

Protocole de thermographie pour le contrôle de panneaux photovoltaïques

Mémento des conditions et spécificités de la vérification de panneaux solaires producteurs d'électricité. Guide à l'usage du client et du professionnel.

Version 1.0 : avertissement : ce protocole ne remplace pas une formation professionnelle et n'a pas la prétention d'être exhaustif, il concerne essentiellement le solaire domestique et moins l'industriel.

Contenu

[Pourquoi réaliser un audit thermographique de panneaux solaires photovoltaïques ?](#)

[Quelles sont les dates, météo et heures idéales pour réaliser la vérification de panneaux solaires photovoltaïques ?](#)

[Éléments vérifiables](#)

[Dates](#)

[Heure](#)

[Météo](#)

[Quelles sont les conditions physiques nécessaires au contrôle thermographique des panneaux solaires photovoltaïques ?](#)

[Installation en fonction ou à l'arrêt ?](#)

[Installation neuve, précautions](#)

[Distances et matériel](#)

[Panneaux au sol ou sur une toiture plate accessible](#)

[Panneaux sur un bâtiment bas d'un étage et parfaitement visibles](#)

[Panneaux sur des bâtiments rez+1 où l'on peut prendre de la hauteur à proximité](#)

[Panneaux sur des bâtiments simple rez jusque rez+2 où la visibilité est problématique](#)

[Panneaux très difficilement accessibles ou dans un environnement dangereux](#)

[Pourquoi est-ce mauvais une cellule chaude ou un mauvais motif thermique sur l'ensemble de mes panneaux ?](#)

[La cellule chaude, source et risque](#)

[Le motif thermique de l'installation](#)

[Rationaliser les moyens selon la situation où la politique du coût](#)

[Quelles sont les stratégies d'optimisations ou de solutionnement ?](#)

[Cas n°0 : j'ai des micro-onduleurs sur chaque panneau](#)

[Cas n°1 : mon installation est toujours sous garantie, mon installateur toujours en activité et mon modèle de panneaux toujours en stock](#)

[Cas n°2 : mon installation est toujours sous garantie, mon installateur toujours en activité mais mon modèle de panneau n'est plus distribué.](#)

[Cas n°3 : mon installation est toujours sous garantie mais mon installateur a fait faillite mais pas le fabricant et mon modèle de panneau toujours de stock](#)

[Cas n°4 : mon installation est toujours sous garantie mais mon installateur a fait faillite mais pas le fabricant et mon modèle de panneau n'est plus de stock](#)

[Cas n°5 : vous êtes seul, soit hors garantie soit installateur comme constructeur ont disparu](#)

[Cas n°6 : les problèmes de mon installation sont dus à des ombres](#)

[Cas n°7 : Réparer les cellules défectueuses ?](#)

[Annexe : liste des principales déficiences :](#)

[Impuretés, poches de gaz, défaut lors de la fabrication ou du placement](#)

[Cellule fissurée](#)

[Fissures](#)

[Pollution ou salissure locale](#)

[Ombres \(temporaire normalement\)](#)

[Diode-bypass défectueuse ou problèmes de raccordement](#)

[Défaut d'interconnexion](#)

[Performance des panneaux solaire](#)

Pourquoi réaliser un audit thermographique de panneaux solaires photovoltaïques ?

Il est inutile de systématiquement faire une thermographie de panneaux solaires s'il n'y a pas un motif ou une démarche de maintenance en qualité.

Les motifs principaux sont donc :

- Réception définitive d'une installation neuve surtout si l'on désire en vérifier la qualité et les éventuelles faiblesses (peut servir à tranquilliser le client sur la qualité de l'installation et garantir un état déterminé lors de l'installation)
- Dégâts sur des panneaux afin de diagnostiquer d'éventuelles fissures, dégradations, ... (on soupçonne des dommages mais sans être certains de où, démarche exploratoire)
- Vérification après un nettoyage de panneaux afin de s'assurer que la qualité de surface n'a pas été altérée (s'assurer que le verre n'a pas été matifié, trop rayé ou enduit d'un polisseur brillant qui va faire augmenter la réflexion du verre)
- Une installation produit même en période optimale moins de 80% de la valeur équivalente en kWc (valeur optimale de l'installation) sur son ensemble ou sur certains strings (démarche visant à vérifier les causes d'un manque de rendement d'une installation solaire)
- Conserver une trace dans le temps de l'empreinte thermique et donc de l'efficacité de ses panneaux (peut servir à déterminer si des panneaux ne doivent pas être désactivés car leur performance est trop mauvaise par rapport aux autres)
- À la demande d'un poseur de panneau afin de trouver plus vite un panneau défectueux par thermographie (actuellement, la majorité du temps, un poseur va connecter/déconnecter des panneaux un par un afin d'identifier la plaque défectueuses, c'est long voire dangereux)

Plus de 90% des installations photovoltaïques sont saines et sans problèmes, il n'est donc pas utile de pousser à la surconsommation d'audits sur ce plan mais les propriétaires soucieux de la qualité de leur production peuvent trouver un intérêt à suivre la productivité de l'ensemble de leurs panneaux afin de neutraliser les plaques qui s'usent plus vite que les autres (voir aussi stratégies d'optimisation) et d'ainsi éviter des pertes de rendement à cause d'un mauvais panneau parmi tous.

Pour qu'un propriétaire s'assure de la qualité de production de son installation, il lui suffit de regarder sa production instantanée, par beau temps, sans canicule (idéalement moins de 25°C) et aux alentours de midi solaire pour les expositions plein sud, deux heures avant pour le sud-est et deux après le midi solaire pour le sud-ouest, de mai à juillet dans l'hémisphère nord. Cette valeur doit être d'au moins 80% de la valeur en kilowatt-crête s'il n'y a pas d'ombres portées sur le panneau.

Quelles sont les dates, météo et heures idéales pour réaliser la vérification de panneaux solaires photovoltaïques ?

Tout d'abord, il faut se demander les raisons de la demande de vérification, son degré d'urgence et l'ampleur des éléments qu'il faudra vérifier

Éléments vérifiables

- Qualité des cellules (Rendement des cellules de base)
La température des cellules trop chaudes doit être de l'ordre d'au moins une douzaine de degrés voire

plus que le reste du panneau. En période chaude, sa température est proche de celle de la toiture voire supérieure. Cette situation est due au fait que cette cellule ne convertit plus l'énergie en électricité donc elle réagit comme toute surface absorbante, elle convertit le rayonnement infrarouge en chaleur mais en prime elle inverse sa polarité ce qui la transforme en une sorte de condensateur.

- Motif thermique de l'ensemble de l'installation (rendement entre panneaux)
Tous les panneaux ont habituellement la même orientation et une installation est composée de panneaux de même type donc leur réaction au soleil doit être similaire, la seule différence est que l'on peut observer le sens de branchement des strings par un échauffement progressifs des panneaux depuis le départ jusqu'à la sortie vers l'onduleur. Il n'y a pas de règles absolues mais le motif thermique se doit néanmoins d'être cohérent même avec des micro-onduleurs.
- Raccords électriques
Diodes, connecteurs vers l'onduleur, moteur éventuel, toute surchauffe peut être un problème de serrage, de connecteur ou un risque de court-circuit
- Ombres sur les panneaux
Cette partie a normalement dû être détectée et intégrée par l'installateur qui aura installé ses strings et choisi le type de panneau en fonction des éventuelles ombres existantes mais des plantes grandissent et des bâtiments ou des mobiliers s'érigent donc une situation peut avoir changé.
- Rapport entre les observations et la production réelle
Sauf quand on travaille à saturation (autour midi solaire) et vers le solstice d'été, on peut utiliser un pyranomètre (appelé aussi solar mètre ou mesureur de l'émissivité solaire) qui donnera la valeur réelle de la puissance du soleil en watts par m². Ceci permettra alors de comparer avec l'efficacité prétendue des panneaux étudiés.

Dates

Si c'est pour vérifier les cellules chaudes ou le motif, peu importe la date pourvu qu'il y ait du soleil ou que le temps soit nuageux mais avec une belle luminosité (500 à 700 watts/m² au minimum). Si le rendement doit être vérifié celui qui veut travailler en tout temps doit se munir d'un pyranomètre ou solar mètre mais peut passer à côté de subtilités si les puissances sont trop faibles.

Heure

À nouveau, que veut-on vérifier et de quel matériel dispose-t-on ?

Globalement, dès que la puissance solaire atteinte 500 à 700 watts/m², on peut commencer à travailler. L'heure est aussi déterminée par les ombres éventuelles sur l'installation ainsi que son orientation, on ne contrôlera généralement pas une installation orientée sud-est l'après-midi ou sud-ouest le matin.

Météo

L'idéal est un temps clair, avec moins de 25°C et peu de vent (celui-ci va « gommer » les différences thermique, c'est un facteur à prendre en compte). En tous les cas, il ne faut ni brume ni brouillard et si des nuages ne sont pas nécessairement gênant, ils vont empêcher une mesure globale de l'installation et perpétuellement projeter des reflets sur la surface en verre des panneaux, le verre étant très spéculaire au niveau de la réflexion. Donc, autant que possible, pas de nuages.

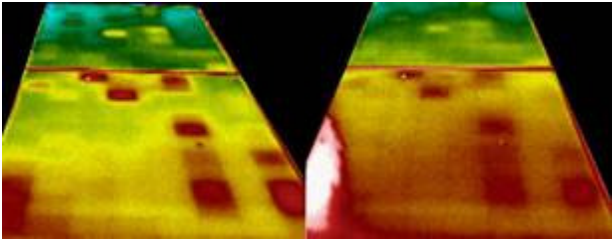
Quelles sont les conditions physiques nécessaires au contrôle thermographique des panneaux solaires photovoltaïques ?

Installation en fonction ou à l'arrêt ?

Tester une installation à l'arrêt a peu de sens, les panneaux peuvent avoir l'air de parfait patchwork et se révéler harmonieux à la mise en service. On observe d'ailleurs un lissage de la signature thermique lors de la mise en service des panneaux au fur et à mesure qu'ils s'équilibrent.

Tester une installation à l'arrêt ou en cours de mise en régime va d'ailleurs générer pas mal de faux positifs, c'est donc intéressant mais pas nécessairement significatif. Néanmoins, l'avenir nous dira, pendant le vieillissement des installations qui ont été auditées si les îlots de surchauffe observés pendant le démarrage ont une importance ou pas.

Il est néanmoins possible de tester une installation non raccordée en mettant temporairement les panneaux en court-circuit mais il faut au minimum 15 à 30 minutes sur une installation neuve pour que le panneau soit devenu homogène et c'est une opération qui peut s'avérer dangereuse en cas d'électrocution car produisant du courant continu, avoir l'assistance d'un électricien ou en être un est une précaution non négligeable.



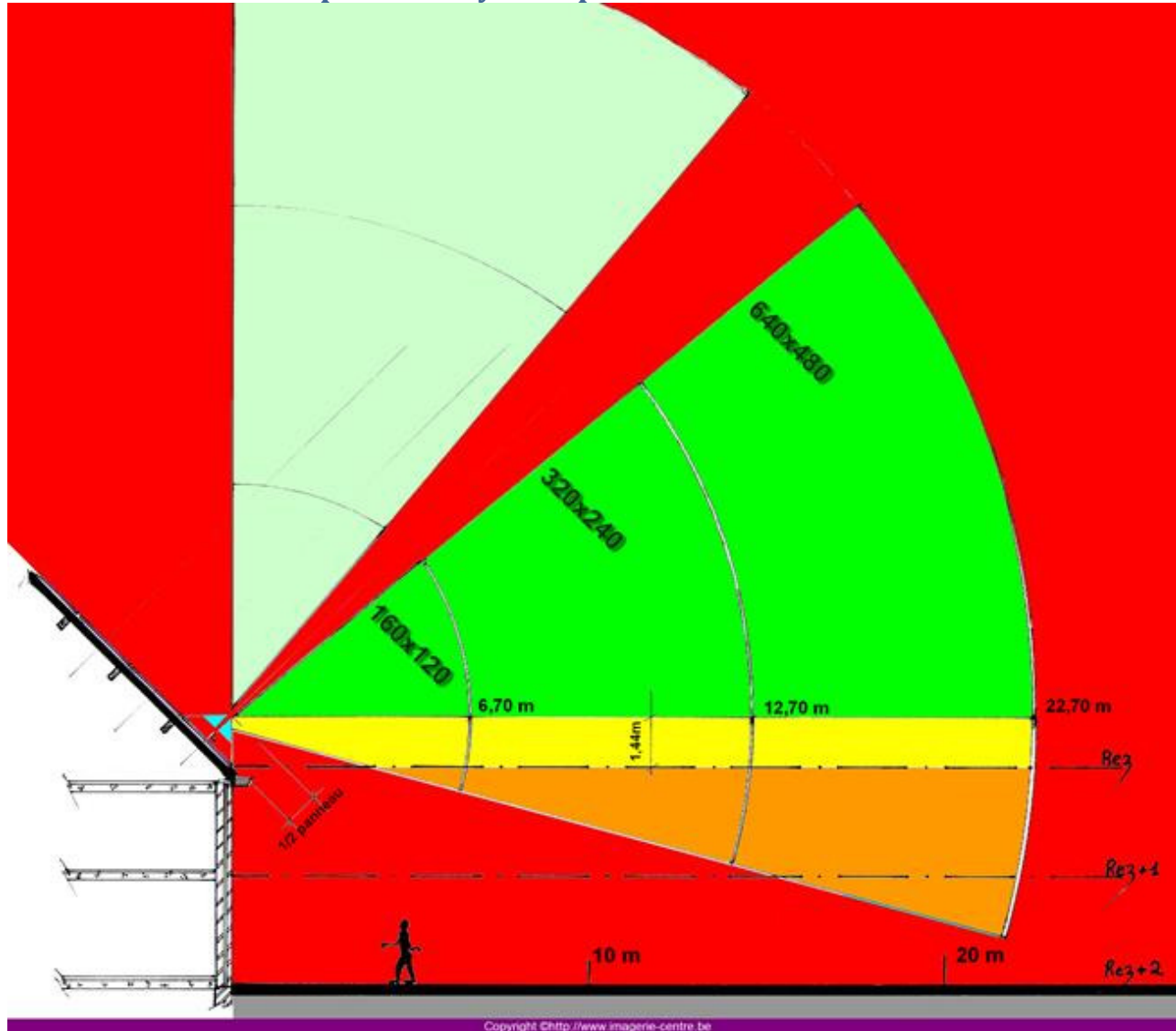
Installation neuve, précautions

1 Comparaison à 10 minutes d'intervalle lors du démarrage d'une installation neuve (avec effet d'un usage sur la gauche de l'image de droite)

Une installation neuve n'est pas rodée et il peut falloir plusieurs jours, selon l'ensoleillement pour que son rendement arrive à l'optimal, la mise en service de

panneaux neufs est d'ailleurs particulièrement chaotique à l'objectif d'une caméra thermique. Il faudra donc être prudent si l'installation est neuve.

Distances et matériel pour l'analyse de panneaux



Voici un diagramme résumé d'un cas de panneaux de 2m² sur une toiture à 45° :

- Zone verte : mesures idéales, tous les points sont perceptibles depuis votre position, vous êtes à plus d'un mètre du panneau également pour éviter d'influencer le panneau en y portant des ombres et avec assez de recul que pour avoir des vue globales (vers 4m50 pour voir le panneau en entier)
- Zone bleue : c'est une zone spéciale destinée à scanner de près les anomalies mais sans porter d'ombre sur le panneau donc difficile à faire pour les parties centrales
- La zone jaune amène dans l'acceptable mais ne permet déjà plus des mesures de température exploitables, on entre déjà dans la thermographie quantitative, sans plus
- Cette zone orange est la zone limite, à éviter autant que possible même si l'on voit encore des éléments, on est tellement près des conditions limites que l'erreur est à quelques centimètres de positionnement

seulement

- La zone rouge est l'ensemble des zones interdites soit parce qu'au-delà de l'angle limite, au-delà des aptitudes des caméras mais l'utilisation d'un téléobjectif permet encore de regagner sur la limite cependant la majorité des fabricants de thermacam signalent que le téléobjectif ne donne pas de résultats utilisables avec les caméras 160x120.
- La zone en vert clair est une zone spéciale pour les ballons et les drones, elle n'est pas conseillée non plus sauf dans des zones avec un grand dégagement car au lieu de refléter la voûte céleste, vous commencez à refléter les objets sol qui est composé d'éléments plus proches et sur lesquels la voûte céleste reflète. C'est donc le même cas qu'avec les nuages, vous pouvez avoir des motifs, fixes cette fois qui vont venir se refléter dans votre image. Dans le cas de toits plats avec des rangées de panneaux, à part sur la première rangée, c'est le dos de la rangée de devant qui va apparaître sur votre image et qui risque d'en brouiller irrémédiablement la lecture. En ville, c'est le bâtiment de l'autre côté de la rue qui va s'afficher, ou encore des arbres, ...
C'est aussi la zone pour les hélicoptères mais sur lesquels on ne devrait travailler qu'avec téléobjectif à cause du vent des pales qui va perturber en créant un vent et des tourbillons sur les panneaux. L'hélicoptère condamne donc quasiment à une thermacam minimum 640x480 avec téléobjectif pour rester à 30 mètres des panneaux à thermographier.

Remarque générale, ce diagramme est destiné à l'observation de panneaux et de leurs anomalies, si il s'agit d'analyser précisément les cellules, il faut se tenir entre 50 cm et 2 mètres de distance de la cellule à visionner.

Utilisation de ce diagramme :

Si le bas du panneau atteignait le sol, vous ne devriez pas thermographier à moins de 1m44 de hauteur (hauteur de l'arête supérieure du panneau).

Si les panneaux sont en hauteur, vous devez rajouter à ces 1m44 l'altitude de pose des panneaux, pour toujours rester à la hauteur de l'arête supérieure du panneau à thermographier puis rajouter 1m44 à chaque rangée plus haut.

Donc, mettons un bâtiment Rez+1 avec trois rangées de panneau, vous pouvez placer la caméra à 4m50 d'altitude pour la première rangée, 6 mètres pour la seconde et 7m50 pour la troisième rangée. Une caméra thermique équipée d'une perche est donc tout juste suffisante pour ce travail.

Panneaux au sol ou sur une toiture plate accessible

Les caméras de base en 160x120 (ou 120x120 de matrice) suffisent la majorité du temps pour autant que l'on puisse se tenir de 1 à 7 mètres des panneaux (pour tâcher de garder 9 à 16 pixels par cellule de 10x10 cm) mais attention dans les cas de fermes solaires, vous risquez d'être obligés de le faire au drone ou à la perche pour éviter les reflets et avoir assez de recul

Panneaux sur un bâtiment bas d'un étage et parfaitement visibles

Idem que dans la situation précédente mais une perche s'avère très vite nécessaire si l'on veut encore pouvoir exploiter les températures. S'il existe un chenal d'évacuation des eaux d'au moins 40 cm de large, la circulation y est encore à peu près admissible avec la sécurité mais, attention, le nez dans les panneaux n'est pas toujours le mieux et l'angle d'observation ne permet déjà plus de travailler sur plus que la hauteur de trois rangées de panneaux.

On peut déjà observer ici que la caméra de base est limite et qu'un téléobjectif serait le bienvenu, s'il était compatible. Bien sûr si le bâtiment dispose d'un mur à proximité, à défaut une bonne escabelle ou une échelle peut encore sauver la situation mais le troisième niveau de panneau, s'il y en a un devient hors de portée. Pour ce type d'intervention, caméra 320x240 minimum et autant que possible la perche pour rester dans la qualité.

Panneaux sur des bâtiments rez+1 où l'on peut prendre de la hauteur à proximité

Dans ce cas de figure une simple 320x240 peut suffire si la distance entre le site d'observation et le site de panneaux ne sont pas trop éloignés, de l'ordre d'une dizaine de mètres mais si vous ne pouvez pas être au niveau de la rangée la plus haute, il faudra quand même recourir à la perche pour pallier.

Panneaux sur des bâtiments simple rez jusque rez+2 où la visibilité est problématique

Là, il faut des caméras puissantes, avec wi-fi ou pouvoir visualiser les panneaux depuis la corniche mais avec équipement de sécurité et en tous les cas, ne plus opérer seul car soit la manipulation exige trois mains soit il y a risque d'accident. Mais, généralement la perche est une nécessité et le ballon se justifie pleinement. Généralement aussi la 640x480 devient une nécessité tant les distances peuvent devenir importantes pour tenir les angles.

Panneaux très difficilement accessibles ou dans un environnement dangereux

Ici la perche voire obligatoirement le ballon, un aide est nécessaire ainsi qu'un référent local pour savoir exactement se situer, ce qui est dangereux et pouvoir évacuer en cas de problèmes.

Pourquoi est-ce mauvais une cellule chaude ou un mauvais motif thermique sur l'ensemble de mes panneaux ?

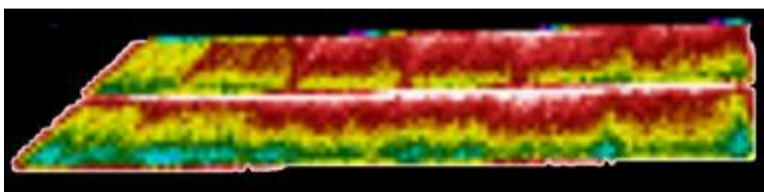
La cellule chaude, source et risque

C'est une cellule avec un vice de construction ou mal placée ou qui a pris l'eau voire fendue.

Sa chaleur est due au fait que la chaleur n'est non seulement plus convertie en électricité mais en plus, il se produit une inversion de polarité qui la transforme en une sorte de condensateur.

Le motif thermique de l'installation

1 Motif thermique global d'une installation à deux strings



Le motif thermique est l'aspect global des panneaux, étant généralement tous orientés de la même manière, ils doivent réagir de manière similaire et leur échauffement se ressembler. La seule différence est qu'il existe un sens de branchement dans un string et son départ est plus froid que son arrivée. Donc si le motif thermique n'est pas

cohérent, c'est qu'il ya des problèmes de connexions dans certains panneaux ou entre eux.

Rationaliser les moyens selon la situation où la politique du coût

Il est toujours tentant de déployer tout son matériel et de mettre les moyens cependant, il faut quand même veiller à tenir une logique de rapport qualité/prix. Le professionnel se doit donc de poser les actes appropriés à la situation. Le client, de son côté, doit également avoir la confiance en le professionnel et la perception que ce sont des analyses faites avec du matériel coûteux, des gens qui ont massivement investi dans la formation et que certaines interventions impliquent des risques matériels voire physiques. Chaque partie doit être raisonnable et quand une intervention nécessite deux personnes, il est immoral de négocier pour pousser à ce qu'une seule soit présente et ainsi risquer des pertes matérielles voir mettre en danger une personne.

Une analyse de base peut bien se situer aux alentours de 200 euros comme monter vers les 800 ou 1000 euros (2013) dans le cadre de situations complexes ou d'installations de grande taille.

Je sais qu'il est de coutume de dire que personne n'a forcé le professionnel à prendre la mission mais celui-ci doit vivre et il lui est parfois difficile de refuser une mission pour des raisons pratiques, les gens habiles à la négociation savent détecter cela et en profiter pour en abuser.

Chaque partie doit donc être raisonnable et veiller à respecter les intérêts de l'autre partie.

Quelles sont les stratégies d'optimisations ou de solutionnement ?

Si tout va bien, tant mieux, il peut s'agir de mauvaises interprétations ou d'une situation défavorable au rendement mais au moins, désormais il y a une réponse.

Oui, c'est très bien, maintenant j'ai une vision claire de l'état de mes panneaux, j'ai des problèmes, mais que faire de ce rapport et de ces informations ?

Cas n°0 : j'ai des micro-onduleurs sur chaque panneau

Ceci est le zéro possible des interventions, dans ce cas, soit le panneau est encore sous garantie et on le fait remplacer/rembourser pour l'installateur ou le fabricant, soit c'est dû à des ombres que l'on tente de solutionner ou alors on le remplace. On peut aussi décider qu'un mauvais panneau passe par pertes et profits puisque dans ce cas de figure, il ne plombe pas le reste de l'installation.

Cas n°1 : mon installation est toujours sous garantie, mon installateur toujours en activité et mon modèle de panneaux toujours en stock

Le cas idéal, vous appelez votre installateur et vous exigez, sur base du rapport, le remplacement du panneau

défectueux.

Cas n°2 : mon installation est toujours sous garantie, mon installateur toujours en activité mais mon modèle de panneau n'est plus distribué.

Cela a l'air absurde mais dans la situation actuelle, votre installateur est normalement obligé ou de remplacer tous les panneaux ou de venir optimiser votre production, relisez bien votre contrat.

Cas n°3 : mon installation est toujours sous garantie mais mon installateur a fait faillite mais pas le fabricant et mon modèle de panneau toujours de stock

Il existe ce que l'on appelle la garantie constructeur mais elle peut être difficile à faire jouer si votre constructeur est étranger comme dans le cas de la Chine par exemple sauf si ils ont un comptoir commercial dans votre pays. En ce cas, le rapport de thermographie faisant foi, vous pouvez exiger le remplacement du ou des panneaux incriminés. Attention, selon le cas, ils peuvent vous compter des frais d'installation.

Cas n°4 : mon installation est toujours sous garantie mais mon installateur a fait faillite mais pas le fabricant et mon modèle de panneau n'est plus de stock

Ce cas-là est malheureusement complexe et probablement à verser au cas suivant. Bien entendu, il faut toujours essayer de négocier avec le fabricant mais il y a un risque qu'il n'y ait plus rien à faire d'autre que d'optimiser votre installation tout en obtenant un geste commercial pour la perte.

Cas n°5 : vous êtes seul, soit hors garantie soit installateur comme constructeur ont disparu

Le raisonnement permet ici souvent de limiter la casse et le rapport thermographique est d'un aide précieuse.

L'exemple suivant est proche de valeurs réelles mais a été arrondi pour faciliter la lisibilité.

Prenons une installation de 20 panneaux sur 2 strings et avec 4 panneaux défectueux répartis dans les strings. Ce sont des panneaux divisés en 3 et un panneau à même plusieurs cellules grillées à cheval sur deux zones de subdivision. Résultat : 66% de rendement à l'optimal pour un string et 33% pour l'autre pour une installation d'à peu près 4,5 kWc. Chaque string est sur une rangée

Situation originale, chaque string fait 10 panneaux

Production	Optimal	Réel	Rangée	Panneaux
String1	2,25 kWh	1,485 kWh	Haut	10
String2	2,25 kWh	0,7425 kWh	Bas	10
Total	4,5 kWh	2,25 kWh	soit 50% de la production attendue.	

Situation corrigée grâce au rapport thermographique, on met tous les panneaux intacts sur le string du haut et les défectueux sur les string du bas, sauf le panneau grillé sur deux zones à la fois qui est retiré ou débranché, le string du bas ne comprend donc plus que 9 panneaux au lieu de 10 dont 3 panneaux défectueux. Ceci fonctionne si la tension minimale de l'onduleur est respectée, sinon, il faudra le changer.

Production	Optimal	Réel	Rangée	Panneaux
String1	2,25 kWh	2,25 kWh	Haut	10
String2	2,25 kWh	1,3365 kWh	Bas	9
Total	4,5 kWh	3,59 kWh	soit 79% de la production attendue.	

Situation corrigée grâce au rapport thermographique, on met tous les panneaux intacts sur le string du haut et le string du bas ne reprend plus que le reste des panneaux intacts. Ceci fonctionne si la tension minimale de l'onduleur est respectée, sinon, il faudra le changer.

Production	Optimal	Réel	Rangée	Panneaux
String1	2,25 kWh	2,25 kWh	Haut	10
String2	2,25 kWh	1,35 kWh	Bas	6

Total 4,5 kWh 3,60 kWh soit 80% de la production attendue.

Ce qui équivaut finalement à la situation précédente en un peu mieux

On pourrait également prendre le risque de prolonger le string du haut sur quelques panneaux de la rangée du bas, en fonction de la puissance des onduleurs.

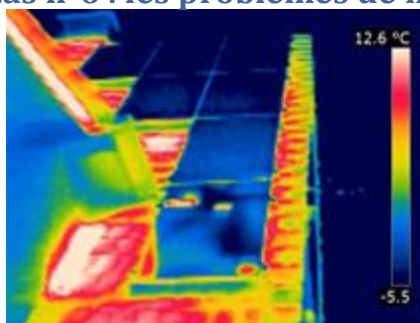
Si les onduleurs sont dimensionnée à 2 kWh, c'est inutile, prenons le cas d'un 3 kWh de puissance

Production	Optimal	Réel	Rangée	Panneaux
String1	2,25 kWh	2,925 kWh	Haut+Bas	10+3
String2	2,25 kWh	0,891 kWh	Bas	6
Total	4,5 kWh	3,816 kWh	soit 85% de la production attendue.	

Dans ce cas-ci, l'on arrive quand même encore à rentabiliser les 3 panneaux faiblards qui font masse désormais. Ceci fonctionne si la tension maximale et minimale de l'onduleur sont respectées, sinon, il faudra changer un onduleur voire les deux.

La thermographie, en identifiant clairement les panneaux, couplé à une intervention rapide sur le toit vous permet donc de récupérer jusque 35% de votre production dans ce cas de figure qui était pourtant très noir de prime abord.

Cas n°6 : les problèmes de mon installation sont dus à des ombres



Bien sûr, vous pourriez en vouloir à votre installateur et il faut vérifier dans le dossier si ces ombres ont bien été prises en compte.

Dans ce cas, le mieux est de relever les ombres par des photos au cours d'une journée et soit de vérifier la répartition des panneaux sur les strings en fonction des ombres soit de voir quelles ombres pourraient être supprimées. Le cas ci-contre montre un panneau de trop dans une installation car il est ombré 50% de la journée productive, ce cas-ci est kafkaïen car le string fait 6 panneaux et la perte de rendement 7,5% donc que l'on le retire ou qu'on le laisse, c'est presque même rendement, il a

même un léger gain. Cependant, il y a un moins une cellule morte voir deux sur le dessus signifiant que même sur la demi-journée productive, il est aussi à 66% de rendement par rapport aux autres et à 33% de rendement quand il est ombré par le bas. Gain de rendement au retrait de ce panneau : 50% car double impact.

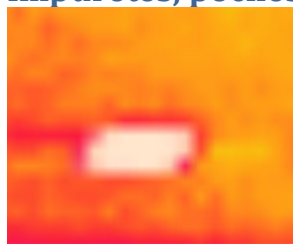
Cas n°7 : Réparer les cellules défectueuses ?

Il semble désormais exister certaines techniques de réparation encore un peu expérimentales qui consistent soit à isoler la cellule, soit à la remplacer : [Simplified edge isolation of buried contact solar cells](#)

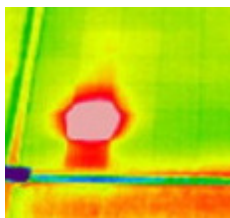
Mais je n'ai pas d'expérience actuellement pour dire si cela fonctionne ou non mais il est certain que cela existera tôt ou tard et sera une activité importante dès que la technique sera accessible et bien maîtrisée.

Annexe : liste des principales défauts :

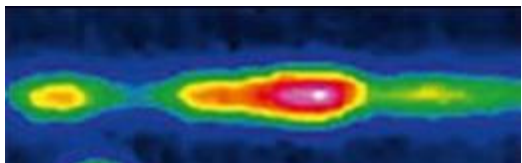
Impuretés, poches de gaz, défaut lors de la fabrication ou du placement



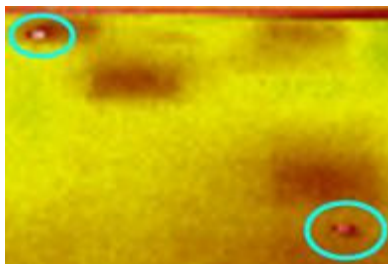
Cellule fissurée



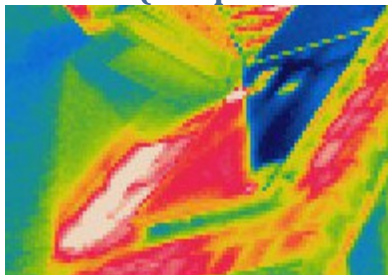
Fissures



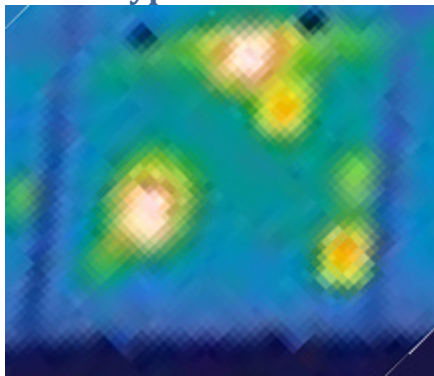
Pollution ou salissure locale



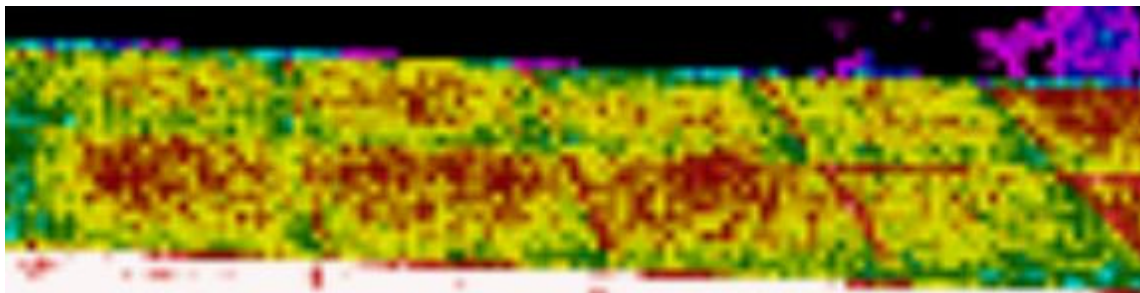
Ombres (temporaire normalement)



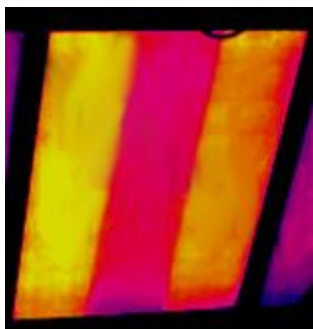
Diode-bypass défectueuses ou problèmes de raccordement



Défaut d'interconnexion



Raccordement entre plans de panneau ou diode-bypass HS



Performance des panneaux solaire

En 2013, les performances sont entre 14 et 16% pour la majorité des panneaux ce qui revient grosso modo à 225 watts par panneau recevant 1000 watts par m² au minimum. En général, la puissance en plus fournie par le soleil est perdue ou par le panneau ou par les onduleurs.

On atteint au moins 800 watts/m² entre 8h30 et 15h30 solaire pendant un mois autour du solstice d'été, on arrive à plafonner pendant une heure ou deux autour des 1000 watts/m² à cette période sur les latitudes autour de Bruxelles et Paris. Mais si les capteurs ne sont pas motorisés, la période au-dessus de 800 watts/m² se réduit à 3 heures pour une exposition plein sud.

Sources :

<http://www.photovoltaïque.info/Points-cles-pour-une-installation.html>

http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820228/T820228_FR.pdf

http://www.soltech.be/item.php?lang=FR&itemno=135_205_246&PHPSESSID=9bbf1024d43be80287c279e39ff5f069

<http://herve.silve.pagesperso-orange.fr/solaire.htm>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024812003741>

<http://www.societe-mont-soleil.ch/accueil-fr.html>

Drons malin