

Inconvénients lors de l'exploitation

(3^e partie et fin)

Après avoir décrit les difficultés d'obtention du silicium métallurgique, ainsi que la complexité de la purification chimique et structurale, on a également présenté les différents types de cellules de 2^e et 3^e générations et les différentes opérations de finition des cellules PV. Dans la 2^e partie, on avait décrit les difficultés d'exploitation des centrales photovoltaïques telles que les points chauds, les ombrages, l'inspection thermique et l'influence de la température sur le rendement, ainsi que les risques d'incendie. Dans cette 3^e partie, on décrit les risques d'intervention des pompiers et la combustibilité des différents composants exposés au soleil et aux courts-circuits. On exposera en bref les différents défauts obtenus lors de l'exploitation des centrales photovoltaïques et on terminera par une conclusion générale.

8 - Risques pour les pompiers

Une des premières tâches des pompiers arrivant au niveau d'un bâtiment en train de brûler est de couper l'alimentation électrique, ce qui n'est pas possible avec les installations photovoltaïques puisque l'onduleur en charge peut renvoyer de l'électricité vers les panneaux photovoltaïques. Les cellules elles-mêmes continuent de produire de l'énergie aussi longtemps que le soleil brille et potentiellement même la nuit en présence d'un éclairage lunaire.

En conséquence, le circuit électrique qui raccorde les panneaux photovoltaïques à l'onduleur reste sous tension avec du courant continu, même si le tableau électrique principal à courant alternatif a été coupé. Les pompiers doivent alors combattre un feu en présence de tension et de courant continu élevés et peuvent être exposés à un choc électrique. Lors de la propagation d'un incendie comportant des systèmes photovoltaïques, l'isolation des câbles à courant continu peut fondre et causer un arc électrique. Les autres risques possibles d'une installation photovoltaïque en cas d'intervention incendie manuelle sont les suivants :

- les panneaux photovoltaïques peuvent bloquer des points ou passages stratégiques que les pompiers auraient pu utiliser sur le toit ;
- le poids ajouté par une chaîne de panneaux photovoltaïques peut conduire à l'effondrement du toit du bâtiment, si l'intégrité de la structure est déjà compromise dans un incendie ;
- des fumées potentiellement toxiques peuvent être émises par la décomposition thermique des matériaux constitutifs des panneaux.

Certains pompiers ont refusé de combattre des incendies sur des bâtiments résidentiels quand ils ont remarqué une installation photovoltaïque sur le toit. Une large couverture médiatique de ces cas a amplifié la peur. Entre-temps, des guides de bonnes pratiques et des formations spécifiques à destination des pompiers ont été développés.

La mise en sécurité d'un système photovoltaïque en cas d'incendie devrait idéalement résulter dans une diminution de la tension et du courant continu à des seuils qui ne sont plus dangereux pour les pompiers. Mais une isolation des panneaux photovoltaïques n'est pas économiquement faisable. Ces dispositifs de coupure entre les modules et l'onduleur

doivent pouvoir être activés à distance à partir d'un lieu sûr. Afin de procurer un espace pour l'accès et le cheminement des pompiers, la taille des champs photovoltaïques devrait être limitée. La centrale PV ou le toit d'un bâtiment devraient avoir des cheminements suffisants et un périmètre libre autour des panneaux photovoltaïques pour que les pompiers puissent circuler en toute sécurité.

8 - Combustibilité des systèmes photovoltaïques

Tous les composants des systèmes photovoltaïques exposés au soleil et aux intempéries doivent avoir des caractéristiques hautement durables et certains matériaux qui ont de bonnes performances à cet égard (par exemple certains plastiques...) n'ont pas nécessairement de bonnes caractéristiques de résistance au feu.

Les panneaux photovoltaïques eux-mêmes contiennent généralement une quantité limitée de plastique, les supports de montage, les câbles et les boîtes de jonction peuvent contribuer à la combustibilité de l'installation.

Les systèmes photovoltaïques sont sujets à des défauts électriques comme toute autre installation électrique. Il peut s'agir d'arcs électriques, de court-circuit, de défauts de terre et de défauts d'inversion de courant continu. Ces défauts et d'autres défaillances dans le système comme la perte d'isolation d'un câble, la rupture d'un module et une mauvaise connexion peuvent entraîner des points chauds susceptibles de provoquer un départ de feu des matériaux combustibles situés à proximité.

Les onduleurs mal installés ou défectueux ont également été la cause de plusieurs incendies d'installations photovoltaïques. Dans le cas le plus défavorable, les conditions défectueuses sur les installations photovoltaïques ne vont pas seulement résulter de points chauds, mais aussi provoquer un arc continu qui est la cause principale des incendies.

Toute déconnexion ou défaut de connexion d'un câble porteur d'un courant électrique peut causer un arc électrique qui est la continuité du courant à travers l'air. Toute installation électrique est exposée à un risque d'arc, mais les installations photovoltaïques sont particulièrement sensibles à cette exposition du fait de la présence permanente de courant continu. Les arcs liés aux courants continus ne s'éteignent pas d'eux-mêmes et peuvent atteindre des températures de 3000°C.

L'isolation peut devenir inefficace du fait d'animaux qui la rongent, de l'usure par les ultraviolets, de l'effritement, de la pénétration d'humidité et de cycles de gel/dégel. L'arc se produit également sur un câble relié accidentellement à la terre avec un défaut d'isolation.

Des incidents peuvent exister tels que des brasures défectueuses, des pertes de connexions, des défauts d'isolation, le vieillissement ou la corrosion ont entraîné des arcs qui provoquent des incendies.

En considérant que l'installation photovoltaïque dure plus de 20 ans, la réelle incidence d'un feu pourrait ne pas apparaître avant 10 à 20 ans quand le vieillissement du matériel se fera sentir. De plus, les installations des centrales photovoltaïques ont des centaines, voire des milliers de connexions qui augmentent la

probabilité d'apparition des défauts.

9 - Récapitulatif des différents défauts d'une installation photovoltaïque :

Dans le cadre du projet européen DLDPV^{[1][2]}, les défauts et anomalies principaux ont été identifiés grâce au retour d'expérience des partenaires industriels. Une liste a été confirmée par des travaux identiques conduits par le laboratoire NREL [KURTZ]^[3].

La modification des caractéristiques est confirmée lorsque qu'il y a un changement de l'état du champ PV provoqué par un changement des conditions de fonctionnement (ensoleillement et température).

En exploitant des informations du courant en fonction de la tension d'un champ PV (en défaut), la détection et la localisation de défauts peuvent être réalisées. Une telle analyse a été trouvée dans plusieurs travaux à l'aide de la dérivée du courant par rapport à la tension (dI/dV) tout au long de la fonction permettant de détecter les défauts d'ombrage dans un champ PV.

Une liste des origines de défauts les plus fréquents sont mis en évidence qui sont : les modules arrachés ou cassés – les pylônes, cheminée, sable, neige, etc. —, l'échauffement des cellules, la dégradation des interconnexions, les fissures, la corrosion des liaisons entre cellules, les performances différentes des modules, la détérioration des cellules, la pénétration de l'humidité, la destruction des diodes «by-pass», les insuffisances ou l'absence de diodes, l'inversion de la polarité des diodes, la diode mal connectée, la diode court-circuitée, les modules court-circuités, l'inversion de polarité du module, les modules shuntés. Dans le cas d'une chaîne de modules, on constate la rupture du circuit électrique, la destruction de la liaison, la corrosion des connexions et des contacts, court-circuit, module déconnecté.

11 - Conclusion générale :

Les aspects technologiques en amont caractérisés par la production du silicium (carbo-réduction, purification, caractérisation du silicium, les différentes cellules photovoltaïques...) exigent beaucoup d'énergie et de temps. L'introduction du carbone sous forme de coke permettant d'extraire l'oxygène de la silice produit le monoxyde de carbone «CO», très pollueur en plus de son impact sur l'effet de serre. Pour obtenir le silicium métallurgique par carbo-réduction, les températures atteintes sont comprises entre 1800°C et 2000°C.

Le bon choix du minerai de la silice (SiO₂) a une grande importance, c'est-à-dire la nécessité de l'absence des éléments du groupe III (Al, Ti, B, ...) car leur extraction lors de l'opération ultérieure de purification par la méthode physique reste difficile, d'où l'obligation de recourir à la purification chimique «méthode de Siemens». La purification par la voie physique s'effectue vers 1 700°C qui se traduit par la volatilisation des impuretés dans un milieu de plasma. Une fois la purification chimique du silicium assurée pour augmenter le rendement, la purification structurale est également exigée et le cycle nécessaire à la cristallisation est de l'ordre de 60 heures, la production de silicium monocristallin par le procédé

Par Salhi Essaid^(*)

Czochralski nécessite également une cinétique de refroidissement très lente à partir de 1 500 °C jusqu'à 800°C.

Lors de la découpe des cellules d'épaisseur (0,2 à 0,3) mm appelées wafer, une perte sous forme de poudre dont le total dépasserait la moitié du lingot. Les perspectives du passage vers les cellules organiques polymériques est en bonne voie pour délaier le silicium. Ainsi, la carbo-réduction et la purification du silicium sont des technologies complexes et coûteuses, il serait préférable d'effectuer l'importation de Chine, d'autant plus que le silicium sera bientôt dépassé par de nouveaux matériaux. Contrairement aux pays européens, au Maghreb, les grandes étendues ne manquent pas dans les Hauts-Plateaux et le Sahara algérien. Tandis que l'ensoleillement dépasse les 3 500 heures «146 jours» dans le sud à un moment où il n'est que de 1 400 à 1 700 heures en Europe. Au nord de l'Algérie le nombre d'heures annuel où le soleil brille serait en moyenne de 2 500 correspondant à une centaine de journées par an, en excluant les journées nuageuses, pluvieuses et les nuits au courant de l'année. Pour un couple avec 2 enfants, cette consommation moyenne se situe entre 2 500 et 3 100 kWh par an et par habitant sans tenir compte du chauffage. Dans cette contribution, on est entré dans les détails techniques et scientifiques pour réussir à sensibiliser le citoyen sur les inconvénients du photovoltaïque.

La variation entre l'intensité et le voltage du générateur photovoltaïque (GPV) dépend du niveau d'éclairement et de la température de la cellule ainsi que du vieillissement de l'ensemble. C'est en été que les panneaux possèdent leur meilleur rendement sous réserve de réguler la température par l'arrosage.

Or, c'est durant la saison hivernale que nos besoins sont les plus élevés en énergie. De plus, les moyens de stockage de l'énergie ont un coût moyen non négligeable. Nous constatons que même si les panneaux photovoltaïques utilisent une énergie renouvelable (le soleil), leur fabrication est coûteuse et consomme de l'énergie. La cellule photovoltaïque est un produit de haute technicité qui évolue dans un environnement rude. On exige de lui une durée de service de 25 ans alors qu'on ne demande que 5 années pour la quasi-totalité des produits électroniques du marché (boîte de jonction, by-pass, onduleurs) qui sont protégés dans un boîtier. Alors que les cellules sont dans la nature (température, poussière, humidité, pluie, neige, grêle, vent de sable, produits corrosifs...) dépourvues de protection.