



HESPUL

GUIDE

EXPLOITATION DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

**Gestion technique de l'ordinaire
et de l'extraordinaire**

Décembre 2017

1. Introduction	p.4
1. Qu'est-ce que l'exploitation	p.5
2. Présentation des différents interlocuteurs	p.5
2.1. Interlocuteurs administratifs	p.5
2.2. Interlocuteurs techniques	p.5
3. Présentation schématique d'une installation PV	p.6
2. Commencer en toute sérénité : les bonnes bases	p.9
1. Réception du chantier	p.10
2. Dossier technique et contractuel	p.11
2.1. Dossier technique	p.11
2.2. Dossier contractuel	p.11
3. Gestion du stock	p.12
3. Une bonne routine pour une bonne production	p.13
1. Suivre sa production à distance	p.14
1.1. Système de suivi par acquisition de données au compteur	p.14
1.2. Système de suivi intégré à l'onduleur	p.15
1.3. Système de suivi indépendant	p.15
1.4. Coûts d'un système de suivi à distance	p.15
2. Maintenance préventive	p.16
2.1. Principe et contrat de la maintenance préventive	p.16
2.2. Analyse de la maintenance préventive	p.16
3. Visite réglementaire	p.17
3.1. Vérification initiale des installations électriques	p.17
3.2. Vérifications périodiques des installations électriques	p.17
3.3. Surveillance des installations	p.17
3.4. Organisme de certification	p.17
4. Rapports d'intervention consignés	p.18
5. Garanties et assurances	p.18
5.1. Garanties obligatoires	p.18
5.2. Garanties contractuelles	p.19
6. Nettoyage	p.21
4. Mon système ne fonctionne pas normalement, que faire ?	p.22
1. Action de maintenance curative	p.23
2. Changement ou réparation de matériel	p.23
5. Pour résumer	p.25
6. Annexes	p.26
Annexe 1 : Analyse de la maintenance préventive – les pannes que l'on peut éviter	p.26
1.1. Thermographie	p.26
1.2. Contrôle visuel	p.26
1.3. Mesures électriques sur les chaînes de panneaux	p.28
1.4. Contrôle des organes de sécurité	p.29
1.5. Vérification DC	p.29
1.6. Vérification onduleur	p.30
1.7. Communication	p.30

<i>Annexe 2 : panne courante en exploitation et procédure de résolution</i>	<i>p.30</i>
2.1. <i>Changement/réparation des onduleurs.....</i>	<i>p.30</i>
2.2. <i>Nécessité du changement du compteur.....</i>	<i>p.30</i>
2.3. <i>Défaut réseau (absence permanente).....</i>	<i>p.30</i>
2.4. <i>Défaut réseau (hors plage de tension).....</i>	<i>p.31</i>
2.5. <i>Défaut réseau (hors plage de fréquence)</i>	<i>p.31</i>
2.6. <i>Défaut de terre sur le générateur PV.....</i>	<i>p.31</i>
2.7. <i>Protection contre la foudre</i>	<i>p.31</i>
2.8. <i>Votre installation ne produit pas ce qu'on vous avait annoncé.....</i>	<i>p.32</i>
<i>Annexe 3 : Recommandations de mise en œuvre</i>	<i>p.33</i>
3.1. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux câbles en CC.....</i>	<i>p.33</i>
3.2. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux modules.....</i>	<i>p.34</i>
3.3. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux connecteurs CC</i>	<i>p.35</i>
3.4. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux coffrets et borniers CC</i>	<i>p.36</i>
3.5. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux système de protection CC ..</i>	<i>p.36</i>
3.6. <i>Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux système de protection CC ..</i>	<i>p.38</i>
<i>Annexe 4 : contrat de maintenance</i>	<i>p.39</i>

Introduction

Ce guide à l'exploitation des installations photovoltaïques s'adresse aux producteurs non professionnels qui possèdent une installation de puissance supérieure à 36 kWc ou plusieurs installations (de petite ou moyenne puissance) et qui ne sont pas ou peu présents sur le site de production (suivis à distance).

Dans le cas d'un producteur, présent sur site avec une seule installation d'une puissance inférieure à 36 kWc, un relevé mensuel de la production, une vérification visuelle des panneaux et des onduleurs permettent d'assurer un bon suivi de la production. Une visite avec un professionnel pourra être organisée tous les 3 ans au minimum pour assurer la bonne tenue du matériel électrique dans le temps et la sécurité du site.

Dans ce guide, vous retrouverez :

- En **introduction**, une présentation des acteurs et des éléments d'une installation.
- En **chapitre 1**, les éléments préalables à la bonne exploitation – connaissances issues de la réception de chantier et des matériaux installés.
- En **chapitre 2**, les routines à mettre en place dans votre exploitation au quotidien.
- En **chapitre 3**, comment identifier les problèmes d'exploitation
- En **annexes**, des sujets spécifiques, les pannes que l'on peut éviter, les pannes courantes, des recommandations de mise en œuvre et un exemple de contrat de maintenance.

1. Qu'est-ce que l'exploitation ?

L'objectif principal de l'exploitation est d'assurer la production d'électricité (kWh) tout en maintenant en état de fonctionnement et de sécurité les systèmes de production et en cherchant un fonctionnement technico-économique optimal.

Il est nécessaire en parallèle de garantir le respect des contrats (CRAE ou CARD-I et convention d'exploitation, contrat d'achat, occupation du patrimoine, assurance, etc.) et d'être à jour des déclarations comptables et fiscales.

2. Présentation des différents interlocuteurs

Assurer l'exploitation d'une installation photovoltaïque, c'est en assurer le suivi comptable, fiscal, administratif et technique. Le producteur peut déléguer en totalité ou partiellement l'exploitation de son installation à travers un «contrat d'exploitation».

Nous nommerons ci-après « **Exploitant** », la personne en charge du suivi d'exploitation, qu'il s'agisse du producteur ou d'un exploitant prestataire.

2.1. Interlocuteurs administratifs

Acheteur (EDF Obligation d'Achat, Entreprise Locale de Distribution, Organisme agréé, ou tout acheteur dans le cadre d'un contrat gré-à-gré) : l'exploitant est en lien avec l'acheteur pour la facturation de l'électricité photovoltaïque ainsi que toute modification du contrat d'achat ou toute notification d'arrêt de production important.

Assureur : l'exploitant contracte des assurances (dommage matériel, responsabilité civile, perte d'exploitation le cas échéant) et paye ses cotisations annuelles.

Centre des Impôts : l'exploitant doit déclarer les revenus perçus au titre de la vente de l'électricité photovoltaïque et payer l'IFER dans le cas d'une installation supérieure ou égale à 100 kWc.

Expert-comptable : réalise le bilan comptable de la société qui possède les installations photovoltaïques.

Gestionnaire du réseau public de distribution (Enedis ou Entreprises Locales de Distribution) : envoie mensuellement, semestriellement ou annuellement une facture liée au TURPE (Tarif d'utilisation des réseaux publics de distribution d'électricité) et gère les comptages.

2.2. Interlocuteurs techniques

L'exploitant réalise la coordination des interventions et des intervenants : il peut s'appuyer sur des outils de suivi de production, une entreprise de maintenance et les fabricants de matériel pour planifier, déclencher et assister les actions de maintenance préventives et curatives, mais aussi les visites réglementaires de son installation photovoltaïque.

En cas de panne sur l'installation photovoltaïque, il convient de bien analyser quelle est la personne à contacter pour optimiser la résolution du problème (*voir annexe 2*).

Si vous n'êtes pas un professionnel ni du photovoltaïque ni de l'électricité rapprochez vous toujours, en premier lieu, de votre installateur ou de votre entreprise de maintenance, selon le cas.

Exploitant : l'exploitant contrôle le bon fonctionnement et la bonne performance de l'installation et veille au respect des obligations contractuelles, fiscale et légales qui lui incombent, mais aussi aux obligations de ses prestataires.

Bureau de contrôle : le contrôleur technique vérifie la conformité de l'installation d'un point de vue électrique et mécanique si besoin. Pour les bâtiments recevant du public (ERP) ou les bâtiments soumis au code du travail, le passage régulier d'un contrôleur technique est indispensable.

Electricien : un installateur photovoltaïque est par définition un électricien avec une compétence supplémentaire. Pour certains travaux de maintenance, un électricien peut suffire.

Entreprise de Maintenance/mainteneur : entreprise spécialisée dans la maintenance, éventuellement sous contrat avec l'exploitant.

Fabricant du matériel : les fabricants des onduleurs, des panneaux, des équipements de sécurité, des câbles, ... Ce sont eux qui portent la garantie « produit » de leur matériel.

Fournisseur internet/GPRS : pour la transmission des données de production, il faut souvent passer par un système GPRS (carte SIM) ou par internet (Box ADSL).

Gestionnaire de réseau : Convention d'exploitation et contrat d'accès au réseau.

Installateur : entreprise qui réalise les travaux d'installation des panneaux photovoltaïques et qui peut réaliser la maintenance de l'installation.

3. Présentation schématique d'une installation PV

Cellules photovoltaïques



Les cellules photovoltaïques sont reliées entre elles en série au sein d'un module photovoltaïque ; des diodes bypass sont par ailleurs branchées en parallèle, au niveau de la boîte de jonction.

Modules photovoltaïques



Les modules photovoltaïques sont reliés entre eux en série puis branchés via un coffret Courant Continu (CC) sur une entrée d'un onduleur. On peut avoir plusieurs séries par onduleur et plusieurs onduleurs pour une même installation photovoltaïque.

Chaîne de module (série de module)



Les modules sont raccordés en série sur une ou plusieurs entrées de l'onduleur : cette série de modules peut être appelée chaîne de modules, série de modules ou string.

Boîte de jonction



C'est au sein de cette boîte de jonction, en face arrière du panneau, que les diodes bypass sont branchées en parallèle d'une série de cellule pour court-circuiter la série de cellule si l'une d'entre elle a un comportement récepteur et se met à consommer le courant produit par les cellules voisines.

Coffret Courant Continu - CC (ou DC - Direct Current)



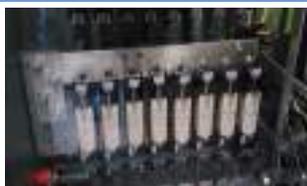
L'ensemble des chaînes est branché dans un coffret CC ou DC avant d'être raccordé à l'onduleur, c'est dans ce coffret que se fait la mise en parallèle des séries de modules pour l'addition du courant.

Elément de protection - parasurtenseurs



Protection contre les surtensions (principalement la foudre)

Elément de protection - fusibles



Protection des chaînes de modules contre les courts circuits

Onduleurs



Les modules sont branchés via les coffrets CC aux onduleurs pour convertir le courant continu en courant alternatif.

Les onduleurs mesurent en permanence le réseau électrique pour se synchroniser à celui-ci. En l'absence de réseau, les onduleurs ne peuvent pas fonctionner (protection de découplage) et l'installation ne peut pas produire d'électricité

Tableau général basse tension (TGBT) ou Coffret CA (ou AC) pour installation domestique



Les onduleurs sont branchés sur le tableau électrique puis raccordés au réseau électrique de distribution. C'est sur le tableau électrique que l'on peut voir l'état des éléments de protection.

Éléments de protection



Chaque onduleur est protégé par un disjoncteur et l'ensemble de l'installation est protégé par un AGCP (appareil général de coupure principale).

Poste de transformation



Si la puissance de l'installation est supérieure à 250 kVA, le raccordement au réseau public se fait en HTA (moyenne tension). Le poste de transformation, privé dans ce cas, permet d'élever la tension pour pouvoir raccorder cette installation (qui délivre de la basse tension) sur le réseau électrique HTA.

Point de livraison (PDL)



Le PDL représente le point de raccordement de l'installation photovoltaïque au réseau électrique public, il est matérialisé par le compteur de production.

Chapitre 1 : Commencer en toute sérénité - Les bonnes bases

Pour bien appréhender l'exploitation qui accompagne une installation photovoltaïque, il convient de démarrer sur une bonne base de travail : une documentation complète et mise à jour. En effet, une installation photovoltaïque pouvant passer entre plusieurs mains sur sa période de production et afin d'éviter des interventions superflues, **il faut veiller à consigner le maximum d'informations dès la phase de réception du chantier.**



1. Réception du chantier

Lors de la réception du chantier, il faut vérifier que l'installation photovoltaïque produit et injecte sur le réseau électrique (relever le compteur), que le service de télétransmission des données de production est fonctionnel et que la surveillance à distance de l'installation sera possible dès le premier jour.

Les mesures de courant de tension et de résistance d'isolement des chaînes de panneaux, telles que décrites en maintenance préventive, doivent être effectuées pour se constituer un référentiel et vérifier le bon fonctionnement de l'installation. Ce rapport de mise en service sera consigné et tous les paramètres initiaux devront être indiqués dans celui-ci.



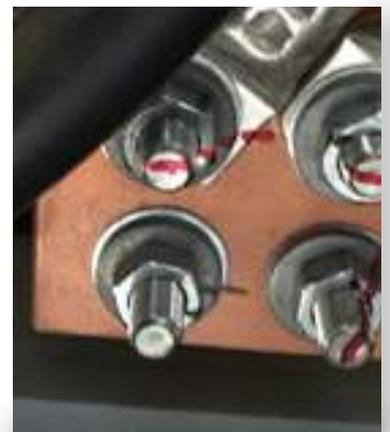
Signalétique sur le coffret DC, chaque câble est identifié en fonction de son onduleur et de son string

La bonne signalétique : la signalétique réglementaire qui indique la présence d'une source de courant « photovoltaïque » mais aussi la signalétique pratique qui permet de savoir quels onduleurs sont raccordés à quels panneaux et quels disjoncteurs permettent de protéger quels équipements.

Conformité de la pose des panneaux à l'avis technique pour pouvoir bénéficier des assurances prévues.

Marquage des serrages : Une installation photovoltaïque est un générateur statique, l'ensemble des serrages, préalablement faits à la clé dynamométrique, peuvent être marqués comme la photo ci-contre et resserrés lors des maintenances préventives, seulement en cas de besoin. Cette précaution évite de casser les boulons en les serrant trop forts.

Faire la **vérification initiale du contrôleur technique lors de la mise en service et à la réception du chantier** pour pouvoir faire les changements nécessaires le jour-même sans convoquer une deuxième intervention de l'installateur.



Cas concret : Incomplétude de la signalétique

Rachat d'une installation au sol avec deux onduleurs et plusieurs chaînes de modules, pour un total de 1 100 modules. L'ensemble était suivi, mais il manquait la correspondance entre les chaînes monitorées et leur positionnement sur le plan. Il a fallu missionner une équipe pour aller repérer sur site les chaînes de modules et leurs onduleurs respectifs.

2. Dossier technique et contractuel

Le dossier technique et contractuel de l'installation rassemble toutes les informations utiles et indispensables pour l'exploitation.

2.1. Dossier technique

Sur site en version papier et en double au bureau, le **DOE**, le **plan du site** et la **fiche de manœuvre** :

- **Dossier des ouvrages exécutés (DOE)** : le plan de calepinage des panneaux, plan d'implantation, schéma unifilaire électrique, plan de masse, documentation du matériel (onduleurs, panneaux, système d'intégration, boîtier de communication).
- **Plan du site** : accessibilité des équipements techniques, code pour le boîtier de clés, identification des clés, plan du site.
- **Fiche de manœuvre** : explication de la démarche de coupure de l'installation.
- **Mot de passe et accès à la plateforme de suivi** : il faut connaître les modalités d'accès au service de suivi de l'installation photovoltaïque (numéro de téléphone, serveur, mot de passe, ...).

Consigner les attestations de conformité, ils pourront être demandées en cas de contrôle technique ou réglementaire :

- **CONSUEL** : certificat garant de la conformité électrique, obligatoire dans le cadre d'une installation injectant sur le réseau électrique,
- **Rapport de la visite initiale du contrôleur technique**, le cas échéant,
- Attestation sur l'honneur de l'installateur.

Afin de faire jouer les assurances et garanties (liées au matériel et liées à l'intervention de l'installateur), il faut conserver :

- **Attestations d'assurances décennales des entreprises** qui interviennent sur le chantier,
- **Documents relatifs aux garanties matérielles,**
- **Avis technique, Pass innovation,**
- **Facture du matériel** : factures d'achat des panneaux, onduleurs et autres produits,
- **Flash list** : liste qui répertorie tous les modules photovoltaïques avec leur numéro de série et le résultat du flash test.

2.2. Dossier contractuel

- **Contrat d'achat** : c'est le contrat qui lie l'acheteur et le producteur. Dans ce contrat figure le tarif d'achat, sa durée, les conditions générales de vente, la période de facturation et les coordonnées de l'acheteur.
- **Contrat d'assurance** : **Domage Ouvrage, Domage matériel, Responsabilité Civile, Perte d'exploitation, ...**
- **Contrat de maintenance** : Délimite et détaille la mission de l'entreprise de maintenance sur les actions de maintenance curatives et/ou préventives
- **Convention d'exploitation et Contrat d'accès au réseau (CARD-I) ou Contrat de Raccordement, d'Accès et d'Exploitation (CRAE) pour les installations ≤ 36 kVA** : contrats entre le gestionnaire de réseau et le producteur qui autorise le producteur à utiliser le réseau électrique public pour injecter sa production. Tout producteur qui injecte sur le réseau électrique doit avoir une convention d'exploitation.

3. Gestion du stock

Prévoir un stock de modules dès lors que l'installation ou le parc d'installations avec le même matériel dépasse la centaine de modules.

Il faut réfléchir de la conception de l'installation et au stockage des modules. Celui-ci peut être stocké chez l'exploitant, chez l'entreprise de maintenance ou au sein du bâtiment où se trouve l'installation. Il reste important de consigner dans un document la localisation du stock ainsi que sa quantité et de s'assurer le suivi du stock.

Chapitre 2 : Une bonne routine pour une bonne production

La bonne exploitation des installations photovoltaïques repose sur une bonne routine qui permet de détecter les problèmes et les anomalies au plus tôt. En fonction de la puissance de l'installation et de l'équilibre économique de l'installation, on adapte la routine de suivie et de maintenance. Par exemple, une petite installation avec peu d'enjeux économique ne nécessite pas une astreinte le weekend, contrairement à une installation de taille importante ou générant une recette quotidienne importante.

Fréquence journalière	Fréquence mensuelle	Fréquence annuelle
Vérification de la Production	Relève des index Compteurs et Comparaison avec le prévisionnel	Maintenance préventive Visite réglementaire Nettoyage si besoin

Les actions de suivi de production peuvent se réaliser à distance, sous réserve de la mise en place d'un service de télétransmission des données.

Il faut mettre en place **une routine journalière** de vérification du démarrage de l'installation et de bon fonctionnement durant la journée. Cette vérification peut être complétée par un système d'alarme qui prévient l'exploitant en cas d'arrêt de l'installation photovoltaïque.

A chaque réception des relevés d'index compteur du gestionnaire du réseau (mensuel, trimestriel, semestriel ou annuel), il est important de comparer la production indiquée par le système de suivi à la production comptée par le compteur d'électricité et de comparer cette électricité, qui sera facturée à l'acheteur, au prévisionnel de production calculé à partir de l'étude de potentiel du site. **Chaque année**, avant la période de forte production (au printemps idéalement), il faudra prévoir une intervention de maintenance préventive ainsi que les visites réglementaires le cas échéant.

L'analyse effectuée par le système de suivi est variable (*voir paragraphe 1. «Suivre sa production à distance»*): il peut revenir à l'exploitant lui-même de comparer la production avec le prévisionnel (sur la base, par exemple, des cartes de productible mensuel sur photovoltaïque.info ou d'une sonde d'ensoleillement sur site) ou le système de suivi peut générer lui-même ces analyses (sur la base de données météo et d'algorithmes de prévision) avec mise en place d'alarmes et de déclenchement d'actions, selon le niveau de différence entre la production réelle et celle prévue.

Les actions peuvent être réalisées à distance (réenclenchement de disjoncteurs par exemple) ou peuvent nécessiter une présence sur site (*voir le chapitre 3 pour les différentes actions possible en cas d'anomalies détectées*).

Dans tous les cas, une visite sur site reste indispensable, au moins une fois par an, pour repérer des défauts n'affectant pas encore la production (donc non visibles de systèmes de suivi de production, par exemple des dégâts de rongeurs sur les câbles) et éviter ainsi des pannes ou incidents dans le futur (*voir chapitre 2*).

1. Suivre sa production à distance

Un système de suivi à distance acquiert les données de production, les transfère sur une plateforme dédiée, les analyse et les présente à l'exploitant.

Pour le transfert des données, il faut veiller à ce que la zone soit couverte par la technologie sélectionnée : ADSL (connexion internet haut débit par une box ou un modem), GPRS (connexion internet via le réseau mobile), SIGFOX (transfert des données via les ondes radio), M2M (transfert des données via le réseau mobile), ...

L'ensemble des fonctionnalités remplies par le système de suivi peut être décomposé en 3 parties:

- **Fonctions de base** : détection d'anomalie, alerte, diagnostic.
- **Fonctions intermédiaires** : rapport, accès tierces personnes, affichage, gestion des index compteurs, intégration des productibles.
- **Fonctions de haut-niveau** : rappel des échéances, gestion des interventions et des intervenants, interface avec des systèmes d'information tiers, acquisition et facturation.

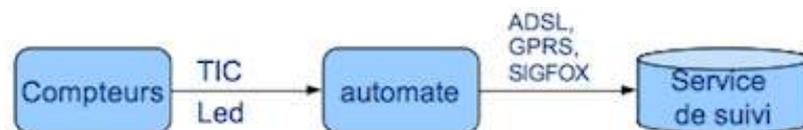
Il existe 3 types de suivi d'installations à distance (monitoring) : suivi par acquisition de données au compteur («monitoring compteur»), suivi onduleur («monitoring onduleur»), suivi indépendant («monitoring indépendant»). Aucun type de suivi ne surpasse les autres : c'est le nombre de site en gestion, l'homogénéité du parc d'onduleurs et la gamme de puissance des installations qui définissent les fonctions utiles et nécessaires au producteur exploitant.

Cas concret : Importance du suivi de télétransmission pour détecter au plus vite une panne

Suite à un changement de matériel, il n'y avait plus de communication avec l'installation photovoltaïque. La perte de 85 % de la production a été constatée au relevé d'index à la fin du mois. L'installation n'avait fonctionné que 3 jours puis elle avait disjoncté. La communication aurait permis de programmer une intervention et éviter la perte de cette production.

1.1. Système de suivi par acquisition de données au compteur («monitoring compteur»)

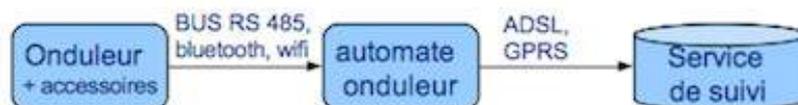
L'acquisition de puissance est adaptée à des installations de petites puissances et avec 2 onduleurs maximum par installation. L'acquisition en puissance récupère les informations du compteur à travers le port de Télé Information Client (TIC), ou mesure les impulsions Led du compteur. Après acquisition, les informations sont envoyées sur le boîtier et transmises au portail de suivi.



Elle nécessite un accès physique au compteur lors de la pose du matériel d'acquisition ; elle ne permet pas de faire du télé-diagnostic à cause, entre autres, d'une fréquence d'actualisation des données faible. Si le parc de site suivi doit évoluer et intégrer par la suite des sites de puissance plus importante, on veillera à ce que la solution soit également capable de réaliser un suivi détaillé pour des installations multi-onduleurs.

1.2. Système de suivi intégré à l'onduleur («monitoring onduleur»)

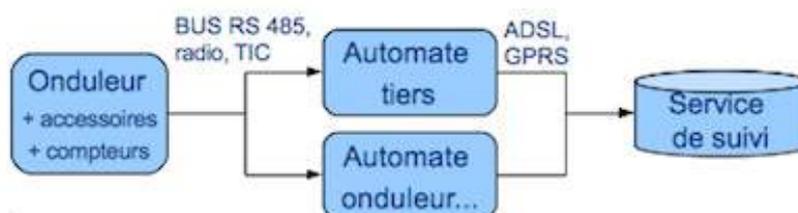
Les fabricants d'onduleurs proposent souvent un système de suivi propriétaire. Le matériel d'acquisition est installé directement dans l'onduleur et communique classiquement via un bus de communication type RS485 /Modbus (liaison filaire), ou via d'autres technologies de communication comme le blue-tooth ou la transmission radio.



Ce système de suivi permet d'avoir l'ensemble des informations onduleurs sur la plateforme de suivi propriétaire et un support constructeur facilité puisqu'il a, lui aussi, accès à cette plateforme. En revanche, il offre peu de fonctionnalités d'exploitation de haut niveau. Si le parc d'onduleurs suivi est hétérogène, l'exploitant devra disposer de plusieurs portails différents ou l'associer à un système de suivi indépendant pour avoir un portail de suivie unique.

1.3. Système de suivi indépendant («monitoring indépendant»)

Les systèmes de suivi indépendants utilisent du matériel multi-plateformes et multi-onduleurs, connectés à l'onduleur, et transfèrent les données au système de suivi.



Le système de suivi indépendant propose des fonctions d'exploitation de haut niveau et permet un suivi détaillé précis. Les offres de systèmes de suivi indépendants sont très variées, il est donc important de bien définir ses besoins et de vérifier la compatibilité du système de suivi avec le matériel installé.

1.4. Coûts d'un système de suivi à distance

Poste	Monitoring compteur	Monitoring onduleur	Monitoring indépendant
Prix du matériel	100-250€	200-500€	300-700€
Communication ADSL	0€ si utilisation d'un abonnement existant ou prix d'un abonnement ADSL		
Communication M2M & SIGFOX	20-90€/an		
Redevance annuelle (prix 2016)	50-75€/site.an	0-100€/site.an	60-1€/kWc.an

2. Maintenance préventive

La maintenance préventive est une visite technique annuelle de l'installation photovoltaïque généralement réalisée par un professionnel du photovoltaïque. Celle-ci peut être moins fréquente pour les installations de petite puissance, elle est par ailleurs fortement recommandée pour les installations photovoltaïques supérieures à 36 kWc et elle devient conseillée pour les installations de plus de 100 kWc.

2.1. Principe et contrat de la maintenance préventive

Cette visite technique périodique permet de prévenir des pannes importantes de l'installation. Les vérifications vont permettre de détecter les défauts avant qu'ils ne deviennent pénalisants pour l'installation. Un exemple de contrat de maintenance est disponible *en annexe* pour décrire tous les points de vérifications qu'il convient d'effectuer ou de faire effectuer, le manuel d'installation des onduleurs présentent souvent un guide de maintenance des onduleurs pour répertorier les manipulations à faire périodiquement.

Dans le cas où l'installation ne bénéficie pas de contrat de maintenance il faudra demander un devis avant de faire effectuer les vérifications.

Exemple de coût de la maintenance préventive :

Type d'installation	< à 36kWc	> à 36kWc
Coût	< à 10% du chiffre d'affaire	Entre 5 et 8 €/kWc

Le prix de la maintenance préventive dépend beaucoup de la taille de l'installation, de la proximité de l'entreprise par rapport au site concerné et de l'accessibilité de l'installation.

Il est préférable d'effectuer la maintenance préventive annuelle au printemps avant la période de forte production pour prévenir tout incident pouvant intervenir suite à la surchauffe du matériel et pour éviter une panne pendant la période la plus rentable.



Câbles brûlés

Cas concret : La maintenance préventive a permis de détecter un câble et une connexion brûlés et de les changer avant sinistre

Lors de la maintenance préventive d'une installation photovoltaïque, il a été constaté qu'un câble et une connexion étaient brûlés alors que l'installation fonctionnait normalement et ne présentait pas de dysfonctionnement visible à distance. Cette installation aurait pu continuer à fonctionner normalement longtemps avant de créer un vrai départ de feu ou de brûler la totalité de l'onduleur. La maintenance préventive a permis de résoudre le problème rapidement, avant l'été où la production et l'échauffement sont supérieurs et avec un moindre coût puisque seuls le connecteur et le câble endommagés ont été changés.

2.2. Analyse de la maintenance préventive

C'est à l'exploitant de savoir analyser les rapports de maintenance préventive et la courbe de pro-

duction pour indiquer aux équipes de maintenance si elles doivent changer du matériel ou faire des vérifications supplémentaires sur l'installation. Même si l'entreprise de maintenance est très compétente et réalise de très bonnes analyses des maintenances préventives, l'exploitant ne doit pas perdre de vue son installation et doit rester en maîtrise des interventions qui sont réalisées.

Des exemples de défauts pouvant être constatés durant la maintenance préventive et leur procédure de résolution qui permettent d'éviter des pannes importantes et la dégradation du matériel sont présentés *en annexe*.

3. Visite réglementaire

Suivant l'utilisation du bâtiment et les intervenants qui interviennent sur les installations photovoltaïques, des visites réglementaires initiales et périodiques peuvent être obligatoires.

3.1. Vérification initiale des installations électriques

L'employeur des personnes intervenants sur l'installation photovoltaïque fait procéder à la vérification initiale des installations électriques lors de leur mise en service et après qu'elles ont subi une modification de structure, en vue de s'assurer qu'elles sont conformes aux prescriptions de sécurité.

- Etablissements assujettis au Code du Travail : Code du travail article R 4226-14 et Arrêté du 26.12.2011
- Etablissements recevant du public (1er groupe) : Code de de la construction et de l'habitation Article R 123-43
- Immeubles de grande hauteur : Code de de la construction et de l'habitation Article R122-16 et Arrêté du 30.12.2011

3.2. Vérifications périodiques des installations électriques

La périodicité des vérifications est fixée à un an, le point de départ de cette périodicité étant la date de la vérification initiale.

- Etablissements assujettis au Code du Travail : Code du travail article R 4226-16 et Arrêté du 26.12.2011
- Etablissements recevant du public (1er groupe) : Arrêté du 25.06.1980 et Article EL 19
- Immeubles de grande hauteur : Arrêté du 30.12.2011 et Article GH 5

3.3. Surveillance des installations

Les propriétaires sont tenus de maintenir et d'entretenir les installations en conformité.

- Etablissements assujettis au Code du Travail : Code du travail article R 4226-5
- Etablissements recevant du public (1er groupe) : Code de de la construction et de l'habitation Article R 123-43
- Immeubles de grande hauteur : Code de de la construction et de l'habitation Article R122-16 et Arrêté du 30.12.2011 et Article GH 5

3.4. Organisme de certification

Les organismes de certification sont sur le site du COFRAC : www.cofrac.fr/

4. Rapports d'intervention consignés

Il est important, pour le suivi de la vie de l'installation, de consigner l'ensemble des rapports d'intervention et de noter les échanges avec les sous-traitants. Ces informations permettent de structurer l'exploitation et de faire des passations plus simple à d'autres personnes ou de travailler à plusieurs sur une même installation.

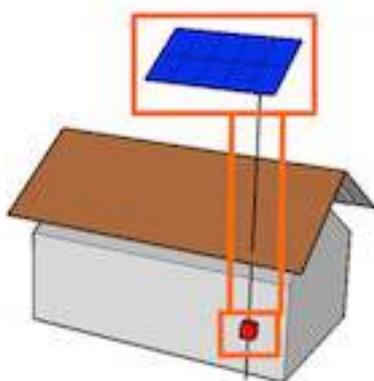
Cas concret : Détection d'un défaut grâce à une bonne consignation des rapports précédents

Après 6 ans de fonctionnement, un onduleur est tombé en panne sur une installation photovoltaïque. A partir des alarmes envoyées par l'onduleur, de son comportement et grâce à la consignation des interventions sur tout le parc des onduleurs de la même marque, il a été possible de trouver la pièce défectueuse rapidement car le même problème était déjà arrivé sur un onduleur similaire 3 ans auparavant.

5. Garanties et assurances

5.1. Garanties obligatoires *

Ces garanties sont obligatoires et gratuites et sont a minima proposées avec le bien par l'installateur : si celui-ci ne respecte pas ses obligations, l'exploitant pourra engager des poursuites contre lui. Elles concernent soit le matériel (modules photovoltaïques, câbles, coffrets électriques, onduleurs, etc...) soit la mise en œuvre. Ces garanties sont indépendantes les unes des autres.



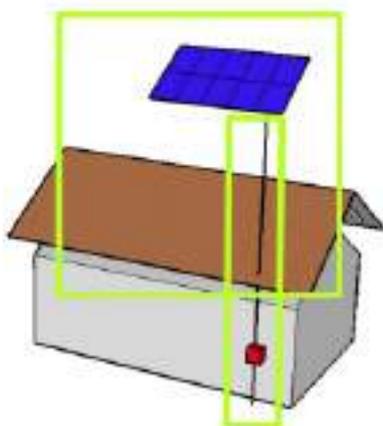
Garanties matériel : les garanties liées aux produits (panneaux, onduleurs) sont rattachées au fabricant de ces produits. En cas de panne, le producteur doit s'adresser exclusivement à son installateur qui fera jouer la garantie fabricant. Si l'installateur n'est plus en activité (liquidation judiciaire, cessation d'activité), l'exploitant peut, même si ce n'est pas la procédure normale, faire jouer les garanties sur les produits, le cas échéant en se reportant aux informations données sur la documentation du matériel installé. Elle est d'une durée de 2 ans suivant l'achat et couvre les défauts de conformité du produit. Cette garantie s'applique à partir du moment où le défaut est présent le jour de l'achat.

Cas concret : Les panneaux photovoltaïques de la marque Scheuten ont été reconnus comme ayant une boîte de jonction défectueuses. Comme l'entreprise a fait faillite, les assureurs ont remplacé les panneaux défectueux et l'état a permis aux producteurs de continuer de bénéficier de leur tarif d'achat initialement obtenu malgré le changement de panneaux sans rapport d'expertise mais seulement sur présentation de la facture d'achat des panneaux.

La garantie légale des vices cachés existe tout au long de la durée de vie du produit. Cette garantie concerne les défauts présents mais non visibles à l'achat. Pour bénéficier de cette garantie, le producteur doit intenter une action auprès de l'installateur dans les 2 ans suivant la découverte du défaut en apportant la preuve que celui-ci existait à l'achat.

Pour être identifié comme «vice caché» le défaut doit : Être caché, c'est à dire non apparent lors de l'achat, rendre le bien impropre à l'usage auquel on le destine ou diminuer très fortement son usage, exister au moment de l'achat. Dans tous les cas, le producteur devra apporter la preuve du défaut.

Par exemple, un câble utilisé pour le câblage des modules photovoltaïques présente un vice caché si la gaine ne remplit pas sa fonction d'isolement, ou bien si la qualité du métal (âme du câble) n'est pas conforme et entraîne des échauffements.



Garanties de mise en œuvre : les garanties de mises en œuvre sont traitées dans l'article 1792 et suivants du code civil. L'article 1792 définit les responsabilités de l'installateur pour tout dommage qui compromet la solidité de l'ouvrage. L'ouvrage dans ce cas précis est un bâtiment. En cas d'installation intégrée au bâtiment, on distingue les équipements indissociables de l'ouvrage (modules photovoltaïques, système d'intégration avec accessoire) des autres équipements (onduleurs, câbles, coffrets électriques, etc.).

La garantie de parfait achèvement (article 1792-6) : Durant l'année qui suit la réception de l'installation, l'installateur est tenu de se déplacer et de réparer à ses frais tout désordre signalé par le maître d'ouvrage. Cette garantie couvre la mise en œuvre de tous les équipements.

La garantie de bon fonctionnement ou garantie biennale (article 1792-3) : Durant les deux années qui suivent la réception de l'ouvrage, l'installateur est tenu de réparer ou remplacer tout équipement de l'ouvrage qui fait défaut. Cette garantie ne couvre pas la mise en œuvre des équipements indissociables.

La garantie décennale (article 1792-2) : Durant les dix années qui suivent la réception de l'ouvrage le professionnel, sur demande du maître d'ouvrage, est tenu de réparer tout dommage qui peut être de nature à : compromettre la solidité de l'ouvrage ou rendre impropre l'ouvrage à sa destination (infiltration d'eau). Le professionnel doit remettre au maître d'ouvrage une attestation d'assurance au démarrage des travaux.

* Selon le type d'intégration, certaines de ces garanties pourraient ne pas s'appliquer.



5.2. Garanties contractuelles

Les fabricants de matériel peuvent proposer des garanties supplémentaires aux garanties légales apportées par le professionnel. Il est important de noter que ces garanties font, sauf mention contraire, généralement exclusion de la main d'œuvre. Ces garanties sont en principe liées à l'ac-

tivité commerciale du fabricant, c'est-à-dire que lorsque le fabricant n'existe plus, les garanties disparaissent avec la fin de son activité commerciale.

On a vu récemment des fabricants faire faillite, les repreneurs ont refusé de reprendre les garanties des produits achetés avant la faillite. Enfin, il se peut que le fabricant de matériel ait souscrit une assurance auprès d'un assureur pour couvrir les garanties qu'il propose. Dans ce cas-là, le producteur pourra se rapprocher de la société d'assurance pour obtenir une éventuelle prise en charge de réparation.

Ces garanties doivent respecter l'article L211-15 du code de la consommation, cet article exige un contrat, dont un exemplaire doit être remis à l'acheteur, qui précise le contenu de la garantie, les modalités de sa mise en œuvre, son prix, sa durée, son étendue territoriale ainsi que le nom et l'adresse du garant et reproduit l'article L. 211-16. Le contrat doit mentionner que le vendeur reste tenu de la garantie légale de conformité et de la garantie des vices cachés.

Garantie produit : ces garanties sont en général des garanties supplémentaires qui offrent une garantie produit pour une durée supérieure à la garantie légale de conformité. Pour connaître l'étendue et les modalités de cette garantie, il suffit de se reporter aux conditions générales de vente du fabricant. Afin de faire jouer cette garantie auprès du fabricant, il est important pour le maître d'ouvrage de se procurer le justificatif d'achat original du produit auprès du professionnel.

À titre d'exemple, si un professionnel vend une installation avec un onduleur dont la garantie produit, proposée par le fabricant, est de 5 ans, le producteur est en mesure de faire jouer cette garantie auprès du fabricant de produit au-delà de la garantie légale de conformité.

Garantie de Puissance / Garantie relative à la puissance d'énergie : depuis le développement du marché du photovoltaïque, tous les fabricants de modules photovoltaïques, quel que soit le pays dans lequel sont situés leurs usines ou leur siège social, offrent une garantie de puissance. Elle garantit la capacité des modules photovoltaïques à développer une puissance donnée pour produire de l'énergie sous un ensoleillement donné : cette garantie est exprimée en pourcentage de la puissance nominale déclarée à la fabrication sous les conditions standard (STC).

La garantie de puissance couramment rencontrée est une garantie de niveau : le fabricant définit deux périodes avec deux pourcentages, la première période avec un pourcentage plus élevé que la seconde. Par exemple, pour une garantie de puissance de 20 ans, un fabricant peut proposer de garantir 90 % pendant les 10 premières années puis 80% dans les 10 années suivantes.

Certains fabricants proposent maintenant des garanties linéaires, c'est-à-dire que la puissance garantie décroît chaque année d'un pourcentage défini.

Pour faire jouer cette garantie, le producteur devra, à ses frais, (faire) démonter les modules photovoltaïques et (faire) procéder à un flash test des modules dans les conditions STC par un laboratoire en capacité de flasher des modules photovoltaïques selon les normes EN 61215 ou EN 61646.

L'étude économique associée à ces garanties est à réaliser au cas par cas et il convient de garder un œil critique sur les chiffres avancés par l'installateur.

6. Nettoyage

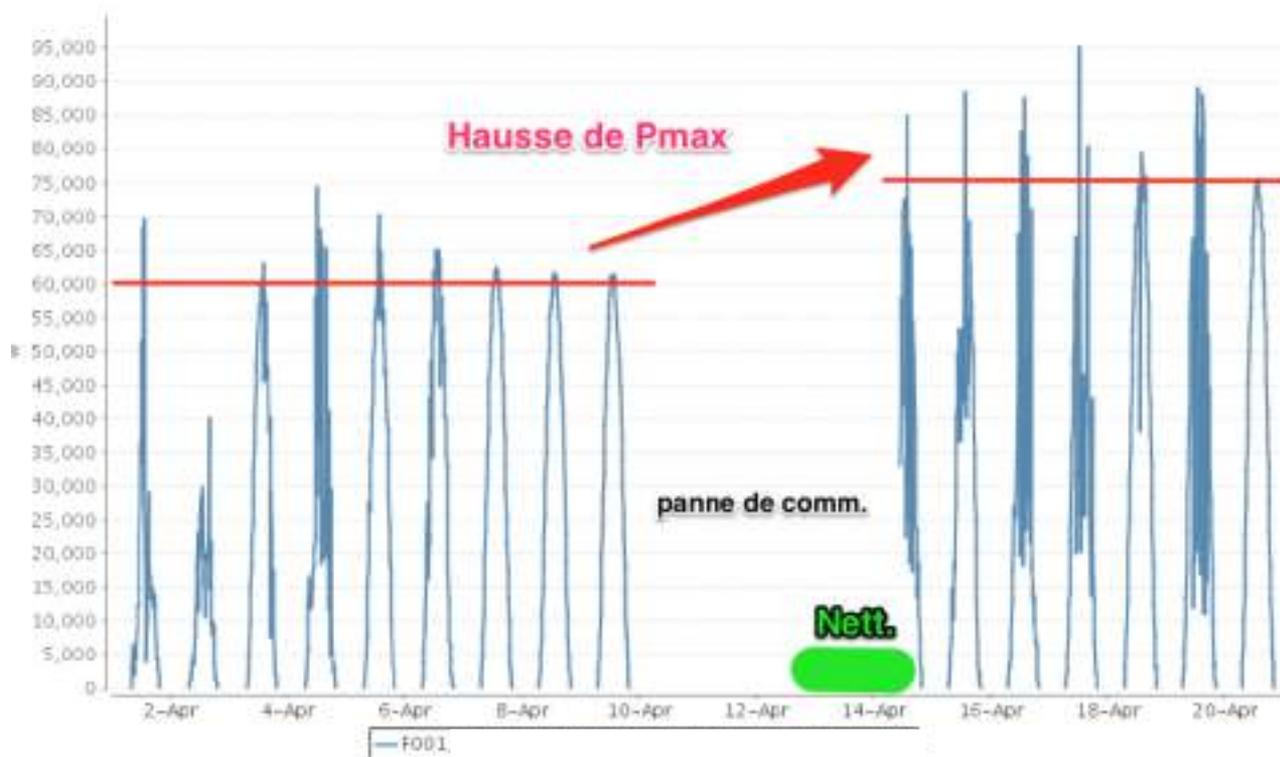
Le besoin de nettoyage des modules dépend beaucoup de l'environnement et de l'inclinaison du système, on peut dire qu'un champ incliné à plus de 15° pourra être nettoyé par les intempéries s'il se situe dans un environnement peu poussiéreux et peu agressif. Dans ce cas, le nettoyage n'a pas besoin d'être planifié et pourra avoir lieu uniquement si l'on constate un état de surface sale durant une visite périodique.

D'une manière générale, avant de déterminer une périodicité fixe, il est préférable d'observer le degré de salissure des installations les deux premières années pour évaluer la fréquence et la nécessité des opérations de nettoyage.

Exemple d'une installation photovoltaïque (avant et après nettoyage) installée à l'horizontale que la pluie n'arrive pas à laver naturellement. Le nettoyage est obligatoire pour garantir une bonne production.



01 avr. 2017 - 20 avr. 2017



Ce graphique montre une hausse de la puissance maximum de l'installation après le nettoyage (zone en vert), cette puissance maximum a augmenté de 30 % grâce au nettoyage.

Chapitre 3 : Mon système ne fonctionne pas normalement. Que faire ?

Grâce à votre système de suivi ou lors d'une maintenance préventive, vous avez pu constater que votre système photovoltaïque ne fonctionnait pas normalement : arrêt d'un onduleur, sous production, connecteurs brûlés, éléments de protection défaillants, etc...

Inspectez l'installation photovoltaïque, **sans prendre de risque**, pour voir si des éléments de connections sont endommagés : si vous constatez des connecteurs ou des câbles brûlés ou fondus, arrêtez l'installation photovoltaïque (disjoncteur général de l'installation) et contactez rapidement un professionnel du photovoltaïque pour diagnostiquer l'origine du problème et changer les pièces.



Disjoncteurs différentiels onduleurs

Après l'inspection, si votre installation ou une partie de l'installation photovoltaïque ne produit plus, vérifiez que tous les disjoncteurs (dans le coffret AC et au niveau du compteur) sont enclenchés. **DISJONCTEZ**. Patientez quelques minutes après le ré-enclenchement des disjoncteurs avant de pouvoir lire une production, le cas échéant. N'hésitez pas à disjoncter et ré-enclencher deux ou trois fois l'installation avant de contacter un professionnel.

Si l'onduleur affiche un code d'erreur ou un signalement (led ou autre), il est fondamental de le décrypter et donc de posséder et lire le manuel d'utilisation de l'onduleur. Un grand nombre d'informations se trouve dans celui-ci et les éventuels signaux de pannes sont toujours expliqués dans ce document. Si vous ne l'avez pas, vous pouvez généralement le trouver via le site internet du fabricant du matériel.

L'annexe 2 présente des exemples de défauts, leurs diagnostics et des moyens de résolution.

1. Action de maintenance curative

S'il y a un contrat de maintenance avec un professionnel du photovoltaïque, la maintenance curative intervient à la suite d'une alarme donnée par le portail de surveillance ou à la demande du client, lors du suivi de production ou de l'inspection visuelle. Il convient de fixer un coût horaire pour la maintenance curative et un délai d'intervention. Le délai entre la demande et l'intervention peut être en fonction du temps ou en fonction de la perte financière engendrée par la panne.

S'il n'y a pas de contrat de maintenance entre l'exploitant et un professionnel du photovoltaïque, il convient de faire faire un devis avant toute intervention.

Dans les deux cas, il est conseillé de faire appel à son installateur s'il existe toujours et que son travail initial avait donné satisfaction, car il connaît le système installé.

Il est possible d'avoir deux types de contrat de maintenance :



Parasurtenseurs (parafoudres)

- un pour **les actions de premier niveau** (ré-enclenchement des disjoncteurs, changement des parasurtenseurs, diagnostic de premier niveau ...) pouvant être effectué par un électricien local ,
- et un autre avec un **spécialiste du photovoltaïque** pour les actions de maintenance curative de **niveau deux** (changement d'un onduleur, réparation d'un onduleur, intervention sur les panneaux photovoltaïques...).

Un électricien (ou installateur) local engagé pour la maintenance curative de premier niveau permet d'avoir, généralement, une meilleure réactivité.

Cas concret : Choix du propriétaire du bâtiment pour la maintenance curative de premier niveau

Le producteur a choisi de former le propriétaire du bâtiment aux actions de premier niveau : vérification visuelle, ré-enclenchement des disjoncteurs pour avoir une réactivité maximale. Ainsi la maintenance curative de premier niveau est comprise dans le loyer payé au propriétaire du bâtiment.

2. Changement ou réparation de matériel

Suite à une panne, un composant fondu («grillé»), des conditions climatiques extrêmes ou simplement car le matériel est arrivé en fin de vie, il est parfois nécessaire de changer ou de réparer du matériel sur une installation photovoltaïque.

Lors de remplacement de matériel, il est important de vérifier les compatibilités techniques, la réglementation relative, les contraintes contractuelles à ces modifications et le stock, avant d'effectuer tout changement :

- Si le matériel est encore sous **garantie**, se référer aux conditions de ces garanties.
- Si un changement intervient sur le **schéma électrique** de l'installation, il convient de faire les démarches suivantes : faire une visite initiale et contacter votre gestionnaire de réseau pour faire un avenant à votre contrat de raccordement, si besoin.
- Si un changement intervient **sur la puissance de l'installation** (changement de panneaux

ou d'onduleurs), il est impératif de vérifier son contrat d'achat avant d'effectuer le changement. (cf CP&CG des contrats et site internet d'EDF AOA pour la puissance crête) et son contrat de raccordement et d'accès au réseau (pour la puissance maximale ou la puissance de raccordement).

- Si le changement intervient **au niveau des panneaux photovoltaïques**, il est possible que la puissance ne soit plus la même, auquel cas, il est important de vérifier la compatibilité en puissance et en tension des onduleurs et modules avec le matériel existant avant de faire le changement.

Nominal Power (P)	175 W
Voltage at max. power (Vmpp)	35.9 V
Open circuit voltage (Voc)	44.6 V
Current at max. power (Impp)	4.88 A
Short circuit current (Isc)	5.20 A
Temperature-coefficient-power (αP)	-0.49 %/K
Temperature-coefficient-open circuit voltage (αVoc)	-0.34 %/K
Temperature-coefficient -short circuit current (αIsc)	+0.03 %/K

Numéro de modèle	Unité	CNPV-175M
Puissance nominale maximale (Pmax)	Wp	175
Tolérance d'alimentation	%	±3
Tension maximale (Vmp)	V	36.6
Courant maximum (Imp)	A	4.80
Tension en circuit ouvert (Voc)	V	44.2
Courant de court circuit (Isc)	A	5.30

Deux fiches techniques de deux panneaux de même puissance mais avec des caractéristiques électriques différentes

Source : panneaux CNPV et PEM

Cas concret : Caractéristiques de modules différents mais dans les tolérances annoncées

Sur les deux fiches techniques ci dessus :

- la puissance crête est la même, 175 Wc
- la tension en circuit ouvert est différente : 44,2V et 44,6V
- le courant est différent 4,88A et 4,8A

Les panneaux sont branchés en série pour former des chaînes, les chaînes de panneaux sont branchées en parallèles. Ce sont les courants et les tensions des panneaux (des chaînes) les plus faibles qui seront maintenues. En conséquence, les panneaux les plus puissants sont sous-utilisés. Un déséquilibre entre les panneaux sur ces deux paramètres implique une sous-performance de l'installation.

Pour résumer

Même si la technologie photovoltaïque est fiable et mature, l'exploitation technique est indispensable pour assurer une bonne production qui permet de remplir les obligations financières associées à l'installation de production d'énergie photovoltaïque.

Malgré une forte injonction de produire au maximum, les opérations de maintenance peuvent être soumises à la recherche d'un optimum technico-économique, entre la production maximale et le gain financier maximal. Ainsi un remplacement ou la réparation de matériel peut coûter plus cher que le gain que leur changement apporterait. Il appartient à l'exploitant de définir les priorités d'intervention.

Cas concret : Attente pour le remplacement d'un onduleur (attente de sa fin de vie).

Une installation photovoltaïque de 120 kWc possède trois onduleurs, dont l'un se met en défaut par temps humide. Le problème pourrait être résolu en changeant l'onduleur actuel par un onduleur avec transformateur mais il est plus intéressant financièrement de déconnecter la partie qui pose un problème (perte de 300€/an) et d'attendre la fin de vie de l'onduleur que de changer l'onduleur immédiatement (entre 3 000 € et 4 000 €)



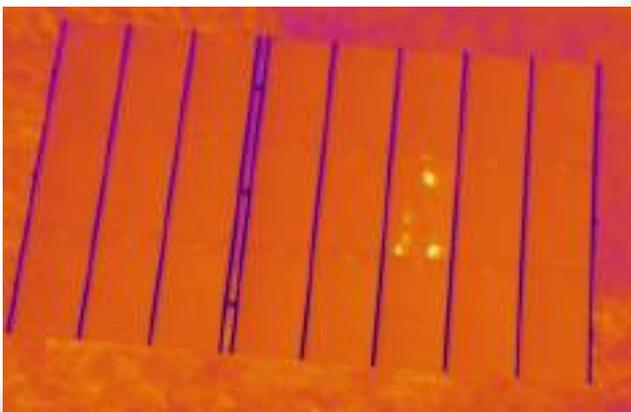
Annexes

Annexe 1 : Analyse de la maintenance préventive – les pannes que l'on peut éviter

Cette annexe explore les remarques qui peuvent être formulées lors d'une maintenance préventive. Elle a pour vocation de donner à l'exploitant des pistes pour orienter l'entreprise de maintenance ou, à minima, comprendre les rapports de l'entreprise.

1.1. Thermographie

L'analyse thermographique permet de repérer des points chauds sur l'installation photovoltaïque, témoins d'un problème actuel ou potentiel. La surchauffe peut être due à un mauvais serrage des connecteurs, un hotspot sur un panneau, des connecteurs endommagés ou des pièces défectueuses.



Hotspot : un défaut d'une cellule sur le panneau peut entraîner l'apparition de hotspot (points chauds). Ce défaut vient directement des propriétés des cellules photovoltaïques.

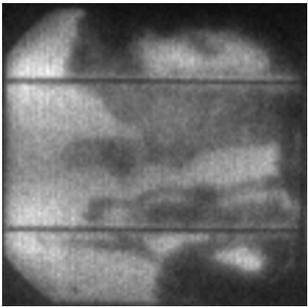
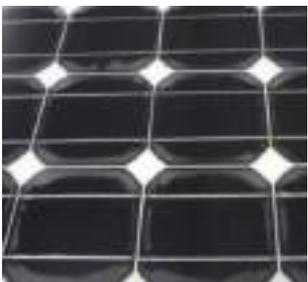
Un mauvais serrage de la visserie d'une installation photovoltaïque peut aussi provoquer des échauffements. En effet, le courant passe par une surface plus petite que lorsque le serrage est correct ce qui provoque l'échauffement.

Détéction d'un hotspot par analyse thermographique

On peut considérer que l'on a un défaut lorsque la différence de température est **de plus de 15° entre deux points**.

1.2. Contrôle visuel

Le **contrôle visuel** permet de qualifier le vieillissement de l'installation photovoltaïque et de remarquer des défauts qui ne sont pas détectables par des systèmes de suivi à distance.

Défaut	Photo	Description
Trace d'escargot		<p>Les traces d'escargots sont le résultat de plusieurs phénomènes identifiés. Pour connaître la source exacte de ce phénomène, des études en laboratoire peuvent être nécessaires.</p> <p>Si les traces d'escargots ne provoquent pas nécessairement de perte de production, il convient de surveiller leur évolution pour prévenir une éventuelle détérioration des modules impactés. Il est important de mesurer son impact sur la production avant d'envisager le changement de ces modules.</p>
Corrosions		<p>La corrosion est susceptible de se trouver sous plusieurs formes à l'intérieur d'un panneau photovoltaïque: corrosion des soudures, des contacts électriques, du verre, de l'encapsulant... Elle est liée à la présence d'oxygène et d'eau à l'intérieur du panneau, dont l'origine peut être un problème d'étanchéité du module (par exemple à une déformation du cadre, ou coupure de film encapsulant arrière).</p>
Poussière		<p>Prévenir l'encrassement des filtres à air des onduleurs pour éviter leur vieillissement prématuré. Nettoyer les filtres à air, qui ne devraient pas dégager de poussières lorsqu'on les tape (A défaut, les changer).</p>
Délamination		<p>La délamination est une perte d'adhésion entre le verre, l'encapsulant, la surface photovoltaïque active et le face arrière devient poreuse. Dans le cas d'une encapsulation EVA, la délamination a plus de chance de se produire entre l'encapsulant et la surface active en raison d'une adhésion initiale déjà limitée.</p> <p>La délamination peut être suivie par une augmentation de l'humidité à l'intérieur du panneau et donc de la corrosion</p>
Bris du verre de la face avant		<p>La face avant du panneau photovoltaïque est recouverte d'une surface de verre, et peut être brisé en cas d'événement mécanique non prévu (grêle, jet de pierre). Ceci aura pour conséquence une perte d'étanchéité (possibilité de corrosion, de détérioration des cellules et une probable diminution de la performance globale du module).</p>

Connecteur brûlé



Si l'installation produit normalement mais que des éléments semblent fondus au niveau des connexions (onduleurs, panneaux PV, câbles), arrêtez l'installation photovoltaïque (disjoncteur général de l'installation) et contactez rapidement un installateur photovoltaïque pour diagnostiquer l'origine du problème et changer les pièces.

Encrassement des panneaux



Indique la nécessité de nettoyer les panneaux.

Végétation



Il faut vérifier que la végétation ne fait pas d'ombre sur l'installation.

1.3. Mesures électriques sur les chaînes de panneaux

Les mesures permettent de détecter des défauts sur les panneaux photovoltaïques. Comparer les chaînes entre elles par onduleur et s'inquiéter s'il n'y a pas d'homogénéité entre les chaînes de panneaux.



Boîte de jonction d'un panneau avec les trois diodes

Mesure de la tension en circuit ouvert (Voc en Volt) : les panneaux sont branchés en série donc la tension de chaque panneaux s'additionnent. Par exemple, une chaîne de 10 panneaux de 30V doit donner environ 300V. Si chaque panneaux a trois diodes bypass dans sa boîte de jonction, une baisse de 10V indique qu'une diode est sûrement brûlée dans la chaîne de modules. Une baisse supérieure indique un nombre supérieur de diodes grillées ou un dysfonctionnement au niveau d'une boîte de jonction ou d'un panneau. Une méthode non invasive pour trouver le panneau responsable de cette baisse est de masquer chaque panneau et mesurer la tension, le panneau en défaut, une fois masqué, abaissera moins la tension que les panneaux en état normal de fonctionnement. Il

est important de changer les diodes brûlées car le passage systématique du courant par la diode crée un échauffement qui peut provoquer un départ de feu, dans le pire des cas, au niveau de la boîte de jonction.

Mesure de la résistance d'isolement (Riso en Ohm) : si la résistance d'isolement est trop faible, l'installation n'est plus isolée et peut avoir une fuite de courant. L'origine de cette fuite de courant peut être un module ou une gaine endommagée, par exemple si un rongeur a mangé la gaine d'un câble. L'absence d'une bonne résistance d'isolement est un risque pour les biens et les personnes.

Mesure du courant (Imp en ampère) : la baisse du courant peut indiquer un encrassement non

visible.

Cas pratique : Exemple de mesures de chaînes et analyses

Dans l'exemple ci-dessous, on peut voir un tableau type de mesures de chaînes de panneaux. Il est très important d'indiquer l'heure et le temps car ces mesures sont très sensibles aux variations de météo. Si une erreur est détectée, il ne faut pas hésiter à recommencer les mesures à un autre moment pour s'assurer que l'erreur ne venait pas d'une variation de météo.

La mesure est effectuée par chaîne (string), il est possible de comparer les chaînes entre elles. La mesure de tension en circuit ouvert (Voc) doit être comparée à la moyenne sur l'ensemble de la boîte de jonction. Si on remarque un défaut supérieur à 12 V par rapport à la moyenne, on peut suspecter une diode bypass d'être brûlée.

Les mesures de Riso et Impp doivent être comparées les unes aux autres pour repérer si une chaîne n'a vraiment aucune homogénéité avec les autres.

OND 4 - BJ 4.2

date	19/04/2017	heure	12 à 17h	meteo	ciel couvert	nuageux	Vmpp
VocMoy	708,60 Moyenne sans max ni min						
ImppMoy	1,80 Moyenne sans max ni min						
BJ 4.2	Voc	Impp	Riso -	Riso +		Voc / Vocth	VocMoy - Voc
string 4.2.1	710	1,76	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,79%	-1,40
string 4.2.2	709	1,72	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,66%	-0,40
string 4.2.3	708	1,68	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,52%	0,60
string 4.2.4	710	1,88	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,79%	-1,40
string 4.2.5	710	1,84	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,79%	-1,40
string 4.2.6	707	1,67	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,39%	1,60
string 4.2.7	708	1,72	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,52%	0,60
string 4.2.8	710	1,84	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,79%	-1,40
string 4.2.9	708	1,66	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,52%	0,60
string 4.2.10	709	1,95	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,66%	-0,40
string 4.2.11	707	1,93	> 50 MΩ	> 50 MΩ		95,39%	1,60
string 4.2.12	690	1,94	> 50 MΩ	> 50 MΩ		93,09%	18,60

Dans cet exemple on peut voir qu'il y a un défaut sur le string 4.2.12 car la différence entre la tension moyenne et la tension du string est supérieure à la tension d'un panneau divisé par trois (car il y a trois diodes par panneaux).

1.4. Contrôle des organes de sécurité



Parasurtenseur brûlé

Le contrôle de la sécurité d'une installation passe par une inspection visuelle du site et par un contrôle des organes de sécurité.

Les organes de sécurité évitent à l'installation de subir des préjudices

1.5. Vérification DC

Lors de la vérification des boîtiers DC, il est possible de repérer un mauvais serrage, des fusibles non fonctionnels ou un joint d'étanchéité en mauvais

état. Il est important de faire changer les pièces défectueuses.

1.6. Vérification onduleur

Lors de la vérification des onduleurs il est possible de repérer des échauffements, des pièces défectueuses et l'encrassement des onduleurs.

Nettoyer et dépoussiérer les onduleurs pour éviter une mauvaise ventilation et donc un vieillissement prématuré des onduleurs voir une baisse de performance de conversion.

1.7. Communication

L'état extérieur du module de communication peut être contrôlé et l'état de sa batterie le cas échéant.

Annexe 2 : pannes courantes en exploitation et procédures de résolution

2.1. Changement/réparation des onduleurs

Le changement d'onduleur peut être décidé suite à une panne non réparable en fin de vie d'un onduleur mais aussi si un onduleur est défectueux et qu'il n'est plus rentable de le conserver.

Avant le changement d'un onduleur qui fonctionne, même partiellement, il est fondamental d'attendre que la totalité du matériel soit reçue avant de démanteler les onduleurs en fonctionnement. Lorsque l'installation est de nouveau fonctionnelle, le système de suivi doit être fonctionnel pour surveiller la production. Le changement de matériel peut entraîner des problèmes masqués par le matériel précédent et le nouveau matériel peut présenter des défauts de fabrication.

Cas concret : Attente de la réception du nouveau matériel

Le changement d'onduleurs défectueux (mais encore fonctionnels) avait été décidé. Les onduleurs ont été démantelés complètement à la prise de décision du remplacement, avant la réception des nouveaux. Lorsque les nouveaux onduleurs ont été reçus, 4 sur 6 étaient défectueux et les coffrets DC non livrés. 10 jours se sont écoulés entre la prise de décision et le démontage des onduleurs (fonctionnel, mais défectueux). Ainsi, même la production partielle permise par les onduleurs défectueux a été perdue, augmentant le coût total de l'échange. Même si cette perte a été compensée par l'installateur, elle ne devrait pas avoir eu lieu.

2.2. Nécessité du changement du compteur

Les compteurs, comme d'autres automates de comptage, peuvent tomber en panne ou être défectueux et nécessiter un changement. Il est important de prendre des photos de l'index compteur à chaque visite pour pouvoir détecter des défauts et justifier d'une production non comptée si nécessaire.

2.3 Défaut réseau (absence permanente)

Le code d'erreur affiché sur l'onduleur se rapporte à un défaut d'alimentation du réseau électrique public (Grid, en anglais, Netz en allemand), signalant ainsi que l'installation est déconnectée du réseau. Vérifier si l'onduleur est branché, et les disjoncteurs fermés.

Si le problème persiste, faites appel à un électricien ou un installateur photovoltaïque pour vous

aider dans vos démarches avec votre gestionnaire de réseau dont les coordonnées téléphoniques sont inscrites dans votre contrat de raccordement (CRAE ou CARD pour les contrats Enedis).

2.4. Défaut réseau (hors plage de tension)

Cette erreur se rapporte à un défaut d'alimentation du réseau électrique public (Grid, en anglais, Netz en allemand) en signalant soit que la tension est trop élevée, ou au contraire, trop basse.

- **Tension trop haute** : Les installations photovoltaïques augmentent légèrement la tension du réseau au point de raccordement. Si la ligne de raccordement est longue et/ou sous-dimensionnée, la valeur de la tension réseau vue par l'onduleur peut dépasser le maximum admis en France ($253 \text{ V} = 230 \text{ V} + 10\%$), lorsque l'installation PV produit beaucoup (en général en milieu de journée). L'onduleur se déconnecte et affiche un défaut correspondant à une tension réseau trop élevée.
- **Tension trop basse** : Si la tension réseau est inférieure à $207 \text{ V} (= 230 \text{ V} - 10\%)$, l'onduleur se déconnecte. Ce phénomène peut se produire en hiver, si beaucoup de consommateurs proches utilisent des gros postes de consommation (chauffage électrique ou autre).

Si le problème persiste, contactez votre gestionnaire de réseau dont les coordonnées téléphoniques sont inscrites dans votre contrat de raccordement (CRAE ou CARD pour les contrats Enedis).

2.5. Défaut réseau (hors plage de fréquence)

Le code d'erreur se rapporte à un défaut d'alimentation du réseau électrique public (Grid, en anglais, Netz en allemand) en signalant que la fréquence du réseau est trop élevée ou trop basse.

La fréquence du réseau est pilotée par RTE (gestionnaire de réseau national de transport d'électricité). L'onduleur est paramétré pour se découpler du réseau et arrêter l'installation lorsque que la fréquence du réseau disponible est inférieure à $47,5 \text{ Hz}$ ou supérieure à $50,2 \text{ Hz}$ ou $50,4$ ou $50,6 \text{ Hz}$ (plages définies dans les normes VDE 0126 et suivantes).

Si le problème persiste, faites appel à un électricien ou un installateur photovoltaïque pour vous aider dans vos démarches avec votre gestionnaire de réseau dont les coordonnées téléphoniques sont inscrites dans votre contrat de raccordement (CRAE ou CARD pour les contrats Enedis).

2.6. Défaut de terre sur le générateur PV

Le générateur PV est constitué d'une ou plusieurs séries de modules PV. Le cadre métallique de tous ces modules est relié à la terre, mais la partie électrique (les cellules) est isolée de la terre. Si un câble de connexion ou un boîtier de raccordement est défectueux, il peut y avoir une mise à la terre des circuits en CC qui est non désirée.

Si le problème persiste, contactez un installateur photovoltaïque ou un électricien.

2.7 Protection contre la foudre

La protection des équipements sensibles (onduleurs, modules PV,...) contre les surtensions atmosphériques est assurée par la mise en œuvre de parafoudres et éventuellement de paratonnerres pour les sites exposés en zone keranique élevé.

Si l'onduleur indique un problème sur le parafoudre, vérifiez si la cartouche du parafoudre n'est pas endommagée.

Si le problème persiste, contactez un installateur photovoltaïque ou un électricien.

2.8. Votre installation ne produit pas ce qu'on vous avait annoncé

Dans un premier temps, il est important d'estimer le productible de l'installation photovoltaïque à l'aide de l'article sur photovoltaïque.info : «estimer sa production». S'il existe un grand écart de production entre le productible estimé et la production réelle, vérifiez les points suivant :

- **Ombre sur les panneaux photovoltaïques**
Les ombres portées par le voisinage proche et lointain peuvent influencer de manière non négligeable la productivité de l'ensemble du système photovoltaïque. Vérifiez les ombrages et prenez-les en compte dans votre simulation de production.
- **Encrassement des panneaux**
Il se peut que les panneaux photovoltaïques s'encrassent et que leur productivité baisse. Vous pouvez généralement constater cet encrassement à l'oeil nu.
- **Pertes ohmiques (câblage CC)**
En pratique, un système de qualité est dimensionné pour limiter les pertes ohmiques dans le câblage Courant Continu (CC) à une chute de tension de maximum 2 % entre les modules et l'onduleur. Si la chute de tension est supérieure à 2% (par exemple due à une longueur de câble trop importante ou une section de câble insuffisante), il faudra augmenter la section du câble pour éviter l'échauffement des câbles. Le propriétaire de l'installation peut naturellement demander à son installateur une note de calcul pour s'assurer du bon dimensionnement du câble, et fixer des valeurs maximales dans son CCTP.
- **Pertes dues à un dysfonctionnement d'éléments de protection**
Si la diode bypass est grillée, elle court-circuitera systématiquement les cellules, même en l'absence de points chauds, ce qui provoquera une baisse de production. La diode bypass doit être remplacée par un professionnel. Ce type de dysfonctionnement peut être détecté par une maintenance préventive en mesurant la tension aux bornes de chaque série de modules.
- **Déconnexion suite au courant de fuite**
Les disjoncteurs différentiels 300 mA en aval des onduleurs se déclenchent si ils constatent un différentiel de courant entre l'entrée et la sortie du circuit : cette panne est détectable si c'est uniquement la partie différentielle des disjoncteurs qui disjoncte. Cette disjonction intempestive peut venir d'un câble dont l'isolant est abimé ce qui provoque une fuite de courant, ou de panneaux mal cadrés qui provoquent des fuites de courant. Dans ces deux cas le défaut arrivera majoritairement dans un climat humide le matin.

Annexe 3 : Recommandations de mise en œuvre

3.1. Recommandations non exhaustives pour éviter les défauts relatifs aux câbles en courant continu (CC)

→ Conception :

Lors du choix du matériel

- UTE C15-712-1 : S'assurer que les câbles sont mono-conducteurs, en cuivre, à double isolation, avec une température minimum admissible de 90°C à ajuster aux conditions d'utilisation (facteur correctif), et disposant d'une garantie produit supérieure à 1 an
- Elaborer un plan de câblage pour déterminer la longueur de câble nécessaire

→ Réalisation :

- Vérifier le respect du choix du matériel avant commande puis après livraison
- Fixer les câbles sous les modules pour éviter tout pincement
- Eviter les frottements lors de la pose des câbles
- UTE C15-712-1 : Protéger les chemins de câbles des UV et des rongeurs, poser des closoirs sous les panneaux si nécessaire (éviter toute détérioration due aux influences externes)
- S'assurer que les câbles circulent dans des espaces ventilés
- UTE C15-712-1 : S'assurer que le dimensionnement de la section des câbles CC tient compte de leur environnement (traversée d'isolant...)
- UTE C15-712-1 : S'assurer que les câbles CC et le conducteur d'équipotentialité cheminent côte à côte pour éviter les boucles induites.

À la réception : mesurer les résistances d'isolement Riso +/-terre et -/terre.

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- UTE C15-712-1 : Inspecter visuellement les chemins de câbles et les gaines
- Vérifier la continuité des câbles
- Mesurer les résistances d'isolement Riso +/-terre et -/terre

En maintenance curative

- Rechercher l'origine du défaut si une perte de production ou un défaut d'isolement se déclenche de façon récurrente
- Utiliser la caméra thermique pour détecter un échauffement
- Remplacer les câbles endommagés après vérification de leur bon dimensionnement
- Dératiser régulièrement le site si nécessaire

3.2. Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux modules

→ Conception :

- UTE C15-712-1 : Conformité à la norme NF EN 61730 et NF EN 61215.
- Eviter les zones ombragées
- Prévoir une lame d'air à l'arrière des modules
- Prévoir des zones de circulation autour du champ PV

Lors du choix du matériel

- UTE C15-712-1 : Choisir des modules adaptés à l'atmosphère du lieu d'implantation (bord de mer : NF EN 61701, bâtiment d'élevage : NF EN 62716), éventuellement bi-verre

→ Réalisation :

Soigner l'emballage des modules pour le transport, éviter les chocs lors de la manutention.

- UTE C15-712-1 : Trier les modules par puissance avant de câbler les séries
- Eviter de tirer sur les câbles des modules à la pose
- Serrer les fixations des modules avec une clé dynamométrique réglée au couple adéquat
- Vérifier la planéité de la toiture avant la pose et s'assurer de l'alignement des modules après (pas de déformation)
- Eviter de marcher sur les modules

→ À la réception :

- Mesurer les tensions des chaînes en circuit ouvert V_{co} pour établir un point de référence

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- Eviter de marcher sur les modules
- UTE C15-712-1 : Elaguer régulièrement la végétation pour éviter les ombrages
- UTE C15-712-1 : Nettoyer régulièrement les modules, en particulier en cas de zone poussiéreuse (proximité d'une route, d'un chemin de terre, d'un chantier, d'un silo...) ou d'inclinaison insuffisante : retirer les débris et nettoyer à l'eau claire avec une brosse non abrasive
- Vérifier que les entrées et les sorties d'air assurant la ventilation sous les panneaux PV ne sont pas obstruées
- Inspecter visuellement les modules pour détecter les décolorations, jaunissement, fissures ou traces d'escargot, à corréliser avec le niveau de production annuel
- Vérifier l'état des diodes bypass si des points chauds ou des marques brunes sont présents
- Mesurer les tensions en circuit ouvert des chaînes pour détecter les modules défectueux en utilisant la méthode de la comparaison

En maintenance curative

- Utiliser l'imagerie thermique comme élément de recherche de panne ou en cas de forte baisse de production
- Remplacer les modules défectueux.

3.3. *Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux connecteurs CC*

→ Conception :

- Etablir un plan de câblage pour déterminer le nombre de connecteurs à prévoir
- Limiter le nombre de rangées de modules pour faciliter l'accès aux connecteurs

Lors du choix du matériel

- UTE C15-712-1 : Conformité à la norme NF EN 50521 : S'assurer que les connecteurs supportent 125A par contact, ont un indice de protection IP55 minimum et à double isolation, compatibles avec une plage de température ambiante minimale de -40°C à +85°C
- UTE C15-712-1 : Choisir impérativement des connecteurs de même marque et de même type que ceux des modules PV : proscrire les compatibilités entre marques annoncées par les fabricants

→ Réalisation :

- Vérifier le choix du matériel avant commande puis après livraison
- S'assurer qu'une clé de sertissage adaptée aux connecteurs est disponible et utilisée sur le chantier
- Enclencher les connecteurs jusqu'au clic
- Eviter les câbles en tension pouvant forcer sur les connecteurs
- Maintenir les câbles CC sous les panneaux PV
- UTE C15-712-1 : Eviter toute détérioration due aux influences externes
- UTE C15-712-1 : Aménager des possibilités d'inspection visuelle future

À la réception

- Mesurer les résistances d'isolement Riso +/-terre et -/terre

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- UTE C15-712-1 : Procéder à une inspection visuelle
- Mesurer les résistances d'isolement Riso +/-terre et -/terre

En maintenance curative

- Rechercher l'origine du défaut si une perte de production ou un défaut d'isolement se déclenche de façon récurrente
- Pour la recherche de défaut, utiliser la caméra thermique ou le traceur IV, démonter

- les panneaux le cas échéant
- Remplacer les connecteurs défaillants

3.4. Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux coffrets et borniers CC

→ Conception :

Lors du choix du matériel

- S'assurer que les coffrets CC ont un indice de protection IP 65 minimum
- Choisir du matériel compatible courant continu et de degré de protection IP 55 minimum

→ Réalisation :

- Choisir pour les coffrets un emplacement protégé des intempéries et correctement ventilé (local ou paroi nord avec casquette)
- UTE C15-712-1 : Prévoir d'espacer les coffrets et/ou les onduleurs pour une ventilation suffisante des appareils
- Prévoir des embouts pour les câbles souples au niveau du raccordement sur les borniers

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- UTE C15-712-1 : Procéder à une inspection visuelle de l'aspect extérieur des coffrets et de leurs joints
- Resserrer les borniers de raccordement
- Détecter les points chauds avec une caméra thermique

En maintenance curative

- Pour la recherche de défaut, utiliser la caméra thermique
- Remplacer le matériel endommagé le cas échéant

3.5. Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux système de protection CC

→ Conception :

Protection contre les contacts indirects

- UTE C15-712-1 : Prévoir un raccordement en peigne vers un unique conducteur d'équipotentialité
- Déterminer une section du conducteur suffisante
- UTE C15-712-1 : S'assurer de la présence d'une prise de terre unique pour le bâtiment

Protection foudre

- S'assurer que le choix du parafoudre tient compte du niveau kéraunique du site
- UTE C15-712-1 : S'assurer que les parafoudres sont placés au niveau de l'onduleur (interne ou externe) et, si les modules et les onduleurs sont distants de plus de 10m, dans les coffrets CC à proximité des modules.

Protection contre les surintensités

- UTE C15-712-1 : S'assurer que la valeur de courant du fusible est proportionnelle au courant de court-circuit des modules

→ Réalisation :

Protection contre les contacts indirects

- UTE C15-712-1 : Réaliser la mise à la terre des tous les éléments conducteurs du circuit courant continu : cadres des modules, système de montage, chemins de câbles, coffrets, carcasse de l'onduleur...
- UTE C15-712-1 : Prévoir des rondelles bi-métal cuivre-aluminium pour la liaison des cadres aluminium des modules

Protection foudre

- UTE C15-712-1 : Limiter à 50 cm la distance entre le raccordement du parafoudre sur la polarité et la prise de terre
- S'assurer qu'il existe une prise de terre unique pour les paratonnerres et les parafoudres
- UTE C15-712-1 : Aménager la possibilité de vérification visuelle de l'état des parafoudres

Protection contre les surintensités

- Vérifier le calibre des fusibles avant commande et réalisation
- UTE C15-712-1 : Placer les coffrets à hauteur d'homme pour faciliter la maintenance

→ À la réception

- Mesurer la continuité de la liaison à la terre (Consuel)

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- UTE C15-712-1 : Procéder à une inspection visuelle de la liaison équipotentielle
- UTE C15-712-1 : Vérifier l'état des parafoudres
- Remplacer les parafoudres si nécessaire
- Vérifier le bon état des fusibles par mesure de continuité ou par lecture du témoin (UTE C15-712-1)

En maintenance curative

- Remplacer les cartouches de parafoudres endommagées après un épisode orageux

- Pour la recherche de défaut, utiliser la mesure de continuité

3.6. Recommandations pour éviter les défauts relatifs aux système de protection CC

→ Conception :

- S'assurer de l'adéquation des tensions d'entrée de l'onduleur et de son MPP tracker aux tensions du champ PV aux valeurs limites de température
- S'assurer que le point de fonctionnement du champ PV est situé dans les plages de rendement maximum de l'onduleur
- Eviter de surcharger l'onduleur pour rester dans ses plages de fonctionnement optimal
- UTE C15-712-1 : Minimiser les chutes de tension entre l'onduleur et le point de livraison (3% maximum, 1% recommandé) pour éviter les découplages en lien avec la tension réseau
- Préférer des onduleurs semi-centralisés pour limiter les pertes de production en cas de panne mais aussi faciliter la maintenance.
- UTE C15-712-1 : Choisir obligatoirement un onduleur avec transformateur si la mise à la terre fonctionnelle est requise côté CC
- En cas de proximité avec un consommateur perturbant la fréquence réseau, s'assurer de la possibilité de régler la fréquence de sortie de l'onduleur pour éviter un découplage intempestif (dans le respect des valeurs admises)
- Préférer une entrée CC par chaîne et sélective vis-à-vis du contrôleur d'isolement pour éviter de mettre en défaut tout le champ PV en cas de défaut sur une chaîne

→ Réalisation :

- Au moment de la réception de l'offre de raccordement, vérifier que le réglage en tension du poste de transformation public ne va pas générer des déconnexions intempestives de l'onduleur (cas du réseau rural en bout de ligne avec une tension réglée au-dessus des valeurs nominales)
- UTE C15-712-1 : Installer les onduleurs dans une local ventilé, accessible et hors poussière (plumes, paille, chantier...)
- UTE C15-712-1 : Prévoir un espacement entre onduleurs pour assurer une dissipation suffisante de la chaleur

→ Exploitation :

En maintenance préventive

- UTE C15-712-1 : Dépoussiérer l'onduleur et nettoyer ses filtres de ventilation
- UTE C15-712-1 : Dépoussiérer le local onduleur et nettoyer ses grilles de ventilation

En maintenance curative

- Pour la recherche de défaut d'isolement, mesurer les résistances d'isolement Riso +/- terre et -/terre au mégohmmètre une zone après l'autre (nécessité d'avoir un plan de câblage des modules)
- Envisager la possibilité d'installer un système de ré-enclenchement à distance en cas de défaut récurrent

Annexe 4 : exemple de contrat de maintenance

Art. 1 : Adresse des installations

L'installation nommée est située au :

Art. 2: Objet du présent Contrat

Le présent contrat porte sur la maintenance préventive annuelle et la maintenance curative sur l'installation photovoltaïque, ainsi que la réception des alarmes s'y afférent issues du monitoring y compris leur traitement.

Entre les Parties:

Client Producteur :

Prestataire :

Les différentes maintenances et la réception des alarmes issues du monitoring, ont pour but de maintenir en état de parfait fonctionnement l'installation, et ainsi d'optimiser sa durabilité.

Art. 3: durée du contrat

Le présent contrat est d'une durée de 1 an à la date de la dernière signature des deux Parties. Le présent contrat est renouvelable par tacite reconduction, sauf dénonciation par lettre recommandée avec accusé de réception de l'une ou de l'autre des Parties 2 mois au moins avant son échéance.

Art. 4: prix et révision

Le prix comprend :

- la maintenance préventive annuelle telle que définie dans l'article 11 et selon les conditions notifiées dans l'article 13
- la réception des alarmes issues du monitoring telle que définie dans l'article 10.

Le prix ne comprend pas les interventions curatives (article 12) et le remplacement de matériel défectueux comme prévu à l'article 13.

Montant de la prestation en HT : euros

Le prix est ferme pour la durée de la première année, et révisé annuellement selon la formule :

$$N = N_0 \times c$$

N_0 étant le coût de la prestation passée,

$$c = 0,1 \times (FSD11/FSD10) + 0,9 [(ICHTrev-TS1) / (ICHTrev-TS0)]$$

Les indices FSD10 et ICHTrev-TS0 sont les indices du mois de signature du contrat.

Les indices FSD11 et ICHTrev-TS1 sont les indices du mois de la révision.

Sans notification écrite au préalable ou simultanée à la facturation de la revalorisation, le prix initial s'applique.

Le coût de la prestation sera facturé postérieurement à l'exécution de la maintenance préventive annuelle, en tenant compte le cas échéant du remboursement dû au titre du dernier alinéa de l'article 6.2

Art. 5: Résiliation du contrat

La résiliation du présent contrat pourra se faire à tout moment et sans motif, avec un préavis de 2 mois.

En cas de manquement par l'une des Parties à ses obligations et non réparé dans un délai de 8 jours à compter de l'expédition de la lettre recommandée avec accusé de réception notifiant le manquement en cause, le contrat sera automatiquement résilié de plein droit au tort de la Partie défaillante.

Art. 6: Obligations

6.1. du Client Producteur :

Les installations de centrales photovoltaïques devront avoir été réalisées selon les règles de l'art et en conformité avec la réglementation en vigueur lors de leur réalisation. Le Client s'engage à maintenir sa centrale en stricte conformité avec ces règles. Il s'interdira d'apporter ou de faire apporter quelques modifications que ce soit à la centrale prise en charge par le présent contrat, sans en informer préalablement le Prestataire. Le libre accès des appareils devra être constamment garanti au Prestataire. Il devra fournir une attestation d'assurance RC couvrant sa responsabilité civile de producteur d'électricité photovoltaïque raccordé au réseau. Copie sera versée au dossier sous la référence: **Annexe1**

6.2 : du Prestataire :

Le Prestataire déclare avoir souscrit une police d'assurance couvrant sa responsabilité civile dans le cadre de ses activités liées au présent contrat. Copie sera versée au dossier sous la référence: **Annexe2**.

Le Prestataire s'engage à assurer les interventions qui surviendraient suite aux opérations de maintenance préventive et curative, ou à réception d'alarmes issues du monitoring, conformément aux règles de l'art et plus généralement de manière à apporter une intervention de qualité et de nature à assurer le bon fonctionnement de la centrale dans la mesure où toutes les règles de bonne utilisation sont respectées. Les dépannages sont réalisés avec des pièces neuves garanties par le fabricant ou «en standard» également garanties.

Le Prestataire s'engage à effectuer avec diligence et sans coût supplémentaire les remises en état de l'installation en cas de survenances de pannes imputables à des malfaçons lors de ses interventions et ce sans délai.

Dans le cas où la défaillance du Prestataire causerait une perte d'exploitation pour le Client, le Prestataire remboursera le montant total des pertes, justifiées par tous moyens par le Client, qui lui sont imputables.

Art. 7: Limite de responsabilité

La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée pour tout incident ou accident provoqué par guerre, incendie ou sinistre dus à des phénomènes naturels tel que le gel, inondation, orages et tremblement de terre, ou modification de la destination du local, etc.

Art. 8: Limite des prestations

Le présent contrat porte sur l'ensemble de l'installation photovoltaïque du site de production mentionné à l'Article 1, c'est-à-dire tout le cheminement de l'installation depuis les panneaux photovoltaïques jusqu'au point de livraison Enedis.

Il comprend donc :

- les panneaux photovoltaïques
- les boîtiers de raccordement et/ou de jonction
- les armoires électriques DC et leur contenu
- les onduleurs avec protection automatique intégrée compris leur affichage en face

avant

- les armoires électriques AC et leur contenu en sortie de chaque onduleur
- le transformateur BT/BT des auxiliaires
- les équipements HTA dans le local PDL
- le transformateur HTA/BT
- les câbles, borniers, fourreaux, chemin de câbles et petit matériel électronique
- tous les moyens de communications, surveillance
- le matériel de récupération des données et ses armoires électriques
- les installations nécessaires à la télésurveillance

Les comptages sont propriétés d'Enedis.

Les prestations attendues sont de trois types :

- réception et traitement des alarmes issues du monitoring
- visite annuelle sur site
- visites curatives sur site (le cas échéant)

Les rapports annuels, ainsi que les rapports d'interventions exceptionnelles sont également inclus dans la prestation

Art. 9 : Caractéristiques de l'installation

Puissance :

Système de fixation ou d'intégration :

Modules solaires :

Boîte de raccordement :

Parafoudre DC:

Cheminement des câbles :

Onduleur :

Disjoncteur général TGBT :

Parafoudre AC :

Dispositif de protection et de découplage C 13-100 :

Date de mise en service :

Art. 10: Alarmes Monitoring

La réception des alarmes issues du monitoring sera assurée par le Prestataire, en simultané avec le Client, afin d'en optimiser le traitement. Celui-ci s'effectuera de la manière suivante :

- réception du message électronique d'alarme en simultané par les 2 parties
- analyse du problème par les 2 parties
- échange téléphonique entre les 2 parties pour prise de décision sur le traitement approprié de l'alarme
- en cas d'absence du Client, le Prestataire devra la mise en œuvre de l'intervention pertinente en fonction de la nature et l'importance du problème, dans le respect des conditions de l'article 13.

Art. 11: Maintenance préventive

Les opérations de maintenance sont effectuées lors des visites d'inspection et de maintenance préventive et portent sur les composants du générateur. Elles ont pour objet de garantir une disponibilité optimale et une longévité maximale.

L'intervention annuelle comprend :

- l'ensemble des vérifications récapitulées en **annexe 3**, pour l'onduleur : d'après le protocole défini dans le manuel de maintenance de l'onduleur.
- les mesures indiquées en **annexe 4**
- les photos mentionnées dans l'**annexe 5**

L'ensemble de ces mesures, de ces vérifications et des photos feront l'objet d'un rapport qui devra être envoyé au client dans les deux semaines suivant l'intervention. Cette intervention doit avoir lieu tous les ans entre le 1er mars et le 30 avril.

Elle devra être notifiée par le prestataire au maître d'ouvrage du système au plus tard 15 jours avant la date d'intervention envisagée.

Art. 12: Maintenance curative

1 : Déclenchement des opération de maintenance curative

Tout défaut de fonctionnement du système photovoltaïque sera notifié en premier lieu à le client, qui aura à sa charge la réalisation d'un diagnostic de premier niveau. Ce diagnostic sera réalisé sur la base des informations générées par le service de détection de défauts.

Suite à ce diagnostic de premier niveau, le client pourra solliciter le prestataire pour une mission de maintenance curative, qui ne pourra démarrer que sur notification écrite de le client.

Deux niveaux de maintenances curatives sont envisagées :

- Opération de niveau 1 consistant à des ré-enclenchement de protection ou au remplacement de consommable dans le cas de dysfonctionnement de la centrale
- Opération de niveau 2 consistant à des interventions plus lourdes nécessitant l'établissement, par le prestataire, de la commande de matériel spécifiques

Suite à la notification d'intervention pour une maintenance de niveau 1 par le client, le prestataire devra se rendre sur site remettre en service le système photovoltaïque dans un délai maximum d'un jour ouvré (intervention à maximum J+1).

Ces interventions ne comprendront aucune fourniture hors petit matériel consommable avec un coût unitaire inférieur à 300€ HT.

Suite à la notification d'intervention pour une maintenance de niveau 2 par le client, les délais d'interventions seront tels qu'ils devront permettre de corriger les défauts signalés par le service de monitoring de manière à limiter les pertes au cadre du « crédit de perte autorisée » défini à l'article 12.2. Le cumul des pertes lors de défauts constatés, sera comptabilisé sur le portail de monitoring et fera office de référence. Ces délais seront laissés à l'appréciation du prestataires pour répondre à l'objectif. Toutefois, on veillera à minimiser ces pertes à un niveau le plus faible possible.

Pour dégager la responsabilité de l'entreprise face à des délais de commande de matériel (hors consommable d'une valeur inférieure à 300€), l'entreprise transmettra dans un délai de deux jours ouvrés (J+2 de l'alarme) un devis sans que les compteurs pertes ne soient enclenchés. L'entreprise justifiera de la commande du matériel après validation par le client par envoi de la copie de la de la demande de commande, puis dans les jours qui suivent, la copie de l'accusé de réception de la commande faisant apparaître le délai de livraison.

A la réception du matériel, l'entreprise envoie immédiatement au client le bordereau de livraison avec la date de livraison. A partir de J+1 de la réception du matériel, le « compteur pertes » est réenclenché.

2 : Crédit temps

J+1 à partir de la demande d'intervention de la part du client dans le cas d'une maintenance curative de niveau 1, ou à la date de réception du matériel dans le cas d'une maintenance curative de niveau 2, un « compteur pertes » sera enclenché.

Le crédit temps est fixée à 2 % de la production annuelle de la centrale soit xxx kWh. Le tableau ci-dessous donne une approximation du nombre de jours équivalents en fonction des périodes.

Mois	Production moyenne journalière	Nombre de jours équivalents
Janvier		
Février		
Mars		
Avril		
Mai		
Juin		
Juillet		
Août		
Septembre		
Octobre		
Novembre		
Décembre		

En cas de dépassement du crédit de perte autorisé, le prestataire s'engage à indemniser le maître d'ouvrage à hauteur du préjudice causé par la non résolution des dysfonctionnements constatés. Le montant de cette indemnité sera calculé sur la base du tarif d'achat par EDF de l'énergie produite à la date de la facturation postérieur à la date anniversaire de la prise d'effet du contrat.

3 : Prix de base

La maintenance curative surviendrait suite :

- à une alarme donnée par le portail de suivi, avec un délai d'intervention maximum de 24 heures, jours ouvrés, en cas d'arrêt de la centrale
- à la demande du Client, avec un délai approprié au degré d'urgence. Ce délai n'excèdera pas 48 heures à partir de l'appel du Client.

Forfait pour une intervention de maintenance curative de niveau 1 : xxx euros HT

Pour une intervention de maintenance de niveau 2

Forfait déplacement : xxx euros

Taux horaire de la prestation : xxx euros HT

Art. 13: Interventions et remplacement du matériel

Ces conditions d'intervention sont valables aussi bien lors des opérations de maintenance préventive que curative.

Toutes les interventions seront consignées par écrit et feront l'objet d'un rapport remis au Client.

Dans le cas du remplacement d'un élément défectueux dont le prix unitaire HT est inférieur à 300 euros, le Prestataire pourra faire le changement sans en prévenir le propriétaire. Ce changement de matériel sera consigné dans le rapport de l'intervention et sera à la charge du producteur. Par matériel dans cette gamme de prix, on entend ici le petit matériel électrique (fusibles, borniers, parafoudres ...), câbles endommagés, ...

Dans le cas d'une intervention lourde ou coûteuse (changement d'onduleur, module, afficheur, etc.), le Prestataire sera tenu de présenter un devis au producteur avant de réaliser l'opération.

L'opération sera alors facturée au producteur.

Dans un cas de force majeure (accident, dysfonctionnement grave), le Prestataire pourra intervenir sans l'aval du producteur. Si une partie de l'installation est endommagée, il devra sécuriser les points sensibles et prévenir dès que possible le responsable. Une facturation ultérieure du remplacement des éléments endommagés sera faite par l'entreprise, et présentée au producteur.

Un éventuel dysfonctionnement de l'affichage sera signalé par le Prestataire. En cas de dysfonctionnement empêchant l'affichage correct des données sur le tableau, une intervention pourra être programmée avec l'accord du Client.

Art. 14: Accès

Les onduleurs sont installés dans un local technique dédié type schelster, situé en extérieur. Pour toute intervention (visite annuelle, visite de maintenance), le Prestataire devra prévenir le Client, sauf en cas de force majeure (dysfonctionnement grave, accident) si le responsable n'est pas joignable.

Art. 15: Rapports

Toute intervention ou visite fera l'objet d'un rapport écrit remis au Client dans les 15 jours suivant l'intervention.

Un tableau récapitulatif sera adressé au moment de la visite annuelle au Client. Ce tableau est constitué d'un relevé de toutes les données relevées pendant l'année écoulée. Ce tableau sera accompagné de commentaires qui traduiront le bon ou mauvais fonctionnement de l'installation, d'après les observations du Prestataire. Les interventions seront détaillées.

Art. 16 : Panneaux Photovoltaïques en réserve

Le Client Producteur mettra à disposition du Prestataire, des panneaux photovoltaïques pour lesquels le Client sera seul propriétaire. Ces Panneaux seront stockés par le Prestataire dans un local adapté afin de les utiliser, si besoin est, dans le cadre d'une intervention de maintenance. Une fiche de ce stock sera établie lors de la remise du matériel et tenue à jour par le Prestataire à chaque mouvement, avec copie à l'exploitant (Fiche en annexe5).

Art. 17 : confidentialité :

Chaque partie s'engage à ne pas communiquer à des tiers, sans l'accord exprès et préalable de l'autre Partie, et à n'utiliser que pour les besoins du Contrat les documents, données, informations et logiciels mis à la disposition de l'autre Partie sous quelque forme que ce soit.

Chaque Partie doit s'assurer que ces éléments ne sont divulgués qu'aux personnes qui en ont besoin et doit les protéger comme si c'étaient les siennes.

Cette obligation concerne tant les aspects techniques que les conditions commerciales et financières liées aux affaires de chaque Partie dont l'autre peut avoir connaissance.

Les Parties se portent garantes du respect de ces dispositions par leur personnel et Sous-traitants autorisés et conviennent que l'engagement mutuel de confidentialité se prolongera durant trois ans après la fin du Contrat, qu'elle que soit la cause.

Art.18 : Modifications au contrat

Toute modification au contrat doit faire l'objet d'un avenant écrit.

Le fait pour l'une des Parties de ne pas se prévaloir d'un manquement par l'autre Partie, à l'une quelconque des obligations visées dans les présentes, ne saurait être interprété pour l'avenir comme une renonciation à l'obligation en cause.

Art. 19 : Cessions et sous-traitances

Le Prestataire ne peut sous-traiter une partie du Contrat qu'après l'accord écrit, préalable et exprès du Client.

Le contrat est conclu intuitu personae et ne peut en aucun cas faire l'objet de la part du Prestataire d'une cession totale ou partielle, à titre onéreux ou gratuit, à quelque titre que ce soit, sans l'accord écrit, préalable et exprès du Client.

Art.20 : Règlement des litiges

Tout litige pouvant intervenir entre le Client et le Prestataire sur l'existence, l'exécution et l'interprétation du présent contrat ou de ses annexes sera de la compétence du Tribunal de commerce de Lyon.

Fait à en deux exemplaires,

Le/..../.....

Annexe 4 du contrat : Tableau avec les mesures de la Boite de Jonction (BJ)

Chaîne	Voc	Riso	Imp

Annexe 5 du contrat :

- Photos des différents tableaux (BJ) avec en légende de laquelle il s'agit
- Photos des différentes zones de panneaux :
- Photos des anomalies constatées : défaut de terre, panneaux abîmés, rouille, ..
- Etat de la boulonnerie

GUIDE

EXPLOITATION DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

Décembre 2017

Ce guide à l'exploitation des installations photovoltaïques s'adresse aux producteurs non professionnels qui possèdent une installation de puissance supérieure à 36 kWc ou plusieurs installations (de petite ou moyenne puissance) et qui ne sont pas ou peu présents sur le site de production (suivis à distance).

Dans ce guide, vous retrouverez : une présentation des acteurs et des éléments d'une installation; les éléments préalables à la bonne exploitation; les routines à mettre en place dans votre exploitation au quotidien ; comment identifier les problèmes d'exploitation et des sujets spécifiques, les pannes que l'on peut éviter, les pannes courantes, des recommandations de mise en œuvre et un exemple de contrat de maintenance.



HESPUL est une association de Loi 1901, dont l'objectif est de contribuer à l'avènement d'une société sobre et efficace, reposant sur les énergies renouvelables, tout en défendant des valeurs d'équité et d'intérêt général.

Centrée à l'origine sur la promotion et le développement de la filière photovoltaïque raccordée aux réseaux publics de distribution d'électricité, HESPUL est depuis 2008 en charge de l'animation du Centre d'Informations et Ressources National sur le photovoltaïque en France avec le soutien de l'ADEME.

Elle a étendu dès le début des années 2000 ses activités à la promotion de l'ensemble de la filière d'énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Elle a pour cela intégré le dispositif des Espaces INFO→ÉNERGIE mis en place avec le soutien de la Région Rhône-Alpes et de l'ADEME avec pour mission de sensibiliser, informer, et accompagner les particuliers, entreprises et collectivités dans toutes les questions liées à l'énergie.