'installation



1.3 Plan cadastral des défauts

Localisation P1 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

 Rendement inférieur

Localisation P2 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

 Rendement inférieur

Localisation P3 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

 Rendement inférieur

Localisation P4 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

 Rendement inférieur

2. Méthodologie et normes

2.1 Conformité aux normes IEC

Cette inspection suit les recommandations de la norme IEC TS 62446-3, qui définit les bonnes pratiques en matière de tests, documentation et entretien des installations photovoltaïques à l'aide de la thermographie infrarouge en extérieur.

Cette norme précise que les inspections doivent être réalisées en fonctionnement standard, avec un éclairage naturel, sans source d'alimentation ou d'irradiation artificielle, et en privilégiant des techniques passives.

2.2 Terminologie utilisée dans le rapport

Ce rapport utilise un certain nombre de termes techniques relatifs à l'analyse thermique et à l'inspection par drone. Afin d'en garantir la bonne compréhension, les définitions suivantes s'appliquent :

- Ortho-image : Image aérienne redressée géométriquement, offrant une représentation fidèle à l'échelle du site inspecté, sans distorsion liée à la perspective.
- Thermographie : Image thermique capturée par une caméra infrarouge, représentant les différences de température sous forme de niveaux de gris ou de couleurs.
- Anomalie thermique : Toute variation anormale de température détectée sur un module ou un groupe de modules, pouvant traduire un défaut électrique, mécanique ou une obstruction.
- GSD (Ground Sample Distance) : Distance réelle au sol représentée par un pixel sur l'image. Elle définit la précision spatiale des images utilisées dans l'analyse.
- RTK (Real-Time Kinematic) : Technologie de géolocalisation permettant d'obtenir des coordonnées très précises lors du vol du drone, améliorant la qualité des orthoimages et des relevés.
- Irradiance : Puissance du rayonnement solaire reçue par unité de surface, exprimée en W/m^2 . Elle est mesurée au moment de la prise de vue pour garantir la fiabilité des données thermiques.

3. Données de la mission

3.1 Drone utilisé et configuration

Paramètre	Détail
Modèle du drone	DJI Mavic 3T (Thermal)
Type de caméra thermique	Capteur radiométrique 640 × 512 px
Plage de température	-20 °C à +150 °C (±2 °C)
Caméra visible	48 MP - capteur 1/2» CMOS
Altitude de vol moyenne	20 m
Vitesse de vol	2 m/s
Géolocalisation	RTK activé – précision centimétrique
Date et heure du vol	Donnee anonymisee

3.2 Conditions d'acquisition

Paramètre	Détail
Irradiance au sol	811 W/m ² (mesurée avec pyranomètre)
Température ambiante	31°C
Vent	4 km/h
Température médiane panneaux	47,7°C
Charge estimée	74 %

Définition : la « charge » est la part de puissance nominale effectivement mobilisée au moment des mesures :

Charge = $P_{attendue} / P_{STC}$.

- **P_{STC}** : puissance nominale “au labo”, mesurée à 1000 W/m² et 25 °C (valeur fabricant, ex. 250 kWc).
- **P_{attendue}** : puissance prévue dans les conditions du jour.

Calcul : $P_{attendue} = P_{STC} \times (G/1000) \times [1 + \gamma \times (T_{cell} - 25\text{ °C})] \times k_{sys}$, où G est l'irradiance mesurée, γ le coefficient de température de puissance des modules, T_{cell} la température médiane des panneaux issue des images IR (hors bords et points chauds), et k_{sys} les pertes système.

Fiabilité : méthode standard de la filière PV (corrections irradiance/température conformes aux pratiques des normes IEC 60891 et au modèle de performance Sandia), garantissant un calcul robuste et traçable.



4. Analyse des données

4.1 Détection et classification des défauts

L'analyse thermique a permis d'identifier plusieurs anomalies par comparaison des températures au sein des modules.

Cela nous a permis d'isoler les points chauds et les zones présentant un comportement thermique anormal.

4.2 Interprétation des défauts thermiques

L'interprétation des défauts thermiques repose sur l'analyse des écarts de température observés sur les modules photovoltaïques à partir des images infrarouges. Ces écarts peuvent indiquer des dysfonctionnements affectant la performance ou la sécurité de l'installation.

- Le ΔT d'un défaut augmente avec la charge électrique, car l'échauffement croît avec le courant. L'interprétation doit donc considérer à la fois le ΔT et la charge au moment de la mesure.

Les défauts sont classés en fonction de leur forme, de leur intensité thermique et de leur localisation sur le module. Voici les principales catégories observées :

- **Rendement inférieur** : Un rendement inférieur désigne une élévation de température sur l'ensemble d'un panneau, voire sur plusieurs panneaux adjacents. Elle se distingue par une montée homogène de la température, et peut être causée par une mauvaise circulation de l'air derrière les panneaux, un fusible, un encrassement généralisé ou un déséquilibre dans la chaîne électrique (string) affectant la production.

Les images thermiques sont croisées avec les images visibles afin de confirmer ou d'exclure une cause externe (salissure, ombrage, etc.).



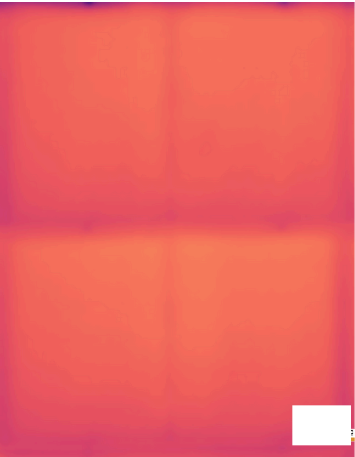
Temp. Moy. des panneaux : 50.0°

Remarque :

Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 50.3°

Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 50.4°

Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



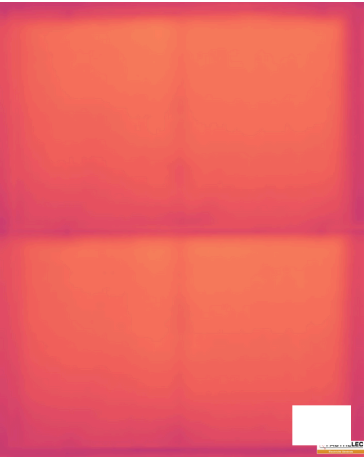
Temp. Moy. des panneaux : 48.2°

Remarque :

Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 50.3°

Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 49.0°

Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



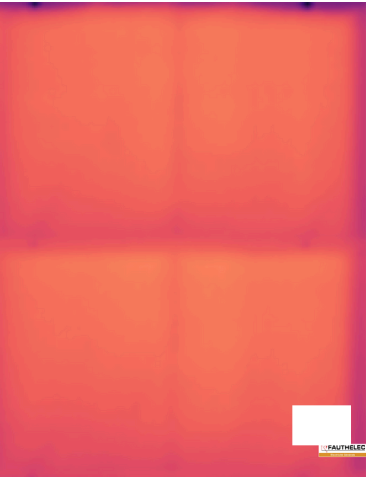
Temp. Moy. des panneaux : 49.2°

Remarque :

Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 50.9°

Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																



Temp. Moy. des panneaux : 49.2°

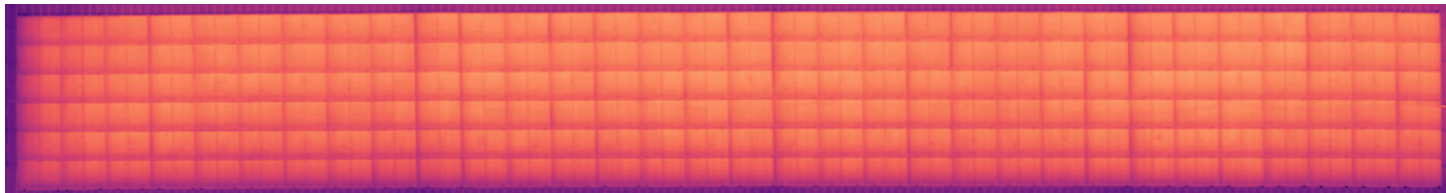
Remarque :
Deux panneaux montrent un échauffement homogène, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

Défaut : **Rendement inférieur** **P3**
Panneaux : **Tous les panneaux**

Charge: **74%**



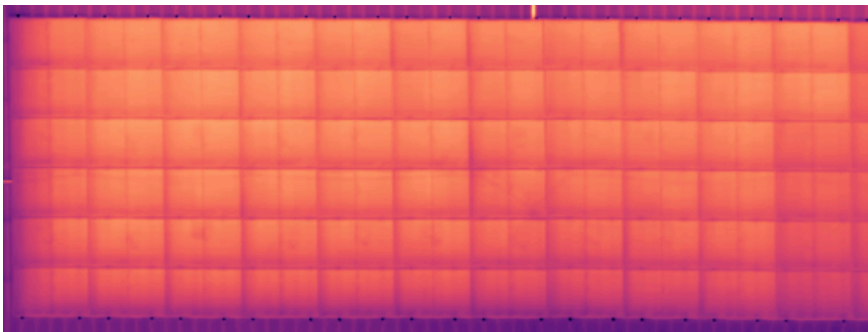
Temp. Moy. des panneaux : **51,7°**

Remarque :

Tous les panneaux de cette installation montrent un échauffement homogène avec une différence de 4 degrés, vérification à envisager.

Défaut : Rendement inférieur
Panneaux : A-11; B-11; C-10; D-10;
E-10; F-10

Charge: 74%



Temp. Moy. des panneaux : 51,6°

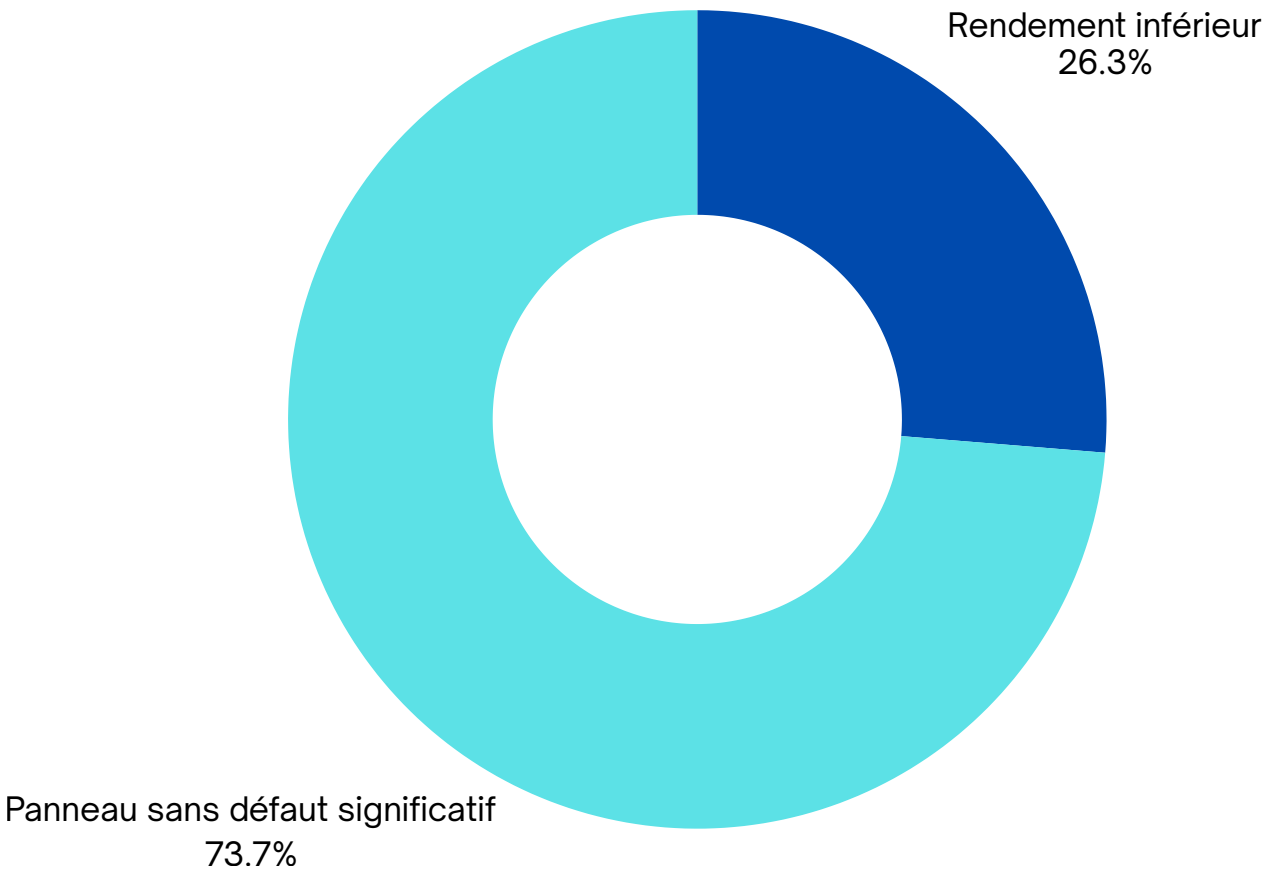
Remarque :
Tous ces panneaux montrent un échauffement homogène avec une différence de 3,9 degrés, vérification à envisager.

Localisation :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																

4.3 Synthèse des résultats

Défaut	Nombre panneaux
Rendement inférieur	274



4.4 Conclusion

L'inspection thermique à ~74% de charge met en évidence des élévations homogènes de température de l'ordre de +3 à +5 °C sur 274/768 modules (26,3%).

L'aspect diffus et homogène des signatures ne correspond pas à des défauts localisés de type cellule/soudure/diode mais suggère des anomalies de rendement potentielles, possiblement liées à des conditions de ventilation locales, à de légers déséquilibres électriques de strings/MPPT ou à des variations de lot de modules.

Aucune anomalie de sécurité n'a été observée (absence de points chauds localisés).

Une vérification électriques est à envisager.

Ce rapport est fourni avec :

- Image visible (.JPG)
- Ortho-image thermique (.TIF)