

C.N.I.D.E.C.A
COMPAGNIE NATIONALE DES INGENIEURS DIPLOMES
EXPERTS
PRES LES COURS D'APPEL ET LES JURIDICTIONS
ADMINISTRATIVES
Adresse Postale : Alain MARTIN - 101 rue de Prony - 75017 PARIS

PROGRAMME DUCOLLOQUE DU 22 JANVIER 2015

« Le photovoltaïque : Perspectives et difficultés »

Pour accéder aux exposés, cliquez sur le titre de l'exposé de votre choix

- **Les difficultés**
Monsieur **Éric MORISSET**, Expert CNIDECA
- **Diagnostic par thermographie**
Monsieur **Robert MAZBRAUD**, Expert CNIDECA
- **Questions juridiques**
Maitre **Albert CASTON** Avocat
- **Prospective**
Monsieur **Pascal TIRTIAUX**, First Solar Inc., Head of Business Development Southern Europe & Israel

« Les difficultés » par Monsieur Eric MORISSET,
Expert CNIDECA



CNIDECA

Colloque de 22 janvier 2015

Le photovoltaïque : Perspectives et difficultés

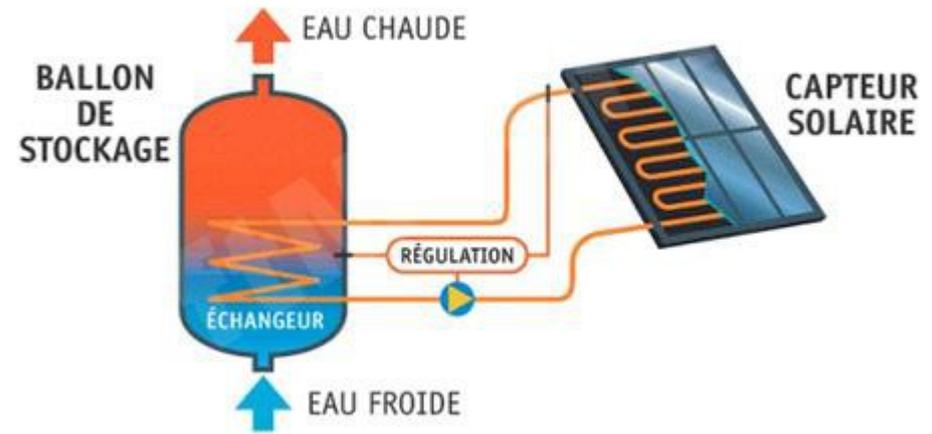
« Les difficultés »

Eric MORISSET
expertises@emea-conseil.fr

- **Généralités sur les systèmes photovoltaïques**
 - Constitution d'un système PV
 - Le rendement énergétique et les facteurs d'influence
 - Les modes constructifs
- **Les désordres types rencontrés dans le PV**
 - Désordres courants
 - Zoom sur 2 problèmes importants d'actualité
- **Les outils de l'expert**
 - Pour l'analyse des désordres
 - Pour l'évaluation des pertes de production
 - Référentiel technique et réglementaire

Le solaire thermique

Consiste à capter la chaleur produite par le rayonnement solaire afin de la stocker et de la réutiliser pour des besoins de chauffage ou d'eau chaude sanitaire.



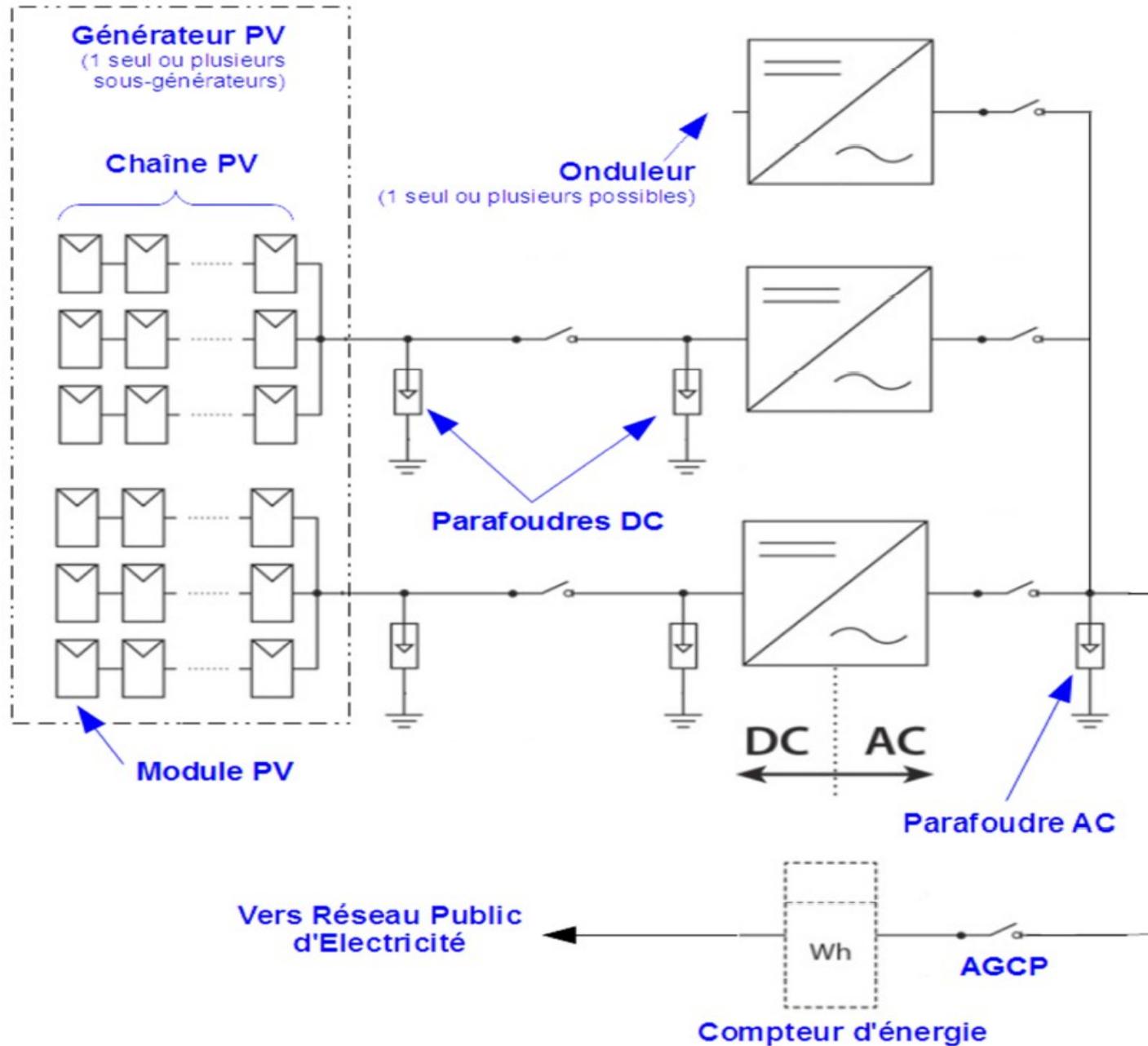
Le solaire photovoltaïque

Permet de convertir directement le rayonnement solaire en électricité.

L'électricité est produite en courant continu (photo-pile) par des modules (appelés également panneaux) constitués à partir de matériaux semi-conducteurs.

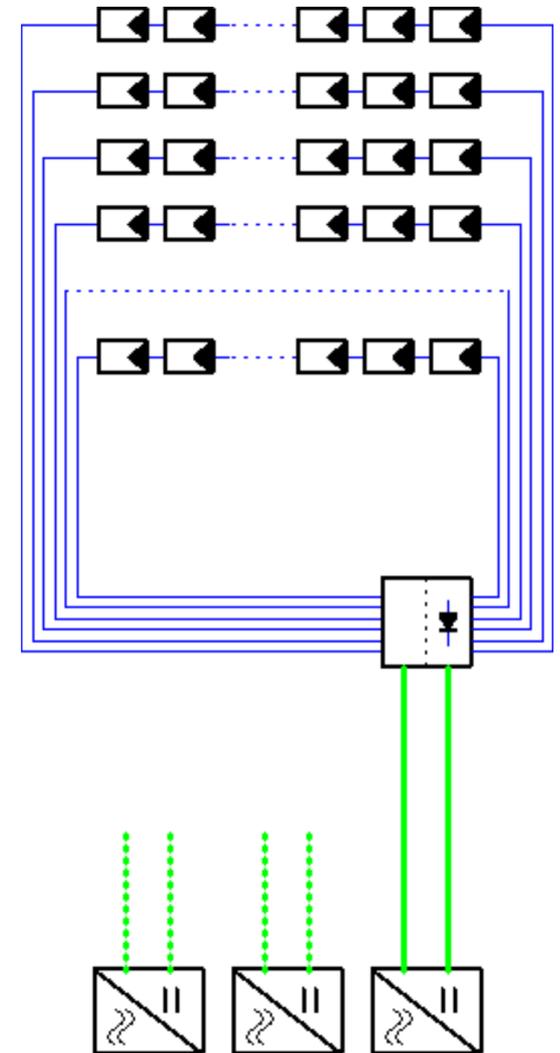
L'électricité produite peut être stockée dans des batteries ou convertie en courant alternatif et injectée dans un réseau électrique.

Schéma d'un système photovoltaïque raccordé au réseau



Assemblage des modules en générateur PV

- **Montage en série des modules** (chaîne=string)
 - les tensions des modules s'ajoutent
 - le même courant traverse toute la chaîne
 - **Montage en parallèle des chaînes**
 - mise en commun de la tension de chaîne
 - toutes les chaînes doivent être identiques
 - les courants des chaînes s'ajoutent.
 - La mise en parallèle des chaînes peut se faire dans une boîte de connexion ou en interne de l'onduleur.
 - Générateur photovoltaïque = ensemble des modules montés en série et en parallèle (on parle aussi de champ photovoltaïque)
- **La limitation du courant dans un seul module d'une chaîne (puissance crête inférieure, ombrage, défaut, panne) limite l'ensemble de la chaîne.**



Les conditions de test standard et la puissance crête.

La puissance électrique fournie par un module photovoltaïque dépend de l'irradiance (la puissance lumineuse reçue par unité de surface), de la distribution spectrale de la lumière et de la température des cellules.

Afin d'établir une base de comparaison des différents modules, il a été adopté un standard international pour la détermination des caractéristiques de puissance des modules PV. Les modules sont testés dans des conditions standardisées (Standard Test Conditions : STC) qui sont :

- Irradiance = 1000 W/m^2
- Température des cellules = $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Distribution spectrale = AM 1,5 (spectre solaire typique)

Placé dans ces conditions standard de test, un module délivre, au point puissance maximale (MPP) une puissance électrique donnée dite « **puissance crête** ». Elle s'exprime en Watt-Crête [Wc] (ou Wp pour Watt-Peak en anglais).

$1 \text{ kWc} = 1000 \text{ Wc}$.

La puissance crête est le paramètre de base de tout système photovoltaïque. Il sert en particulier à calculer l'énergie produite par ce système dans un environnement donné. La puissance crête d'un module est indiquée sur la plaque signalétique du module (marquage obligatoire).

Pour un générateur PV donné, la production d'électricité dépend :

- du potentiel solaire et des conditions climatiques au lieu d'installation (latitude, longitude, altitude, températures, nébulosité...)
- des conditions d'exposition (orientation, inclinaison, système de suivi)
- de la ventilation des modules (environ 10% de perte de puissance pour une élévation de température de 30 °C)
- de l'impact des ombrages et de l'empoussièrement des modules
- de la performance et de la qualité du matériel (rendement des onduleurs, coefficients de température des modules et stabilité de la puissance dans la durée)
- de la qualité de la conception (gestion des pertes ohmiques et des ombrages)

Outils pour le calcul de la production

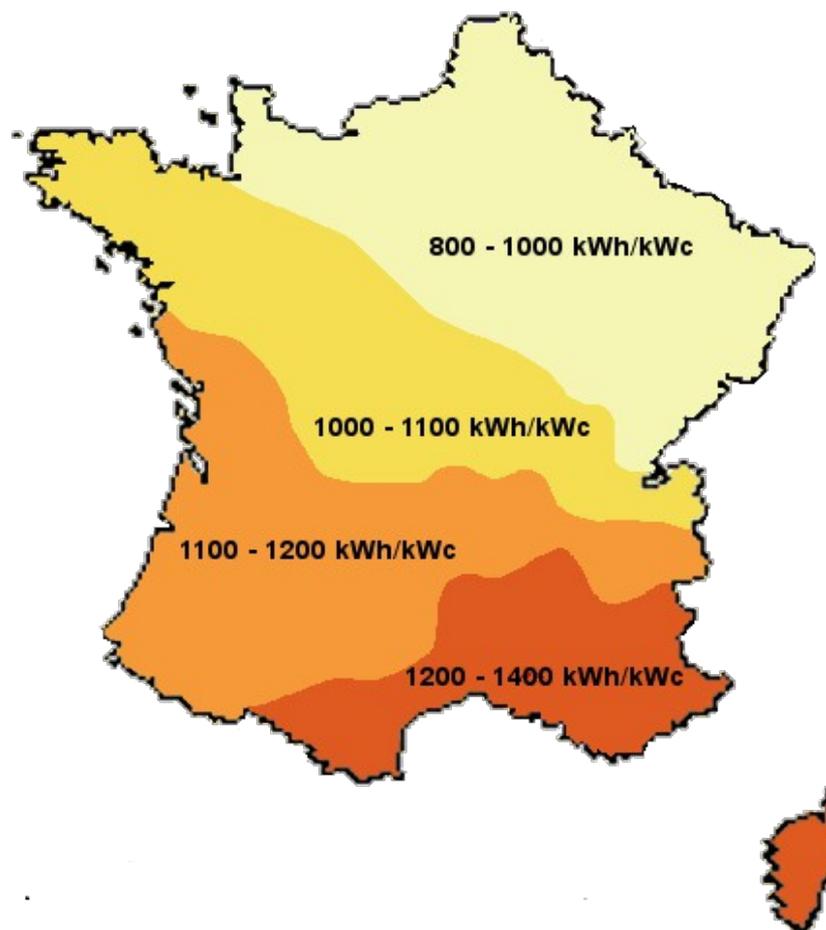
- Utilisation de bases de données climatiques
- Outils simplifiés pour l'évaluation (par ex. PVGIS, CALSOL) ou Simulateurs avancés (par ex. PV*SOL, PVSYST)

Le productible d'un système PV

Productible = Quantité d'énergie électrique (en kWh) susceptible d'être produite sur une période donnée par le système photovoltaïque considéré.

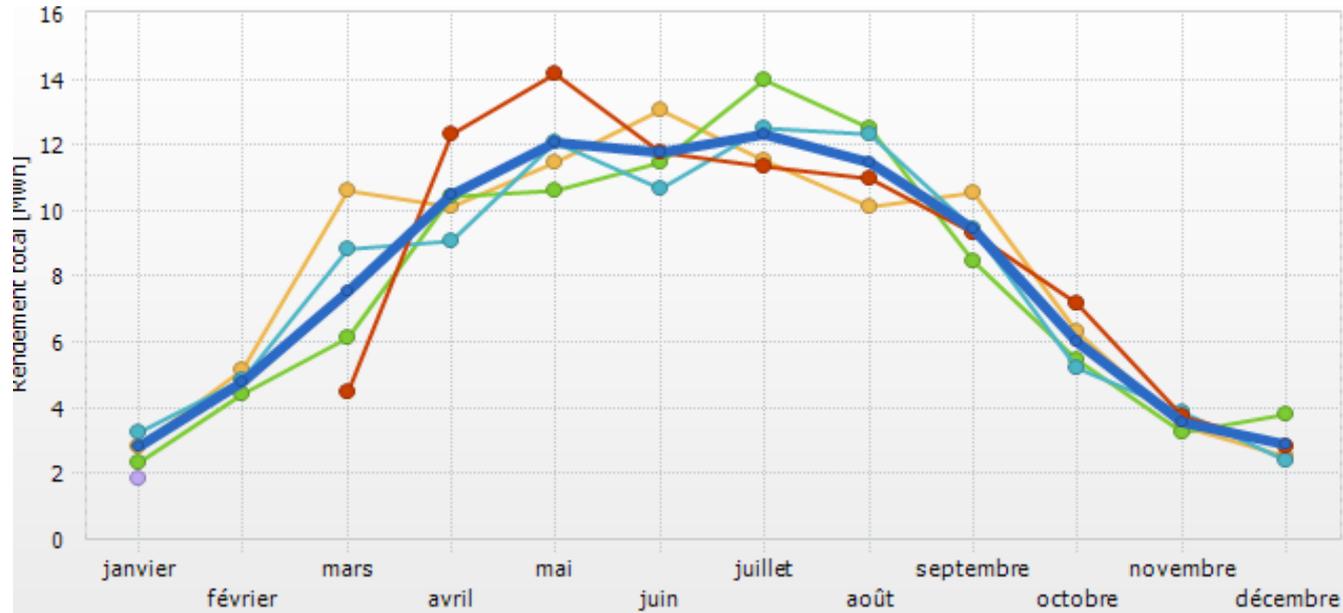
Le Productible d'un système photovoltaïque peut être déterminé par des méthodes de calcul plus ou moins approfondies. Il peut être évalué grossièrement à l'aide de données météorologiques historiques moyennées, de la puissance crête du générateur et de ses caractéristiques d'orientation et d'inclinaison.

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES					
INCLINAISON		☀	☀	☀	☀
ORIENTATION		0°	30°	60°	90°
Est	☛	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	☛	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	☚	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	☛	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	☚	0,93	0,90	0,78	0,55

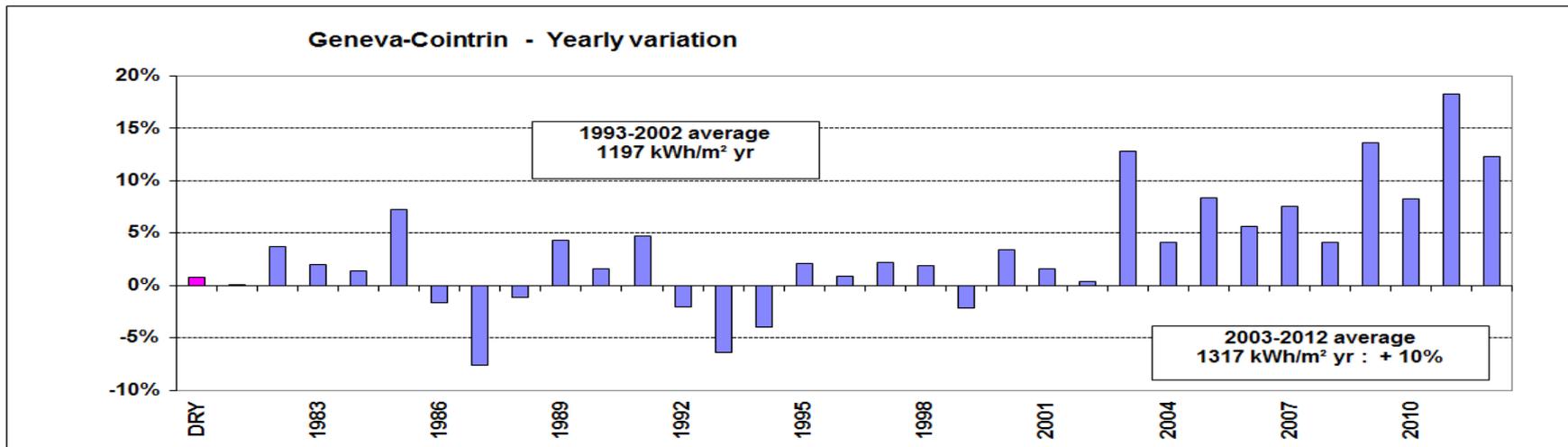


Variations annuelles du potentiel solaire

- Fortes variations saisonnières



- Variations inter-annuelles modérées en moyennes annuelles



Modes constructifs sur toitures inclinées

en surimposition ->

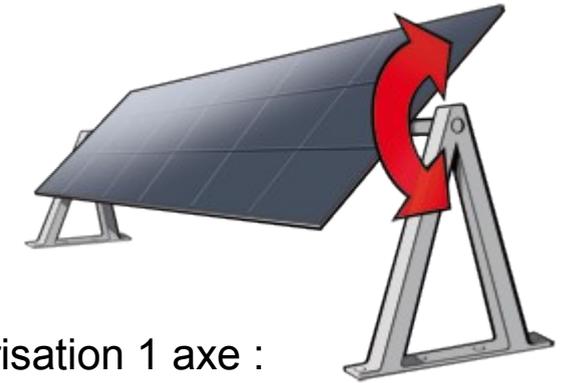
- Les panneaux sont installés par dessus les éléments de couverture
- le système de rails aluminium est ancré dans la charpente
- les modules sont fixés aux rails



<- en intégration

- Les panneaux font office d'élément de couverture
- Problèmes d'étanchéité, de ventilation et de maintenance

Modes constructifs au sol (ou toiture plate)



Motorisation 1 axe :
Gain de 20 à 30%



Motorisation 2 axes :
Gain de 25 à 35%

Utilisation possible de systèmes motorisés de suivi de la course du soleil (Trackers) afin d'augmenter la production ou de mieux la répartir dans la journée.

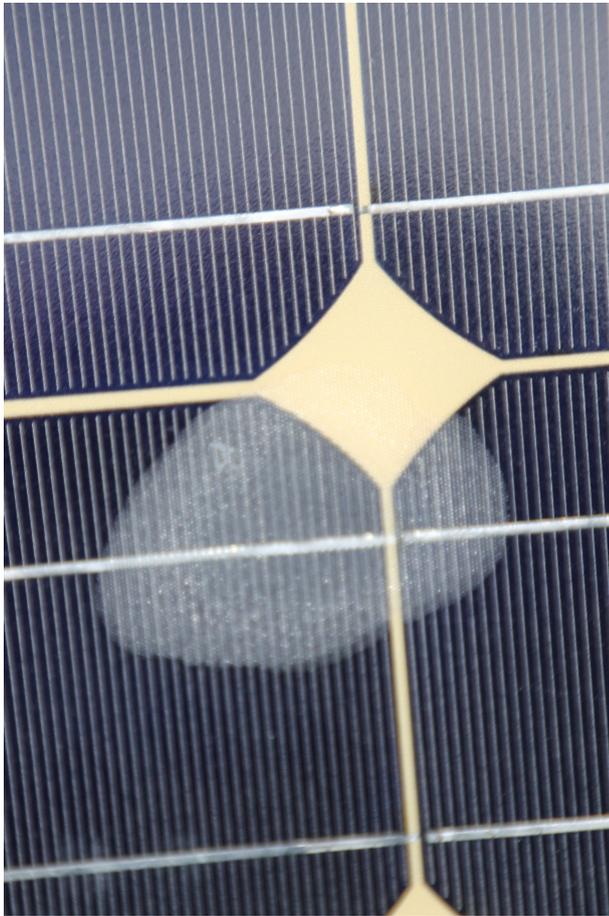
Désordres habituellement rencontrés

- Désordres classiques en matière d'électricité sur la partie AC (courant alternatif) : non-conformités aux règles de l'art, dysfonctionnements du matériel électrotechnique (onduleurs), ...
- Désordres classiques en matière de couverture-étanchéité pour les systèmes dits "intégrés" qui viennent en remplacement des éléments de couverture : fuites d'eau (généralement consécutives à une pose non conforme aux recommandations du fabricant).
- Désordres spécifiques au PV en partie AC : actionnements intempestifs des protections de découplage de l'onduleur ou des protections différentielles de l'installation (erreurs de conception du système)
- Désordres spécifiques au PV en partie DC :
 - Les défauts d'isolement (câbles ou connecteurs) conduisent à des interruptions des onduleurs qui stoppent l'injection, généralement par intermitence.
 - Les défauts de raccordement (connecteurs, boîtiers de jonction) conduisent à l'interruption du circuit électrique en courant continu. Les modules qui ne sont plus raccordés deviennent improductifs.

- La présence d'une tension aux bornes d'un module PV (ou d'un assemblage de modules) ne peut pas être supprimée dans la journée tant qu'il y a présence de la lumière solaire (sauf à recouvrir l'ensemble du générateur d'une bâche opaque).
- En cas de dégradation d'un contact et à l'ouverture du circuit électrique en courant continu (DC), un arc électrique peut s'amorcer et se maintenir en raison de la nature continue du courant (en courant alternatif, le passage par 0 tous les 50èmes de secondes favorise l'extinction de l'arc). L'important dégagement de chaleur qui accompagne l'arc électrique est susceptible de provoquer un incendie.
- L'environnement d'utilisation est sévère (humidité, UV, fortes variations des températures) ; pour fonctionner durablement et efficacement, un système PV nécessite des matériels de qualité et une mise en oeuvre soignée.

Désordres spécifiques aux modules PV

- Délamination, brunissements, micro-fissures des cellules, "Hot-Spots", ...



- Le respect des normes (IEC 61215/61646 et IEC 61730) assurent généralement une bonne résistance des modules sur une longue période.

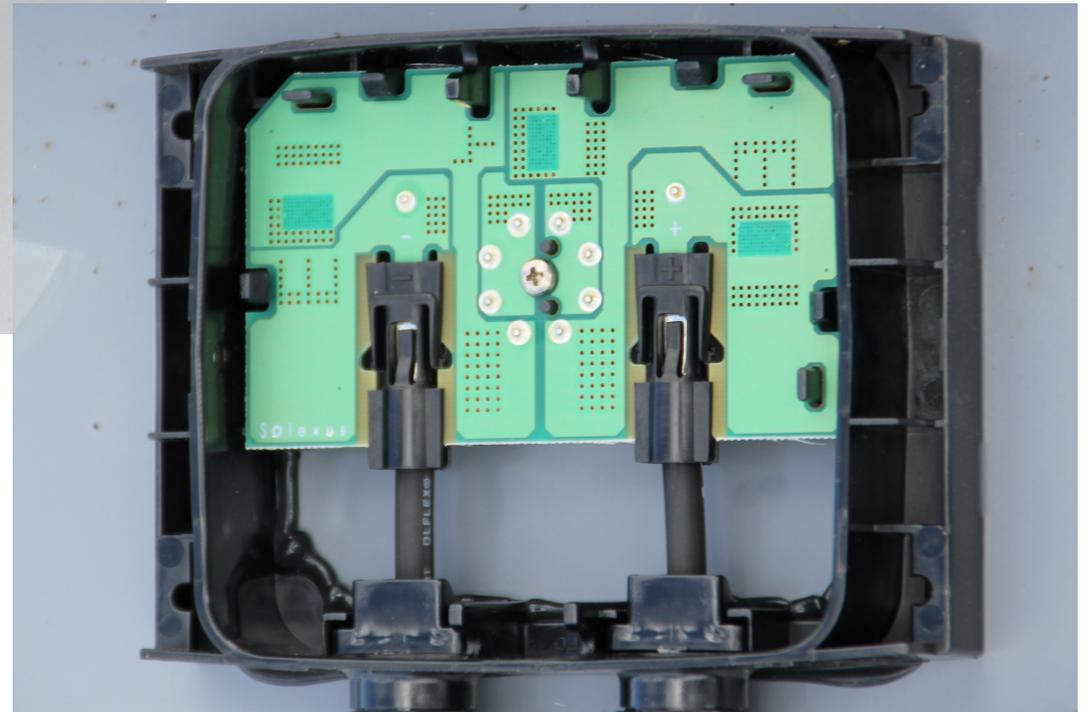
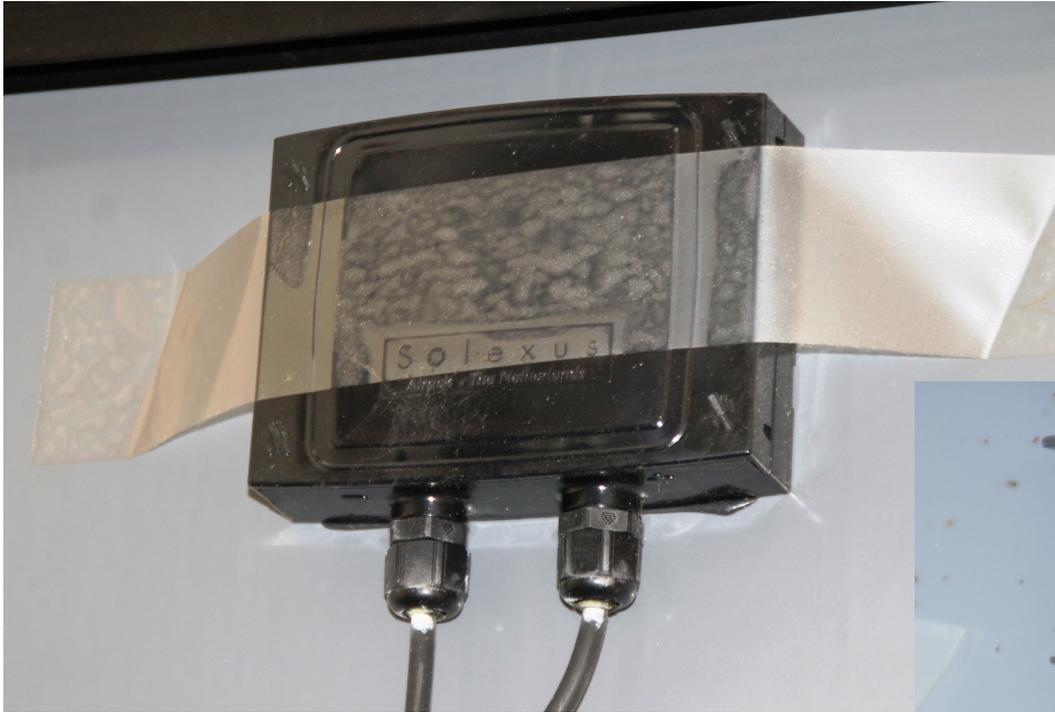
L'exploitant est souvent alerté d'un problème potentiel par une production effective inférieure à celle escomptée (laquelle a généralement été estimée par une étude du Productible), sans autre signe extérieur visible d'un désordre.

Les causes possibles sont multiples :

- Mauvaise conception (erreurs de dimensionnement des onduleurs, des sections de câbles,...)
- Mauvaise mise en oeuvre (surchauffe des onduleurs déclanchant des "derating")
- Mauvaise prise en compte des facteurs environnementaux lors de la conception (ensoleillement réels, ombrages,...)
- Mauvais entretien (encrassement des modules)
- Vieillesse prématurée des modules (baisse de la puissance crête du générateur).

Défaut sériel des boîtiers de jonction de modules SCHEUTEN

Défaut sériel sur des modules photovoltaïques de marque SCHEUTEN SOLAR localisé au niveau des connecteurs internes du boîtier de jonction (plusieurs centaines de milliers de modules sont concernés).

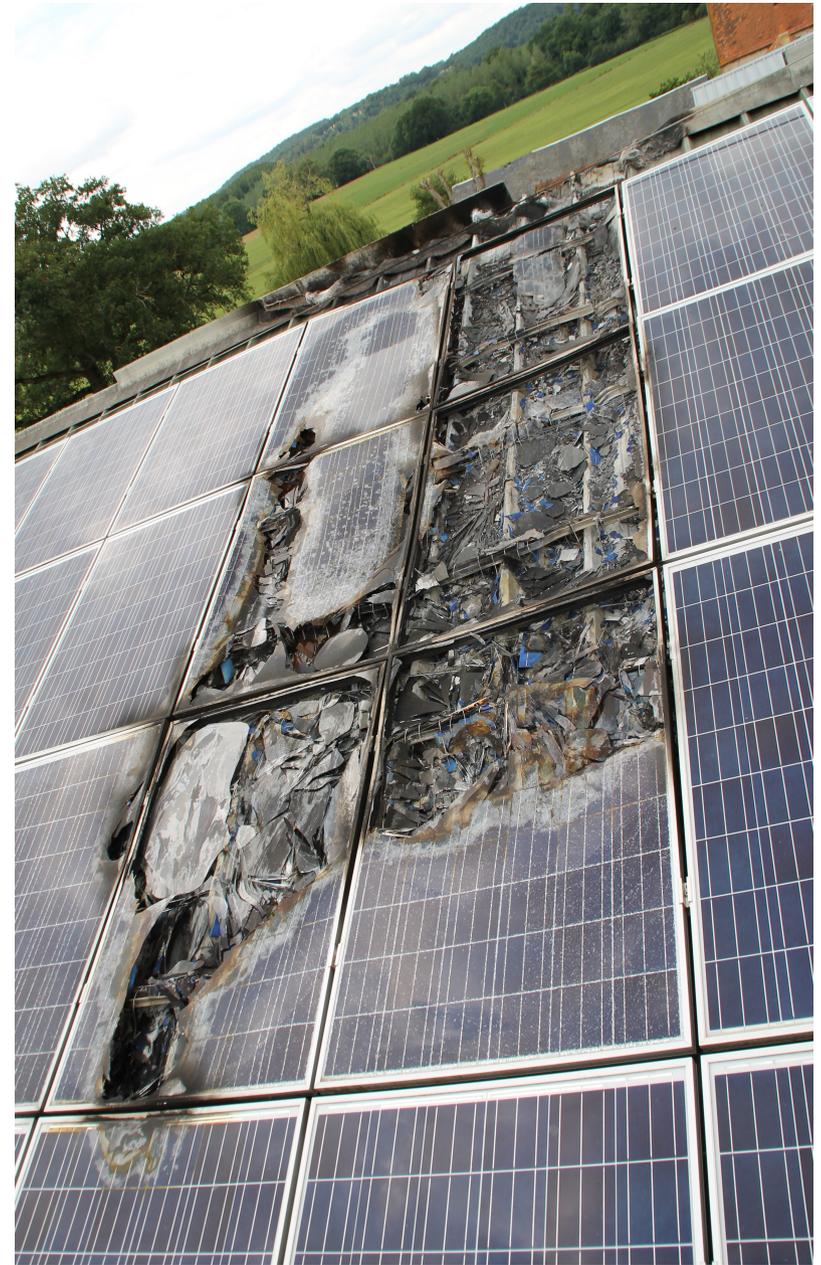


Défaut sériel des boîtiers de jonction de modules SCHEUTEN



La dégradation progressive des contacts des connecteurs internes du boîtier de jonction génère des échauffements.

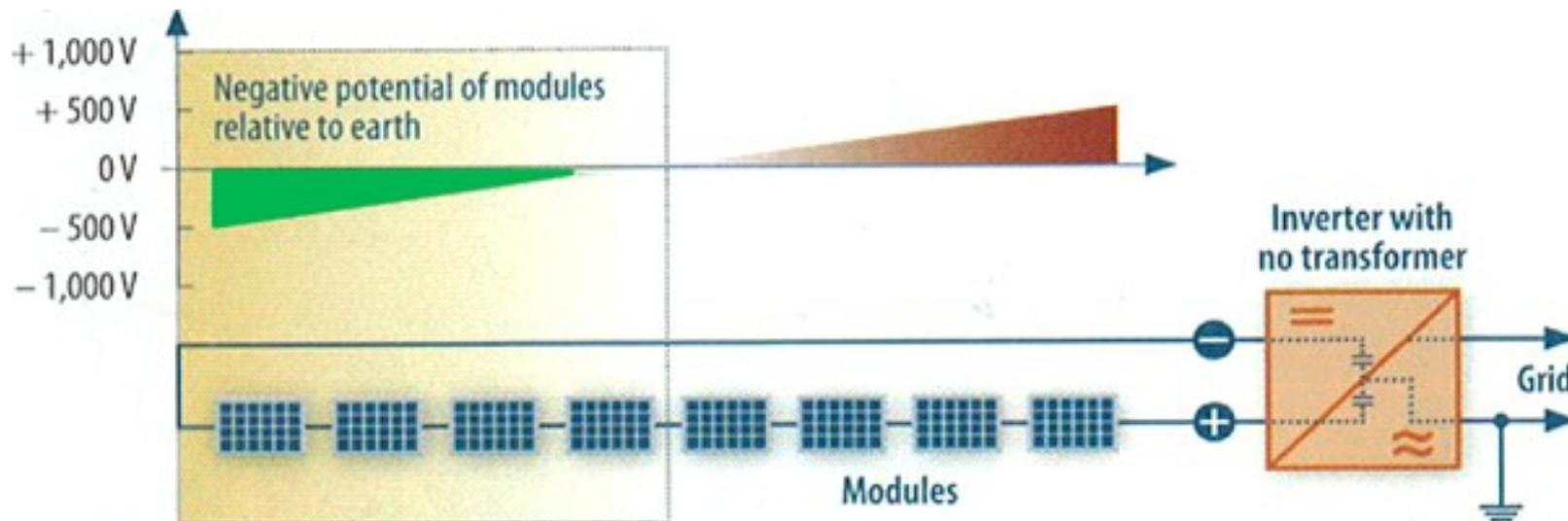
Lors de la rupture du contact sous charge, un arc électrique est susceptible de provoquer un incendie.



"Potential Induced Degradation" (PID)

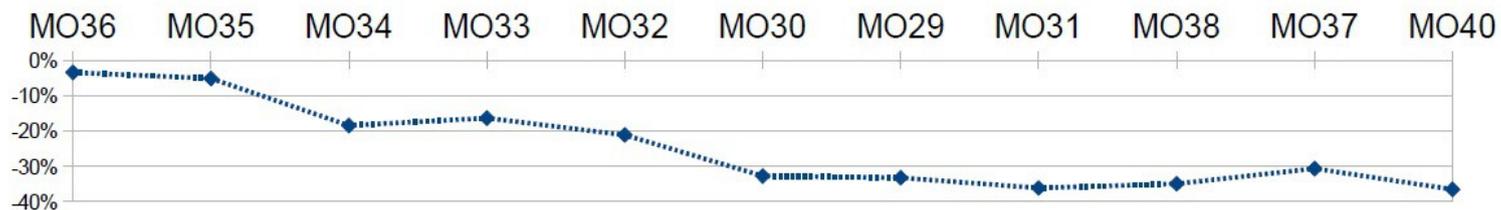
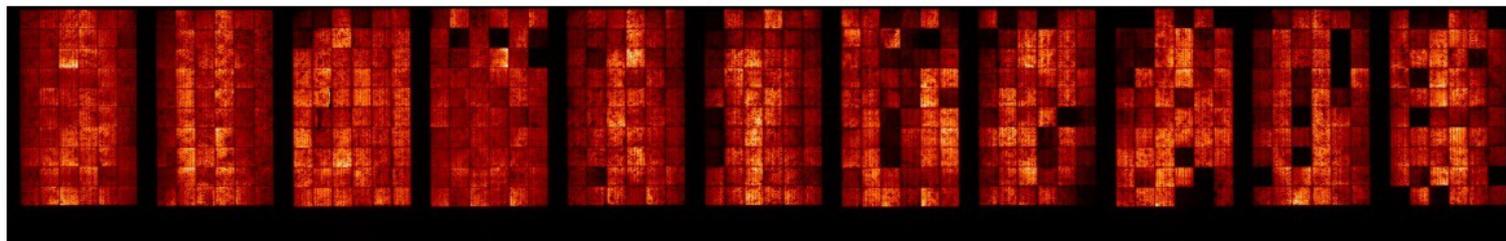
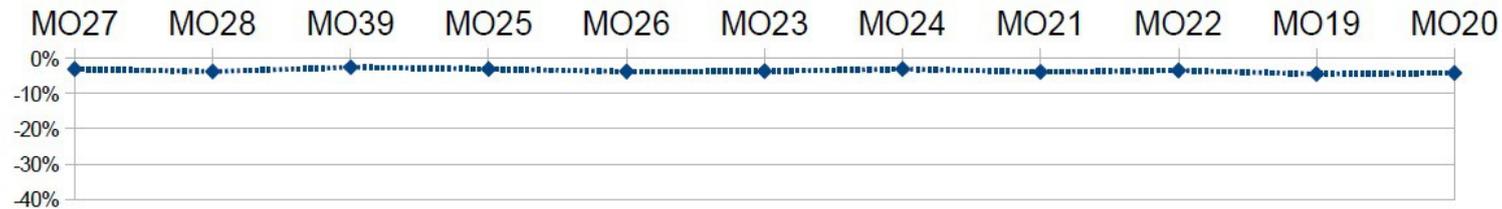
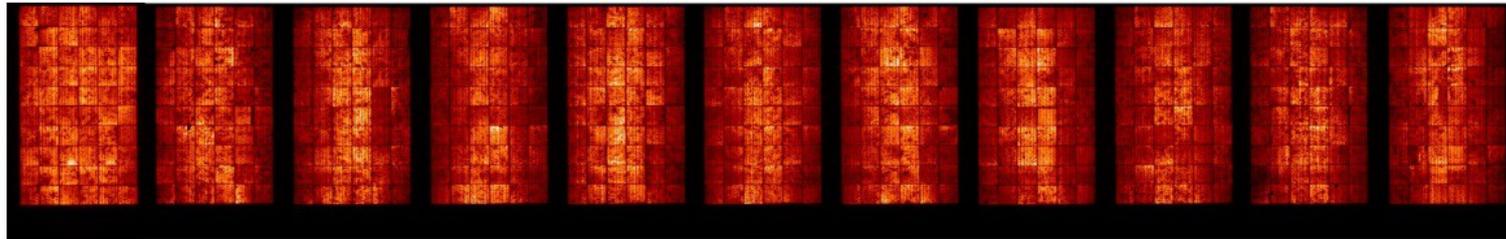
Phénomène qui **affecte la puissance du module photovoltaïque**. Il se produit lorsque le potentiel électrique des cellules et les courants de fuite conduisent à une mobilité ionique à l'intérieur du module entre les éléments semi-conducteurs (les cellules) et les autres constituants tels que le verre de la couche supérieure du laminé ou le cadre du module.

Le système photovoltaïque et l'environnement interagissent pour faire apparaître le PID. Le développement de la dégradation est favorisé par l'humidité, la température et le **potentiel des cellules**.



"Potential Induced Degradation" (PID)

Les pertes de puissance peuvent être mises en évidence par des tests spécifiques en laboratoire.



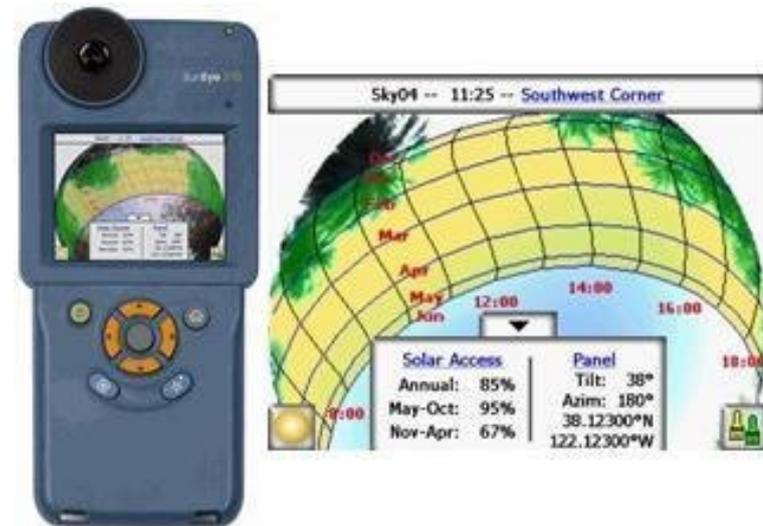
Pertes de puissance mesurées et images par électroluminescence des modules classés par position dans la chaîne.

Les moyens d'investigation de l'expert

- Les outils de l'expert : caméra Infra-Rouge, analyseur de caractéristiques PV, les relevés de masque solaire (manuel ou Sun-Eye), la modélisation 3D, les simulateurs et logiciels spécialisés en PV



Analyseur Tri-Ka



Sun-Eye

- L'exploitation des systèmes d'enregistrement des paramètres électriques présents sur site : Monitoring PV, oscilloperturbographe, compteurs d'énergie.

Les moyens d'investigation de l'expert

- Les outils de laboratoire : essais mécaniques et climatiques (généralement essais normalisés), flasheur PV, imagerie par thermographie et électroluminescence, essais de PID.



Banc de Flashage PV

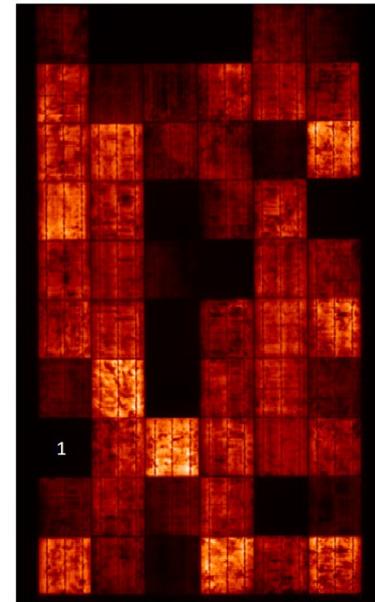


Image EL

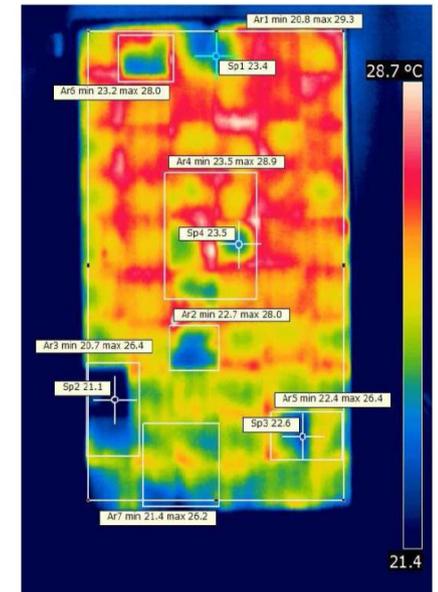


Image IR

Evaluation des préjudices

- Les dommages matériels sont généralement constitués des coûts liés aux travaux pour remédier aux dommages.
→ Estimation sur devis ou factures.
- Les dommages "immatériels" sont habituellement constitués des pertes financières consécutives à un manque de production électrique (interruption partielle ou totale de la production d'électricité ou sous-performance du système).
- Pour les installations raccordées au réseau public de distribution, la **production électrique effective** est mesurée par les compteurs d'énergie du gestionnaire de réseau (ERDF). Le système de monitoring peut mesurer également la production électrique en sortie des onduleurs.
- Le manque de production est l'écart entre la production effective et la **production nominale** (celle qui aurait pu être réalisée en l'absence de désordre).
- Le manque de production (en kWh) est ensuite valorisé (en euros) en fonction du tarif de l'électricité (en €/kWh), à la revente ou à l'achat, selon les cas (revente totale, revente des excédents non auto-consommés).

Evaluation de la production nominale

- Par utilisation d'un référentiel simple - par exemple, une partie du générateur qui fonctionne normalement, un autre générateur PV qui est soumis à des conditions climatiques similaires (à proximité). Il peut être nécessaire d'appliquer des corrections pour tenir compte des différences constructives avec le référentiel (inclinaison/orientation, rendements des onduleurs différents...).
- Utilisation du Ratio de Performance lorsque l'on dispose de données de rayonnement solaire sur le site.

$$PR_{Période} = \frac{E_{GRID_{Période}}}{GlobInc_{Période} * P_{NOM}}$$

- Utilisation de bases de données climatiques et de logiciels spécialisés pour le PV afin de simuler l'ensemble du système photovoltaïque au plus près de son fonctionnement réel.
- Données climatiques (rayonnement solaire et température ambiante) moyennées ou effectives ?
- Données climatiques utilisables : mesures réalisées sur site (pyranomètre) ou fournies par des tiers (Météo-France, HelioSat, ...)

Tarif de rachat de l'électricité produite

Type d'installation			Tarifs en vigueur pour les installations dont la demande complète de raccordement a été envoyée :					
			entre le 1er janvier 2012 et le 31 mars 2012	entre le 1er avril 2012 et le 30 juin 2012	entre le 1er juillet 2012 et le 30 septembre 2012	entre le 1er octobre 2012 et le 31 décembre 2012*	entre le 1er janvier 2013 et le 31 janvier 2013*	entre le 1er février 2013 et le 31 mars 2013*
Résidentiel	IAB ¹	[0-9kW]	38,80 c€/kWh	37,06 c€/kWh	35,39 c€/kWh	34,15 c€/kWh	31,59 c€/kWh	31,59 c€/kWh
		[9-36kW]	33,95 c€/kWh	32,42 c€/kWh	30,96 c€/kWh	29,88 c€/kWh	27,64 c€/kWh	-
	ISB ²	[0-36kW]	22,49 c€/kWh	20,35 c€/kWh	18,42 c€/kWh	19,34 c€/kWh	18,17 c€/kWh	
		[36-100kW]	21,37 c€/kWh	19,34 c€/kWh	17,50 c€/kWh	18,37 c€/kWh	17,27 c€/kWh	
Enseignement ou santé	IAB	[0-9kW]	30,09 c€/kWh	27,23 c€/kWh	24,64 c€/kWh	22,79 c€/kWh	21,43 c€/kWh	31,59 c€/kWh
		[9-36kW]	30,09 c€/kWh	27,23 c€/kWh	24,64 c€/kWh	22,79 c€/kWh	21,43 c€/kWh	-
	ISB	[0-36kW]	22,49 c€/kWh	20,35 c€/kWh	18,42 c€/kWh	19,34 c€/kWh	18,17 c€/kWh	
		[36-100kW]	21,37 c€/kWh	19,34 c€/kWh	17,50 c€/kWh	18,37 c€/kWh	17,27 c€/kWh	
Autres bâtiments	IAB	[0-9kW]	26,09 c€/kWh	23,61 c€/kWh	21,36 c€/kWh	19,76 c€/kWh	18,58 c€/kWh	31,59 c€/kWh
	ISB	[0-36kW]	22,49 c€/kWh	20,35 c€/kWh	18,42 c€/kWh	19,34 c€/kWh	18,17 c€/kWh	
		[36-100kW]	21,37 c€/kWh	19,34 c€/kWh	17,50 c€/kWh	18,37 c€/kWh	17,27 c€/kWh	
Tout type d'installation	[0-12MW]	11,08 c€/kWh	10,79 c€/kWh	10,51 c€/kWh	8,40 c€/kWh	8,18 c€/kWh		

Par arrêté du 7 janvier 2013, publié le 31 janvier 2013, modifiant l'arrêté du 4 mars 2011, un seul tarif d'intégration au bâti est désormais en vigueur, valable uniquement pour les installations inférieures ou égales à 9 kWc, quel que soit l'usage du bâtiment, à compter du 1er février 2013. Les critères d'intégration au bâti n'ont quant à eux pas été modifiés.

Type de tarif	Type de l'installation et puissance totale	01/02/13 au 31/03/13	01/04/13 au 30/06/13	01/07/13 au 30/09/13	01/10/13 au 31/12/13 nh	01/01/14 au 31/03/14 nh	01/04/14 au 30/06/14 nh
Tarif dit T1	Intégration au bâti (IAB) [0-9 kWc]	31,59	30,77	29,69	29,10	28,51	27,94
Tarif dit T4	Intégration simplifiée au bâti (ISB) [0-36 kWc]	18,17	16,81	15,21	14,54	14,54	14,16
	[36-100 kWc]	17,27	15,97	14,45	13,81	13,81	13,45
Tarif dit T5	Autres installations [0-12 MW]	8,18	7,96	7,76	7,55	7,36	7,17

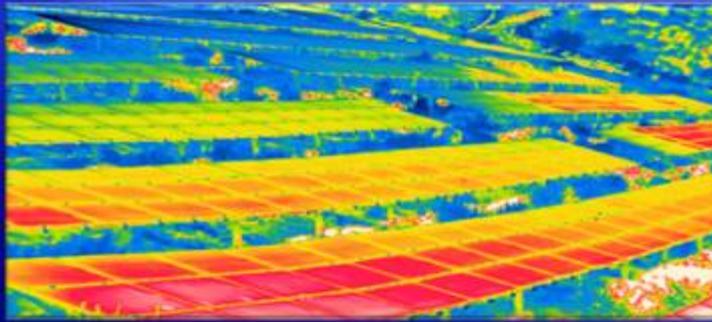
- NF EN 61215 (Silicium cristallin) et 61646 (Couches minces) Qualification de la conception et homologation des Modules photovoltaïques pour application terrestre
- NF EN 61730 sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques
- NF C15-100 Installations électriques à basse tension
- **UTE C15-712-1 Guide pratique - Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution**
- DIN VDE 0126-1-1 Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension
- UTE C17-108 Guide Pratique – Analyse simplifiée du risque foudre
- NF EN 62305 Protection contre la foudre

- Référentiel technique ERDF
- Obligation d'achat (très nombreux décrets)
- Autres règles administratives (urbanisme, études d'impact, enquêtes publiques)

**MERCI POUR
VOTRE ATTENTION**

**« Diagnostic par thermographie » par Monsieur
Robert MAZABRAUD, Expert CNIDECA**

Inspections par thermographie des installations photovoltaïques



1

L'élévation locale de la température de surface d'un module photovoltaïque et souvent le signe avant-coureur d'une anomalie, la mesure avec une caméra thermique de ces échauffements permet dans bien des cas d'établir un diagnostic.



2

- Généralités
- Rappels théoriques
- Le risque incendie
- L'arrêt d'exploitation, les pertes de production
- Des exemples

3

Qu'est ce que la thermographie ?



Au sens étymologique, le terme est composé de « thermo » et « graphie » qui signifie respectivement « température » et « écriture »

La thermographie est la discipline qui permet de mesurer à distance et sans contact la température d'un objet cible à partir de ses émissions d'infrarouges. (Wikipédia)

L'AFNOR définit la thermographie comme la « technique permettant d'obtenir, au moyen d'un appareillage approprié, l'image thermique d'une scène observée dans un domaine spectral de l'infrarouge ».

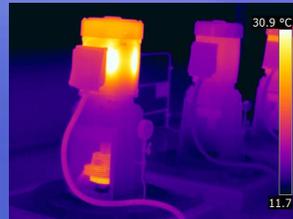
4

Les applications de la thermographie

Le bâtiment



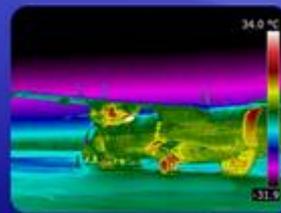
La mécanique



Aide au diagnostic vétérinaire Les chevaux



Militaire



Mais il ne s'agit que d'un outil...,
car attention,
la vision est fabuleuse ...!



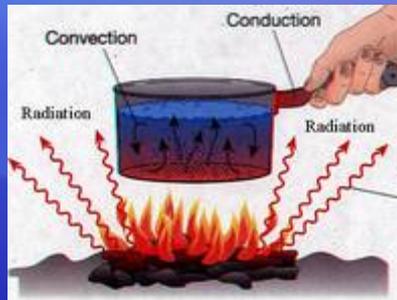
La chaleur

Différents processus de transmission de la chaleur

La conduction

La convection

Le rayonnement

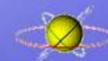


La température s'exprime en degrés Celsius « °C » ou en Kelvin « K »

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

7

Un matériau émet des ondes électromagnétiques. On dit qu'il rayonne.
Les ondes se caractérisent par leur énergie et par leur longueur d'onde



L'œil humain perçoit la chaleur par le rayonnement à partir d'une température d'environ **500°C** (fonction du métal...fer chauffé au rouge)

Pour des températures inférieures l'œil ne perçoit pas le rayonnement, la chaleur est invisible.

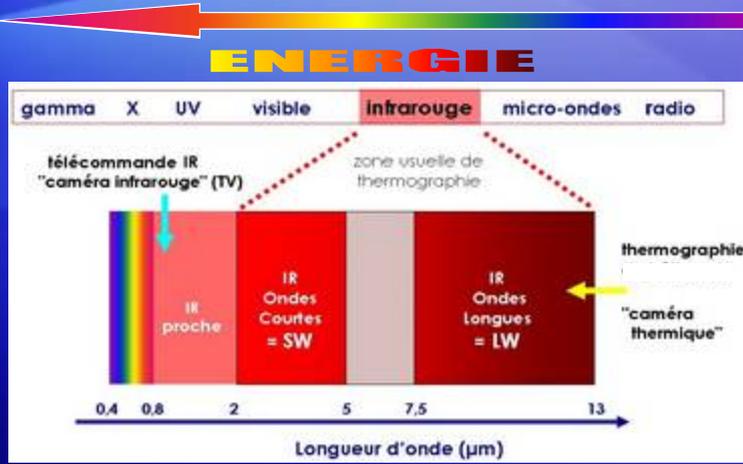


La caméra thermique mesure ce rayonnement et le transcrit en température sous forme d'une image visible colorée « thermogramme ».



8

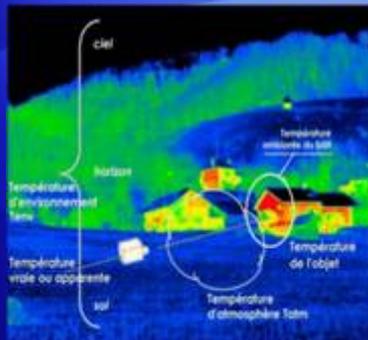
Les rayonnements électromagnétiques



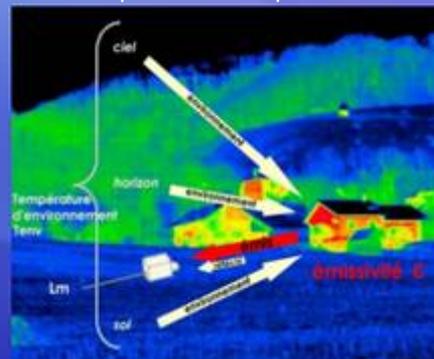
La bande spectrale visible pour l'œil humain se situe entre 0.4 et 0.8 μm (du violet au rouge)

9

La construction du thermogramme



Plusieurs paramètres à prendre en compte

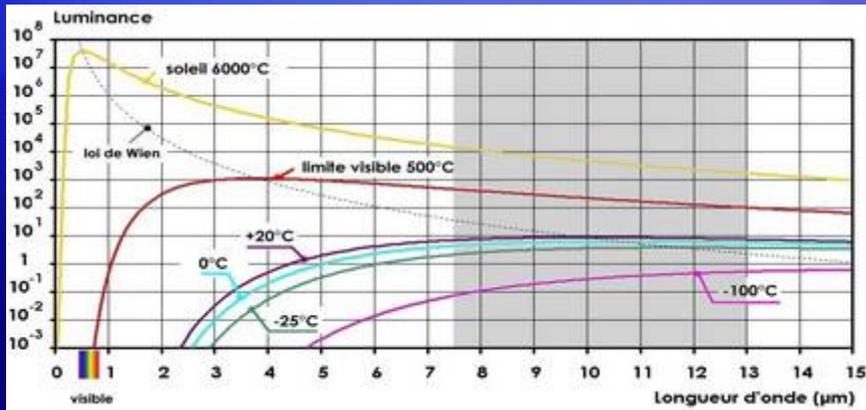


La caméra mesure la **luminance** qui sera ensuite transcrite en température avec la courbe d'étalonnage de la caméra (courbes de Planck ...)



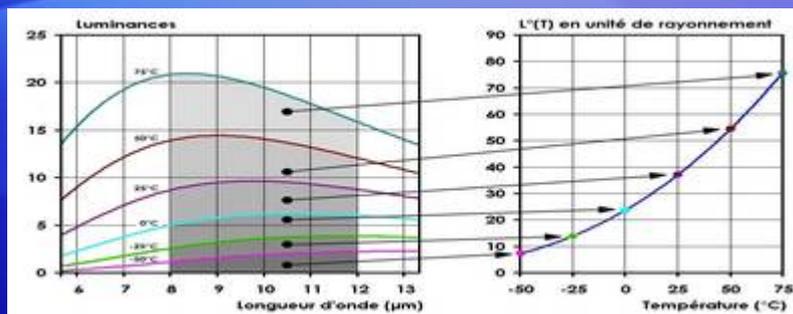
La loi de Planck, le corps noir

La loi de Planck donne la puissance rayonnée (luminance) par un corps, en fonction de sa température et à une certaine longueur d'onde



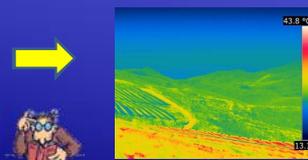
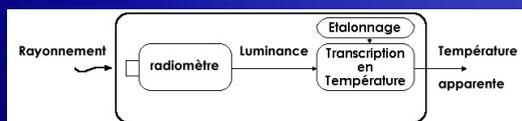
11

De la luminance à la mesure de température



La mesure de température

Le thermogramme



12

➤ Le risque incendie



13

➤ Le risque incendie



Une élévation importante de la température en sous face des modules, peut si les conditions sont propices, provoquer une mise à feu des matériaux en présence.

14

➤ Le risque incendie

boitier de jonction situé en sous face du panneau



15

➤ Le risque incendie

Boitier de jonction

Echauffement d'une connexion dans le boitier de jonction - cas des panneaux de marque Scheuten, et d'autres !



16

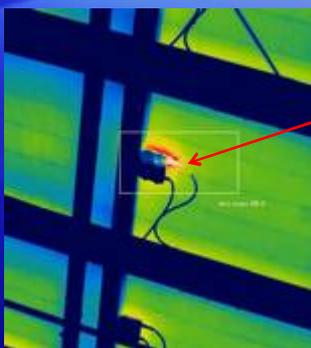
Boitier de jonction



17

Boitier de jonction

Vue de dessous d'un panneau



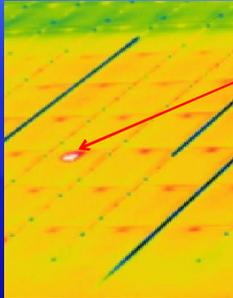
Température 98 °C



Echauffement d'une connexion dans le boitier de jonction

18

Vue de dessus des panneaux



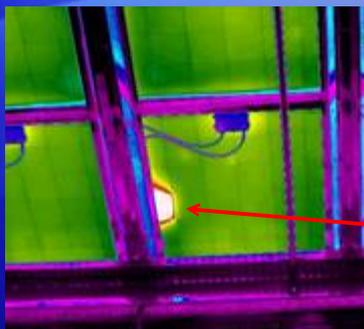
Boite de jonction
La température est anormalement élevée

Le thermogramme permet de repérer les variations de températures de surface

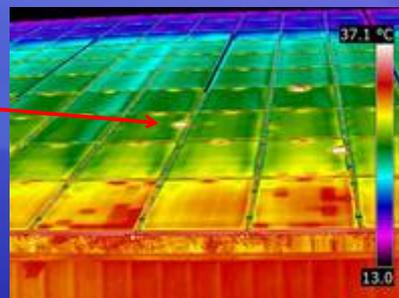
La mesure et l'analyse du thermographe indiqueront si il s'agit d'une anomalie ou de la chaleur normalement générée par l'activation des diodes By Pass

19

Echauffement anormal d'une cellule.



Vue de dessous



Vue de dessus

Heureusement la charpente est métallique...

20

➤ Le risque incendie

Le risque d'incendie ne se limite pas aux modules photovoltaïques, il intéresse aussi les liaisons et les équipements qui la compose.

- Armoires de distribution
- Onduleurs
- Connecteurs



21

➤ Le risque incendie

Connexions défectueuses



Une connexion peut être défectueuse sans que la borne soit pour autant desserrée



22

Connexion défectueuse



Température importante de la cosse



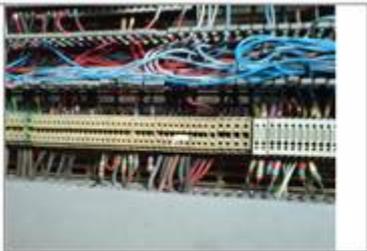
Filename	IR_4488.jpg
Ecart de température Valeur	46
Max Temperature	98.1 °C
Min Temperature	34.0 °C
Emissivité	0.85
Distance du sujet	2.5 m
Température réfléchie apparente	20.0 °C
Ae1 Temperature max.	98.1 °C
Sp1 Temperature	52.3 °C
Sp2 Temperature	-

Mesure des intensités en A				Charge du circuit
I1	I2	I3	In	
/	/	/	/	Nominale

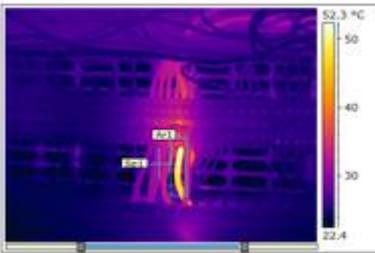
Fiche anomalie extraite d'un rapport d'expertise

23

Connexion défectueuse



Echauffement anormal du conducteur

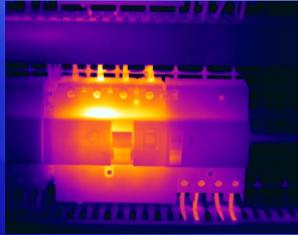


Filename	IR_0011.jpg
Ecart de température Valeur	20
Max Temperature	51.4 °C
Min Temperature	22.5 °C
Emissivité	0.85
Distance du sujet	2.5 m
Température réfléchie apparente	20.0 °C
Ae1 Temperature max.	51.4 °C
Sp1 Temperature	31.6 °C
Sp2 Temperature	-

Mesure des intensités en A				Charge du circuit
I1	I2	I3	In	
/	/	/	/	Nominale

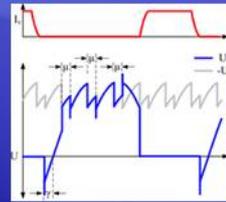
24

Autres causes



Echauffement anormal d'un pole de disjoncteur...

... et de plus en plus la présence de courants harmoniques



25

Les pertes de production



Le défi d'une production optimale sur le long terme

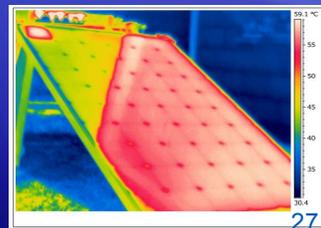
26

Construire une centrale photovoltaïque est une belle aventure et un projet rentable, ... à condition de maintenir la production à son maximum.

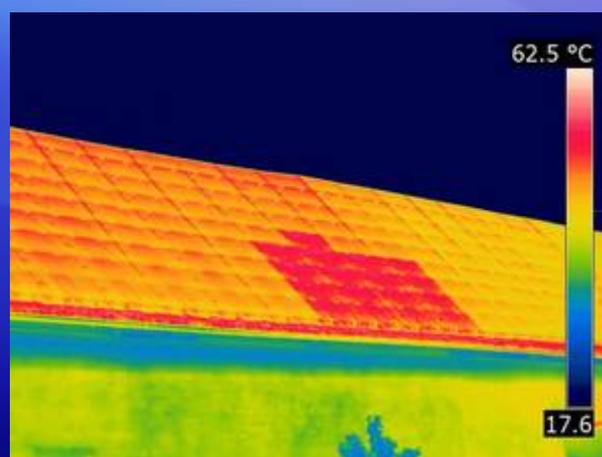
Une fois passée la mise en service, les modules photovoltaïques sont exposés aux aléas climatiques (canicules, orages, grêle, etc.), aux activités alentours (pollutions atmosphériques) et à la vie de la faune locale.

Divers problèmes peuvent provoquer une baisse de la production électrique : cellules fissurées, panneaux partiellement recouverts de poussière et de déjections d'oiseaux, infiltrations d'eau dans la couche de silicium, brûlures sur les connexions et les soudures, etc.

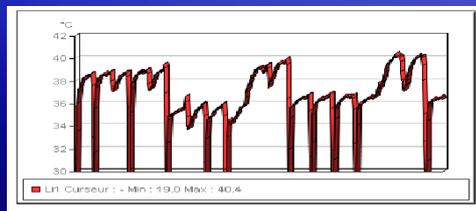
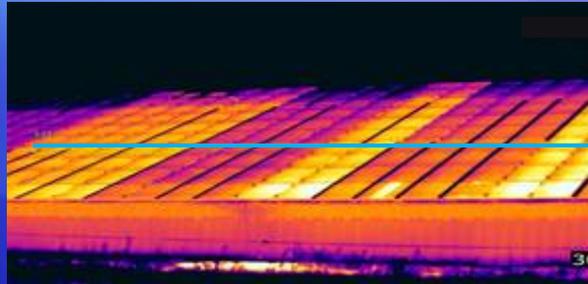
L'inspection visuelle et les mesures d'intensité en sortie de tableau sont en général insuffisantes.



Exemples d'anomalies rencontrées



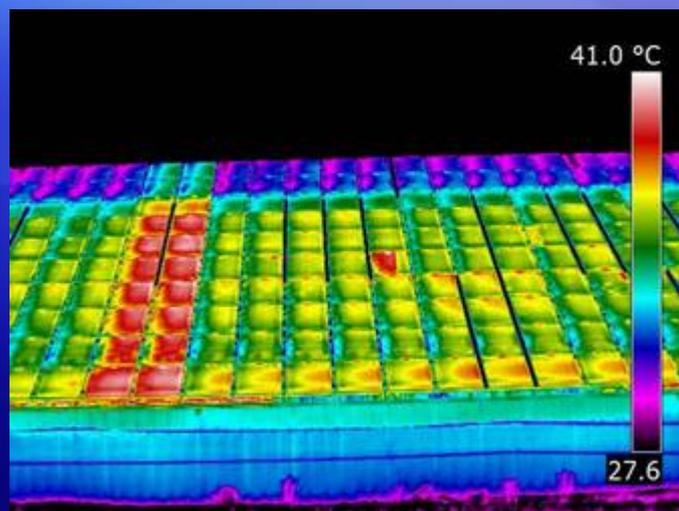
Exemples d'anomalies rencontrées



Courbe profil des températures apparentes de surface

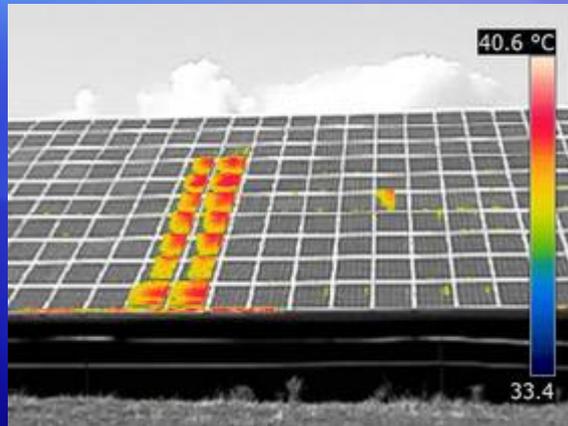
29

Exemples d'anomalies rencontrées



30

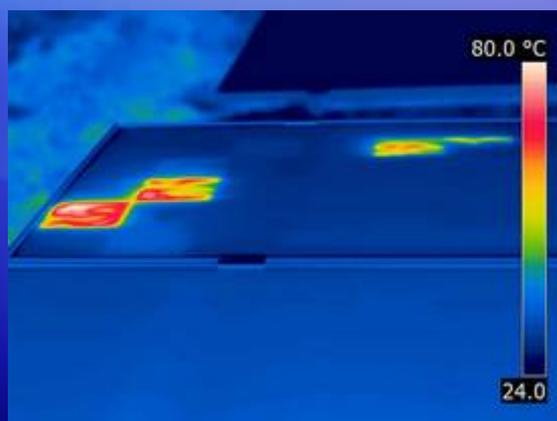
Exemples d'anomalies rencontrées



Mise en évidence de l'anomalie par la technique de « pictures in pictures »

31

Exemples d'anomalies rencontrées



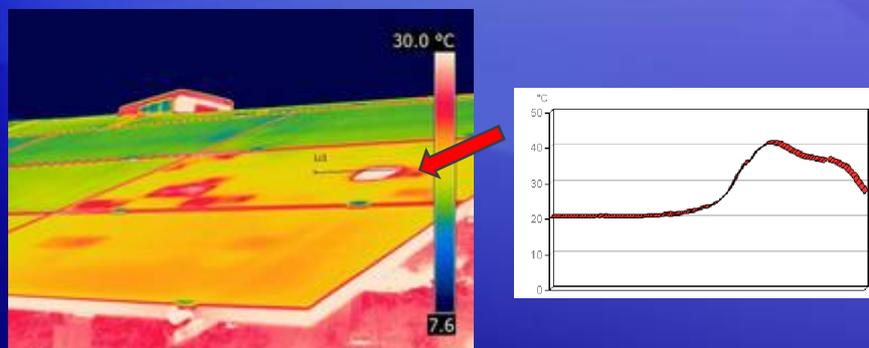
32

Exemples d'anomalies rencontrées



33

Exemples d'anomalies rencontrées



34

Les anomalies types

Type d'erreur	Exemple	Apparence dans l'image thermique
Défaut de fabrication	Impuretés et poches de gaz	Point chaud ou point froid
	Cellules fissurées	Échauffement selon une forme allongée
Détérioration	Fissures	Échauffement selon une forme allongée
	Cellules fissurées	Une partie de la cellule est plus chaude
Ombrage temporaire	Pollution	Points chauds
	Crottes d'oiseaux	
	Humidité	
Diode bypass défectueuse (court-circuit et circuit moins protégé)	N.a.	"Taches chaudes"
Défaut d'interconnexion	Module ou série de modules non connectés	Un module ou une série de modules sont nettement plus chauds

Tableau 1 : Liste des erreurs fréquentes dans les modules (source : ZAE Bayern e.V., "Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen" [Vérification de la qualité des modules photovoltaïques au moyen de l'imagerie infrarouge], 2007)

35

En conclusion

A titre préventif, l'inspection des installations photovoltaïques constitue une véritable réduction des incertitudes de production et du risque d'incendie des bâtiments.

Mais attention, car les images obtenues sont souvent trompeuses, des conditions d'intervention définies et le recours à des spécialistes qualifiés doivent être respectés, sous peine d'interprétations erronées.



36

Merci de votre attention

Robert MAZABRAUD
(*expert judiciaire*)

Jean-Luc MARTY
(*thermographe - expert judiciaire*)

www.jlmthermographie.com

Tél : 06 31 42 00 60



37



38

**« Questions juridiques » par Maître Albert
CASTON, Avocat**

CNIDECA

COLLOQUE DU 22 JANVIER 2015

Le photovoltaïque : Perspectives et difficultés

« Questions juridiques »

par

Albert CASTON

Le changement climatique résultant notamment de l'excessive production de CO₂, et d'autres gaz à « *effet de serre* », ajouté à l'épuisement des gisements d'énergie fossile, ont montré l'intérêt des énergies renouvelables et l'importance de la maîtrise de la consommation énergétique, spécialement dans le domaine du bâtiment, gros consommateur et donc objet d'une attention particulière à cet égard.

De ces réflexions sont nées, notamment, diverses Directives européennes et dispositions législatives.

- Les sources

On peut citer tout d'abord **la loi n° 2000-108 du 10 février 2000**, relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, qui, dans le cadre de l'ouverture du marché de l'électricité à la concurrence et de la privatisation d'une partie des activités d'EDF, met en place l'obligation d'achat, par cette dernière, de la production d'énergie renouvelable,

Divers décrets et arrêtés ont réglé les modalités de cette obligation d'achat. Un **arrêté du 10 juillet 2006**, modifié à plusieurs reprises (notamment en **2010**), a mis en place un régime de prime, attribuée au producteur, dans le cas « *d'intégration au bâti* » (notion évolutive...) des installations de production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil.

On mentionnera aussi **deux directives européennes (2002/91/CE et 2010/31/UE), des 16 décembre 2002 et 19 mai 2010**, visant à créer un **cadre commun à la promotion de la performance énergétique des bâtiments**. En sont résultées, en France, **deux lois importantes, dites « Grenelle I » et « Grenelle II », des 3 août 2009 et 12 juillet 2010**, la dernière imposant notamment, par diverses dispositions du code de la construction et de l'habitation, que, progressivement, nombre de constructions à usage d'habitation, satisfassent à des **exigences** :

- **d'efficacité énergétique minimale du bâti**, par leur conception même,

- de **consommation maximale**, correspondant à un seuil de « 50 kWh/pm2/an modulé » et même (à l'horizon 2020) à **une consommation nulle, du fait de l'énergie produite sur place ou à proximité.**

Pour en définir la charte, a été établie une **réglementation thermique**. Sa dernière édition, publiée le **6 juillet 2010**, est connue sous le nom de **RT 2012**. Elle est présentée comme marquant le passage d'une « *réglementation de moyens à une réglementation d'objectifs* ».

La nouvelle performance énergétique obligatoire concerne la qualité intrinsèque d'un bâtiment, établie en fonction d'une « *performance calculée* » ou d'une « *performance mesurée* », correspondant à sa consommation réelle, le tout en fonction de la norme réglementaire RT 2012.

Cette dernière prend comme base un label dit de « *consommation conventionnelle* ». Mais le mot « *conventionnelle* » n'a pas ici le sens habituel que lui attribue le juriste. Il s'agit simplement (si l'on peut dire ...) d'un « *indicateur exprimé en kilowattheure d'énergie primaire par mètre carré et par an* »¹.

Cette abondance législative et réglementaire n'a pas trouvé son pendant pour la responsabilité des constructeurs. Les commentateurs s'interrogent² donc sur la manière de concilier ces idéaux avec les catégories qui leur sont familières.

- Les questions

Quid – par exemple – du régime de responsabilité attachés aux contrats d'installation de systèmes de production d'énergie renouvelable ?

Quid encore de la responsabilité décennale et de sa condition traditionnelle d'atteinte à la destination ?

L'étendue de l'obligation de délivrance va-t-elle s'en trouver accrue d'autant, par une application renforcée de la sempiternelle responsabilité contractuelle de droit commun ?

Comment, également, délivrer une garantie d'assurance pour couvrir le défaut de « *performance* », et d'ailleurs, comment, même, mesurer un tel défaut ?

Répondre à ces questions est d'autant plus urgent que nombre des **obligations de mise en œuvre de la RT 2012 figurent déjà dans la partie législative du code de la construction et de l'habitation (CCH), aux art. L 111-9 et L 111-10**, les détails étant progressivement fixés dans la partie réglementaire du même code, aux art. R 111-20 à R 111-23.

¹ Annexe I à l'arrêté du 26 octobre 2010.

² G. Durand-Pasquier, « La performance énergétique des bâtiments », JCP N 2010, chr. 1113 ; H. Périnet-Marquet, « L'impact du Grenelle de l'environnement sur le droit de la construction », Revue Lamy droit immobilier juin 2010 ; S. Becqué-Ikowitz, « L'impact du Grenelle sur la responsabilité des constructeurs », RDI 2011, p. 25

Or, au sein d'un ouvrage de bâtiment, le Grenelle de l'environnement incite fortement à la mise en place de dispositifs divers (isolation, appareils ou éléments d'équipement, dont certains consommateurs, voire producteurs d'énergie). En quoi leur statut va-t-il être concerné par l'appréciation de leur rôle dans l'obtention (ou dans l'échec ...) de la destination/performance contractuellement ou normativement requise ?

Quels ouvrages ou parties d'ouvrage (productifs ou non...) doivent être considérés comme assujettis aux divers régimes de responsabilités évoqués ci-dessus ?

Mieux encore, la notion de performance va se juxtaposer à celle de résultat promis. Il en va de même de celle de conformité, qui n'a pas le même sens dans le vocabulaire « grenellien » qu'en droit commun.

Que décider, en outre, si les conditions d'utilisation peuvent être considérées comme la cause totale ou partielle du défaut d'obtention de la performance requise ou promise ?

- Le cadre juridique du contrat d'installation du photovoltaïque

Tout contrat d'installation d'un système photovoltaïque relève de la catégorie du louage d'ouvrage, dit également « *contrat d'entreprise* » et ce quel que soit le contexte plus général dans lequel interviendra l'entrepreneur chargé d'une telle opération.

On est donc bien, à l'égard dudit entrepreneur, dans le cadre de la responsabilité décennale (ou biennale, en principe, pour les éléments d'équipement dissociables) des articles 1792 et suivants du code civil. Et, à défaut, il y aurait lieu à application de la responsabilité contractuelle de droit commun établie par l'article 1147 du même code (également de durée décennale en pareille matière : article 1792-4-3 du code civil). Cependant, aux termes de l'article 1792-7, si « *la fonction exclusive de ces éléments d'équipement est de permettre l'exercice d'une activité professionnelle* », ils échapperont à la responsabilité bienno-décennale d'ordre public.

- Le cadre factuel, technique et règlementaire

Toutes les installations photovoltaïques ne se ressemblent pas...

Il existe de nombreux modes de pose des modules photovoltaïques. Ceux-ci sont généralement installés au sol sur des structures porteuses (fixes ou motorisées), ou sur des bâtiments, principalement en toiture. De plus en plus, il est recherché d'« intégrer » les systèmes photovoltaïques aux bâtiments en vue de les rendre producteurs d'énergie.

L'objectif de « l'intégration » au bâti est donc bien d'incorporer les éléments d'un générateur photovoltaïque (les modules, les structures de fixation et les câblages électriques) dans la construction d'un bâtiment, en veillant à leur compatibilité et au bon fonctionnement de l'ensemble.

Dans le domaine photovoltaïque en France, le terme « intégration au bâti » trouve son origine dans l'arrêté ministériel du 10 juillet 2006 « fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret no 2000-1196 du 6 décembre 2000 ». Il y est introduit, en son annexe au 2ème alinéa, la notion de « prime à l'intégration au bâti » :

« Ils peuvent inclure une prime à l'intégration au bâti appelée I, applicable lorsque les équipements de production d'électricité photovoltaïque assurent également une fonction technique ou architecturale essentielle à l'acte de construction. Ces équipements doivent appartenir à la liste exhaustive suivante :

- toitures, ardoises ou tuiles conçues industriellement avec ou sans supports ;
- brise-soleil ;
- allèges ;
- verrière sans protection arrière ;
- garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ;
- bardages, mur rideau. »

Depuis l'arrêté ministériel du 10 juillet 2006, l'administration française a modifié à plusieurs reprises les conditions tarifaires de rachat de l'électricité produite et les critères techniques de définition de « l'intégration au bâti » (IAB). Une notion « d'intégration simplifiée au bâti » (ISB) a notamment été introduite par l'arrêté du 12 janvier 2010.

Notre propos est ici de répondre à ces questions en ce qui concerne plus particulièrement (mais pas uniquement) la production énergétique par dispositif photovoltaïque, question qui s'intègre dans le cadre général résultant du Grenelle de l'environnement.

- Le plan

Les réponses nous paraissent pouvoir être recherchées dans trois directions :

- Quelles **responsabilités pour le photovoltaïque** ?
- Que devient la traditionnelle **notion d'atteinte à la destination** ? Est-elle confondue avec celle de performance énergétique, et donc entendue objectivement, par référence à la seule norme RT 2012 ?
- quelle incidence sur la **notion d'imputabilité** du dommage allégué, notamment au titre du **devoir de conseil du professionnel** ?

I - Quelles responsabilités pour le photovoltaïque ?

Tous les systèmes ne sont pas « *intégrés au bâti* », de telle sorte que la clarté de l'exposé³ exige d'examiner successivement :

- les installations implantées au sol,
- celles mises en place sur un bâtiment.

A) Les installations implantées au sol

Il s'agit là de centrales électriques, à **usage industriel ou domestique**.

³ Voir l'importante étude de M. Malinvaud, RDI 2010, p. 360

Dans les deux cas, la partie « *bâtiments* » est manifestement assujettie à la responsabilité décennale. Les panneaux (éléments d'équipement) sont fixés sur des supports, eux-mêmes ancrés dans le sol. Mais ces ancrages ne sont que l'accessoire desdits éléments d'équipement. Il n'y a rien dans tout cela qui puisse être considéré comme un « *ouvrage* », au sens des articles 1792 et suivants.

Au surplus, dans l'hypothèse **d'usage exclusivement industriel**, il s'agit d'éléments d'équipement professionnels. Par suite la responsabilité bienno-décennale n'aura pas matière à s'appliquer. On se trouve donc alors dans le domaine de la responsabilité contractuelle de droit commun (dix ans à compter de la réception), et ce qu'il s'agisse de solidité ou de défaut de performance (notion étudiée plus loin).

Pour un **système domestique**, la situation est différente, car la défaillance de ces éléments d'équipement dissociables peut être considérée comme portant atteinte à la destination de l'ouvrage (l'immeuble) en son entier, si « *les objectifs d'économie d'énergie consécutifs à la fourniture d'énergie mixte* » ne sont pas atteints, « *même si la fourniture d'eau chaude à température désirée pouvait être assurée par l'installation individuelle de chauffage au gaz* »⁴.

De plus, le fabricant lui-même peut être tenu à la responsabilité décennale, sur le fondement de l'article 1792-4 du code civil, si ces éléments d'équipement ont été « *conçus et produits pour satisfaire, en état de service, à des exigences précises et déterminées à l'avance* » et dans la seule mesure où l'entrepreneur les aura « *mis en œuvre sans modification et conformément aux règles édictées par le fabricant* ».

B) Installations mises en place sur un bâtiment

Il faut distinguer selon que l'installation s'insère dans la construction d'un immeuble ou qu'elle est posée sur un ouvrage préexistant.

1) Installation photovoltaïque lors de la construction

- Principes

Il importe de rappeler ici les termes de l'article 1792-2, alinéa 2 du code civil :

La présomption de responsabilité établie par l'article 1792 s'étend également aux dommages qui affectent la solidité des éléments d'équipement d'un ouvrage, mais seulement lorsque ceux-ci font indissociablement corps avec les ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert.

Un élément d'équipement est considéré comme formant indissociablement corps avec l'un des ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert lorsque sa dépose, son démontage ou son remplacement ne peut s'effectuer sans détérioration ou enlèvement de matière de cet ouvrage.

La garantie biennale de bon fonctionnement de l'article 1792-3 s'applique, si **l'élément d'équipement dissociable** a été installé lors de la construction d'un ouvrage, mais il relève

⁴ pour des capteurs solaires : Cass. civ. 3ème 27 septembre 2000, n° 98-11.986.

uniquement de **la responsabilité contractuelle de droit commun, s'il a simplement été adjoint à un ouvrage déjà existant**, ce qui est le cas pour une installation de **climatisation autonome**⁵, comme pour un **simple revêtement**⁶.

En revanche, **un plancher chauffant rafraîchissant sur pompe à chaleur, élément d'équipement dissociable**, aurait pu relever de la **responsabilité décennale** si sa défaillance avait porté **atteinte à la destination** de l'ensemble de l'ouvrage⁷, ce que le juge doit mentionner⁸.

Cette condition n'étant pas satisfaite, la théorie des dommages intermédiaires s'applique, pour la défaillance **d'une pompe à chaleur**, une faute ayant pu être relevée à l'encontre du locateur d'ouvrage concerné⁹. Mais, pour une installation comparable, concernant **quinze immeubles à usage de résidence de sports d'hiver**, l'atteinte à la destination est relevée et la **responsabilité décennale** est mise en œuvre¹⁰, de même en cas de **phénomène anormal de surchauffe**¹¹.

Une **climatisation non autonome, indispensable à la jouissance normale des locaux relève de la responsabilité décennale**¹², de même qu'une **chaudière** équipée d'un brûleur et d'une pompe à chaleur¹³. En revanche, ne constitue **pas un ouvrage un appareil de production d'eau chaude**¹⁴, à la différence de **capteurs solaires**, qui n'auraient **pas répondu aux objectifs d'économie d'énergie promis**¹⁵ et sont donc soumis aux **articles 1792** et suivants du code civil.

La responsabilité décennale ne s'applique pas si l'atteinte à la destination ne concerne que l'élément lui-même, à moins que par sa nature, sa fonction ou son importance, il ne constitue par lui-même un ouvrage au sens de l'article 1792¹⁶.

- Mise en œuvre des principes

Le critère édicté par l'article 1792-2, alinéa 2, du code civil ne correspond pas exactement à ceux établis par l'Administration pour l'éligibilité à la prime d'intégration au bâti. Il peut en effet y avoir intégration au bâti sans indissociabilité ou l'inverse...

Un **système photovoltaïque « intégré »** qui satisfait aux divers critères techniques définis par les textes réglementaires, lorsqu'il est **considéré dans sa globalité**, constitue à priori un ensemble satisfaisant à la fonction technique de « *clos et de couvert* ».

Il en va de même si les modules (panneaux) photovoltaïques font eux-mêmes directement office d'élément de couverture (on enlève le module, l'étanchéité n'est plus assurée).

⁵ Cass. civ. 3ème 10 décembre 2003, n° 02-12.215.

⁶ Cass. civ. 3ème 18 janvier 2006, n° 04-17.888. Voir également Cass. civ. 3ème 21 janvier 2011, n° 10-23.932.

⁷ Cass. civ. 3ème 26 février 2003, n° 01-14.352, bull. cass., n° 47

⁸ Cass. civ. 3ème 12 mars 2003, n° 01-02.987 (fenêtres). Cass. civ. 3ème 2 juillet 2002, n° 00-13.313 (assainissement avec fosse septique).

⁹ Cass. civ. 3ème 10 janvier 2012, n° 11-11.172.

¹⁰ Cass. civ. 3ème 9 juin 1993, n° 91-16.375

¹¹ Cass. civ. 3ème 14 juin 1978, bull. cass., n° 243.

¹² Cass. civ. 3ème 28 janvier 2009, n° 07-20.891.

¹³ Cass. civ. 3ème 18 novembre 1992, n° 90-

¹⁴ Cass. civ. 3ème 26 avril 2006, n° 05-13.971.

¹⁵ Cass. civ. 3ème 27 septembre 2000, n° 98-11.986. Cass. civ. 3ème 19 décembre 2007, n° 04-11.824.

¹⁶ Cass. civ. 3ème 7 novembre 2012, n° 11-19.023.

Mais lorsque les **modules photovoltaïques n'assurent pas directement la fonction d'étanchéité** à l'eau (on enlève le module, l'étanchéité à l'eau n'est pas compromise, c'est un autre élément constituant qui assure cette fonction d'étanchéité, (souvent un bac acier utilisé en sous-structure). On est alors, certes, en présence d'un élément d'équipement dissociable, mais il reste à savoir si :

- cet élément peut être déposé sans détérioration ou enlèvement de matière,
- sa défaillance porte atteinte à la destination de l'immeuble, cette question de destination appelant – plus loin - un développement particulier compte tenu des conséquences de la mise en place progressive de la RT 2012, pouvant faire que la destination se confond avec performance...

Des **installations en bardages** constituent des éléments d'équipement fixés mécaniquement par l'intermédiaire d'une ossature secondaire solidaire d'une paroi support ou même de l'ossature de l'immeuble. Ils sont donc dissociables et relèvent de la biennale (sauf atteinte à la destination de l'immeuble. Il en va de même pour des **brise-soleil, comme pour des murs-rideaux, allèges, garde-corps de fenêtre, balcons ou terrasses.**

B) Installation photovoltaïque posée sur un ouvrage existant

- Les principes

La rénovation concerne ce que le juriste qualifie de **travaux sur « existants »**, ces derniers étant classiquement définis comme : « *les parties anciennes de la construction ou de l'ouvrage existant avant l'ouverture du chantier, et sur, sous, ou dans lesquelles sont exécutés les travaux* ».

Les travaux exécutés sur des ouvrages existants peuvent eux-mêmes donner naissance à un ouvrage, au sens des articles 1792 et suivants du code civil, selon leur nature et leur fonction.

De lourds travaux de réhabilitation sont en effet soumis à la garantie décennale, comme l'exprime la jurisprudence, pour :

- d'importants travaux de réhabilitation d'un immeuble comportant notamment le ravalement des façades, le rebouché des fissurations, la pose d'une dalle, la réfection des murs, toiture, cloisons, le percement ou le comblement des trémies, etc¹⁷ ;
- des travaux de rénovation affectant la structure de l'immeuble qui, par leur importance, sont assimilables à un ouvrage¹⁸ ;
- d'importants travaux de rénovation d'un immeuble ancien¹⁹.

D'ailleurs, dès lors qu'on ne peut dissocier les « existants » des travaux neufs, ni affirmer que la cause des désordres résiderait seulement dans les parties anciennes, (la mauvaise tenue des

¹⁷ Cass. 3^e civ., 30 mars 1994, no 92-11.996, Bull. civ. III, no 70

¹⁸ Cass. 3^e civ. 2 oct. 2002, no 01-10.241 ; dans le même sens, CA Paris, 19^e ch., sect. A, 31 janv. 2001, RD imm. 2001, p. 251, retenant la qualification de « *réalisation d'un ouvrage sur existants* » ; CA Paris, 19^e ch., sect. B, 16 févr. 2001, RD imm. 2001, p. 251, pour des « *travaux de rénovation d'importance, assimilables à la construction d'un ouvrage* »

¹⁹ Cass. 3^e civ. 24 janv. 2001, no 99-10.538, RD imm. 2001, p. 168

nouveaux travaux provenant – par exemple - d'une erreur de diagnostic²⁰. du support vermoulu et donc d'une rénovation contraire aux règles de l'art), le litige relève en son entier de la responsabilité décennale

Un arrêt *Chirinian* du **29 février 2000**²¹ en a tiré la conséquence de l'application de la police de garantie décennale pour l'ensemble, lorsque les dommages de nature décennale atteignant la partie neuve ont aussi endommagé l'existant.

La Cour de cassation retient la responsabilité décennale des constructeurs pour des dommages aux existants indissociables des travaux neufs et ayant leur origine dans les défauts de ces derniers.

- La mise en œuvre de ces principes dans le cadre du Grenelle de l'Environnement

Le Grenelle de l'Environnement incitant à réduire la consommation énergétique des bâtiments, **l'isolation thermique par l'extérieur** est l'un des moyens mis en œuvre pour améliorer les performances énergétiques du parc immobilier existant. Par suite, un ravalement peut ajouter cet avantage à sa fonction d'étanchéité.

De tout temps, **en cas d'atteinte à la destination, une isolation thermique, phonique et acoustique a été considérée comme relevant de la responsabilité décennale, en 1978²², comme en 1990²³.**

Cependant, pour **les travaux d'isolation, par l'extérieur, d'un immeuble existant**, la jurisprudence a d'abord considéré, en 2002, que, n'ayant entraîné aucune atteinte ou modification de la surface existante, ils ne constituaient pas un ouvrage, mais de simples équipements dissociables, installés sur un ouvrage existant et par conséquent soumis à la responsabilité contractuelle de droit commun²⁴.

En 2008, cette appréciation avait évolué, puisqu'il a alors été jugé que constituait en elle-même un **ouvrage la rénovation de tours « par pose d'un complexe isolant comprenant des plaques de polystyrène, un sous enduit armé composé d'un treillis de fibres de verre entre deux couches de ciment colle, une couche de peinture d'impression et un enduit de finition revêtement plastique épais (RPE), ce dont il résultait, que ce complexe d'isolation et d'étanchéité »**²⁵:

Il en a été **de même pour une isolation thermique par l'extérieur constituée d'un « bardage, à vocation thermique et de ravalement, constitué par des plaques placées sur des rails fixés aux façades »**²⁶. En revanche, un revêtement plastique épais de façade, à fonction décorative, n'est pas un ouvrage²⁷,

²⁰ Cass. 3^e civ., 30 mars 1994, no 92-11.996, Administrer 1994, no 262, p. 118, comm. Valdés A., RD imm. 1994, p. 673, obs. Leguay G. ; v. également, CA Paris, 19e ch., sect. A, 31 janv. 2001, RD imm. 2001, p. 251

²¹ Cass. civ. 1^{ère}, Bull. cass. n° 65

²² Cass. civ. 3^{ème} 214 février 1978, n° 76-13.827

²³ Cass. civ. 3^{ème} 3 mai 1990, n° 87-18.474.

²⁴ Cass. 3e civ., 26 juin 2002, n° [00-19.616](#), [RDI 2002, p. 416](#), Ph. Malinvaud ; Cass. 3e civ., 18 janvier 2006, n° [04-17.888](#), [RDI2006, p. 134](#), Ph. Malinvaud

²⁵ Cass. 3e civ., 18 juin 2008, n° [07-12.977](#), [RDI2008, p. 448](#), Ph. Malinvaud, [RGDA 2008, p. 963](#), J.-P. Karila

²⁶ Cass. 3^e civ., 22 octobre 2008, n° [07-15.214](#), [RDI 2008, p. 556](#), Ph. Malinvaud, [Defrénois, 30 janv. 2010](#), n° 2, p. 200, obs. H. Périnet-Marquet : étant « ».

²⁷ Cass. civ. 3^{ème} 19 octobre 2011, n° 10-21.323.

Mais des travaux plus modestes peuvent donner prise à la responsabilité décennale, ainsi pour des apports en toiture et charpente « *d'éléments nouveaux, tels que chevrons, voliges, liteaux et panne faîtière* », allant donc au-delà d'un simple remaniement²⁸.

- Application au photovoltaïque

La mise en place **d'une toiture solaire intégrée**, dans le cadre d'une rénovation, emporte bien création d'un ouvrage justiciable de la responsabilité décennale. Des **panneaux intégrés sur un toit et participant au clos et au couvert ne peuvent donc relever que de l'article 1792**, la circonstance accessoire de production d'énergie ne changeant pas leur nature, à moins qu'ils ne constituent des **éléments d'équipement à destination exclusivement professionnelle de vente** d'électricité, ce qui les exclut du domaine de la décennale, en vertu de l'article 1792-7 du code civil²⁹.

Quid en cas de rénovation de la façade en photovoltaïque, notamment par ajout de bardages, allèges ou garde-corps ?

On pourrait être tenté de raisonner par analogie avec ce qui vient d'être dit pour les mêmes éléments, posés dans le cadre de travaux neufs et non mis en place en rénovation. Ce serait logique, mais il faut tenir compte de la jurisprudence qui tend à assujettir à la décennale, comme ouvrage de construction, toute adjonction à un ouvrage préexistant, ainsi, pour l'adjonction d'une cheminée³⁰. Ce sera donc souvent une question d'espèce, prenant en considération l'importance de l'apport et celle de son rôle dans la destination finale de l'immeuble.

II - Que devient la traditionnelle notion d'atteinte à la destination ?

- Performance énergétique et « consommation conventionnelle »

En l'état du droit positif, il faut tenter de déterminer, si – au regard des obligations de performance énergétique – **la notion de destination objective (au sens de la norme) se distingue ou non de celle d'intention commune (subjective donc) des parties.**

Faut-il combiner ces deux termes avec la notion de conformité de « *consommation conventionnelle* » au sens technique de ce mot dans les textes régissant les nouvelles obligations de performance énergétique ? Nous ne le pensons pas.

En effet, la notion de consommation conventionnelle n'est qu'un instrument de mesure de la performance. En cela il n'interdit nullement de conduire le raisonnement à partir des notions familières au juriste, à la lumière de la jurisprudence existante, le passage du connu à l'inconnu étant toujours une aventure pour le juriste, dont l'esprit par - définition - demeure timoré et retardataire...

²⁸ Cass. civ. 3ème 9 novembre 1994, bull. cass., n° 184.

²⁹ BCT, 7 octobre 2011, n°[2011C0355](#) : (maître d'ouvrage personne morale ayant pour objet social « la production d'électricité »).

³⁰ Cass. civ. 3ème 25 février 1998, bull. cass., n° 46.

- La « destination », notion subjective ?

Depuis toujours, la **Cour de cassation a admis la possibilité pour les parties de définir par elles-mêmes³¹ la destination de l'immeuble, et donc l'impropriété.** Dès lors, un constructeur connaissant la **destination souhaitée par le maître d'ouvrage** d'un ouvrage doit adapter ses travaux en conséquence³², et le juge du fait peut (et même doit ...), pour respecter la **commune intention des parties**, prendre en considération cette circonstance³³.

Le critère devient alors subjectif, mais alors, comme l'écrit Mme de Lescure³⁴ il « *perturbe ... la délimitation entre la responsabilité décennale et la responsabilité de droit commun des constructeurs* ». C'est effectivement là toute la difficulté. Elle ne peut cependant se résoudre qu'en fonction de ce qui a déjà été jugé dans des situations que l'on voudra comparables.

On notera déjà, à titre de première indication, qu'il a été jugé qu'un **ouvrage peut être rendu impropre à sa destination en cas de mauvais fonctionnement d'un chauffage solaire, dans la mesure où l'immeuble ne répond plus au label énergétique prévu dans le contrat et tel qu'il a été commercialisé par le promoteur³⁵.** Non respect de la norme et atteinte à la destination se confondent alors, ce qui est logique, **la norme étant entrée dans le champ contractuel : l'objectif et le subjectif se confondent donc ici.**

Mais on peut imaginer aussi que **l'appréciation variera en fonction de l'importance du manquement à la règle RT2012, pour n'y voir, dans certains cas mineurs, qu'une simple non-conformité non génératrice de désordres et relevant donc de la responsabilité contractuelle de droit commun³⁶.** Ce serait alors l'application du principe selon lequel **un défaut de conformité appelle une réparation, même sans désordre**, et ce sous le régime de l'article 1147 du code civil³⁷, ou éventuellement sous celui de l'article 1184 du même code³⁸. Il a ainsi été jugé que l'insuffisance des performances ne vaut pas nécessairement impropriété à la destination³⁹.

Mais, la notion de **dommage intermédiaire** pourrait aussi trouver à s'appliquer, en cas de faute du constructeur...

Quoi qu'il en soit, **le respect de la norme est une condition nécessaire, mais non suffisante pour caractériser l'absence d'atteinte à la destination**, la stricte conformité à la norme n'excluant pas l'application du régime **de responsabilité décennale, comme on l'a vu en**

³¹ Cass. civ. 3ème 10 octobre 2012, RDI 2012, p. 630, note Malinvaud.

³² Cass. 3e civ., 17 décembre 1997, n° [96-12.499](#), [RDI 1998, p. 261](#), Ph. Malinvaud : En l'espèce, des racines de bambous ont perforé l'étanchéité réalisée par l'étancheur. Le constructeur ayant eu connaissance que le maître d'ouvrage voulait installer une jardinière, il ne pouvait s'exonérer de sa responsabilité

³³ Cass. 3e civ., 16 mars 2004, n° [02-17.726](#), [RDI 2004, p. 303](#), Ph. Malinvaud

³⁴ RDI 2007, p. 111.

³⁵ Cass. 3e civ., 27 septembre 2000, n° [98-11.986](#), [RDI 2001, p. 82](#), Ph. Malinvaud ; v. également Cass. 3e civ., 28 février 2006, n° 05-11.827, RDI 2006, p. 231, Ph. Malinvaud .

³⁶ Jurisprudence traditionnelle, voir en dernier lieu : Cass. civ. 3ème 25 septembre 2012, n° 11-17.236. Cass. civ. 3ème 4 novembre 2010, n° 09-70.235.

³⁷ Cass. civ. 3ème 22 octobre 2002, n° 01-12.401

³⁸ Cass. civ. 3ème 11 mai 2005, n° 03-21.136. Cass. civ. 3ème 13 septembre 2006, n° 05-12.938. Cass. civ. 3ème 6 mai 2009, n° 08-14.505.

³⁹ Cass. civ. 3ème 12 mai 2004, n° 02-20.247, RDI 2004, p. 380, note Malinvaud.

matière d'isolation phonique⁴⁰, et ce malgré le souhait contraire exprès du législateur du 4 janvier 1978, qui entendait ne le soumettre qu'au seul régime de l'article 1147, qu'il voulait même éteint à cet égard du fait de la réception des travaux.

Le même raisonnement jurisprudentiel a soumis à la **garantie décennale la non-conformité aux règles parasismiques**⁴¹, tout comme il a proclamé que l'implantation d'un bâtiment en violation des règles d'urbanisme est constitutive d'atteinte à la destination⁴², voire même d'application de l'article 1184 du code civil, et donc susceptible d'autoriser la résolution du contrat de construction, la démolition de l'ouvrage étant ordonnée par le juge⁴³.

Par ailleurs, la **dangerosité des panneaux solaires en cas d'incendie**, du fait de leur maintien sous tension⁴⁴ peut amener à considérer qu'on se trouve dans le domaine de la **sécurité, relevant donc de la responsabilité décennale**. L'impropriété à la destination peut en effet naître de la simple dangerosité de l'ouvrage⁴⁵.

On se rapproche alors d'une autre notion, appelée à d'importants développements, celle tirée du **principe (constitutionnel) de précaution**, et conduisant à considérer que la peur d'autrui est source de droit à réparation, ainsi en matière de **trouble de voisinage** résultant de la présence d'antennes relais⁴⁶. Le même débat est ouvert à propos des nuisances provenant des éoliennes...

- Destination, principe de précaution et dommages aux tiers

En vertu de ce «**principe de précaution**»⁴⁷, **on peut d'ores et déjà s'interroger sur les risques induits par les installations photovoltaïques sur la santé**, compte tenu des mises en garde scientifiques, pour considérer que l'exonération (**risque développement**) de l'article 1386-11, 4° du Code civil ne s'appliquerait pas (<http://www.acqualys.fr/pages/index.php?id=357>) ;

On assiste effectivement , en la matière, à une extension constante de la **théorie des troubles de voisinage**, qui est allée de la faute au dommage, pour en arriver à faire réparer le simple risque de dommage, risque avéré, ou même risque « *imaginé* », glissement redoutable par ce qu'il laisse présager dans l'avenir ... Mais, le juriste a tort de s'étonner à l'heure où la simple

⁴⁰ Cass. Ass. pl. 27 octobre 2006, n° 05-19.408. Cass. civ. 3ème 21 septembre 2011, n° 10-22.721.

⁴¹ Cass. civ. 3ème 11 mai 2011, n° 10-11.713..

⁴² Cass. civ. 3ème 26 mai 2004, n° 02-14.964. Cass. civ. 3ème 22 octobre 2008, n° 07-16.739, « CONSTRUCTION URBANISME », 2008, n° 12, comm. 191, note PAGES DE VARENNE

⁴³ Cass. civ. 3ème 13 septembre 2006, n°05-12.938.

⁴⁴ Rép. min n° 19570, JO Sénat Q 22 septembre 2011, p. 2448.

⁴⁵ Cass. civ. 3ème 30 juin 1998, RDI 1999, 105. Cass. civ. 3ème 14 novembre 2001, n° 99-13.516.

⁴⁶ Ph. Stoffel-Munck « *La théorie des troubles du voisinage à l'épreuve du principe de précaution : observations sur le cas des antennes relais* », RD, 26 novembre 2009 , p. 2817 ; Voir également, du même auteur, SJ G, 2011, p. 2377, commentaire de 3° civ., 18 mai 2011, 10-17.645, P, arrêt sur l'existence du lien de causalité, considéré - dans cette espèce - comme non établi. Pour une étude des analyses divergentes des juridictions judiciaires et des juridictions administratives, sur le même thème, opposant ici "*la timidité du juge administratif face à l'audace du juge judiciaire*", voir JCP construction-urbanisme, n° 12, décembre 2009, n°23, p. 7. Sur le même thème, en droit public : CE 19 juillet 2010, n° 328687, publié SJ G, 2011, n° 3, p. 107, avec une note très complète de MM. Del Prete et Borel.

⁴⁷ Etude par O. Gout, Les avancées discrètes du principe de précaution, Resp. civ. et assur. 2006, ét.11, à propos des deux arrêts 1^{er}civ., 7 mars 2006, 04-16.179 et 1^{er}civ., 7 mars 2006, 04-16.180 ; ■ v. aussi Actes du colloque : vers de nouvelles normes en droit de la responsabilité publique, Responsabilité et principe de précaution, http://www.senat.fr/colloques/colloque_responsabilite_publicue/colloque_responsabilite_publicue13.html

suspicion de commission d'une récidive autorise une rétention de sûreté. La peur d'autrui devient source d'action, voire de droit à réparation.

Le principe de la responsabilité pour troubles de voisinage⁴⁸ reconnu, pour la première fois, par la Cour de cassation en cas de nuisances continues excédant la mesure des obligations de voisinage⁴⁹, peut être mise en œuvre pour des nuisances de toute nature (bruits, odeurs, vibrations), ainsi que pour des préjudices d'agrément, tel que perte d'ensoleillement :

Cass. civ. 2^{ème} , 10 octobre 1979⁵⁰:

N'a fait qu'user de son pouvoir souverain le tribunal qui a estimé qu'excédaient les inconvénients normaux du voisinage les troubles résultant, pour les propriétaires d'un pavillon, de la surélévation par leur voisin du mur séparatif, tant à raison de la diminution de l'ensoleillement et de l'éclaircissement de leur salle de séjour que du bruit de la pluie sur les plaques en matière plastique placées au sommet de ce mur pour former la toiture d'une terrasse couverte.

Une réponse ministérielle concerne les **troubles anormaux du voisinage et un ombrage photovoltaïque**⁵¹ :

Texte de la question

M. Michel Sordi appelle l'attention de Mme la ministre de l'égalité des territoires et du logement sur la question de la réglementation de la hauteur des arbres en zone urbaine. En effet en agglomération, au-delà de 2 m de la limite de son voisin, tout un chacun peut laisser pousser un ou des arbres à n'importe quelle hauteur. Au-delà du simple désagrément que peut induire l'ombre portée de ces arbres, cela devient une véritable gêne lorsque le voisin qui subit l'ombre souhaite installer des panneaux solaires sur son toit qui ne reçoit pas ou trop peu de rayons de soleil au travers de l'épais feuillage des arbres de son voisin. Fort justement le Gouvernement encourage les particuliers à équiper leurs logements avec des appareils permettant l'utilisation des énergies renouvelables. Mais, dans l'exemple précité, force est de constater que la liberté des uns empêche les bonnes pratiques énergétiques des autres.

Aussi il lui demande quelles mesures le Gouvernement pourrait envisager de mettre en œuvre, d'un point de vue réglementaire, afin de garantir à tout citoyen l'accès aux énergies solaires, nonobstant le droit de plantations existant par ailleurs.

Texte de la réponse

⁴⁸ "Dommages causés à un voisin (bruit, fumées, odeurs, ébranlement etc.) qui, lorsqu'ils excèdent les inconvénients ordinaires du voisinage, sont jugés anormaux et obligent l'auteur du trouble à dédommager la victime, quand bien même ce trouble serait inhérent à une activité licite et qu'aucune faute ne pourrait être reprochée à celui qui le cause. En posant ce principe, la jurisprudence a distingué la théorie des troubles de voisinage de celle de l'abus de droit". Vocabulaire juridique (PUF),

⁴⁹ Civ., 27 novembre 1844, S 1844, 1, p. 211

⁵⁰ GP 7 FÉVRIER 1980 SOM. P. 14

⁵¹ 14ème législature, Question N° : 14844 de M. Sordi Michel (Union pour un Mouvement Populaire - Haut-Rhin) Question écrite Ministère interrogé > Égalité des territoires et logement Ministère attributaire > Justice Rubrique > énergie et carburants Tête d'analyse > énergie solaire Analyse > développement Question publiée au JO le : 01/01/2013 page : 34 Réponse publiée au JO le : 30/04/2013 page : 4800

La règle concernant les distances des plantations situées près de la limite séparative de deux propriétés édictée par l'article 671 du code civil a un caractère supplétif et ne s'applique qu'en l'absence d'usages locaux. Elle prévoit que les plantations dont la hauteur dépasse deux mètres doivent être implantées à deux mètres de la ligne séparative des fonds et à la distance d'un demi-mètre pour les autres. Toutefois, en cas de trouble de voisinage causé au fonds voisin, le juge faisant application de la théorie des troubles de voisinage peut contraindre le propriétaire des plantations à procéder à leur élagage. La jurisprudence détermine dans le cadre de son pouvoir souverain d'appréciation et en fonction des cas d'espèce les obligations qui doivent être imposées au propriétaire des plantations. Cette appréciation au cas par cas permet de préserver le patrimoine écologique que constituent les arbres, d'appliquer de manière adaptée les règles destinées à créer les conditions d'un bon voisinage entre propriétaires de fonds jointifs et d'atteindre un juste équilibre entre les droits et les obligations de chacun des propriétaires riverains.

Comme on le voit, toutes les options sont ouvertes, mais dans un cadre préexistant qui pourrait trouver à s'appliquer, sans qu'il soit – pour autant - opportun de le modifier législativement....

- Modifier l'article 1792 ?

Face à une telle incertitude apparente, d'excellents esprits ont suggéré de régler la difficulté de manière plutôt radicale, par une **intervention du législateur, soustrayant par un article 1792-8 nouveau, la matière de la performance énergétique du domaine de la responsabilité décennale**. Diverses rédactions de ce projet de nouvel article ont plus ou moins circulé, ayant apparemment en commun de vouloir écarter du domaine des garanties et responsabilités visées aux articles 1792 et suivants le paiement des travaux de réparation de l'ouvrage, dès lors qu'ils auraient pour objet « *exclusif* » de mettre un terme à un **préjudice financier lié à un défaut de performance énergétique conventionnelle entendue « au-delà du règlement en vigueur » ou à « un défaut de production d'énergie à usage externe »**.

Comment en effet pourra-t-on faire la part dans le « *préjudice financier* » entre ce qui ressort du défaut de performance « *conventionnelle* » et ce qui relèverait de l'atteinte à la destination au sens où l'entend, - à sa discrétion – la Cour suprême, comme il elle l'a montré à l'occasion des questions d'isolation acoustique ?

De plus, à l'heure où le système SPINETTA risque d'être fortement fragilisé par la construction européenne⁵², il n'est peut-être pas très opportun de remettre législativement en question notre régime actuel de responsabilité décennale, alors surtout que certains assureurs ont déjà – semble-t-il - mis au point des polices, se voulant adaptées aux responsabilités nées d'un manquement à la performance énergétique promise.

A ce jour, on ne peut que constater que le législateur ne s'est guère intéressé à ces controverses doctrinales (qui paraissent n'agiter que les seuls spécialistes), puisque le **projet**

⁵² Il n'est pas certain en effet que nos articles 1792 et ss. constituent une « loi de police » au sens du traité européen. Voir ROUSSEL, RDI n° 4, avril 2010, p. 190 : "Assurance décennale et construction européenne". LEGUAY RDI 2010, p. 412

de loi, voté par l'Assemblée nationale le 24 octobre 2014, aboutirait, s'il était maintenu en l'état à :

- **modifier le CCH, en complétant son article L 111-13** par un alinéa ainsi rédigé : « *En matière de performance énergétique, l'impropriété à la destination, mentionnée à l'article 1792 du code civil reproduit au présent article, ne peut être retenue sauf en cas de défauts avérés liés aux produits, à la conception ou à la mise en œuvre de l'ouvrage ou de l'un de ses éléments d'équipement, conduisant, toute condition d'usage et d'entretien prise en compte et jugée appropriée, à une surconsommation énergétique ne permettant pas l'utilisation de l'ouvrage à un coût raisonnable* ».
- **compléter l'article 1792 par un alinéa ainsi rédigé** : « *Tout constructeur d'un ouvrage de rénovation énergétique est responsable de plein droit, envers le maître ou l'acquéreur de l'ouvrage, du respect de la réglementation énergétique en vigueur* ».

On oublie ainsi⁵³ que la RT 2012 n'est pas une norme de sécurité, ni de confort. C'est une norme citoyenne, tendant à limiter l'émission de CO2, supposant un comportement citoyen de l'utilisateur, le tout au moyen d'un de calculs fonction d'une quantité de paramètres d'un nombre et d'une complexité redoutable.

On attribue à Montesquieu (et parfois à Portalis ...), l'idée selon laquelle il ne faut « *toucher à la loi que d'une main tremblante...* ». Force est de constater que celle du rédacteur a été, ici, plutôt ...ferme et déterminée, malgré les apparentes limites proposées pour prétendre restreindre (de manière particulièrement confuse) le champ de cette exclusion.

III - Imputabilité du dommage, notamment au titre du devoir de conseil du professionnel

A) Imputabilité aux professionnels

Si, grâce à la présomption, la faute n'est pas une condition de la responsabilité décennale, il n'en demeure pas moins que demeure toujours nécessaire⁵⁴ la preuve de l'imputabilité du désordre à l'encontre de l'intervenant mis en cause. Il s'agit alors de vérifier si la cause du dommage se situe bien dans la « *sphère d'intervention* » du locateur d'ouvrage poursuivi. L'imputabilité n'est cependant pas la faute. Mais sa formulation en procédure pourra y ressembler, tant est lourde la force de l'habitude dans la rédaction des écritures.

En réalité, la faute n'est jamais très loin dans le débat. D'ailleurs, elle reprend tout son empire lors des recours entre coobligés, moment où se posera la question de savoir s'il faut prendre en considération son rôle causal ou sa gravité. Autre débat...

Même sous l'empire de la RT 2012, ces principes demeureront. Mais, compte tenu de ce que des attestations⁵⁵ de bonne prise en compte de la RT 2012 devront être fournies lors de la demande de permis de construire et à l'achèvement des travaux, il en résulte un risque complémentaire de mise en œuvre de la responsabilité d'intervenants anciens ou nouveaux, tels que :

⁵³ Malinvaud, RDI 2014, p. 603, article légitimement critique sur le texte ainsi voté...

⁵⁴ Cass. civ. 3ème 14 janvier 2009, n° 07-19.084.

⁵⁵ prévues aux articles L 111-10 et R 131-25 du CCH

- le diagnostiqueur dont le rapport aura permis l'établissement de l'une de ces diverses attestations,
- le prêteur de deniers, qui ne s'en sera pas soucié
- le notaire, qui n'y aura pas pris garde
- l'architecte, qui aura même été chargé d'établir l'attestation.

On ne soulignera donc jamais assez l'importance de l'information donnée à l'utilisateur. On connaît en effet la portée, en jurisprudence du devoir de conseil du professionnel, qu'il soit vendeur⁵⁶, notaire⁵⁷, entrepreneur⁵⁸, architecte⁵⁹, prêteur de deniers⁶⁰ ou assureur⁶¹.

En matière d'**installation photovoltaïque**, un arrêt⁶² retient un **manquement au devoir de conseil** :

*« Attendu, selon le jugement attaqué, qu'au vu d'un devis de fourniture et d'installation de **panneaux solaires**, accompagné d'un **calcul prévisionnel de crédit d'impôts afférent** à une telle installation, établis par la société Sol'Er (la société), spécialisée dans la vente et la pose de panneaux solaires, Mme X... a adressé à celle-ci une commande conforme à ce devis ; qu'estimant que la société avait commis une faute à son égard pour lui avoir présenté un calcul prévisionnel d'un montant supérieur au crédit d'impôts dont elle a bénéficié, Mme X... a assigné en paiement de dommages-intérêts cette société, laquelle a formé une demande reconventionnelle en paiement d'intérêts de retard et de dommages-intérêts ; »...*

*...« Mais attendu qu'ayant souverainement estimé que l'information donnée à Mme X... relativement au crédit d'impôt afférent à la réalisation des travaux litigieux, lequel avait été évalué par la société à la somme de 7 250,21 euros représentant plus du tiers du montant de ceux-ci, avait déterminé le consentement de l'intéressée, la juridiction de proximité, constatant que **cette évaluation était entachée d'une erreur de 3 750 euros, en a déduit que, faute d'avoir recueilli les renseignements indispensables au calcul exact du crédit d'impôt**, la société avait engagé sa responsabilité à l'égard de sa cliente ; que, par ces motifs qui échappent aux griefs du moyen, elle a légalement justifié sa décision de ce chef ; »(souligné par nous)*

La contrepartie fondamentale d'une bonne information est la possibilité de prise en considération de la faute de l'utilisateur.

B) Imputabilité à l'utilisateur

Le principe est constant de mise à la charge, totale ou partielle, de la responsabilité à l'utilisateur, dont le comportement maladroit ou fautif aura été la cause du dommage allégué⁶³.

⁵⁶ Cass. civ. 1ère 28 juin 2012, n° 11-17.860. Cass. civ. 1ère 12 janvier 2012, n° 10-23.250.

⁵⁷ Cass. civ. 1ère 14 novembre 2012, n° 11-24.726. Cass. civ. 1ère 17 octobre 2012, n° 11-16.951. Cass. civ. 1ère 5 avril 2012, n° 11-14.830

⁵⁸ Cass. civ. 3ème 11 juillet 2012, n° 11-15.459 ; Cass. civ. 3ème 10 juillet 2012, n° 10-24.408. Cass. civ. 3ème 7 novembre 2012, n° 11-20.532.

⁵⁹ Cass. civ. 3ème 11 juillet 2012, n° 11-17.434

⁶⁰ Cass. civ. 1ère 19 mars 2009, n° 07-21.969. Cass. civ. 3ème 25 janvier 2012, n° 10-24.873.

⁶¹ Cass. civ. 3ème 24 octobre 2012, n° 11-16.012. Cass. civ. 3ème 24 octobre 2012, n° 11-20.439.

⁶² Cass. civ. 3ème 8 mars 2012, n° 10-21.239.

⁶³ Voir, entre autres, Cass. civ. 3ème 25 mai 2005, n° 04-14.081. Cass. civ. 3ème 28 février 2012, n° 10-27.744.

Mais ici, le débat est d'une toute autre nature, compte tenu de la complexité du système mis en place, complexité juridique, mais aussi, technique. L'utilisateur se voit en effet confronté à des dispositifs nouveaux auxquels son adaptation sera nécessairement très progressive...

Un quotidien régional⁶⁴ s'en faisait tristement l'écho, il y a quelque temps, en ces termes, sous le titre « *Les bailleurs sociaux cherchent à sensibiliser leurs locataires aux économies d'énergie. Les HLM basse consommation ne tiennent pas leurs promesses* » :

« Des locataires qui percent des trous dans les murs et endommagent ainsi l'isolation thermique des logements. D'autres qui vivent en tee-shirt, thermostat à fond, quand l'air extérieur frôle les -10°C. D'autres enfin qui profitent de l'énergie gratuite offerte par un chauffe-eau solaire pour prendre des bains à volonté. Les bailleurs sociaux rivalisent d'anecdotes de ce genre, mais ils commencent à s'inquiéter. Car au fur et à mesure de la mise en service de bâtiments BBC ou rénovés, ces logements rutilants n'atteignent pas leurs promesses de performances énergétiques....

« ...sur le terrain, les écarts entre les économies prévues et réalisées varient entre 10 et 20% dans le neuf et entre 20 et 30% dans l'ancien... »

« ...Malgré la distribution de plaquettes par le bailleur, nous avons réalisé que, sur 24 familles, seule la moitié savait vaguement qu'il s'agissait d'un bâtiment performant et qu'ils allaient économiser des frais de chauffage... »

L'une des conclusions d'un bailleur est « *que pour conserver un retour sur investissement avec les systèmes de mesure, par exemple, il faut bannir les systèmes sophistiqués* », seuls 10% des habitants utilisant les thermostats programmables en fonction des modes de vie...

Les bailleurs sociaux ne désespèrent pas pour autant et (poursuit l'article) font intervenir constamment auprès des locataires des « *ambassadeurs de l'efficacité énergétique* ».

Nous ne désespérerons pas non plus et joindrons nos vœux à ceux récemment exprimés par les autorités publiques, qui ont relancé l'élan du Grenelle. Nous demeurerons cependant conscient que la crise complique encore les choses, mais c'est justement parce qu'elle est grave et non terminée qu'il nous faut redoubler d'efforts.

Comme disait le philosophe Kierkegaard, « *ce n'est pas le chemin qui est difficile, c'est difficile qui est le chemin...* »

Quant au praticien du droit de la construction, il veut croire que la jurisprudence saura à nouveau adapter avec sagesse, et mesure, les solutions d'hier aux concepts d'aujourd'hui, sans qu'il soit, par ailleurs, besoin de risquer – par une intervention législative intempestive - de mettre à bas le système actuel de responsabilité décennale pour sans doute le mieux protéger...

⁶⁴ Malheureusement les références ne figurent pas sur l'extrait du journal qui nous a été communiqué.

« Prospective » par Monsieur Pascal TRITIAUX,
First Solar Inc., Head of Business Development
Southern Europe & Israël

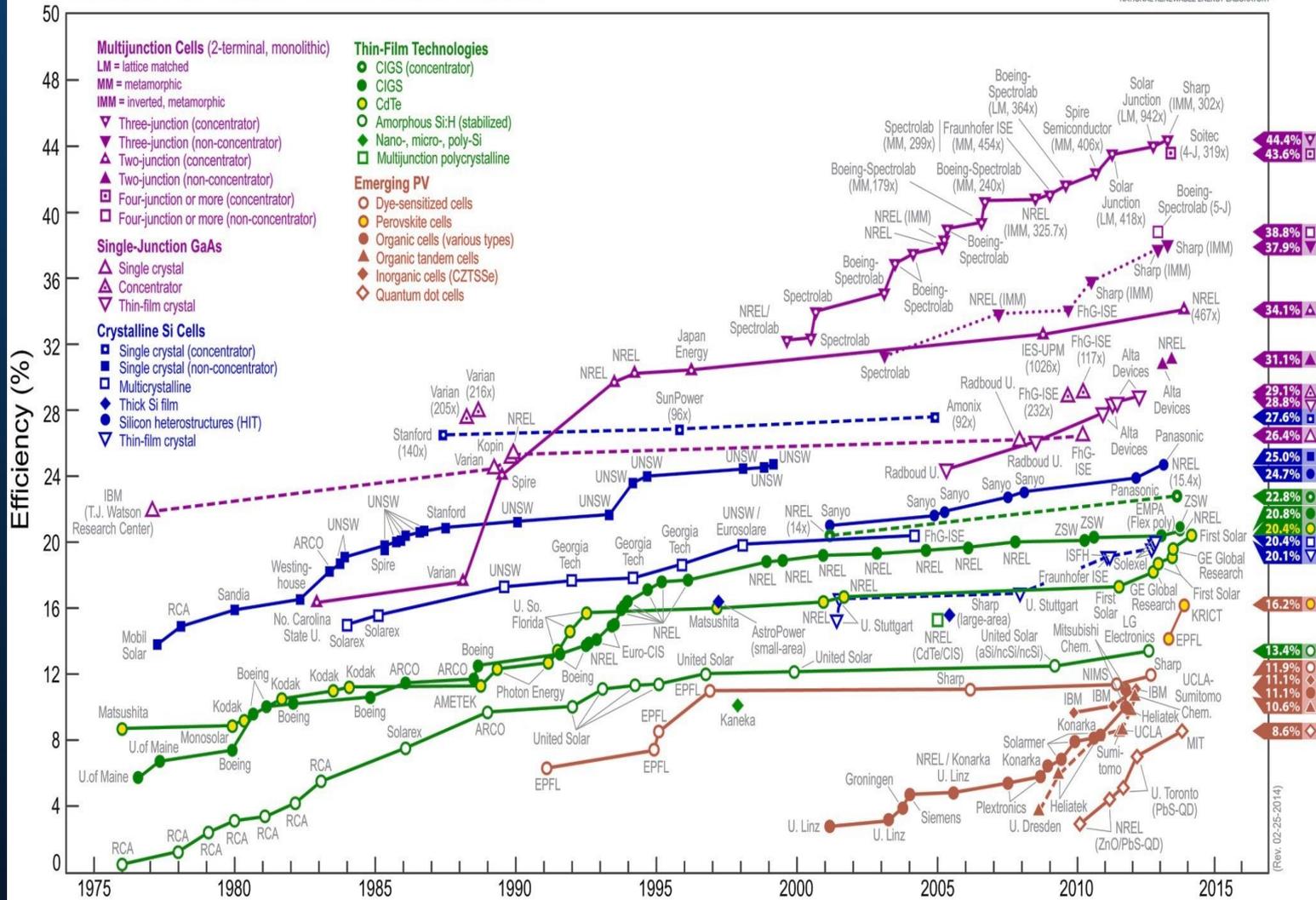


Colloque PV – Paris, 22 January 2015

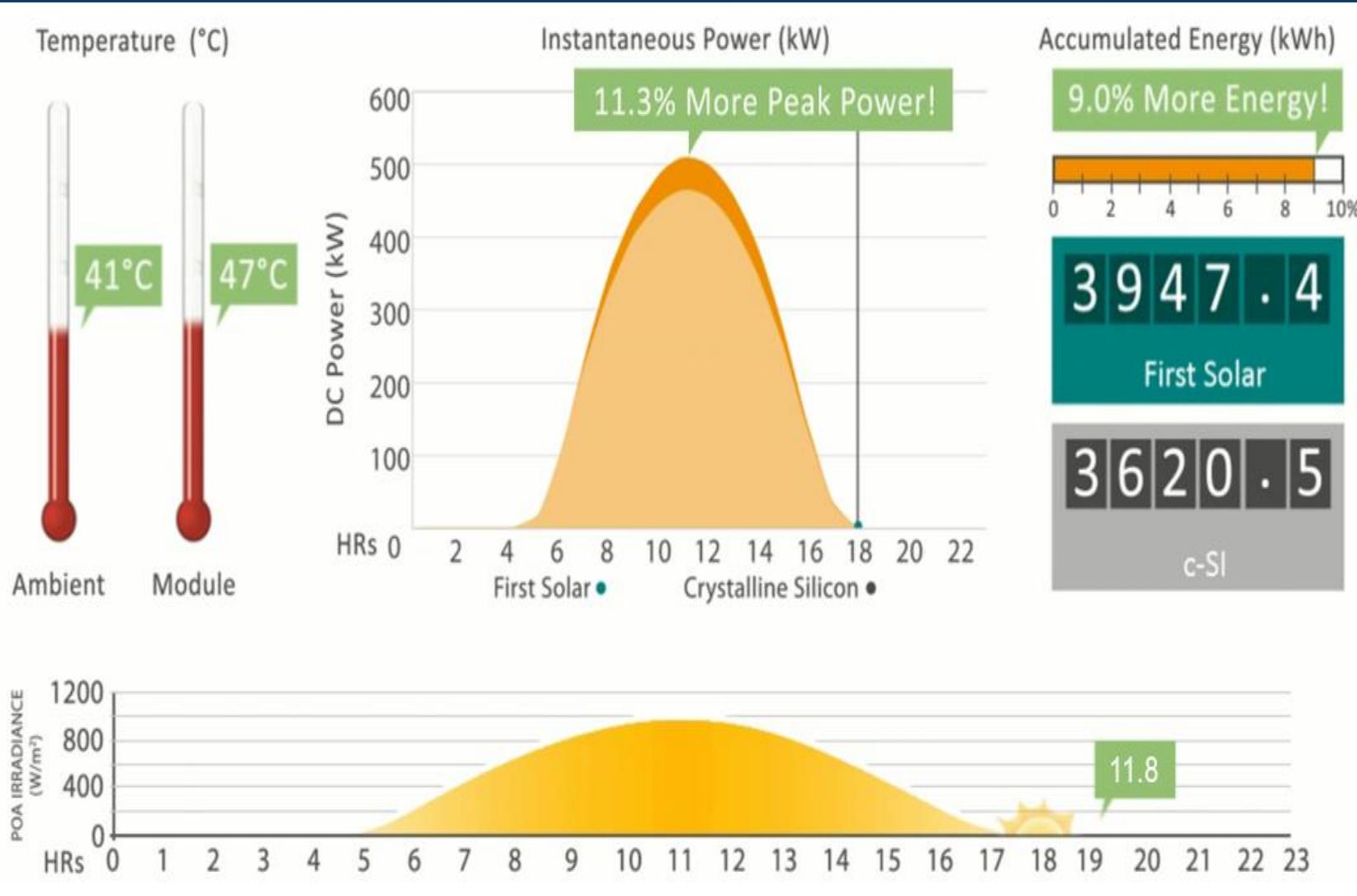
First Solar innovations enable utility scale PV

Pascal Tirtiaux, Head of Business Development Southern Europe/Israel

Best Research-Cell Efficiencies



PV Technologies: Records in R&D



First Solar Energy Yield Advantage



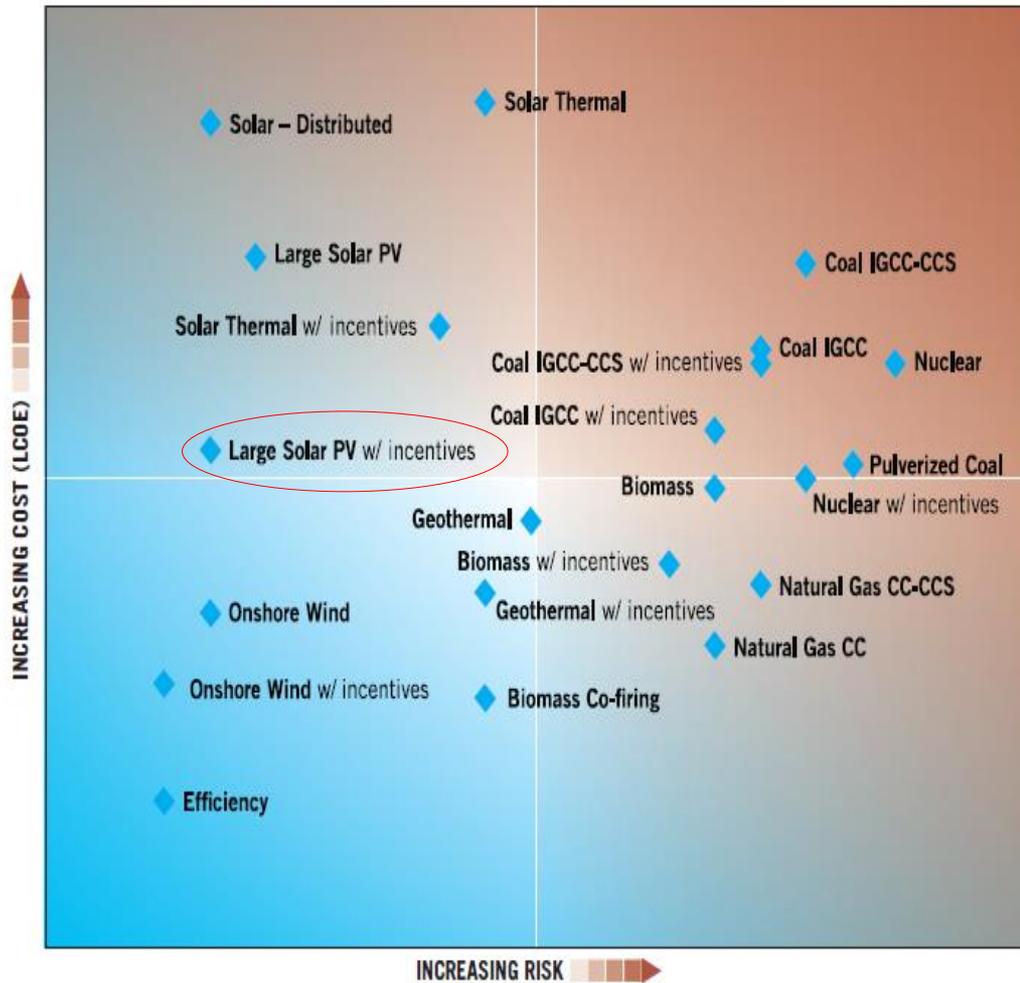
Electricity Generation Demand



Evolving Solar Value Proposition

PROJECTED UTILITY GENERATION RESOURCES IN 2015

Relative Cost and Relative Risk



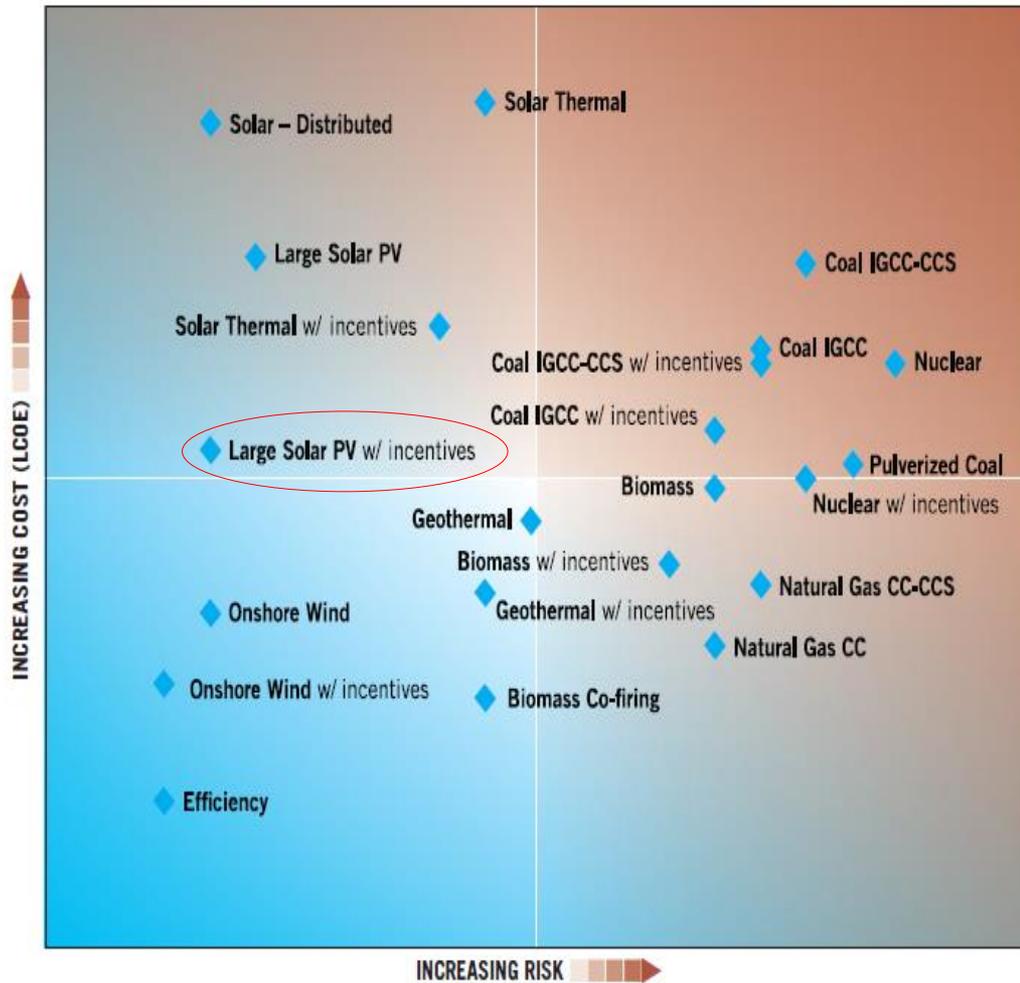
“Including a mix of resources provides important risk management benefits ... each type of resource behaves independently from others in future scenarios.”

Source: “Practicing Risk Aware Electricity Regulation: What Every State Regulators Need to Know”, Ron Binz et al, A Ceres Report, April 2012.

About the Generation Diversification

PROJECTED UTILITY GENERATION RESOURCES IN 2015

Relative Cost and Relative Risk



- Track Record
- Easy design, diversified sourcing
- Construction speed, modularity
- Easy maintenance
- No water use

Large Solar PV Features



Advancing the Entire Solar Value Chain



Utility Scale PV Leadership – Over 3.0GW (10MW_{ac} – 550MW_{ac} Plants)

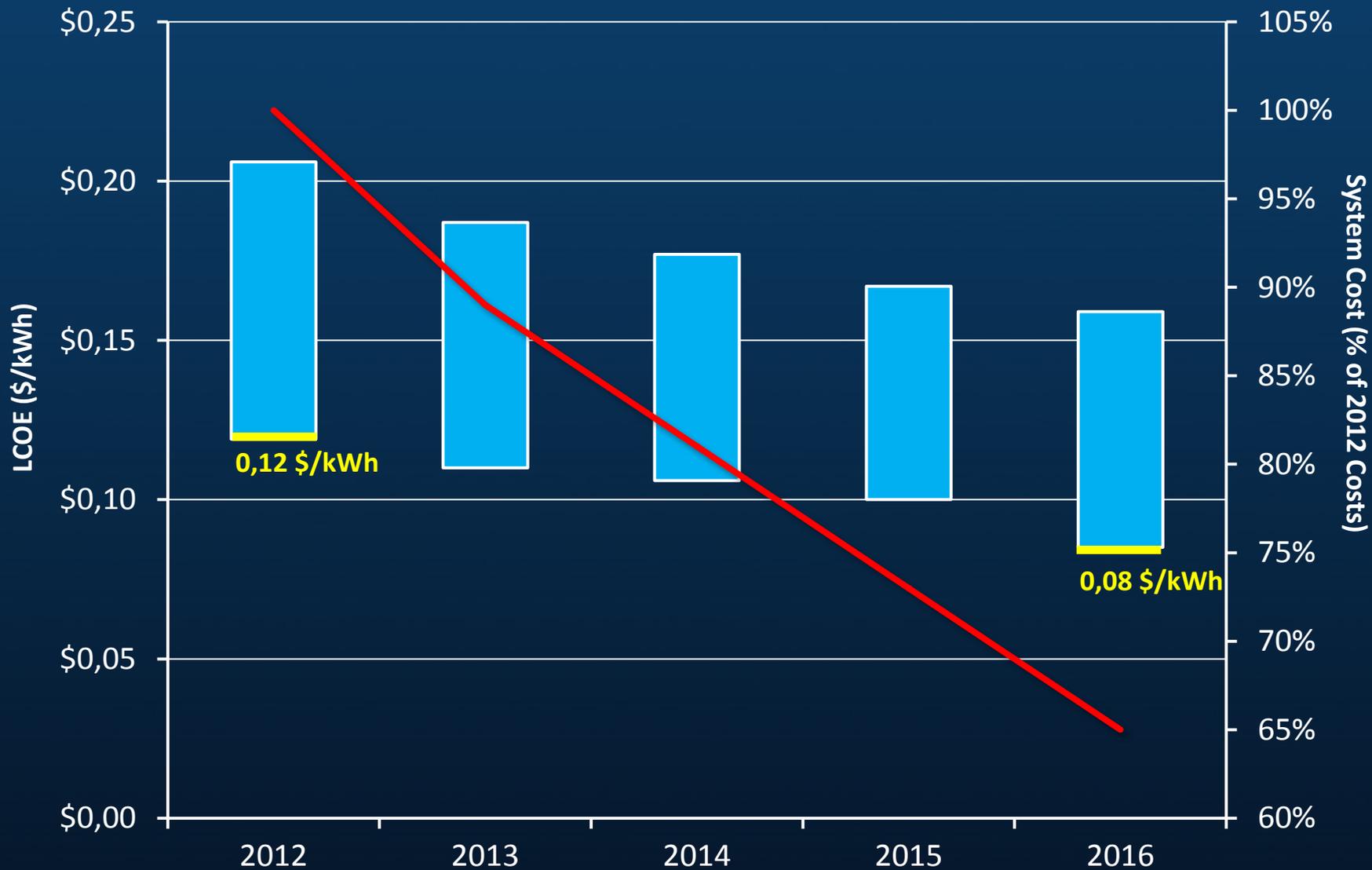


site: **San Luis Obispo, USA**

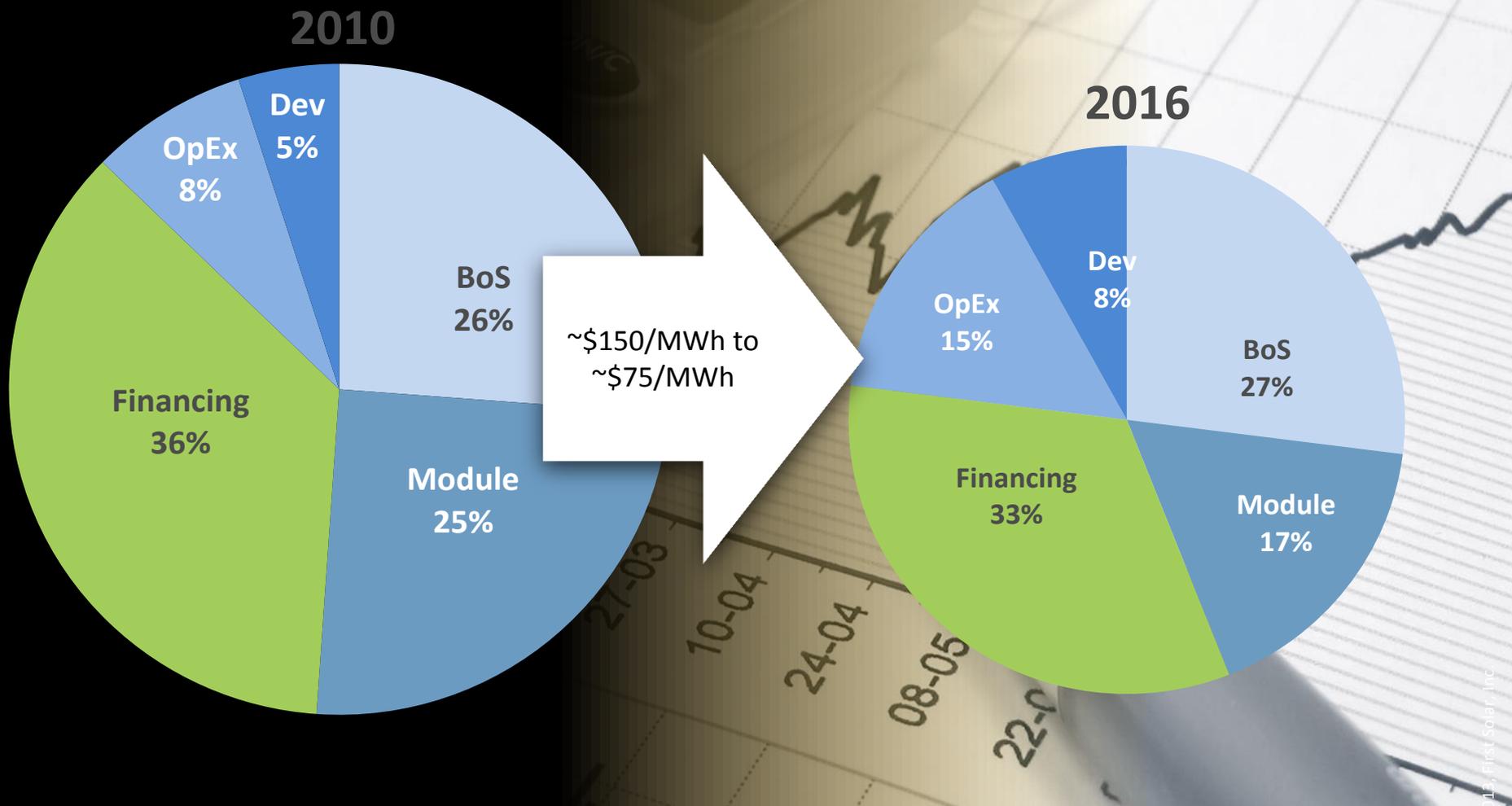
size: **550MW**

owner: **MidAmerican Energy Holdings Company**

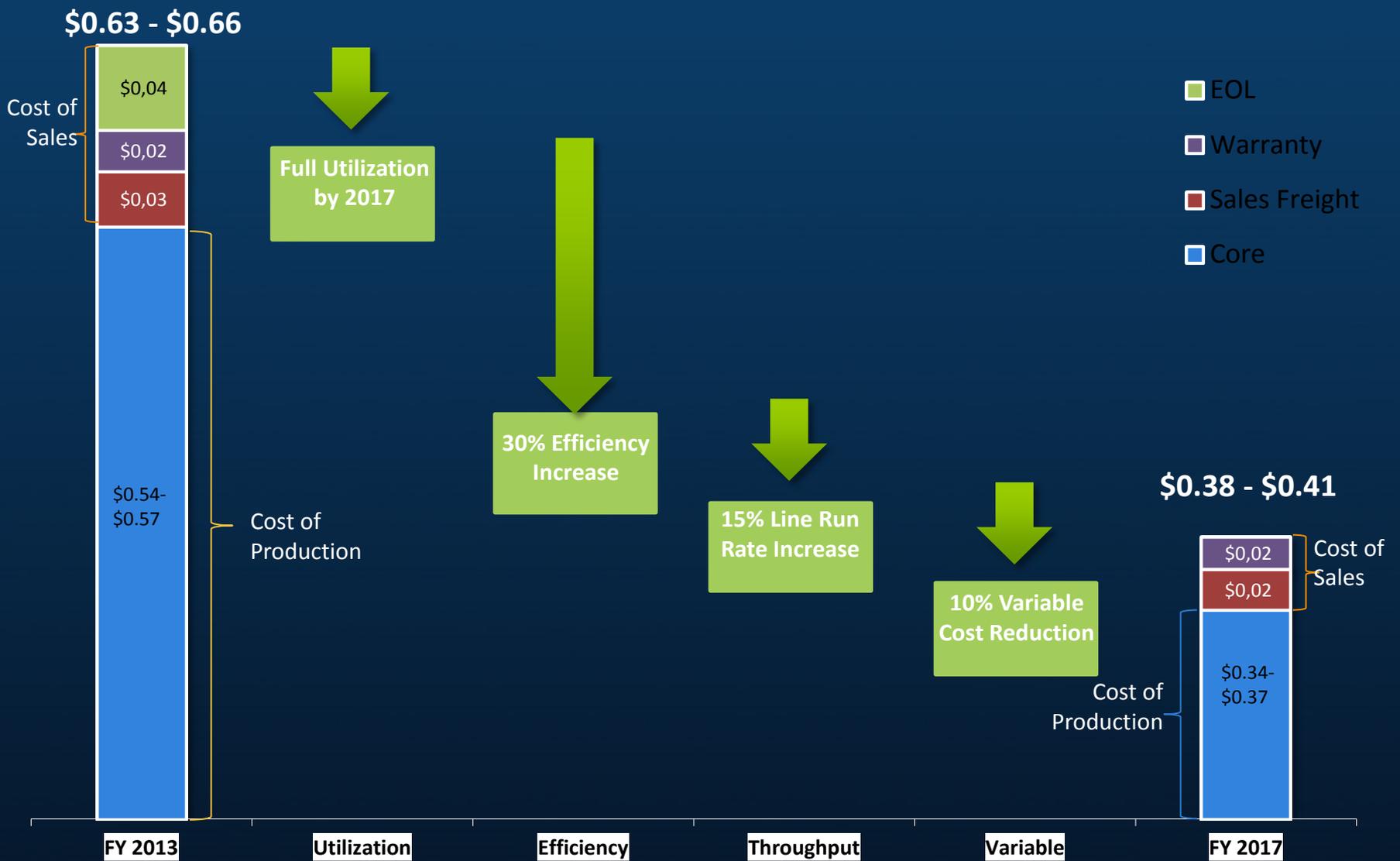
Topaz Solar Farm, largest investment grade renewable bond



First Solar Global Cost Reduction Roadmap



First Solar Global Cost Reduction Roadmap



Module Cost per Watt Walk*

Fixed Tilt



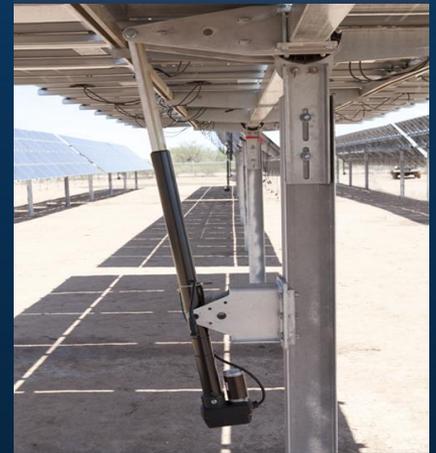
Azimuth Rotation



Seasonal Tilt



Tracker



Daily Power Production



Daily Power Production



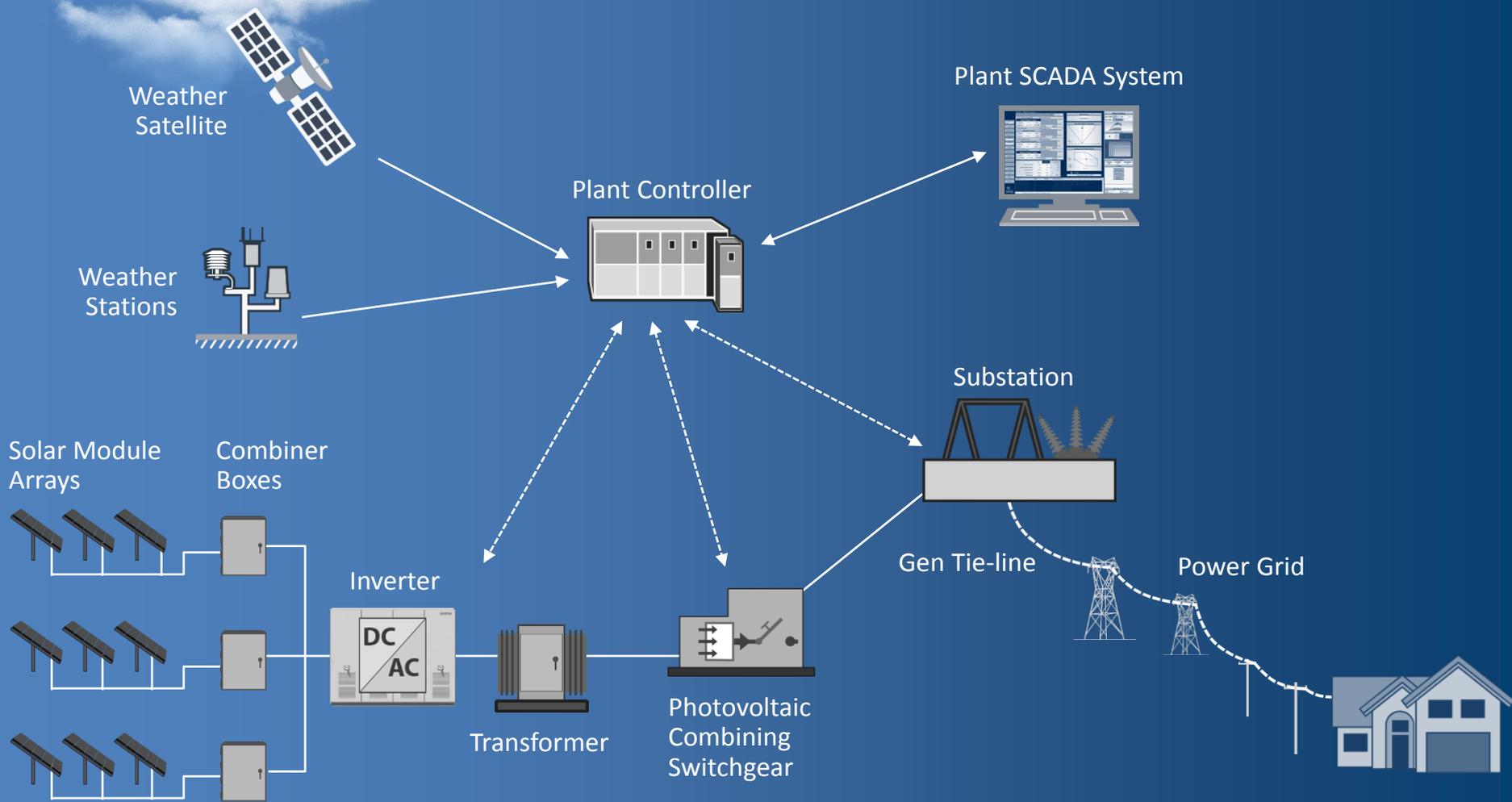
Daily Power Production



Daily Power Production



Capture More Energy



The Next Generation PV Power Portfolio

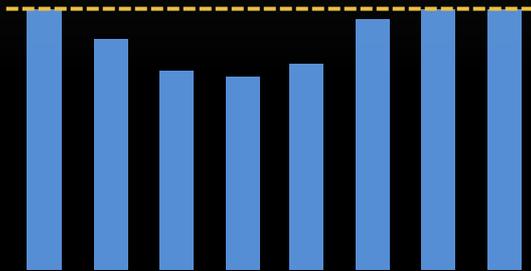
Without a Plant Level Control System

Without

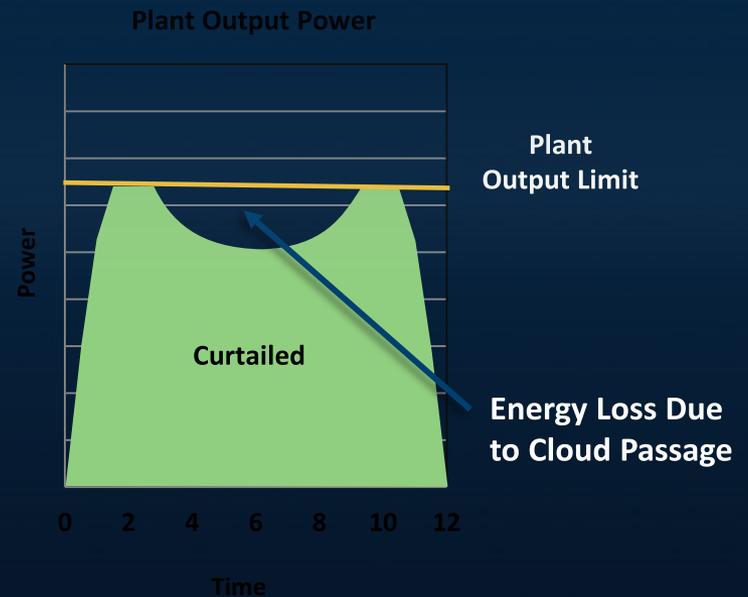
a central control system, all inverters are unnecessarily curtailed when plant output limit is reached ... **reduced captured energy**



Inverter
Curtailed
Locally



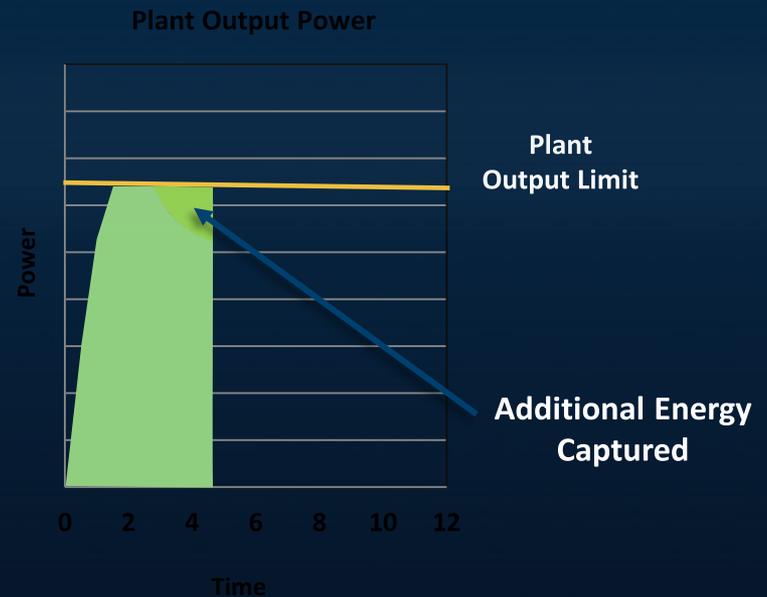
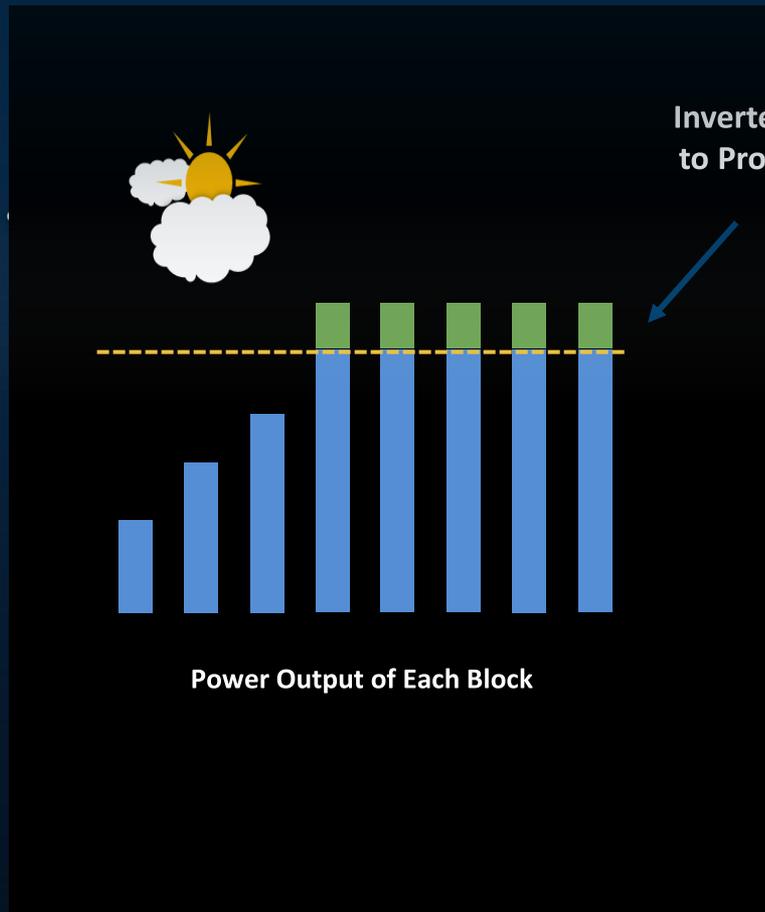
Power Output of Each Block



Benefit of Central Plant Level Control System

With

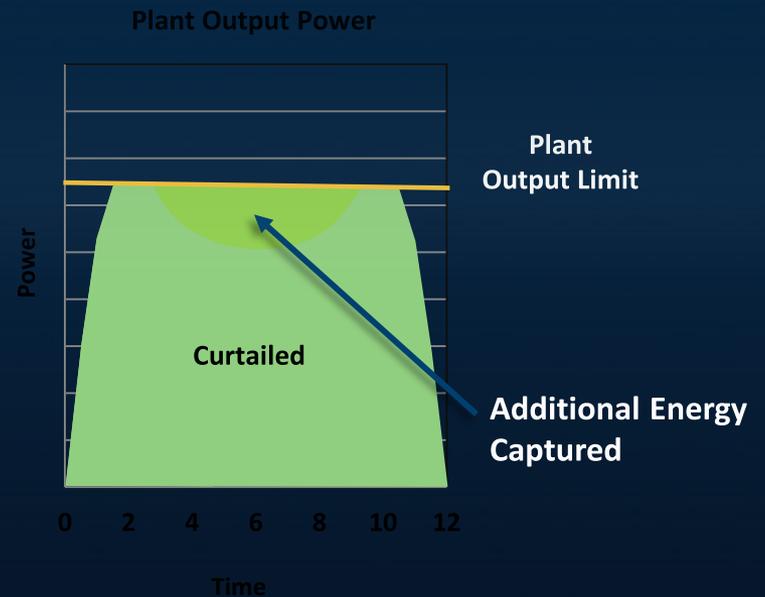
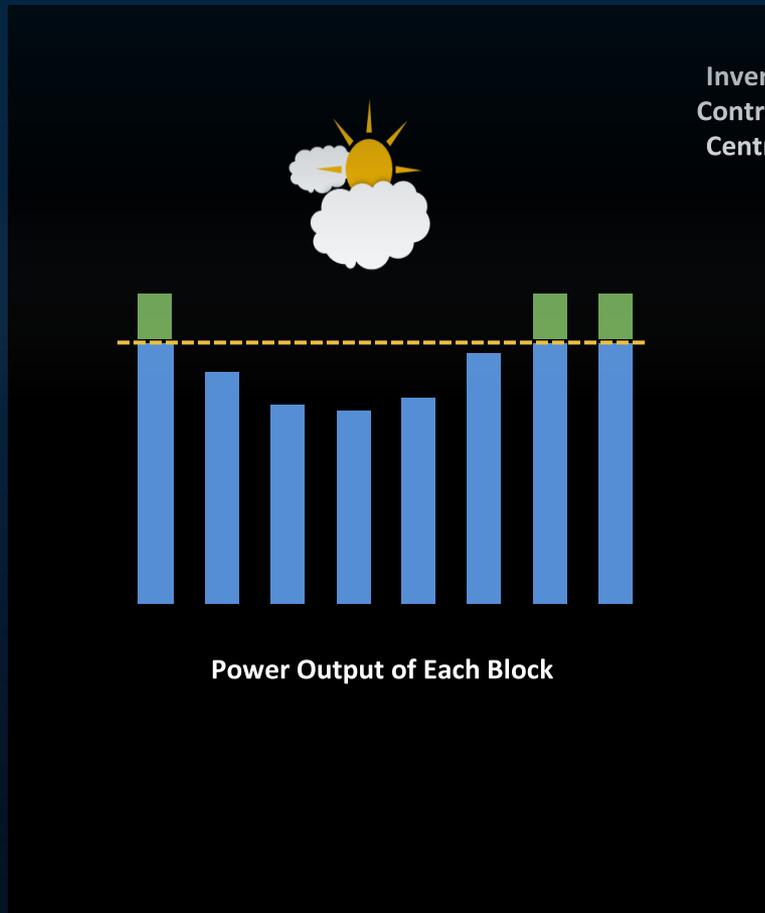
a central control system, inverters are individually controlled to meet the plant limit ...
increased captured energy



Benefit of Central Plant Level Control System

With

a central control system, inverters are individually controlled to meet the plant limit ...
increased captured energy



Create **ENDURING** value by **ENABLING** a world powered by clean, affordable, solar electricity.



First Solar GmbH

Rue de la Science, 4B 1000 Bruxelles (Belgique)

Fix: +32 2 880 36 98

email: pascal.tirtiaux@firstsolar.com

1 **SLIDE 1 - TITLE**

2 Chers Confrères,

3 Mesdames,

4 Messieurs,

5

6 L'innovation de First Solar démocratise les grandes

7 centrales photovoltaïques dans le monde.

8

9 Ceci sera le thème de mon intervention pour la prochaine
10 vingtaine de minutes, et, en tant que fournisseur de
11 technologie photovoltaïque à couches minces, First Solar
12 est très heureuse de participer à votre colloque pour placer
13 le photovoltaïque dans une perspective d'avenir, dans un
14 pays où domine une source d'électricité depuis plusieurs
15 décennies.

16

17

18 Pour l'énergie solaire - où plusieurs technologies sont en
19 incubation, émergent et se déploient, tout part du choix de

20 la technologie ... En particulier, comment produire de
21 l'électricité renouvelable au meilleur prix.

22

23 En 1999, Mike Ahearn convainc la famille Walmart -
24 propriétaire d'une des plus grande chaîne de
25 supermarchés aux Etats-Unis – de racheter le brevet des
26 modules photovoltaïques à couches minces de Solar Cells,
27 basé sur la technologie au tellurure de cadmium, le CdTe.

28

29 Et ils fondent First Solar, avec un slogan simple : « une
30 électricité solaire propre, compétitive et abondante ».

31 Aux yeux de nombreux, à l'époque, ceci relève de
32 l'utopie.

33

34 Une électricité solaire propre, compétitive et abondante.

35

36 ABONDANTE

37

.....

38 Aujourd'hui, et 16 ans après le rachat de ce brevet, First
39 Solar est une entreprise qui génère 4 milliards de dollars
40 de chiffre d'affaires de façon récurrente et emploie
41 environ 4.000 personnes directement, principalement dans
42 ses usines aux USA et en Malaisie, et près de 40.000
43 personnes indirectement pour la construction de son
44 propre portefeuille de centrales PV .

45

46 First Solar, ce sont ainsi plus de 10.000 MW de modules
47 installés dans le monde.

48

49 Une électricité solaire propre, compétitive et abondante.

50

51 **PROPRE**

52

53 Aujourd'hui, ces 10GW en service correspondent à une
54 vingtaine de centrales au charbon, elles permettent
55 d'éviter les émissions de gaz à effet de serre pour 7
56 millions de tonnes de CO2 par an, correspondant au retrait

57 de 3 véhicules par minute, soit un parc d'un million et
58 demie de véhicules retirés de la circulation depuis la
59 création de First Solar.

60

61 Enfin, une électricité solaire propre, compétitive et
62 abondante.

63

64 COMPETITIVE

65

66 Aujourd'hui, les centrales First Solar produisent de
67 l'électricité à un prix compris entre 8 et 15 centimes de
68 dollar par kWh. Et certains projets situés dans des régions
69 idéalement ensoleillées, comme les Emirats Arabes Unis,
70 permettent d'atteindre 5 centimes de dollar par kWh.

71

72 Ces quelques faits.... indiquent que l'innovation de First
73 Solar démocratise les grandes centrales photovoltaïques.

74

75 Quel était le pari des pionniers, fondeurs de First Solar ?

76 Sur le solaire, tout a été dit : une énergie inépuisable,
77 gratuite, largement inexploitée.

78

79 Restait alors à choisir le bon cheval, sélectionner la
80 technologie qui présente suffisamment d'atouts pour
81 convertir cette énergie du soleil.

82

83 **SLIDE 2 – PV TECHNOLOGIES RECORD IN R&D**

84

85 Le choix des technologies est vaste. Aujourd'hui, c'est
86 une véritable forêt au niveau de la recherche
87 expérimentale.

88

89 Sur ce graphe, vous voyez par technologie, par famille de
90 technologie, les records d'efficacité atteints en
91 laboratoire.

92

93 Qu'en retenir : une multitude d'options, certes, mais au
94 final un nombre limité de technologies disponibles sur le

95 marché, principalement le poly-cristallin (ligne bleu avec
96 carrés vides), le mono-cristallin (ligne bleue avec carrés
97 pleins) et la couche mince (le vert).

98

99 First Solar est le fabricant principal dans cette dernière
100 catégorie. Les modules PV sont réalisés en 2,5 heures au
101 sein d'une seule usine, avec une très faible de couche de
102 semi-conducteur encapsulée entre 2 feuilles de verre,
103 tandis que les modules poly- ou mono- cristallins sont
104 assemblés et constituées de plusieurs cellules, issues d'un
105 long procédé métallurgique et de raffinage, scindé en
106 plusieurs étapes.

107

108 Plutôt que de nous perdre dans les explications multiples,
109 laissez-moi vous illustrer un avantage unique du PV à
110 couches minces ...

111

112 **SLIDE 3 – FS Yield Advantage**

113 On compare ici deux centrales photovoltaïques de même
114 puissance installée : une centrale à couches minces, et une
115 centrale classique, à technologie cristalline, toutes deux
116 installées dans le Sud de la Californie, assez proche du
117 Sud de l'Europe.

118 [CLICK]

119 Sur le graphique du haut, vous voyez la production
120 instantanée d'électricité au cours d'une journée.

121 [CLICK]

122 Et on voit comment un système à couches minces produit
123 plus d'électricité qu'un système classique au fur et à
124 mesure que le rayonnement du soleil augmente, et donc
125 que la température du panneau s'élève.

126 [CLICK]

127 Il s'agit de l'augmentation de la résistance électrique du
128 semi-conducteur avec la température, qui réduit la
129 puissance du module.

130

.....

131 Dans cet exemple, qui n'est pas le plus extrême par
132 rapport à certaines régions très chaudes du Moyen-Orient,
133 la beauté du semi-conducteur est de produire près de 9%
134 d'électricité en plus qu'une technologie classique, soit un
135 avantage majeur pour l'équilibre économique de la
136 centrale.

137
138 Voilà donc pour le choix du bon cheval technologique,
139 qui est un facteur d'innovation essentiel pour
140 démocratiser les grandes centrales photovoltaïques dans le
141 monde entier. Et si l'on considère le marché mondial...

142

143 SLIDE 4 – Map

144 La demande mondiale pour des centrales électriques est
145 énorme – les zones marquées en vert sur la carte ont des
146 besoins de puissance soutenus par des fondamentaux
147 solides, tels qu'une croissance rapide, des économies en
148 manque réel de puissance, des soucis en matière de

149 sécurité énergétique, ou des problèmes importants de
150 qualité de l'air.

151

152 Pour les seuls pays émergents, des plans dépassant les
153 100.000MW de production solaire sont recensés. Ceci
154 nous montre que le système énergétique mondial est prêt
155 à adopter l'énergie solaire à grande échelle – c'est à nous
156 maintenant, nous devons créer l'offre ad hoc au bon prix.

157

158 **SLIDE 5 – Evolving Solar Value**

159 Ce qui rend le solaire irrésistible en Inde, en Chine, en
160 Arabie Saoudite ou au Maroc est très différent de ce qui a
161 aidé à créer les marchés historiques en Europe et en
162 Amérique.

163

164 Terminés, les jours où le solaire était vendu uniquement
165 sur la base de ses avantages environnementaux à long
166 terme et sur une politique industrielle. Ces attributs sont
167 toujours importants, mais d'autres facteurs rejoignent

168 désormais les considérations : économies d'énergie
169 fossile, optimisation de l'infrastructure énergétique, et
170 capacité à installer de la puissance le plus rapidement
171 possible.

172 [CLICK]

173 Qu'un pays soit pauvre ou riche en combustible fossile, il
174 a le souci d'en limiter la consommation, soit pour
175 optimiser la valeur stratégique de cette ressource
176 indigène, soit pour limiter le risque de dépendance, ou
177 simplement réduire la volatilité du prix de l'énergie.

178
179 Il y a aussi la contrainte de l'infrastructure. L'énergie
180 solaire est utile, elle limite le besoin de construire des
181 pipelines coûteux ou des lignes de transport d'électricité.
182 Les centrales peuvent être branchées là et quand la
183 demande apparaît sur le réseau électrique, et dans les plus
184 brefs délais, ce qui compte dans certaines économies
185 étranglées par le manque de puissance électrique.

186

187

188 Pour illustrer le rôle du photovoltaïque dans la gamme des
189 moyens de production d'électricité, j'utilise le graphique
190 issu d'une étude américaine de référence, intitulée « *ce*
191 *que le régulateur de chaque Etat devrait savoir...* ».

192

.....

193

194 **SLIDE 6 – Generation Diversification**

195

196 De la même façon qu'un bon père de famille panache ses
197 investissements, un Etat se doit de diversifier ses moyens
198 de production d'électricité, et intégrer le photovoltaïque
199 dans son portefeuille de production.

200

201 En terme de risque, qui est l'échelle horizontale du
202 graphique, le photovoltaïque à grande échelle se situe au
203 même niveau que l'éolien.

204

.....

205 SLIDE 7 – Generation Diversification – PV features

206

207 Un facteur d'explication de ce risque faible est le retour
208 d'expérience du photovoltaïque, son « track record », car
209 il s'agit d'une technologie commercialisée depuis des
210 années, voire des décennies.

211

212 Par exemple, avec les premiers prototypes installés dans
213 le désert de l'Arizona il y a 16 ans et toujours en
214 fonctionnement, et plus de 10.000MW installés, la
215 technologie First Solar est reconnue parmi les plus
216 « bancables », avec les plus grands acteurs internationaux
217 participant aux projets First Solar, telles que Citibank,
218 HSBC, Deutsche Bank, Société Générale.

219

220 Quelques autres avantages limitent les risques du
221 photovoltaïque à grande échelle :

222

.....
.....

223 - 1^{er} avantage : Simplicité de conception et
224 diversification du sourcing: une centrale First Solar
225 ne comporte qu'une trentaine de composants de base,
226 certes en grande quantité, mais qui peuvent
227 s'approvisionner auprès de multiples fabricants,
228 locaux pour une grande partie.

229
230 - 2^{ème} avantage, la rapidité du déploiement, sa
231 modularité également : une centrale se construit en
232 quelques mois. Typiquement, une centrale de 50MW
233 s'installe en 6 mois sur 80 hectares, le déploiement
234 de modules est une opération systématique et
235 répétitive, rendant la construction accessible à bon
236 nombre d'entreprises; de plus, une centrale First
237 Solar est constituée de blocs standards, qui sont
238 autant d'unités qui peuvent se raccorder au fur et à
239 mesure de la construction, et commencer à générer du
240 revenu.

.....

241

242

243 - 3^{ème} avantage du grand photovoltaïque, son
244 exploitation peu complexe: une centrale PV ne
245 comporte pas d'éléments mobiles sophistiqués, sa
246 maintenance est particulièrement simple, il s'agit
247 d'un système quasiment statique pendant plus de 25
248 ans.

249

250 - Enfin, lorsqu'on s'inscrit dans la logique
251 renouvelable, le photovoltaïque préserve
252 l'environnement : une telle centrale ne requiert pas
253 d'eau, le nettoyage de modules se fait à sec là où la
254 ressource hydrique est précieuse, il est naturel là où
255 la pluie est régulière.

256

257 L'axe vertical ne vous aura pas échappé : il s'agit du
258 Levelized Cost Of Electricity – ou LCOE – soit le coût du
259 kWh à la sortie de la centrale.

260

261 Et c'est ici qu'on voit que, pour cette projection à 2015, le
262 kWh photovoltaïque se trouve au milieu du terrain, entre
263 le charbon et le gaz naturel.

264

265 Dans ce contexte, la priorité est de pouvoir construire des
266 centrales qui produisent de l'électricité à un coût
267 concurrentiel, sans recourir à la subvention publique.

268

269 Est-ce réaliste pour le photovoltaïque ? Au sein de First
270 Solar, la vision des fondateurs est intacte, elle est devenue
271 de plus en plus concrète avec les années, et je souhaite
272 partager quelques éléments de cette vision industrielle,
273 qui démocratise le photovoltaïque à grande échelle.

274

275 **SLIDE 8 – Value Chain**

276 Une décision stratégique est d'opérer en tant qu'acteur
277 intégré verticalement, et de viser les effets d'échelle.

278

.....

279 First Solar intervient de bout en bout en tant que
280 fournisseur de technologie. Quelques exemples :

-
- 281 - développer/acquérir des portefeuilles de projets,
 - 282 - organiser le financement des centrales,
 - 283 - perfectionner un système de suivi de la course du
 - 284 soleil,
 - 285 - développer le software de contrôle-commande des
 - 286 centrales pour qu'elles se comportent comme une
 - 287 centrale conventionnelle
 - 288 - prévoir heure par heure et pour les prochains jours la
 - 289 production électrique injectée sur le réseau
 - 290 - assurer l'exploitation et la maintenance des centrales
 - 291 pendant 25 ans et superviser la production 24h/24
-

292

293 L'optimisation de cette chaîne de valeur, la réduction des
294 risques, fait naître une nouvelle dynamique : avec des prix
295 d'électricité plus compétitifs, des investissements

296 considérables sont mobilisés vers des grandes centrales
297 photovoltaïques.

298

299 Ces centrales génèrent des effets d'échelle qui, conduisent
300 à leur tour à réduire davantage les coûts. Et ceci
301 contribue à enfin rendre abordable et raisonnable
302 l'installation du PV auprès des plus petits consommateurs,
303 sans recourir à l'argent public.

304

305 Un cercle vertueux est ainsi créé.

306

307 **SLIDE 9 - Utility Scale PV**

308 Ces grandes centrales au cœur de la dynamique du PV
309 compétitif sont des systèmes compris entre 10 et 550MW,
310 illustrés ici.

311

312 Un exemple phare est la centrale de 13MW construite à
313 Dubai en 2013, remportée à l'issue d'un processus
314 compétitif, où une étude indépendante a conclu que la

315 technologie à couches minces était la plus adaptée à
316 l'environnement très dur de la région, avec la
317 combinaison d'une température élevée, de poussière et de
318 sable, et d'humidité. Une extension de 100MW est
319 désormais envisagée, avec un prix de l'électricité proche
320 de 5 dollarscents par kWh.

321

322 **SLIDE 10 - Utility Scale PV**

323 Et dans la course à l'échelle, je ne résiste pas à vous
324 montrer la centrale californienne de Topaz, 550MW sur
325 1.400 hectares, mise en service en 2014. Elle a aussi
326 donné lieu à la plus grande obligation « investment
327 grade » jamais émise pour les énergies renouvelables,
328 pour financer un investissement de 2,4 milliards de
329 dollars par MidAmerican Solar, gérée par le Warren
330 Buffet.

331

332

333 **SLIDE 11 – Global cost reduction roadmap**

334 On peut s'intéresser au coût d'un système photovoltaïque,
335 et le graphique, suivi de très près par les analystes,
336 indique la tendance fixée par First Solar. Par le passé,
337 cette roadmap a toujours été respectée, même dépassée
338 favorablement.

339
340 Un système qui coûtait 100 en 2012 quand on
341 commençait à réserver les terrains, coûte 65 quatre ans
342 plus tard, c'est la courbe rouge, qui est l'objectif
343 technique de First Solar. Je l'illustre dans une minute.

344
345 Plus globalement, comment se comporte le coût du kWh
346 photovoltaïque ? Vous voyez le plancher de 12
347 dollarscents par kWh en 2012, et la cible de 8 dollarscents
348 en 2016.

349
350 Aujourd'hui, à Dubai, les autorités ont sélectionné les
351 promoteurs d'un projet de 100MW reposant sur la

352 technologie First Solar, à un prix de l'électricité de 5
353 dollarcents par kWh.

354

355 Il est aussi intéressant de mettre en évidence les
356 composantes du coût du kWh.

357

358 **SLIDE 12 – LCOE drivers**

359 Le premier camembert montre ce qui était le plancher en
360 2010, 15 dollarcents par kWh, le deuxième camembert
361 montre le plancher visé par First Solar pour 2016, la
362 moitié, 7,5 dollarcents par kWh.

363

364 Cette plancher de 7,5 demande que quelques conditions
365 essentielles soient remplies :

366

367 . un financement compétitif : cette composante représente
368 plus du tiers du coût – les acteurs de la place sont des
369 moteurs essentiels, et First Solar doit aussi maintenir une

370 bancabilité de premier plan – un bilan hors pair, une
371 technologie éprouvée et avec une roadmap claire sont les
372 éléments moteurs.

373

374 . au-delà de l'environnement financier, les conditions
375 naturelles doivent être favorables, c'est notamment un
376 ensoleillement élevé – et le Sud de l'Europe est ainsi bien
377 bien positionné à cet égard,

378

379 . et enfin, une condition nécessaire pour cet objectif, est
380 une solution technique avancée, reposant sur la meilleure
381 innovation.

382

383 Basculons un instant dans l'univers technologique pour
384 voir, avec quelques exemples d'innovations clefs,
385 comment First Solar démocratise les grandes centrales
386 photovoltaïques.

387

388 **SLIDE 13 - module cost**

389 Une exigence fondamentale, parlant de technologie
390 photovoltaïque, vise à continuer à réduire le coût de
391 fabrication du module photovoltaïque à couches minces et
392 à augmenter son efficacité.

393

394 First Solar était le 1^{er} à franchir la barrière symbolique de
395 1 dollar par watt en début 2009, et continue à rester le
396 leader sur ce front.

397

398 Pour y arriver, et on plonge ici dans l'univers de la
399 fabrication, il s'agit de transposer les records atteints en
400 laboratoire à l'échelle industrielle, au niveau des lignes de
401 production.

402

403 Aujourd'hui, à mi-parcours sur le graphique, le coût du
404 module First Solar est de 45 dollarcent par Watt, avec une
405 efficacité moyenne de 15%.

406

.....

407 Les investissements en R&D représentent 5 pourcents du
408 chiffre d'affaires de First Solar, et ceci de façon régulière.

409

410 En 2014, ils ont permis de battre le record d'efficacité au
411 niveau d'une cellule à couches minces, à 20,4%.

412

413 Quand on sait que les 2.400MW de lignes de production
414 sortent un produit avec une efficacité de 15%, on
415 comprend que le module First Solar, même s'il est
416 éprouvé, n'a pas encore épuisé toutes ses réserves
417 d'amélioration pour les années à venir.

418

419 Autre amélioration structurelle dans la production de
420 modules: accélérer le temps de fabrication d'un module
421 qui est aujourd'hui d'environ 2h30, et pousser le procédé
422 pour fabriquer davantage et plus vite sur les mêmes
423 équipements, tout en gardant un produit stable pour plus
424 de 25 ans, ce qui n'est pas une tâche triviale.

425 *DROP [SLIDE 14 : tracker*

426 *Deuxième exemple d'innovation : comment capturer un*
427 *maximum du spectre solaire, au départ d'une installation*
428 *statique.*

429

430 *On parle ici du système de suivi de la course du soleil, qui*
431 *revient à pivoter le système, à l'orienter de façon*
432 *différente.*

433

434 *Plusieurs variantes existent.*

435

436 *Illustré à l'extrême droite, un système à un axe, très*
437 *simple et fiable car il s'agit de tables de quelques dizaines*
438 *de modules, est le plus approprié : moyennant un*
439 *investissement et un coût d'exploitation légèrement*
440 *supérieur, on produit 15% d'électricité en plus, ce qui*
441 *améliore encore le coût de l'électricité.]*

442

443 **SLIDE 15 – Grid integration (Next Generation)**

444 Autre facteur clef – la standardisation des centrales
445 photovoltaïques pour leur intégration avancée au réseau
446 électrique.

447

448 La stabilité du réseau électrique est essentielle.

449

450 Si la centrale photovoltaïque ne respecte pas certaines
451 règles techniques (comme rester dans une gamme de
452 fréquence et de tension données), elle risque d’être
453 déconnectée du réseau et d’ainsi perdre son revenu – ce
454 qui pénalise l’investissement.

455

456 Plus gênant, sans une certaine stabilité, une centrale
457 solaire provoque de la volatilité sur le réseau électrique, et
458 demande un soutien supplémentaire venant d’autres
459 moyens de production. Soit un double coût pour le
460 gestionnaire du réseau électrique : d’abord, compenser et
461 corriger l’instabilité de la centrale solaire, puis, remplacer
462 sa production si elle se trouve déconnectée, et ceci avec

463 les unités les plus onéreuses du parc car les plus rapides à
464 pouvoir réagir.

465

466 A ce sujet, First Solar est l'un des rares acteurs sur le
467 marché à intégrer à son offre des fonctionnalités qui
468 contribuent à la stabilité du réseau.

469

470 Pour illustrer une de ces fonctionnalités, examinons la
471 régulation de la puissance active.

472

473 Cela peut paraître trivial, mais lorsqu'un nuage passe sur
474 une centrale photovoltaïque, on perd une partie de la
475 puissance – donc des revenus - et on crée de la volatilité
476 sur le réseau électrique – donc on qui risque de se faire
477 déconnecter.

478

479

480 **SLIDE 16 – Without a Plant Level Control**

481 Cette première animation vous montre une centrale sans
482 intelligence. Chaque barre représente une partie de
483 centrale – un onduleur qui convertit l'électricité continue
484 des modules en électricité alternative pour le réseau.
485 Le nuage passe, la puissance diminue.

486 [CLICK]

487

488 On peut considérer que ceci est fatal, inévitable. Bien sûr,
489 et cet aléa coûte très cher au gestionnaire du réseau – il
490 doit en permanence conserver des moyens de production
491 onéreux qui peuvent réagir très rapidement, pour combler
492 ce manque de production. Ceci se traduit par différentes
493 pénalités qui retombent finalement sur la centrale
494 photovoltaïque.

495

496 Comment éviter ce surcoût lié à cet aléa?

497

498

499 **SLIDE 17 & 18 – With a Plant Level Control**

500 Je vous montre maintenant l'animation qui illustre une
501 solution, telle qu'implémentée dans les centrales First
502 Solar.

503

504 Avec une bonne prévision météo, l'opérateur de la
505 centrale prévoit les heures durant lesquelles des
506 phénomènes nuageux vont se produire, et il réduit la
507 consigne de la centrale. Il se garde de la réserve.

508

509 Le nuage passe, le système de contrôle-commande
510 identifie instantanément la perte de puissance sur certains
511 onduleurs, et pousse la puissance sur les onduleurs qui ne
512 sont pas ombragés, afin de compenser cette perte.

513

514 Bien évidemment, ceci veut dire que la centrale ne
515 fonctionne pas au maximum de sa capacité lorsque le ciel
516 est dégagé – mais comme toute chose, il s'agit d'un
517 optimum économique, et pour les grandes centrales
518 photovoltaïques, la prévisibilité de la production a une

519 valeur considérable : elle évite de devoir dépenser
520 beaucoup d'argent pour un back-up.

521

522 Vous l'aurez compris, sous tous les aspects, la priorité est
523 de construire des centrales qui produisent de l'électricité à
524 un coût compétitif, il faut donc réduire tous les coûts,
525 qu'ils soient directs ou indirects.

526

527

528

529 **SLIDE 19 Conclusion**

530 C'est avec ces quelques éléments clefs de la vision de
531 First Solar pour démocratiser les grandes centrales
532 photovoltaïques que je souhaite clôturer mon intervention.

533

534 L'innovation est au cœur du travail, qu'il s'agisse par
535 exemple d'améliorer l'efficacité de la technologie de
536 conversion des modules, qu'il s'agisse de capturer un

537 maximum du spectre lumineux, qu'il s'agisse de produire
538 en synchronisation avec le gestionnaire de réseau...

539

540 La vision industrielle repose sur la fourniture d'une
541 technologie unique, l'intégration verticale, la recherche
542 des effets d'échelle, et elle permet de créer un cercle
543 vertueux et d'assurer la faisabilité de cet objectif.

.....

544

545

546 Chers Confrères,

547 Madame,

548 Messieurs,

549

550 Je me réjouis d'avoir pu partager la conviction d'un
551 industriel engagé pour une électricité solaire propre et
552 compétitive, et j'espère qu'avec moi et avec First Solar,
553 vous percevez que, à côté des autres moyens de
554 production, conventionnels ou renouvelables, le

555 photovoltaïque à grande échelle est une solution majeure
556 pour répondre aux défis énergétiques mondiaux.

557

558 Je vous remercie pour vos efforts en ce sens et pour votre
559 intérêt.

560

.....