

CABLE SOLAR Project : CAptive Balloons for aLtitudE SOLAR farms

Yoan Bourlier¹, Géraud Delport¹, Jean-François Guillemoles¹, Mickaël Frotin², Julien Prudent², Karim Medjoubi³, Thomas Guillemot³, Daniel Lincot⁴, Johan Parra⁵, Anne Migan⁵, Vincent Bourdin⁵

(1) Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), UMR 9006, CNRS, Ecole Polytechnique - IP Paris, Chimie Paristech - PSL, Palaiseau, France (2) TANKERS SAS, Cachan, France (3) IPVF SAS, Palaiseau, France, (4) SOY PV SAS, Anthony France, (5) Institute Pierre-Simon Laplace (IPSL) – SIRTAs Atmospheric research laboratory, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France

La principale limitation de la production d'énergie photovoltaïque réside dans son intermittence. En effet, son efficacité reste tributaire au sol de conditions météorologiques favorables ce qui limite son facteur de charge annuel (seulement 15% en France) ainsi que son développement dans les zones de faible ensoleillement, notamment aux latitudes les plus élevées. Pour pouvoir bénéficier d'un rayonnement solaire continu et plus étendu, il faut donc se placer au-dessus des nuages. Des ballons captifs équipés de cellules solaires pourraient alors constituer un complément pertinent aux centrales solaires standards.

Plusieurs concepts de centrales photovoltaïques aéroportées ont déjà été proposés dans la littérature scientifique, avec des satellites ou encore des ballons recouverts de panneaux photovoltaïques [1,2]. Dans ce cas, l'énergie produite par le système est récupérée via un câble qui sert aussi de point d'ancrage au ballon. Des études dédiées au rayonnement solaire associé aux conditions météorologiques en altitude (température, vent, couverture nuageuse) [3] ont notamment permis de démontrer la faisabilité et l'intérêt économique de ce type de production d'électricité. Cependant, ce domaine de recherche et d'innovation, très dynamique d'un point de vue théorique, n'en reste pas moins limité du point de vue expérimental et peu d'essais en conditions réelles sont recensés [4,5]. Pourtant, de nombreux aspects expérimentaux restent à explorer afin de mieux comprendre et d'identifier les conditions optimales de fonctionnement de ce type de système.

Notre projet CABLESOLAR, lancé en Janvier 2023, a pour ambition de développer une plate-forme d'essais aérienne pour la caractérisation et l'étude du comportement des cellules solaires. Ce démonstrateur est la première étape pour voir un jour des ballons photovoltaïques s'élever du sol. Il se situe à la croisée de deux domaines industriels dynamiques : les technologies photovoltaïques en couches minces, légères et flexibles (CIGS, pérovskites hybrides), et le développement de matériaux innovants pour l'aérostation du futur (ballons captifs ou ballons stratosphériques autonomes de longue durée).

Ce projet émergent s'est développé dans une étroite collaboration avec la start-up TANKERS, entreprise spécialisée dans la conception d'électronique embarquée et la fabrication de ballon. L'enveloppe utilisée est constituée d'un matériau innovant en composite métal-polymère qui confère au ballon une grande autonomie de vol due à sa très faible perméation à l'Hélium et à sa grande résistance aux chocs.

Fort de cette dynamique, deux premiers prototypes de modules PV de deux technologies différentes (Si monocristallin et CIGS souple) en forme de corolle ont été élaborés afin d'étudier les matériaux d'encapsulation en fonction du poids de la structure. Des caractérisations I/V associées ont également été effectuées sur les cellules et sur les modules séries à la fois en laboratoire et en conditions réelles. De plus, l'installation de deux premières stations de vol avec des campagnes de mesures en aéroportées ont pu être effectuées dernièrement grâce au soutien de deux institutions (INRAE-IDEEV en Juin 2023, SIRTAs-IPSL prévue en Octobre 2023). Les résultats acquis dernièrement nous permettront par la suite d'améliorer le système en termes d'équipements électroniques embarqués et d'architecture PV.

[1] G.S. Aglietti *et al.*, Prog. Photovoltaics Res. Appl. **2008**, 16, 349

[2] <http://www.stratosolar.com/>

[3] J.-C. Dupont *et al.*, J. Geophys. Res. **2010**, 115, D00H24

[4] Kuntal Ghosh *et al.*, Energy Convers. Manag. **2017**, 154, 286-298

[5] N. Espinosa *et al.*, Energy Environ. Sci., **2014**, 7, 855