

PERFORMANCES ET ETAT DES LIEUX DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES DANS LA REGION DE SFAX

RETOUR SUR 35 INSTALLATIONS AUDITEES DU 18 AU 29 MAI 2015



Données collectées

INSTALLATION INTERIEURE		giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH		ines Institut National de l'Energie Solaire	
Client N°	0	ANNEC			
Onduleur		giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH			
Avec transfo	Injection Mono/Tri	Ref	Pn	W	
plage Umppt	Utrmin				
Imax	A				
VAT		DC+ /Terre			
Mesures		Conditions de test			
Puissance ensoleillement		W/m ²			
Température module		°C			
Compteur STEG		Pac	W		
Onduleur		Uac	V		
Securité Electriques		Pac	W		
		Pdc	W		
VAT		V			
Valeur de terre		Q			
Test différentiel		<input type="checkbox"/>			
Test VDE0126		<input type="checkbox"/>			
Contrôle fusible		<input type="checkbox"/>			
REALISATION		Dossier technique à disposition			
		<input type="checkbox"/> Plan elec <input type="checkbox"/> Implantation <input type="checkbox"/> Procédure d'intervention <input type="checkbox"/> Cahier de suivi et d'entr <input type="checkbox"/> Autres:			
Passage des câbles		<input type="checkbox"/> protégé	<input type="checkbox"/> local adapt		
Coffret DC		signalétique	In		
		interrupteur sectionneur			
		bornes de connexion ac			
		Protection sur intensité			
		Serrage/Connexion			
Visuel		poussière onduleur			
		propreté finition	/10		
INSTALLATION EXTERIEURE		giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH			
Exposition		Inclinaison	°	Relevé de masque	
		Orientation	°	Solmètrique	
		Commentaire:			
Module		Pc	Wc	Caméra thermique	Pistolet Thermique
		Marque		Quantité	temp module
		Ref		Photos	Etiquette module
		Umppt	V		Champ PV
		Voc	V		
		Imppt	A	TRI-KA	
		Icc	A	mise en place du Tri Send	
REALISATION		Mise à la terre des masses			
		Section conforme	Module	Structure	
		Fixation			
		Connection			
		Compatibilité galvanique			
Serrage Mécanique					
Canalisation		Connecteur conforme	Coffret extérieur		
		Câble PV souple			
		Protection UV			
		Boucle d'induction			
		Passage des cloisons			
		Fixation			
		Longueur			
		Section			
Visuel			Remarques:		
		Tecno module			
		conformité du masque			
		Planéité du champ			
		Propreté module			
		connexion			
		propreté finition	/10		

▶ Identification

- ▶ Coordonnées client
- ▶ Installateur
- ▶ Ref steg, date de raccordement
- ▶ Positionnement GPS

▶ Données technique

- ▶ Pc, Spec module
- ▶ Onduleur, Spec

▶ Environnement

- ▶ Exposition
- ▶ Masque

▶ Energie

- ▶ relevé des compteurs STEG P+, P- et Onduleur

▶ Tests puissance

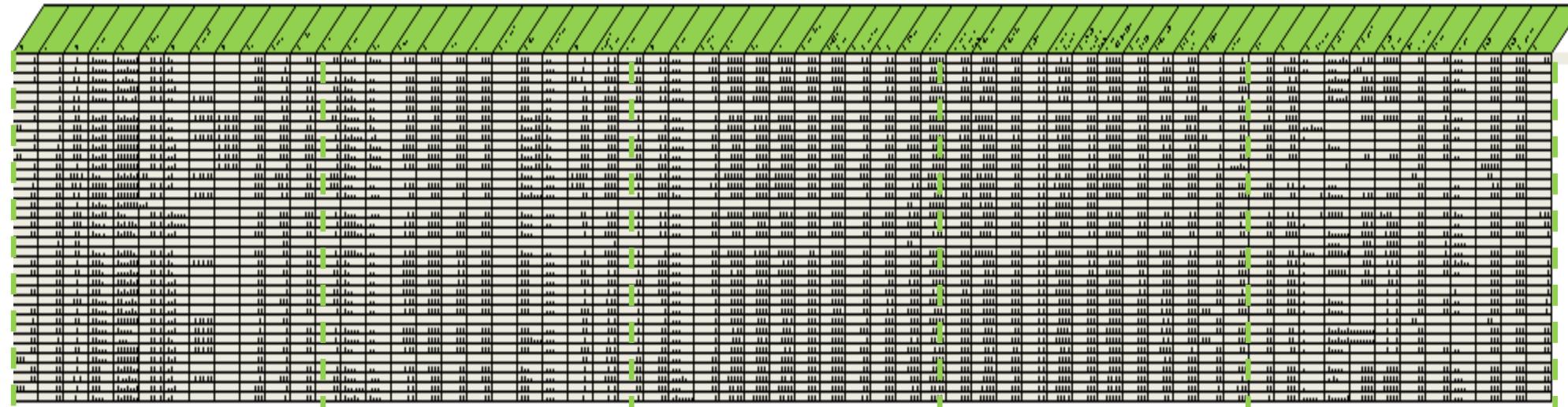
- ▶ Courbe IV
- ▶ Mesure du PR fonction de l'Irradiation et température

Points de contrôle

INSTALLATION EXTERIEURE			
Mise à la terre des masses			
	Module	Structure	
Section conforme			
Fixation			
Connection			
Compatibilité galvanique			
Serrage Mécanique			
Canalisation			
Connecteur conforme			
Câble PV souple			
Protection UV			
Boucle d'induction			
Passage des cloisons			
Fixation			
Longueur			
Section			
INSTALLATION INTERIEURE			
Passage des câbles	protégé	local adapté	section adaptée
Coffret DC			
protection	sur intensité	Control dimensionnement*	
interrupteur sectionneur	calibre conforme		
bornes de connexions adaptées			
signalétique			
Coffret AC			
protection	disjoncteur		
	differential		
Signalétique			
Dossier technique à disposition			
Schémas de l'installation			
implantation			
électrique			
Doc techniques des composants			
module			
onduleur			
certificats			
parafoudre			
accessoire			
Procédure d'intervention			
Cahier de suivi et d'entretiens			
Autres:			
Visuel			
Tecno module			
conformité du masque			
Contole des fixations			
Planéité du champ			
poussière module			
poussière onduleur			

- ▶ Appréciation globale de l'installation, sa réalisation et son environnement
- ▶ Contrôle méticuleux de la réalisation
 - ▶ structure, câblage, coffrets et autres points de sécurité tel que la mise à la terre
- ▶ Inspection par caméra thermique des défauts résistifs
- ▶ Mesure de la performance globale de l'installation
- ▶ Mesure de la courbe de charge du champ PV
- ▶ Conformité électrique
 - ▶ Conformité avec les règles de l'art... mais quel est le référentiel?

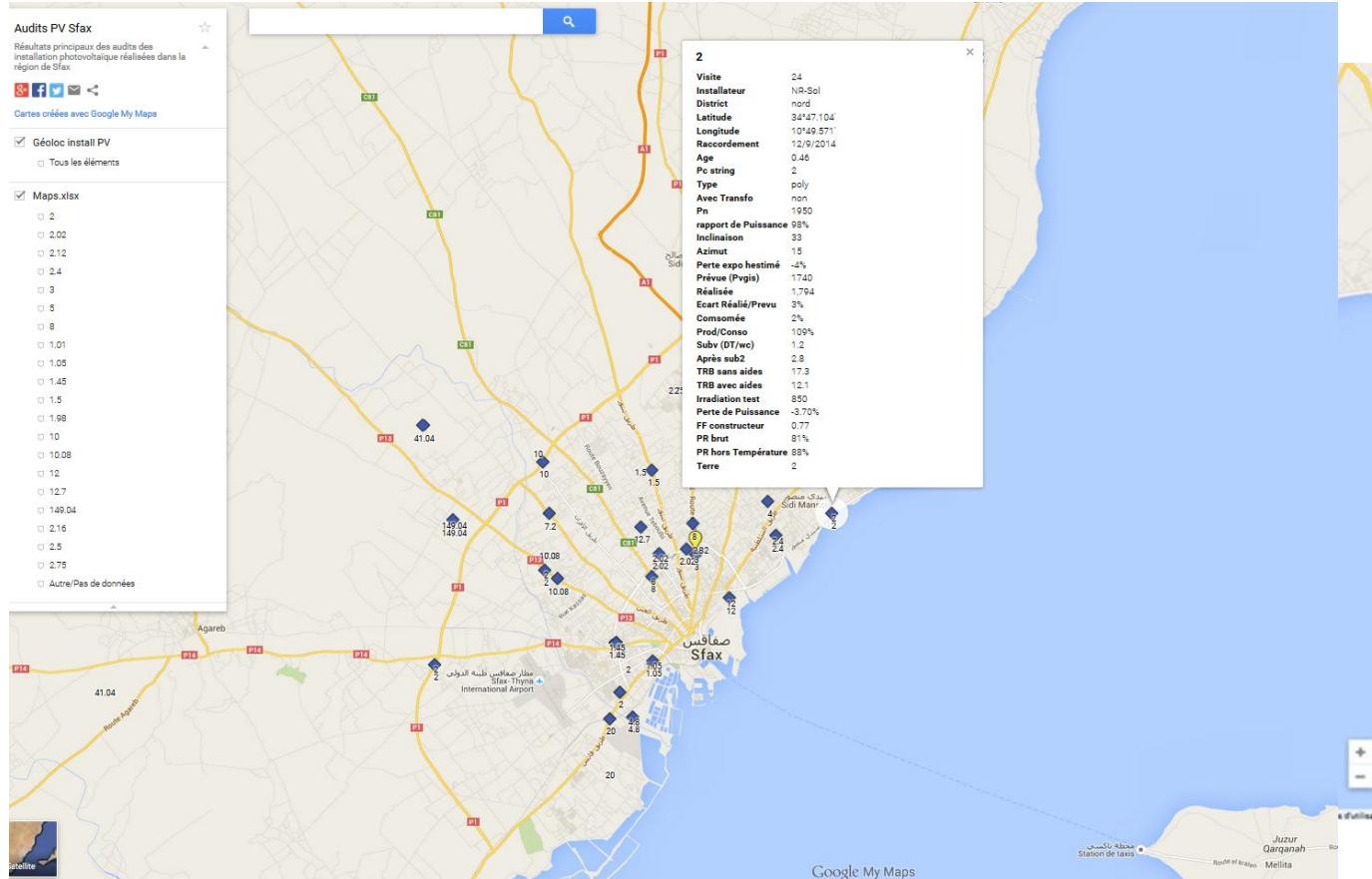
Saisie des données (Tableur en Annexes 6)



Identification	Technique	Energie	Economie	Mesures

Visualisation de la répartition géographique

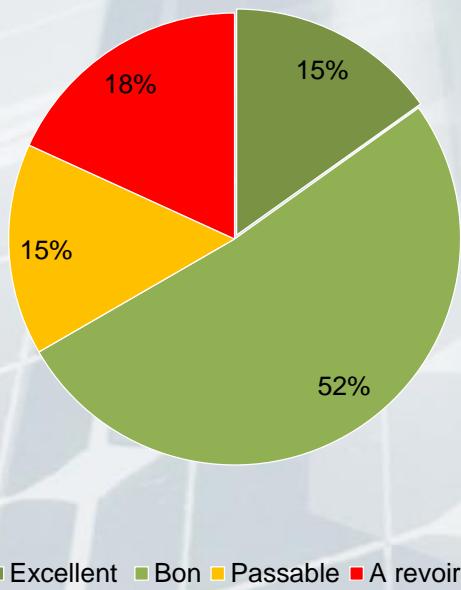
► <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=zLT0B8xZr0d4.kXCNBXLZNEOw&usp=sharing>



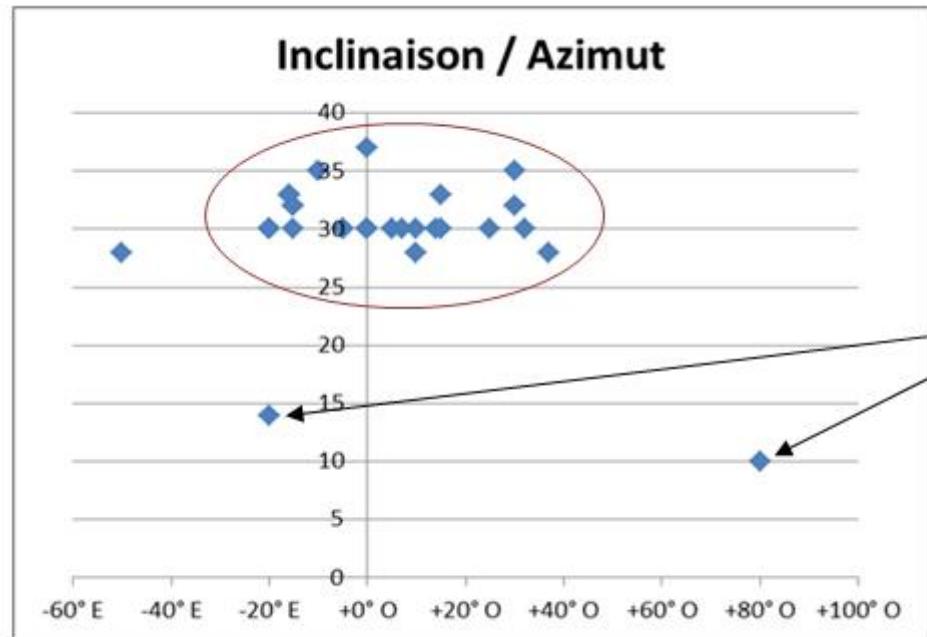
2

Visite	24
Installateur	NR-Sol
District	nord
Latitude	34°47.104'
Longitude	10°49.571'
Raccordement	12/9/2014
Age	0.46
Pc string	2
Type	poly
Avec Transfo	non
Pn	1950
rapport de Puissance	98%
Inclinaison	33
Azimut	15
Perte expo hestimé	-4%
Prévue (Pvgis)	1740
Réalisée	1794
Ecart Réalisé/Prevu	3%
Comsomée	2%
Prod/Conso	109%
Subv (DT/wc)	1.2
Après sub2	2.8
TRB sans aides	17.3
TRB avec aides	12.1
Irradiation test	850
Perte de Puissance	-3.70%
FF constructeur	0.77
PR brut	81%
PR hors Température	88%
Terre	2

► Performances



Exposition



Installation industrielle dans le plan de toiture non optimal « intégration simplifiée » Perte 5% et 28% par an.



FIGURE 23: EXPOSITIONS CONSTATEES SUR SITES

Production conforme à l'exposition ?

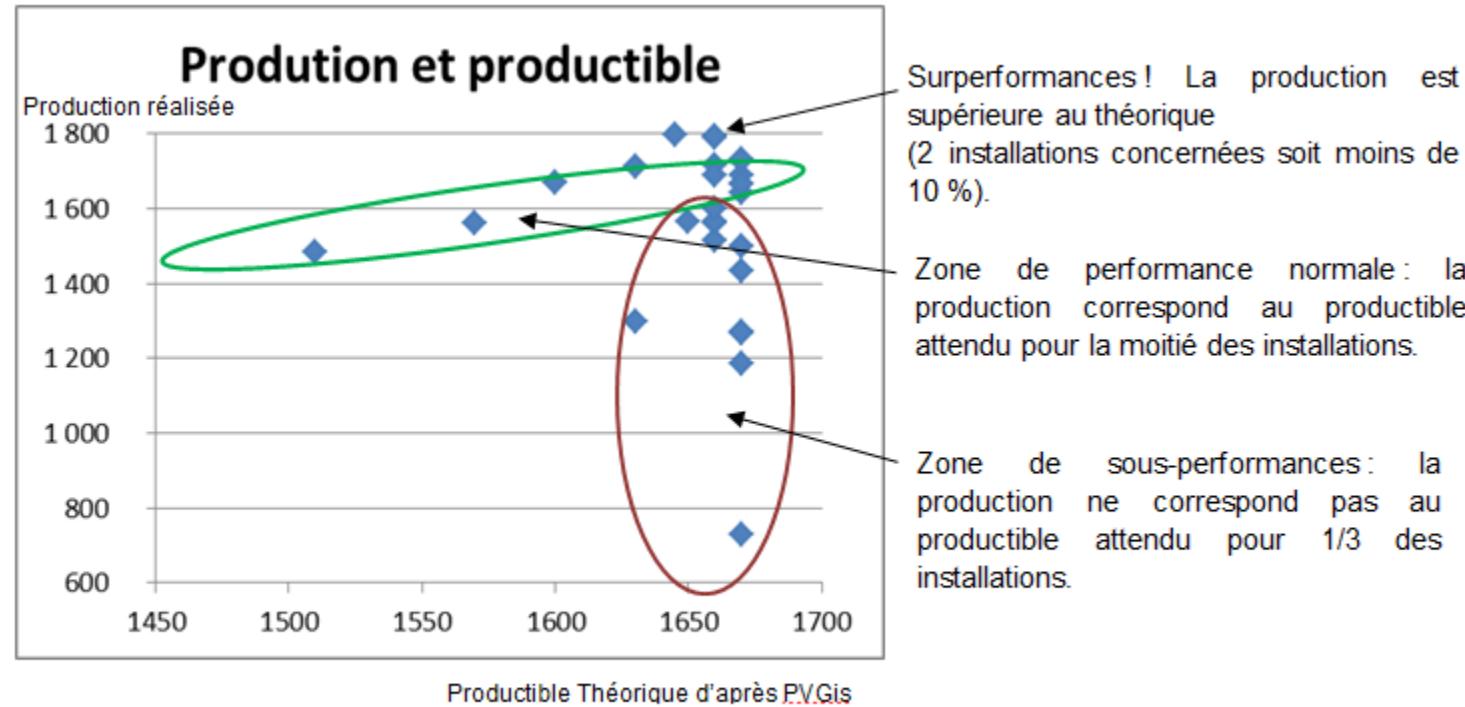
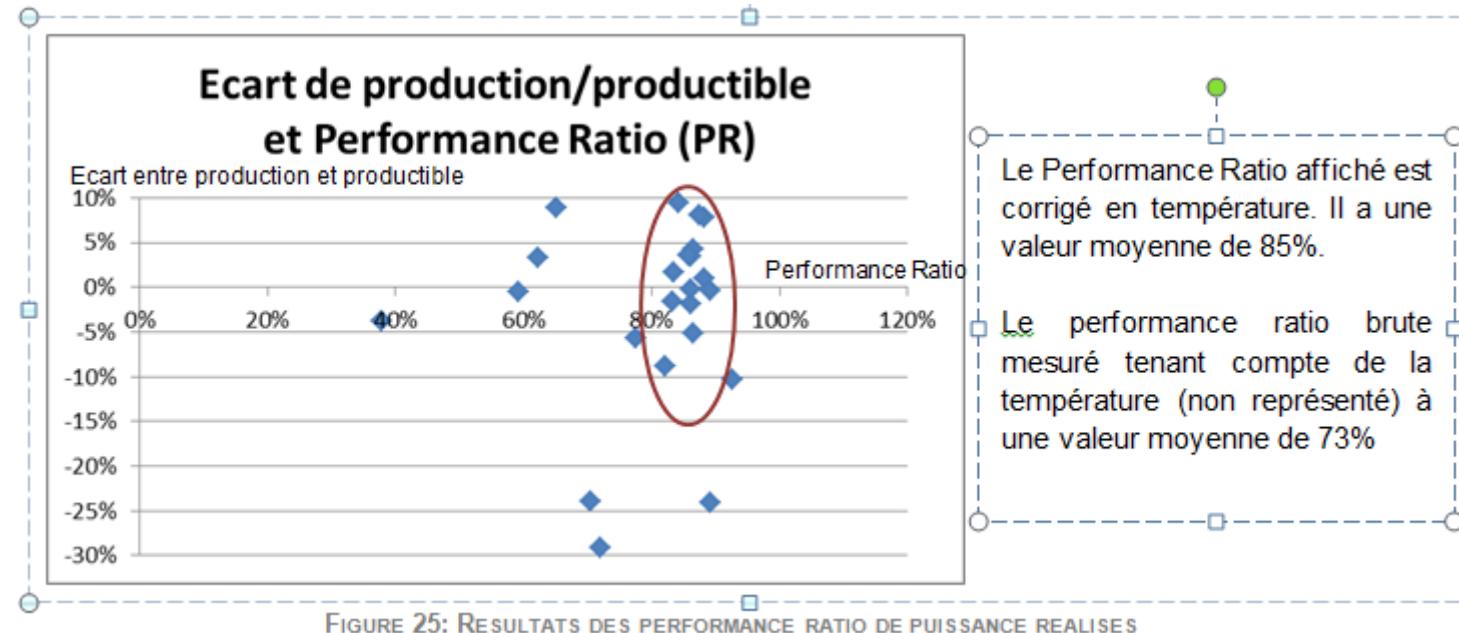


FIGURE 24: CONFORMITE DE LA PRODUCTION AVEC LA SIMULATION

Performance ratio

► Un indicateur pas toujours fiable !



Conclusions

- ▶ **PV Gis est un outil de calcul de productible fiable avec la base de données Climat Safe.**
 - ▶ Pour une installation soignée, la production réelle serait légèrement supérieur 2 à 5% (l'albédo du sol !).
- ▶ **30% des installations ont une production inférieure à celle attendue.**
 - ▶ cause principale identifiée : encrassement des modules



FIGURE 27 : EXEMPLES D'ENCRASSEMENT ET DE PERTES DE PUISSANCES ASSOCIEES



► Evaluation du nettoyage des
modules photovoltaïques

Evaluation des pertes liées à l'encrassement

► **Pc** calculées par le traceur Tri-Ka

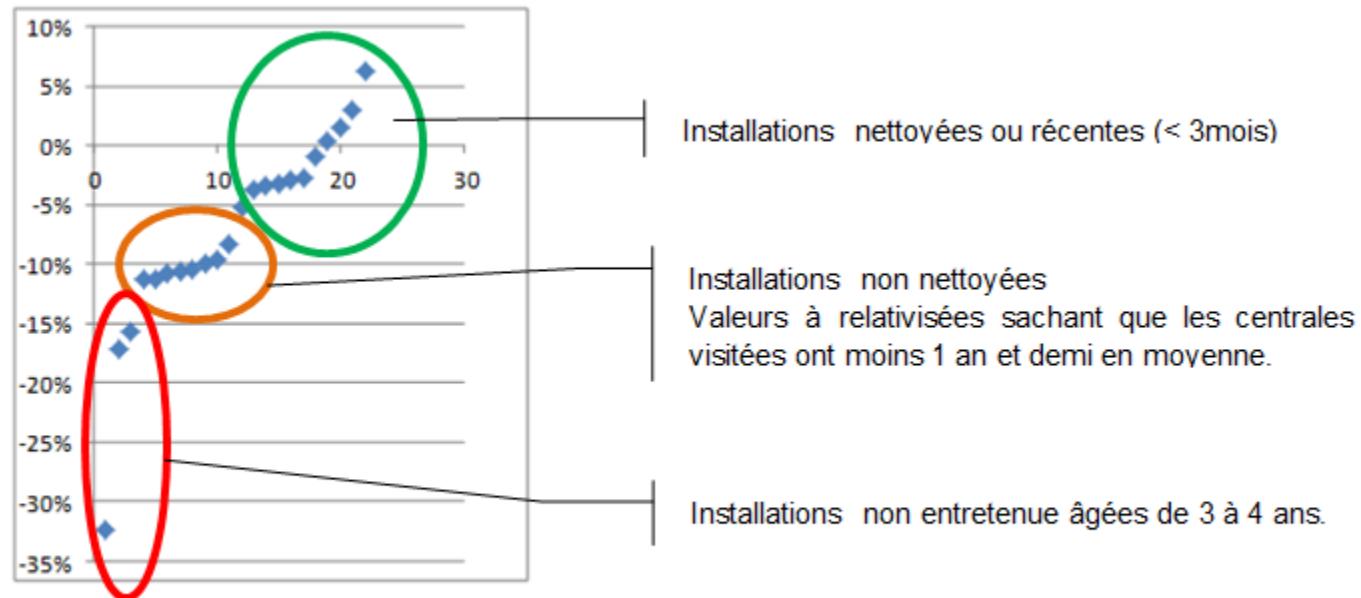


FIGURE 26 : PERTES DE PUISSANCE DUES A L'ENCRASSEMENT

Tests de nettoyage



FIGURE 28: TESTS DE NETTOYAGE

Test n°1 : $P_c = 2kWc$

Mesure 1 (sale)

Mesure 2 Nettoyage à sec

Mesure 3 Nettoyage à eau

~~P_{ac}~~ = 1704 W soit une perte ramenée aux conditions STC de 15.64%

~~P_{ac}~~ = 1951 W 3.42 %

~~P_{ac}~~ = 1962 W 2.87 %

Test n°2 : $P_c = 2,4kWc$

Mesure 1 (sale)

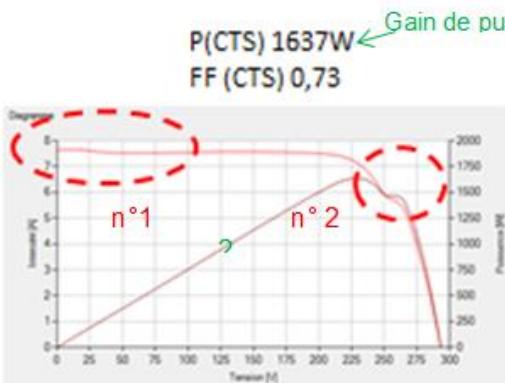
Mesure 2 Nettoyage à sec

~~P_{ac}~~ = 2145 W soit une perte ramenée aux conditions STC de 10.6 %

~~P_{ac}~~ = 2550 W 6.2 %

Tests de nettoyage

Avant nettoyage



Après nettoyage



FIGURE 29: EFFETS DU NETTOYAGE SUR LA COURBE I(V)

Avant Nettoyage



Après Nettoyage

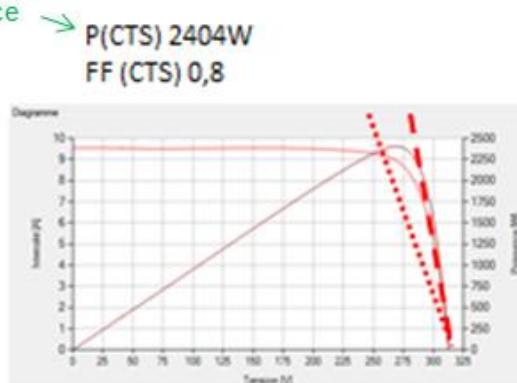


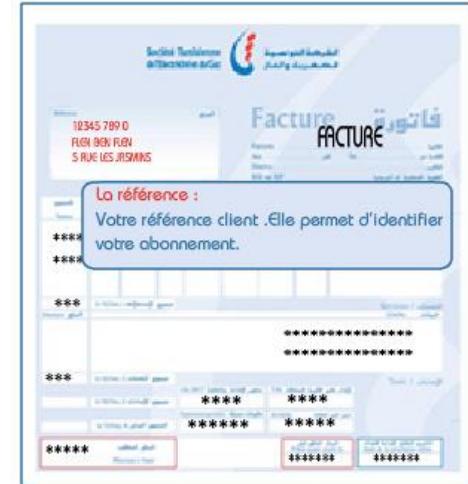
FIGURE 30:EFFETS DU NETTOYAGE SUR COURBE I(V)



► Analyse énergétique

Un exercice pas toujours évident

N°	Pc	Age	Prod	Export	Import	Ecart Réalisé/Prevu	Auto Comsommation	Auto Production	Prod/Conso
1	3	4,14	16131	9611	61773	-20%	40%	10%	24%
2	20	0,41	11753	5346	10510	-2%	55%	38%	69%
3	2,02	4,18	15176	12400	44360	9%	18%	6%	32%
4	4	0,45	3111	2794	3762	5%	10%	8%	76%
5	2,02	4,19	14438	12632	17715	1%	13%	9%	74%
6	4,8	4,12	25083	16306	49599	-24%	35%	15%	43%
7	1,98	4,15	14926	10788	19240	9%	28%	18%	64%
8	1,45	2,97	6735	7431	13618	-5%	-10%	-5%	52%
9	2,12	0,44	1470	1933	1358	0%	-31%	-52%	164%
10	2,12	0,44	1546	1566	1749	-2%	-1%	-1%	89%
11	2	1,30	1898	1058	1249	-56%	44%	40%	91%
12	149,04	1,69	361385	9813	429385	-14%	97%	45%	46%
13	41,04	1,25	76335	2726	118153	-2%	96%	38%	40%
14	1,05	3,38	5917	3294	13841	0%	44%	16%	36%
15	12,7	0,47	27877	14892	13302	-6%	47%	49%	106%
16	2,16	0,48	1864	5180	4613	8%	-178%	-256%	144%
17	2,4	1,52	5510	3435	5584	-9%	38%	27%	72%
18	7,2	1,43	17154	10898	14754	4%	36%	30%	82%
19	2	0,62	1947	1328	3081	-6%	32%	17%	53%
20	12	0,49	10095	5846	11912	3%	42%	26%	62%
21	2	0,46	1642	1608	1475	8%	2%	2%	109%
22	8	0,45	6571	3984	4319	9%	39%	37%	95%
23	2,75	0,75	3566	3215	3794	3%	10%	8%	86%
24	2	0,75	2597	1546	1134	4%	40%	48%	119%
25	2,5	0,80	3477	2980	4805	0%	14%	9%	66%
26	5	0,80	5052	2612	7390	-24%	48%	25%	51%
27	5	0,63	5220	4301	4326	0%	18%	18%	100%
28	1,5	0,63	1114	1256	1090	-29%	-13%	-15%	118%
29	2	0,44	1514	2514	3412	3%	-66%	-41%	63%
30	2	0,44	1499	2480	1986	2%	-65%	-98%	149%
31	10,08	0,30	16814	8526	19007	11%	49%	30%	62%
32	8	1,18	15026	4793	14741	-4%	68%	41%	60%
33	10	1,27	19041	12287	15038	-10%	35%	31%	87%
Moyenne hors défauts		1,43				2,2%	40%	25%	64%





► Analyse Economique

N°	Pc	Raccordement	Age	Perte expo hestimé	Prévue (Pvgis)	kWh/kWc Réalisée	Ecart Prod Réalisée /Prévue	Autocons %	Prod/Conso %	Investissement	Subv (DT/wc)	Sub %	Cout du Wc après Sub	Revenu à DT/kWh2	TRB sans aides	TRB avec aides
33	10,08	06/02/2014	0,30	1%	1660	1 845	11%	✓ 49%	62%	1,31	0,39	30%	0,92	517	2,81	1,97
13	149,04	10/09/2013	1,69	0%	1670	1 432	-14%	✓ 97%	46%	2,85	0,57	20%	2,28	401	6,10	4,88
32	2	16/12/2014	0,44	1%	1660	1 716	5%	✗ -66%	63%	3,87	1,16	30%	2,71	481	8,05	5,63
36	10	17/02/2014	1,27	0%	1670	1 498	-10%	✓ 35%	87%	3,79	1,14	30%	2,65	419	8,10	5,67
25	8	11/12/2014	0,45	1%	1660	1 817	9%	✓ 39%	95%	3,80	1,14	30%	2,66	509	8,18	5,72
4	4	04/12/2014	0,45	2%	1630	1 710	5%	! 10%	76%	3,74	1,12	30%	2,62	479	8,20	5,74
34	2	16/12/2014	0,44	1%	1660	1 689	2%	✗ -65%	149%	3,87	1,16	30%	2,71	473	8,32	5,82
14	41,04	17/02/2014	1,25	10%	1510	1 482	-2%	✓ 96%	40%	3,14	0,63	20%	2,52	415	7,44	5,95
24	2	09/12/2014	0,46	1%	1660	1 794	8%	✗ 2%	109%	3,97	1,19	30%	2,78	502	8,53	5,97
17	12,7	02/12/2014	0,47	1%	1660	1 562	-6%	✓ 47%	106%	3,53	0,71	20%	2,82	437	7,60	6,08
19	2,4	14/11/2013	1,52	1%	1660	1 513	-9%	✓ 38%	72%	4,38	1,31	30%	3,07	424	9,42	6,60
12	2	29/01/2014	1,30	0%	1670	728	-56%	✓ 44%	91%	4,42	1,33	30%	3,09	204	9,45	6,62
11	2,12	09/12/2014	0,44	0%	1670	1 643	-2%	✗ -1%	89%	4,42	1,33	30%	3,09	460	9,45	6,62
22	2	10/10/2014	0,62	1%	1660	1 565	-6%	✓ 32%	53%	4,41	1,32	30%	3,08	438	9,48	6,64
23	12	27/11/2014	0,49	1%	1660	1 715	3%	✓ 42%	62%	3,88	0,78	20%	3,10	480	8,34	6,67
15	1,05	03/01/2012	3,38	0%	1670	1 667	0%	✓ 44%	36%	4,50	1,35	30%	3,15	467	9,61	6,73
35	8	24/03/2014	1,18	1%	1660	1 598	-4%	✓ 68%	60%	4,51	1,35	30%	3,16	447	9,71	6,79
10	2,12	09/12/2014	0,44	6%	1570	1 562	0%	✗ -31%	164%	4,42	1,33	30%	3,09	437	10,05	7,04
2	20	22/12/2014	0,41	11%	1480	1 449	-2%	✓ 55%	69%	3,60	0,72	20%	2,88	406	8,88	7,10
28	2,5	08/08/2014	0,80	0%	1670	1 744	4%	! 14%	66%	4,77	1,43	30%	3,34	488	10,20	7,14
30	5	09/10/2014	0,63	0%	1670	1 664	0%	! 18%	100%	4,82	1,45	30%	3,37	466	10,30	7,21
26	2,75	25/08/2014	0,75	0%	1670	1 727	3%	! 10%	86%	4,82	1,45	30%	3,37	484	10,31	7,22
27	2	25/08/2014	0,75	0%	1670	1 730	4%	✓ 40%	119%	4,82	1,45	30%	3,37	484	10,31	7,22
1	3	29/03/2011	4,14	2%	1630	1 299	-20%	✓ 40%	24%	4,79	1,44	30%	3,35	364	10,50	7,35
18	2,16	27/11/2014	0,48	1%	1660	1 790	8%	✗ -178%	144%	4,91	1,47	30%	3,44	501	10,56	7,39
31	1,5	09/10/2014	0,63	0%	1670	1 184	-29%	✗ -13%	118%	5,34	1,60	30%	3,74	331	11,42	8,00
21	7,2	17/12/2013	1,43	4%	1600	1 669	4%	✓ 36%	82%	5,16	1,55	30%	3,61	467	11,51	8,06
29	5	09/10/2014	0,80	0%	1670	1 267	-24%	✓ 48%	73%	4,82	0,96	20%	3,86	355	10,31	8,25
3	2,02	14/03/2011	4,18	1%	1645	1 796	9%	! 18%	32%	7,10	2,13	30%	4,97	503	15,41	10,79
5	2,02	10/03/2011	4,19	0%	1670	1 687	1%	! 13%	74%	7,26	2,18	30%	5,08	472	15,53	10,87
8	1,98	29/03/2011	4,15	0%	1670	1 819	9%	! 28%	64%	8,75	2,62	30%	6,12	509	18,70	13,09
7	4,8	08/04/2011	4,12	0%	1670	1 269	-24%	✓ 35%	43%	9,65	2,89	30%	6,75	355	20,64	14,44
9	1,45	01/06/2012	2,97	1%	1650	1 565	-5%	✗ -10%	52%	10,12	3,04	30%	7,09	438	21,92	15,34
					1,43	1%	-3%	19%	79%	4,83	1,38	0,28	3,45	443	10,5	7,5

FIGURE 35: DONNEES DE PRODUCTIONS ET ECONOMIQUES

Evolution du coût des installations

► Un prix divisé par deux en trois ans !

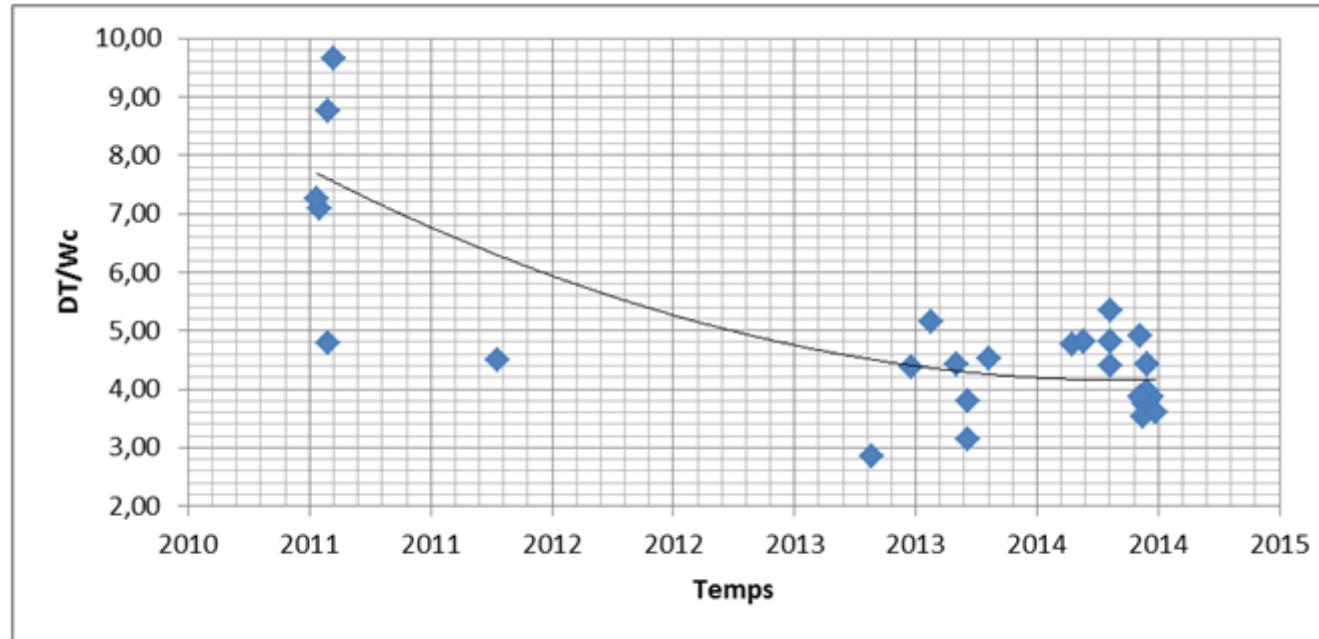


FIGURE 33: EVOLUTION DU PRIX DU Wc (PRIX CLIENT)

3ans = 1/2 !

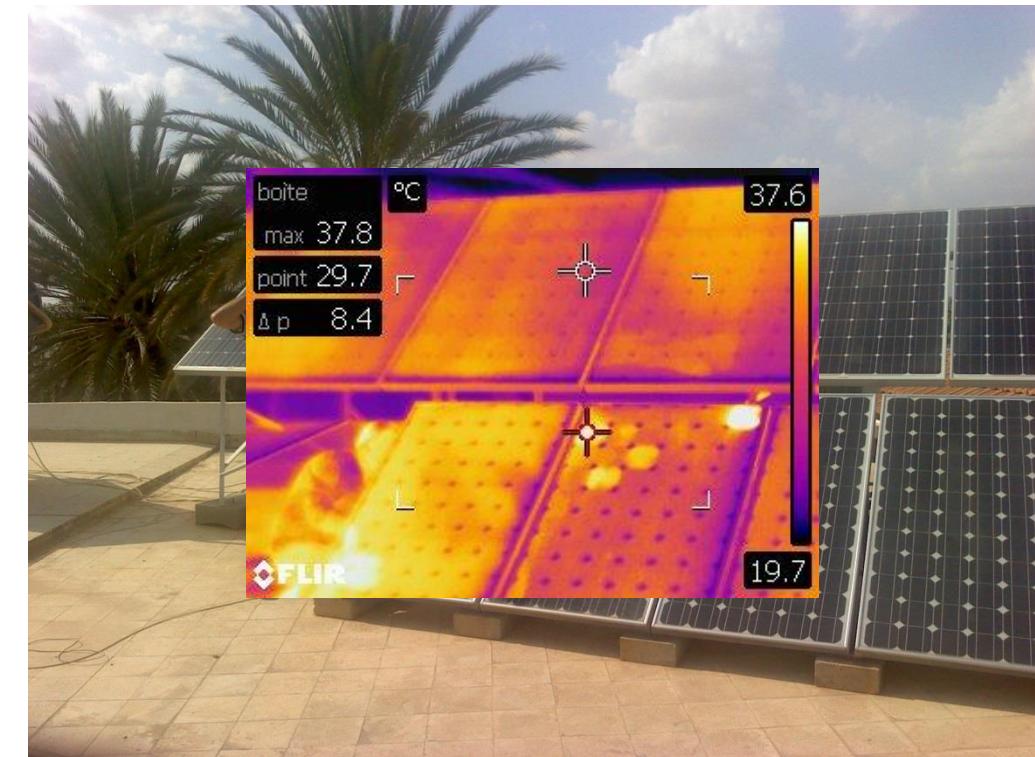
Camera Infra Rouge (IR)

► Au niveau du champ PV

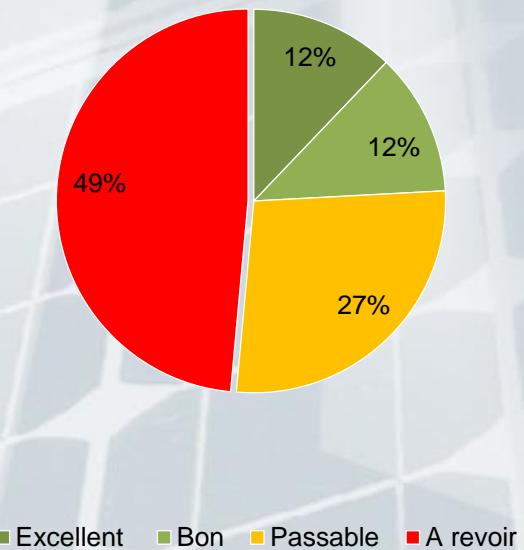
► Bon



► Mauvais



► Sécurité des installations





► Protection des Personnes

Résumé sur la protection des biens et des personnes coté DC

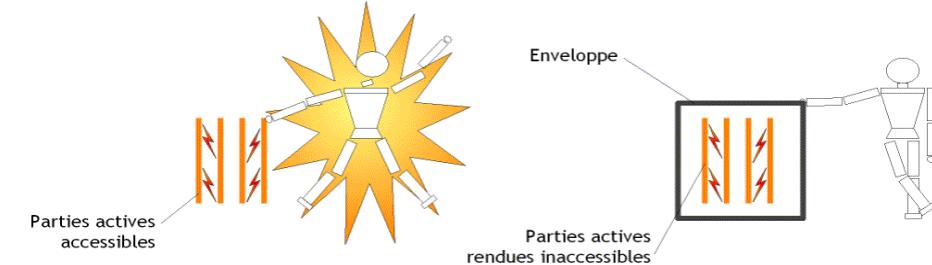
Rappels Spécificités PV

- Impossibilité d'interrompre le générateur
- Courant continu → Arc électrique difficile à interrompre
 - Icc à peine supérieur (de 10%) à Impp
 - Icc et Impp variable f(ensoleillement)



Réponses spécificité PV

- Polarité indépendante à la terre
- Matériel spécifique PV (Normes Produits)
 - Tenue au courant Icc
 - IP2X
 - Double isolation
- Formation des intervenants
 - Habilitation BR, BP photovoltaïque
(la publication C18-510 est devenu une norme NF-18-510)
- TST possible si $Udc < 60V$



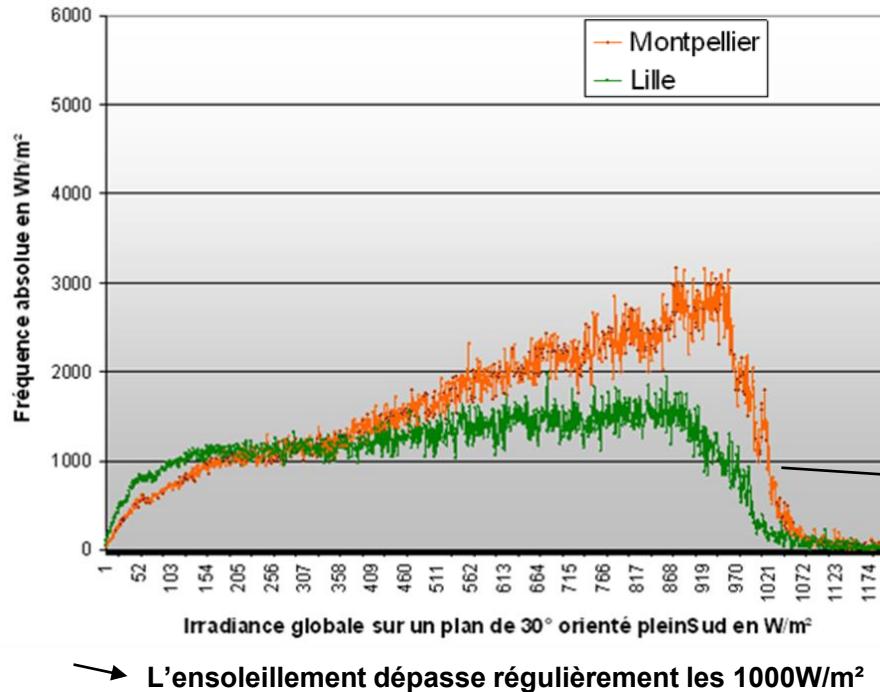
La sécurité: Qui, Quoi, Comment !

Qui	Quoi	Comment
Installateur	Travailler hors tension	Déconnecter les modules, en particulier lors du raccordement des coffrets et de l'onduleur
	Ne pas travailler sous tension supérieur à 60V	Déconnecter le module de la chaîne avant tout travail particulier sous tension ex: réaliser un connecteur
	Être vigilant à toutes dégradations possibles de l'enveloppe/isolation des matériels	Contrôle visuel lors de la mise en œuvre du matériel en particulier boîte de jonction, câble, connecteur et coffret
	Maintenir une protection IP2X, en particulier dans coffret	Soigner la réalisation de toutes les connexions (dénudage)
	Prévenir le danger	Transmettre les consignes de sécurité, d'intervention et d'exploitation
	Signaler le danger	Pictogrammes adaptées,
Exploitant	Surveiller l'état du matériel et du signalement du danger	Contrôle visuel du matériel
	Alerter en cas de défaut	Contrôle périodique des alertes de l'onduleur
	Ne pas détériorer le matériel	Protéger ou adapter les protections en fonction de l'évolution de l'activité ou de l'environnement
	Anticiper les dégradations possibles	Prévenir les personnes ayant des activités à proximité des installations
Intervenant	Prendre connaissance de l'installation	Lire le dossier technique de l'installation et de la signification des messages d'erreur de l'onduleur
	Vérifier l'isolation de l'installation	VAT systématique et avant toute intervention
	Inspection visuelle des isolants, connexion avant manipulation	Contrôle visuel, Test mécanique avec outil isolé
	Prise de mesures en sécurité	Appareil classe 2, cordon avec pointes de touche protégées ou connecteurs adaptés
	Travailler en Très Basse Tension de Sécurité (TBTS)	Ne pas hésiter à couper (côté AC) puis sectionner et isoler la zone d'intervention selon procédure (côté DC)

Protection des biens contre les surintensités:

- au niveau du module
- au niveau d'un champ
- au niveau de l'installation

Règles générales



► Règles générales:

- Appareillage et protection AC usuels
→ NF C 15-100
- Appareillage et protection DC spécifique PV → NF EN 60947

→ Double isolation

- En conditions réelles les valeurs d'exposition peuvent dépasser les Conditions Standards de Test (STC), il faut donc prendre une marge de sécurité pour le matériel utilisé sur:
 - **Courant assigné > 1,25 Icc ***
 - **Tension assigné > 1,15 V0 ***

* Par défaut en absence d'autre information



Modules, Câbles, Connecteur, Parafoudres, Fusibles, DC box, Onduleur

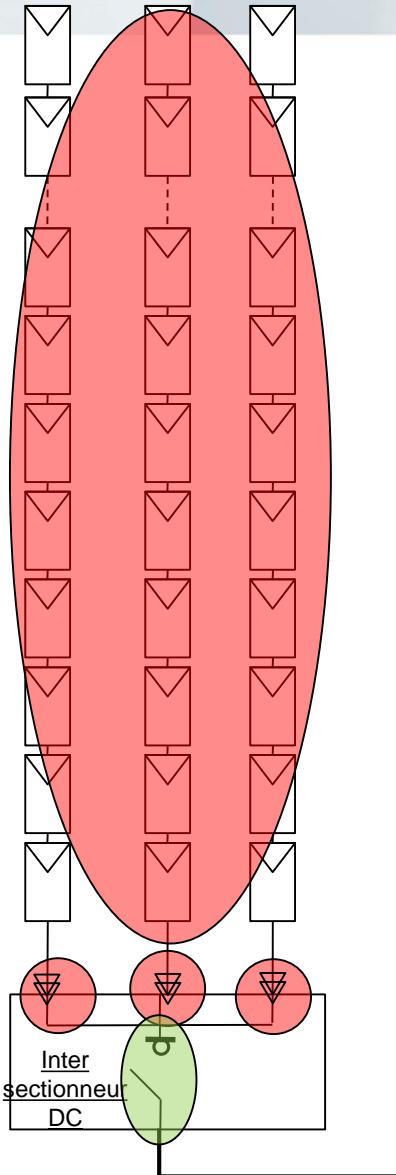
Tenue en courant / Tension

- Exemple d'une installation 10kWc

Modules PV	
P (watt)	215Wc
V_{oc} (Volt)	51,6 V
I_{sc} (A)	5,61 A

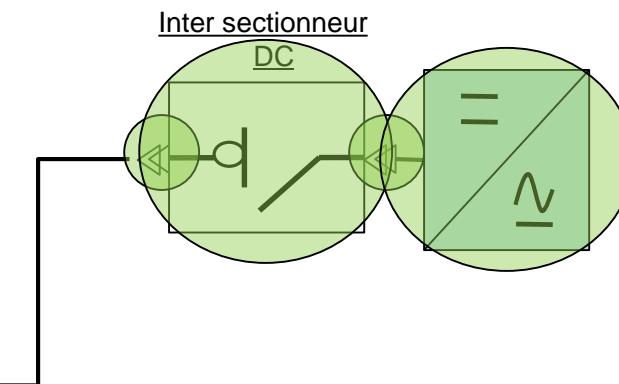
Branches PV	
P (watt)	15x 215 Wc
V_{oc} (Volt)	15x 51,6 V
I_{sc} (A)	5,61 A

Champ PV	
P (watt)	9675 Wc
V_{oc}	774 V
I_{sc} (A)	16,83 A



Doivent résister à:
 $1,15 \times V_{oc} = 890 \text{ V}$
 $1,25 \times I_{sc} = 7,01 \text{ A}$

Doivent résister à:
 $1,15 \times V_{oc} = 890 \text{ V}$
 $1,25 \times I_{sc} = 21,04 \text{ A}$



Surintensité: Qui, Quoi, Comment !

Qui	Quoi	Comment
Installateur	Responsabilité générale du dimensionnement	Notes de calculs à l'appuis
	Plus de 2 chaînes: Faut-il des protection?	Note de calcul justifiant la nécessité ou pas de protection et leurs calibre Indiquer dans le dossier de suivi les opérations de maintenance relatives
	Régime de terre IT (sauf rare exception justifiée)	Contrôle en fin de chantier
	Sections de câbles	Contrôle de I_z en fonction de T° et mode de pose, Chute de tension < 3%
Exploitant	Contrôle des signaux	Vérification des voyants, et autres points notés dans dossier de suivi Contrôle visuel position disjoncteur
Intervenant	Opération de maintenance hors charge (hors tension souhaitable)	Respecter procédure déconnexion
	Risques d'arc à l'ouverture	EPI

Liste non exhaustive, à adapter en fonction du site...

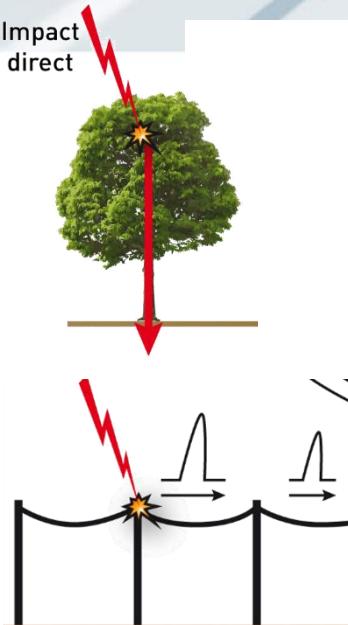
Protection des biens contre les surtensions liées à la foudre:

- Pourquoi une protection foudre ?
- Qu'est ce qui est systématique ? → le câblage DC
 - Boucle d'induction
 - Liaison équipotentielle des masses
- Qu'est ce qui n'est pas systématique ? → le parafoudre
 - Quand mettre un parafoudre ?
 - Une bonne protection dépend d'un bon montage: règles de mis en œuvre

Effets de foudre et dispositifs de protection:

QUI?

BE,
Installateur
spécialisé



► Surtension Direct du coup de foudre:

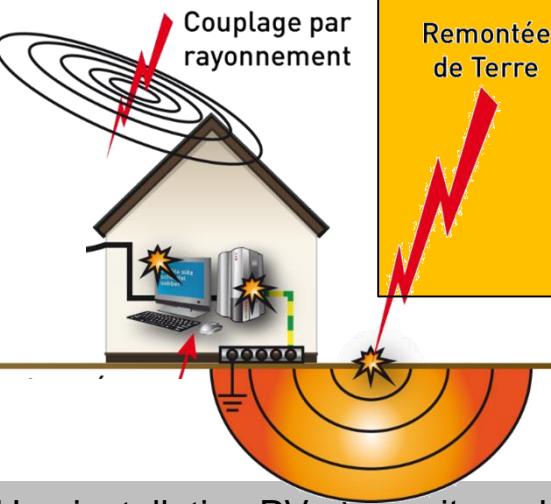
- ▶ on va chercher à capter et drainer la foudre
→ paratonnerre + parafoudre type 1

Remarque:(le parafoudre ne protége pas des effets indirects induits)

► Surtension Induite ou Indirect du coup de foudre :

- ▶ Coup de foudre indirect
→ paratonnerre type 2
- ▶ 3 effets induits
 - 1/ Champ magnétique Induit coté AC et DC
→ Réduire les boucles d'inductions
→ Parafoudre type2 / Parasurtenseur
→ Mise à la terre des masses (cadre et structure)
 - 2/ Remonté de terre
→ équipotentialité des terres
→ équipotentialité des masses (cadre et structure)
 - 3/ Champ électrostatique → Parasurtenseur (sans objet en PV ou intégré à l'onduleur)

Remontée de Terre



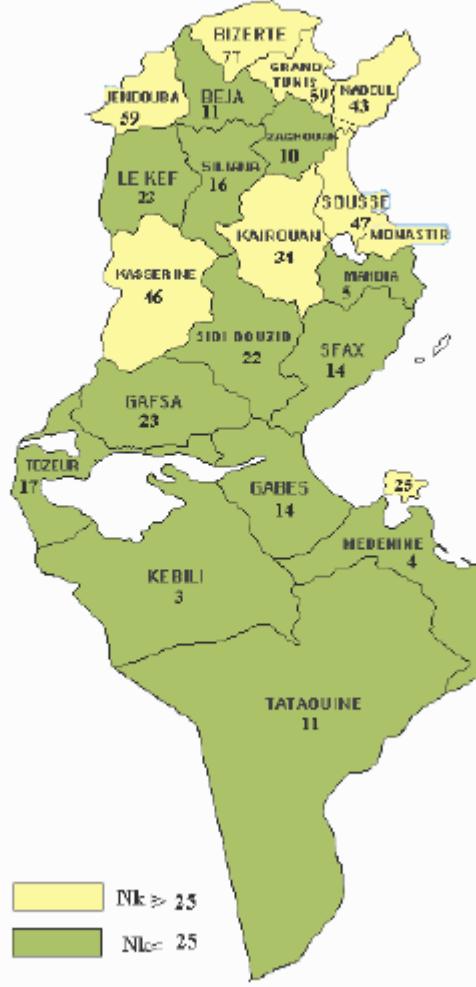
Installateur
PV



Quand mettre un parafoudre côté AC

Niveaux kérauniques en Tunisie

Note - Pour obtenir la densité de foudroyement correspondante (Ng), il suffit de diviser Nk par 10.



Rappel C15-712HA

Caractéristique de l'installation	$Ng \leq 2,5$ ou $Nk \leq 25$		$Ng \geq 2,5$ ou $Nk \geq 25$	
	Côté DC	Côté AC	Côté DC	Côté AC
Bâtiment ou structure équipé d'un paratonnerre	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 ⁽¹⁾	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 ⁽¹⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2 ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Peu utile Type 2	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2

Note : $Nk=Ng \times 10$

Côté AC:

- Zone verte: parafoudre peu utile
- Zone jaune: recommandé (si il n'est pas déjà présent sur l'installation de consommation)

Côté DC:

- Zone verte: parafoudre peu utile sur les petites installations ($< 5\text{kWc}$)
- Zone jaune: recommandé ou obligatoire suivant la configuration.

Surtension: Qui, Quoi, Comment !

Qui	Quoi	Comment
Installateur	Responsabilité générale de conception	Notes de calculs à l'appuis Schéma de câblage (calepinage) dans dossier de suivi
	Réalisation conforme à la conception	Réduction des boucle d'induction, fixation des câbles Mise à la terre des masse
	Plus de X kWc	Note de calculs justifiant la nécessité ou pas de protection et leurs calibre Indiquer dans le dossier de suivi les opérations de maintenance relatives
	Disconnecteur interne ou externe	Information à renseigner → information à contrôler !
	Maintenance	Indiquer dans le dossier de suivi les opérations de maintenance relatives
Exploitant	Contrôle des signaux	Vérification des voyants, et autre points notés dans dossier de suivi Contrôle visuel position disjoncteur
Intervenant	Maintenance hors charge (hors tension souhaitable)	Respecter procédure déconnexion
	Risques d'arc à l'ouverture	EPI
	Contrôle du maintien des conditions initiales	Contrôle visuel et mécanique, remplacement éléments défectueux

*Liste non exhaustive...

Observations

► Embouts de câblage

Prescription : Le matériel spécifique pour réaliser les connecteurs est indispensable et obligatoire.

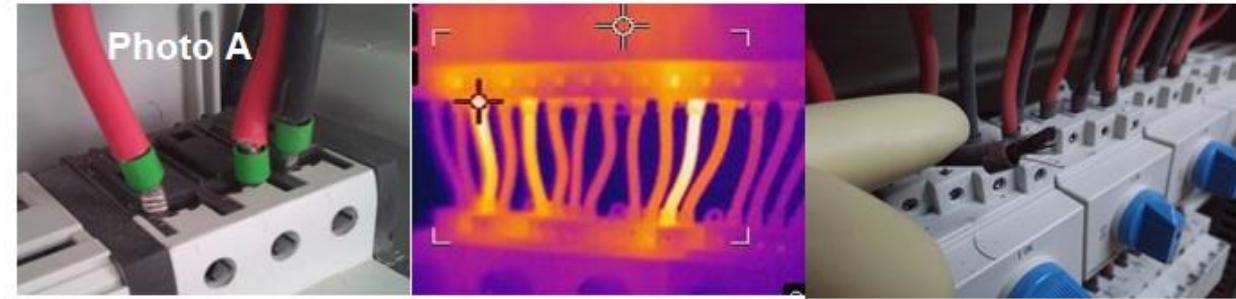
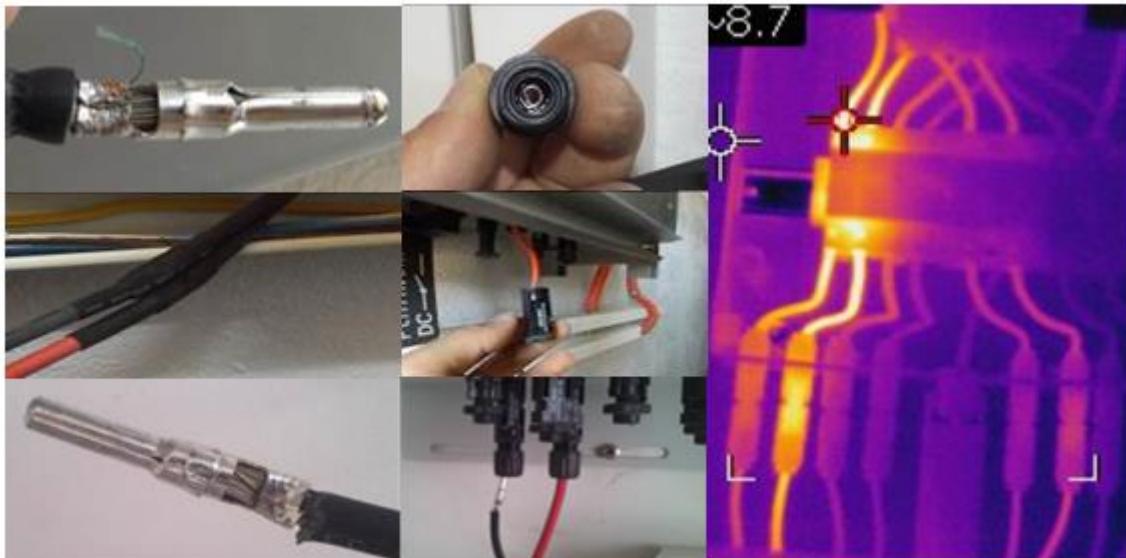


FIGURE 11 : DEFAUT DE SERTISSAGE D'EMBOUT SUR CABLE SOLAIRE

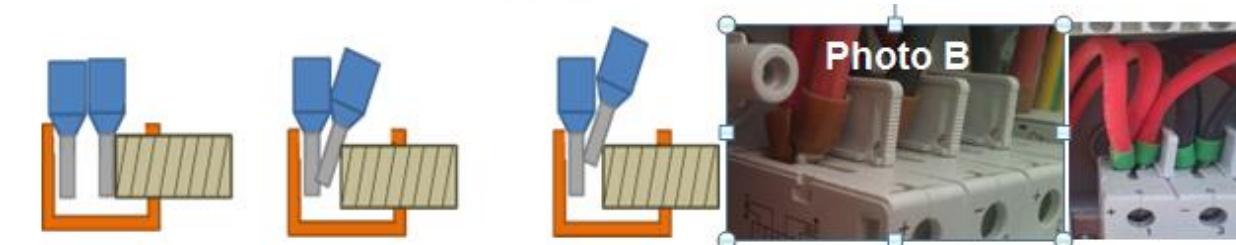


FIGURE 12: DEFAUT DE SERRAGE LIE AUX EMBOUTS DE CABLAGE



Observations

► Mise A La Terre (MALT)



FIGURE 15: DEFAUT DE CONNEXION DE LA MALT



FIGURE 16: DE GRANDS MOYEN DE MISE EN ŒUVRE POUR REALISER LA TERRE MAIS AVEC DU MAUVAIS MATERIEL

Boucle d'induction

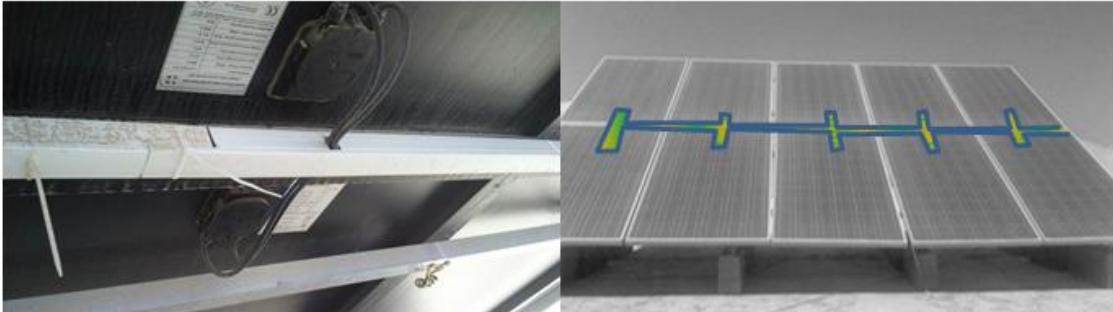
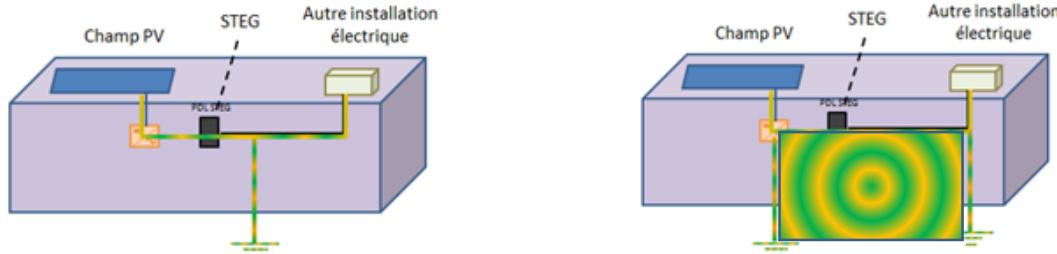
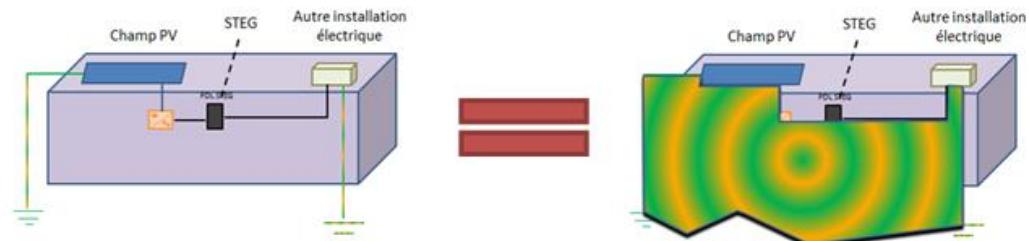


FIGURE 19: REDUCTION DE LA BOUCLE D'INDUCTION AU NIVEAU DU CHAMP PV



Deux règles simples de mise en œuvre :
« La terre et les polarités (ou l'alimentation de la STEG) doivent toujours cheminer jointivement. »
« S'il y a plusieurs terres, elles doivent être interconnectées = équipotentialité des terres ! »

Lestage des structures



FIGURE 20: EXEMPLE DE DEFATS DE LESTAGE CONSTATÉS

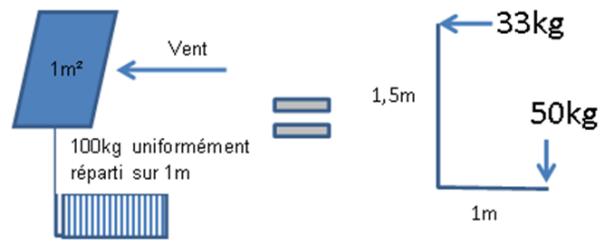


FIGURE 21 : REPRÉSENTATION DES EFFORTS MÉCANIQUES AU POINT DE BASCULEMENT

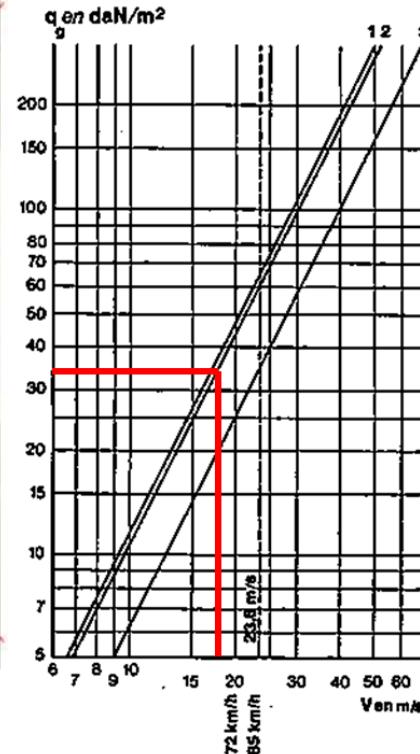
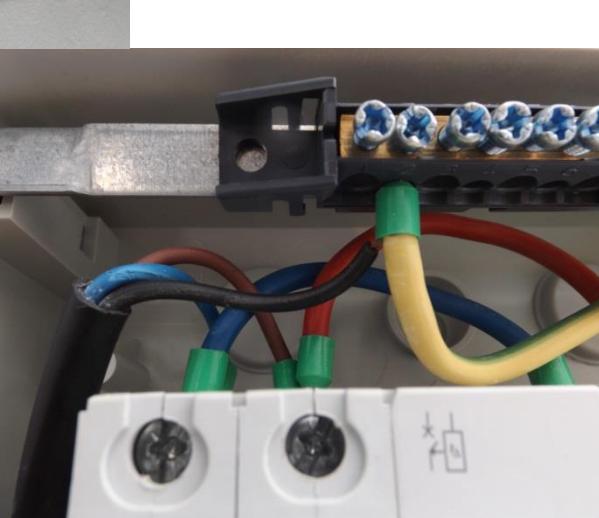
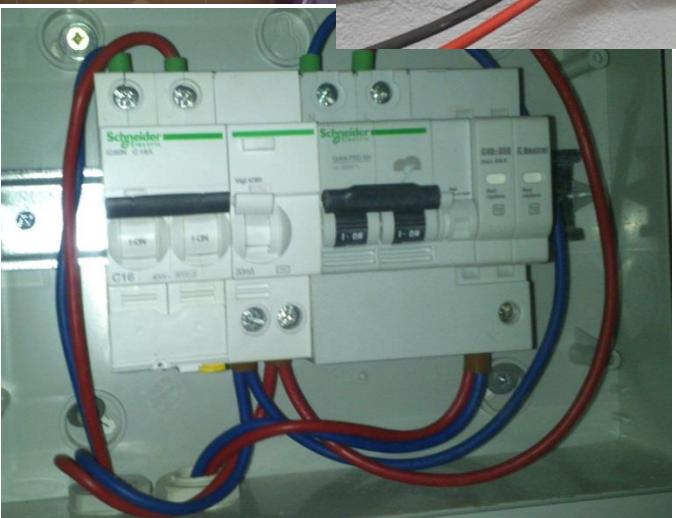
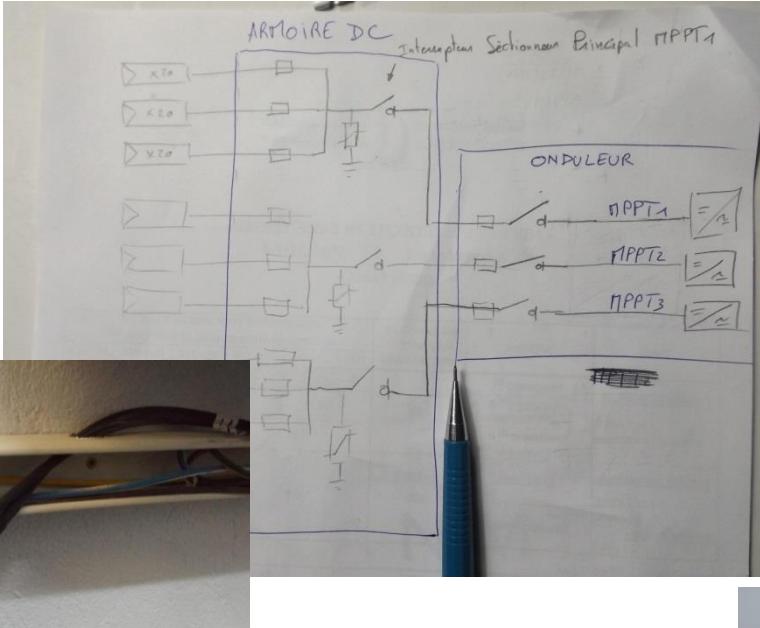


Fig. 4
Pression du vent sur un obstacle

Propositions :

- Fournir des abaques aux installateurs et organismes de contrôle spécifiant le lestage nécessaire et leur positionnement en fonction de la surface de prise au vent, les vents extrêmes spécifiques aux régions (et bord de mer), le niveau de protection au vent du site, ...
- IDEM concernant le haubanage des structures (alternative ou sécurité intéressante au lestage)
- Interdire les pieds scellés à la toiture. La résistance à l'arrachement ne peut pas être fiable et garantie dans le temps

Et bien d'autres observations



Défauts modules

- ▶ - bulle d'air à l'encapsulation (fig 38),
- ▶ - délamination (fig 39)
- ▶ - hots spots et échauffement de cellules défectueuses (fig 40)
- ▶ - défaut de pose des bus bars (fig 41)
- ▶ - défaut d'encapsulation de l'EVA (écrasement→ microfissure ?)
- ▶ - déformation du verre flèche de 1 à 2cm, contraintes mécaniques du cadre sur le verre
- ▶ - défaut de soudure ou soudure inexistantes dans les boites de jonction (fig 42)



FIGURE 38: DELAMINATION



FIGURE 41: SOUDURE INEXISTANTE DANS BOITE DE JONCTION. MODULE NON OPERATIONNEL ET RISQUE D'INCENDIE REEL

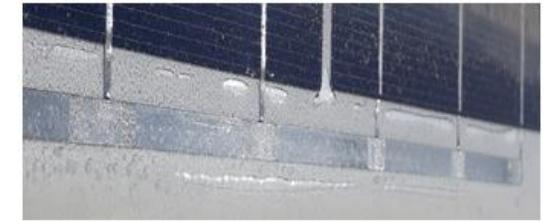


FIGURE 37: BULLES D'AIR A L'ENCAPSULATION



FIGURE 40: DEFAUT DE QUALITE SUR LA POSE DES BUS BARS

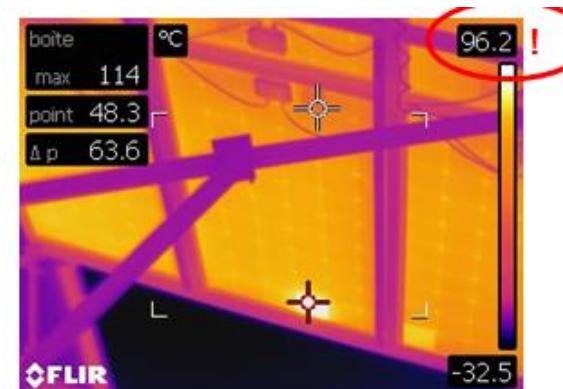


FIGURE 39: ECHAUFFEMENT D'UNE CELLULE RESISTIVE (100°C AU LIEU DE 35°C POUR LE RESTE DU MODULE)

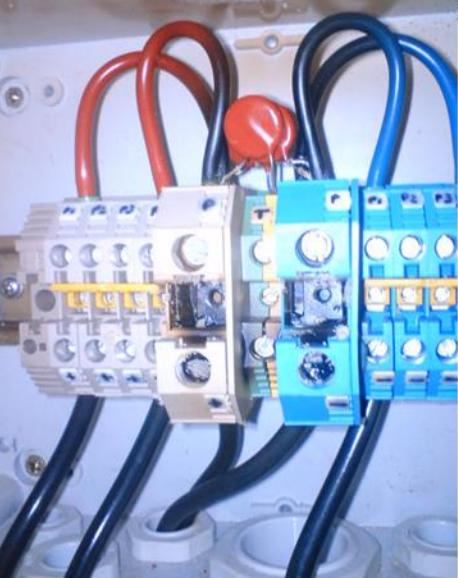
► Autres Défauts

- (Hors Tunisie)

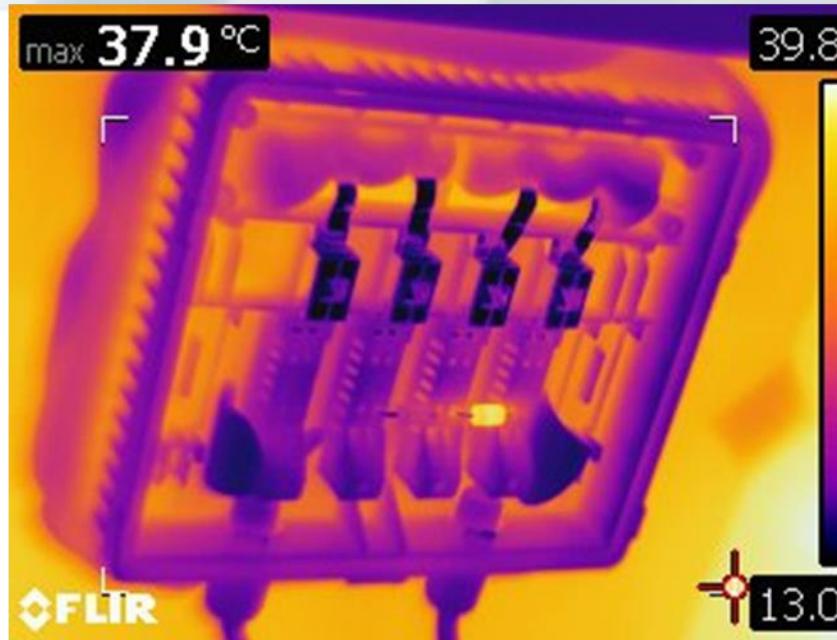
Cherché l'erreur



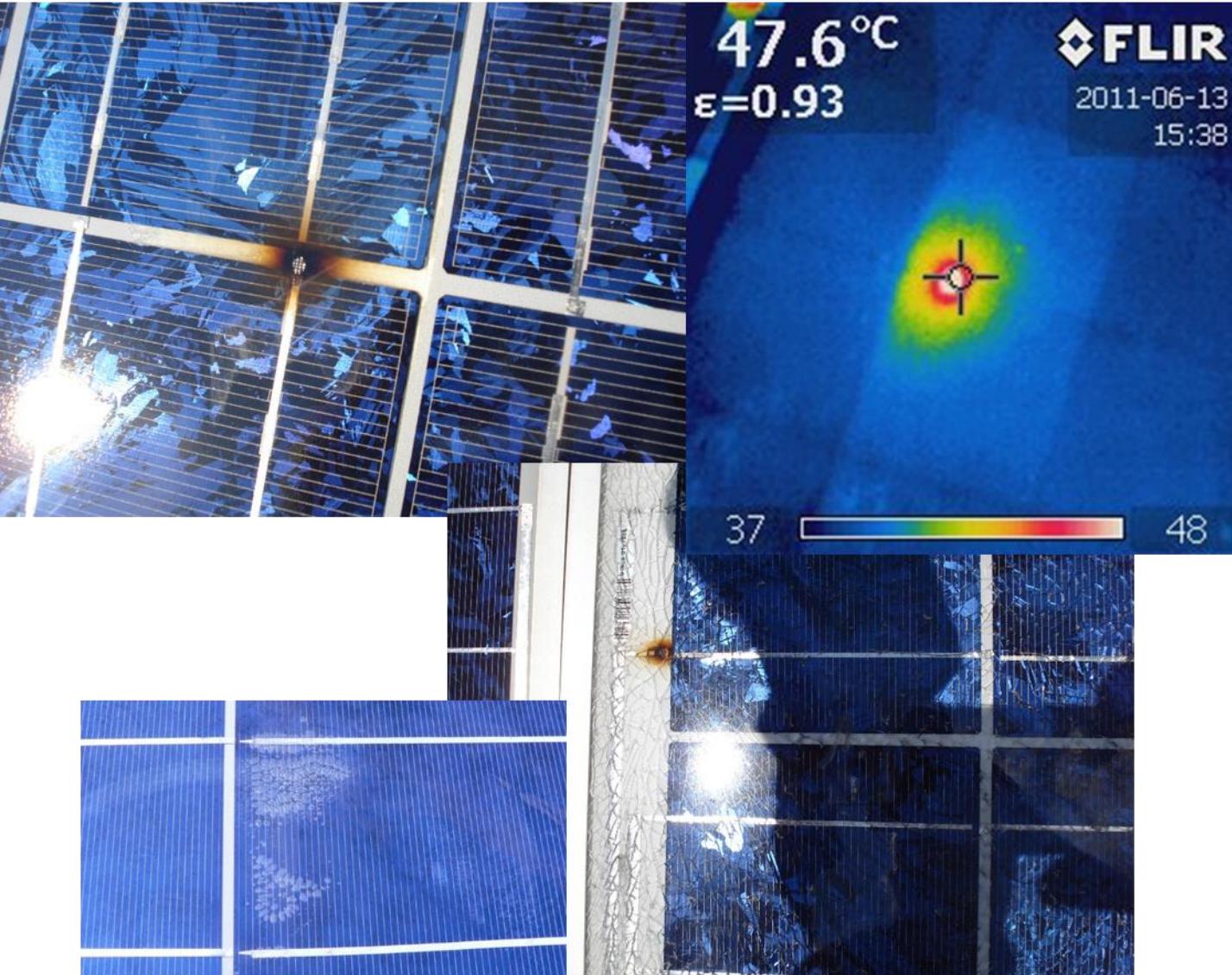
Qualité des connexions et des connecteur



Ombrage et diode By-pass



Hot Spot



Et un module ça brûle !



Procédures d'intervention

- Prendre connaissance du dossier technique et de suivi de l'installation
- Observer les valeurs et état de fonctionnement
- Intervenir en sécurité face au risque électrique
- Intervenir en sécurité face au risque de travaux en hauteur

► **Quelles sont les informations fondamentales que vous aimeriez trouver sur site?**

- les fiches techniques modules, onduleur
- le schéma électrique de l'installation (unifilaire)
- le plan de câblage et d'implantation des modules à l'onduleur (calepinage)
- une fiche de suivi des différents interventions (mise en service, SAV, message d'erreur, nettoyage, dépannage)
- une fiche de suivi de production (date, onduleur n°, production compteur, index compteur STEG (index 0 et 0-) avec mode opératoire et présentation d'un monitoring type BDPV.
- Contact installateur
- la procédure d'intervention
- Étude dimensionnement
- Référence produit auxiliaires (parafoudre, interrupteur sectionneur, câble, ...)

► **Pour quoi faire?**

- Mieux connaître l'installation
- Savoir interpréter les mesures
- Vérifier le dimensionnement → **Fiche « control et découverte de l'installation »**

Fiche contrôle et de découverte de l'installation

Données Générales Installation		
Pc		Puissance PV sur l'onduleur
Nc		Nombre de chaîne
Nm		Nb modules / chaîne

si >2 Protection Surintensité !

Données modules		
Pc		
Uoc stc	→	
Umpp stc		
Impp stc		
Isc stc		
Irm		retour module = contre courant (Imax série fusible)
U max isolement		Uocmax du champ (cf données champ)

Partie à compléter

Condition à vérifier

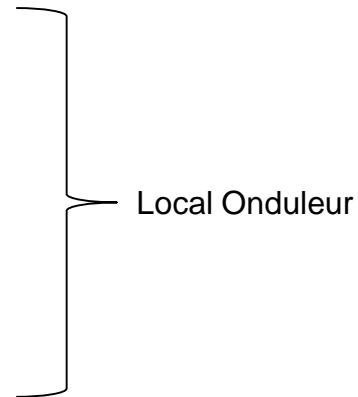
Données champ		Données Onduleur	
Pc		<	Pc max
Uoc			
Uoc max	≈1,15 Uoc	<	U max ond
Impp		<	Imppt
Umpp			
Umpp noct	≈0,9 Umpp	~	Umppt nom
Umpp max	≈1,16 Umpp	<	Umppt max
Umpp min (75°C)	≈Umpp x 0,85	>	Umppt min

Chute de tension				
L	longueur câble			
S	Section cable			
Rc	résistance constructeur	0,023.L/S		
ΔU	%chute de U	Rc . Impp/Umpp	<	3%

protection SURTENSION			
Indice de foudroiement du site		Ng<25	Ng>25
Parafoudre		Oui	Non

Protection SURINTENSITEE					
A partir de 3 branches					
NCmax en // ≤ 1+ (Irm/Iscstc)		Nc < Ncmax	=	Pas Fusible	
		Nc > Ncmax	=	Fusible	
In	calibre Fusible		≤	Irm	
			≥	1,25 Isc stc	

- ▶ Position des disjoncteurs
- ▶ Message d'erreur
- ▶ Puissance maximum enregistrée
- ▶ Voyant parafoudre
- ▶ Courant homogène sur chaque string ou MPPTtracker
- ▶ Tension de fonctionnement conforme à celle attendue
- ▶ Puissance délivré cohérente avec l'ensoleillement estimé (indicatif sans sonde d'irradiation)
- ▶ Recherche de point chaud (Caméra Infrarouge)



Local Onduleur

Local Onduleur et toiture

- ▶ Test du différentiel et arrêt d'urgence → arrêt instantané de l'onduleur
- ▶ Vérification mécanique des connections (avec EPI et outils isolés)
- ▶ Déconnection des connecteurs et mesures individuelles des tensions des branches avec ouillage IP2X → conformité avec les valeurs obtenues
- ▶ Contrôle visuel des câbles, coffrets, fixations, LEP, ombrage, encrassement des modules et ventilation onduleur
- ▶ Mesure tension à vide*, température module*, fusible
- ▶ Réflexion boucle d'induction, lestage, contreventement,
- ▶ Les mesures d'intensité sans sonde d'irradiation sont d'un intérêt limité et risquées pour l'intervenant et l'installation. → Mesure du courant de court circuit à proscrire
 - La tension à vide varie en fonction de la température des cellules.
 - Cette variation est indiquée sur les fiche techniques du fabricant.
 - En absence d'information prendre $-0,3\%U_{oc}$
- ▶ Ne pas ouvrir de connecteur en charge !

Exemple: 10 modules, $U_{oc} 40V$, $T_c=55$

$$\rightarrow U_{oc50^\circ} = 400(1-0,003*30)= 364V$$

Local Onduleur et toiture

► Suivi les installations

- Un besoin nécessaire à tous!

Constitution d'un dossier technique disponible sur site contenant :

- ▶ **les fiches techniques modules, onduleur**
- ▶ **le schéma électrique de l'installation**
- ▶ **le plan de câblage et d'implantation des modules à l'onduleur**
- ▶ **la procédure d'intervention**
- ▶ **la liste des tâches d'entretiens nécessaires pour une bonne exploitation (suivi mensuel de production, nettoyage,...)**
- ▶ **une fiche de suivi des différents interventions (mise en service, SAV, message d'erreur, dépannage)**
- ▶ **une fiche de suivi de production (date, onduleur n°, production compteur, index compteur STEG (index 0 et 0-) avec mode opératoire et présentation d'un monitoring type BDPV.**



Merci de votre attention