

## APPEL À PROJETS POST-DOCTORAT

Le Défi Clé PV-STAR propose le financement de post-doctorats dans le domaine du Photovoltaïque en conditions non standard (voir ci-après les thématiques scientifiques couvertes par le Défi Clé).

### 1. AAP hiver 2024 – Post-doctorats :

Propositions à soumettre avant le vendredi 15 mars 2024. Sélection des sujets par le COMEX courant avril 2024.

Durée : 12 mois. Reconductible une fois, après examen des résultats et perspectives.

Dossier à soumettre :

- Présentation du sujet et de ses enjeux par rapport aux objectifs du Défi Clé PV-STAR (2 à 3 pages).
- CV du candidat.
- Budget prévisionnel (y compris cofinancement et accompagnement).

Critères de sélection :

- Sujet en accord avec les thématiques et les enjeux du Défi Clé (voir document annexe).
- Participation au projet d'au moins deux laboratoires cœurs du Défi Clé. Ces laboratoires sont : IES Montpellier, PROMES (Font Romeu-Perpignan), LAAS-CNRS Toulouse, RAPSODEE IMT Mines Albi, ONERA Toulouse, ICGM Montpellier, L2C Montpellier.
- Une attention particulière sera portée à la qualité des CV. À l'issue de leur post-doc, les candidat-e-s devront être en mesure de poursuivre leur cursus vers des postes de chercheurs ou d'enseignants chercheurs.

### 2. Accompagnement de post-doctorats

Financement par le Défi Clé d'une partie de l'accompagnement des post-doctorats à hauteur de 5 à 10 000€ (selon les sujets et sur justification).

Les candidatures doivent être envoyées à l'adresse : [contact@pvstar.cnrs.fr](mailto:contact@pvstar.cnrs.fr) ainsi qu'au directeur de l'unité concernée ou à son représentant au COMEX.

*NB : le Défi Clé « PV en conditions non standard » et la Région Occitanie devront être cités dans les remerciements lors de toute communication et présentation orale ou écrite des travaux de recherche financés.*

Le Comité Exécutif du Défi Clé

## Annexe : Ambitions & thématiques scientifiques du Défi Clé.

Le Défi Clé a pour ambition de contribuer à combler les lacunes technologiques actuelles identifiées dans le domaine du Photovoltaïque (PV) pour des utilisations dans des conditions non standards. Les solutions dans ce domaine sont multiples, elles peuvent être le fruit de concepts physiques non encore exploités jusque-là, d'adaptation de principes existants ou de mise en œuvre de matériaux non encore utilisés dans le domaine du PV. Sur cette base cinq domaines scientifiques ont été définis :

### 1. Physique de la conversion d'énergie photovoltaïque en conditions non standards.

Des variabilités importantes des conditions d'éclairement et environnementales des modules (cellules) solaires peuvent apparaître en fonction du lieu géographique, du moment de la journée, ou encore de la saison, ceci entraînant des modifications non négligeables de la nature du spectre solaire par rapport aux conditions standards (AM1.5). Dans ces conditions opérationnelles spécifiques, les principes physiques jouant un rôle dans la conversion de la lumière en électricité peuvent être très différents de ceux concernés dans le cadre du PV en condition standard, ceci nous obligeant à imaginer de nouveaux concepts. Parmi les concepts à explorer certains sont déjà utilisés pour des applications dans les domaines de la photo-détection, des lasers ou encore des capteurs au sens large. Ces nouveaux concepts doivent encore être étudiés à la fois d'un point de vue fondamental pour les plus amont d'entre eux mais aussi d'un point de vue expérimental pour en démontrer la pertinence par rapport aux applications visées. Dans ce domaine de nombreux verrous scientifiques et technologiques sont encore à lever faisant appel à un spectre très large de connaissance dans le domaine de la physique allant depuis la physique quantique jusqu'à l'optique en passant par le transport électrique dans des matériaux et hétérostructures complexes.

### 2. Synthèse de matériaux innovants.

De la même manière que de nouveaux concepts peuvent répondre aux enjeux de ce Défi Clé, des solutions technologiques peuvent également émerger par l'utilisation de matériaux mieux adaptés aux CST (Conditions Standards de Test) ou CEU (Conditions Extrêmes d'Utilisation). Ces matériaux peuvent soit être associés à des technologies de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>e</sup> génération de cellules (cellules mono jonction) mais aussi pour des technologies de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> génération (multi jonctions, puits quantiques, super réseaux...). La principale difficulté dans ce domaine étant de trouver des familles de matériaux alliant à la fois des propriétés physiques (optiques et électriques principalement) adaptées aux conditions spectrales spécifiquement visées. Les moyens à mettre en œuvre concernent la synthèse de ces matériaux bien sûr mais aussi leur caractérisation (structurale, électrique, optique, thermique...). Ces études devront également s'appuyer sur des moyens de modélisation afin de déterminer l'impact des propriétés de ces matériaux sur leur efficacité pour les applications visées. Dans ce domaine également les laboratoires du consortium permettent de couvrir un très large spectre de familles de matériaux semi-conducteurs inorganiques II-VI et III-V mais également des matériaux organiques.

### 3. Nouveaux concepts pour l'hybridation des modes de conversion de l'énergie solaire.

Afin de pallier la contrainte fondamentale associée à l'intermittence de la ressource solaire, le développement de systèmes de stockage de l'électricité suscite depuis quelques années un engouement très important. Pourtant, le stockage électrochimique (par batteries) massif de l'électricité rencontre des limites en termes de coût et de matériaux. Parmi les alternatives envisagées, l'hybridation PV-CSP (PV- Concentrated Solar Power) semble prometteuse en ce sens qu'elle pourrait offrir simultanément un faible coût de l'électricité (grâce au PV) produit durant la journée, et la capacité de stocker l'énergie solaire sous forme de chaleur (grâce au stockage thermique inhérent aux systèmes CSP), technologie de stockage moins cher que le stockage électrochimique. Dans ce contexte, les systèmes hybrides à hautes températures mettent en jeu un récepteur intégré PV-CSP fonctionnant à des températures de plusieurs centaines de degrés au-dessus de la température ambiante. En dépit de leur intérêt théorique, la réalisation pratique de tels systèmes nécessite d'apporter des réponses à plusieurs verrous scientifiques et technologiques majeurs : comment les conditions extrêmes de température et de concentration solaire affecteront les performances des cellules « haute température » ? Comment optimiser l'architecture de ces mêmes cellules afin de maximiser leur efficacité de conversion ? Comment connecter des centaines ou des milliers de cellules PV au sein d'un même module en minimisant l'effet des gradients de température/illumination auxquels ces modules seront nécessairement soumis ? Ces questions, qui couvrent un large spectre de problématiques scientifiques allant de la compréhension théorique des phénomènes physiques mis en jeu jusqu'à la technologie de fabrication de prototypes, pourront être traitées dans le cadre de ce Défi Clé.

### 4. Exploration des limites : fortes concentrations solaires et conditions extrêmes.

L'efficacité de conversion des cellules photovoltaïques est fondamentalement corrélée à la densité de puissance solaire absorbée par ces mêmes cellules. La concentration solaire permet ainsi d'accroître sensiblement la tension caractéristique des cellules PV, d'améliorer leur tenue en température ainsi que leur efficacité de conversion. Elle constitue par ailleurs une condition sine-qua-non au fonctionnement de plusieurs technologies de cellules (cellules multi-jonctions, cellules à porteurs-chauds, cellules à bande intermédiaire) qui, pour des raisons d'ordre technique et/ou économique, ne sont pas adaptées aux conditions d'ensoleillement standard (CST). Un volet de ce Défi Clé est dédié au développement, à la fabrication, et à la caractérisation en conditions réelles, de cellules solaires à haut-rendement travaillant sous fortes concentrations solaires.

Un autre domaine d'application concerne le solaire en environnement spatial. Dans ce domaine les cellules PV diffèrent notablement des cellules PV utilisées sur terre en raison des contraintes radicalement différentes associées à chacune des applications : dans l'espace, la maximisation de la densité énergétique des cellules (i.e. leur capacité à produire un maximum de puissance électrique pour un poids minimal des cellules) est impérative. La capacité des cellules à évacuer la chaleur résiduelle en l'absence d'atmosphère, ou encore leur résistance au rayonnement spatial, constituent autant de contraintes supplémentaires nécessitant des solutions technologiques innovantes. Le développement de technologies de cellules PV adaptées aux conditions extrêmes régnant dans l'espace constitue logiquement l'un des axes de ce Défi Clé.

## 5. Apport du numérique dans l'analyse et la collecte des données en conditions non standards.

Les conditions de fonctionnement des centrales solaires PV sont généralement très éloignées des conditions pour lesquelles leurs performances ont été déterminées. Il s'agit donc d'établir à partir des données mesurées par les exploitants les écarts à l'idéalité et de les interpréter. Les données d'exploitation collectées pourront être analysées grâce aux méthodes de l'analyse exploratoire des données – des méthodes statistiques multidimensionnelles et descriptives – afin, notamment, de mettre en évidence des structures systématiques et des tendances, de mieux comprendre les liens entre variables (corrélations), de détecter d'éventuelles données aberrantes ou d'éliminer de possibles biais. L'analyse des données disponibles grâce aux méthodes de l'analyse exploratoire des données pourra par ailleurs aider à la formulation d'hypothèses et au diagnostic des centrales solaires, en particulier dès lors qu'il s'agit d'évaluer précisément l'impact des conditions d'exploitation, dites non-standard, tant sur le rendement de la conversion que sur la production de ces centrales. Analyse exploratoire des données et apprentissage automatique pourront être associés à des fins de regroupement, de modélisation, voire de prévision des données, dans une optique de prise de décision permettant d'identifier les solutions les plus adaptées aux conditions d'exploitation.

Pour chacun de ces grands domaines les enjeux sont les suivants :

1. Lever les verrous technologiques déjà identifiés sur des technologies existantes par la mise en commun de compétences et de moyens.
2. Faire émerger des concepts en rupture par rapport à l'état de l'art actuel dans le domaine de la production d'énergie en conditions extrêmes. Développer les compétences nécessaires à cet objectif par de nouvelles approches scientifiques.
3. Conforter le positionnement discriminant de la recherche en Occitanie sur le PV en conditions extrêmes. L'objectif est de renforcer le positionnement de la région Occitanie comme 1ère région dans ce domaine. Cette ambition passe par un renforcement de la synergie entre les acteurs académiques Occitans.
4. Augmenter la visibilité de la Région à l'échelle nationale et internationale sur le domaine visé afin d'augmenter le nombre de projets nationaux et internationaux auxquels nous participons (Projet Européen, ERC, ANR...).
5. Renforcer l'attractivité en recherche pour les jeunes collègues (national et international).
6. Sensibiliser très tôt les entreprises aux nouveaux concepts émergents afin de préparer à plus long terme de futurs transferts technologiques. De façon symétrique sensibiliser les acteurs académiques au dépôt de brevets et le soutien aux projets de valorisation.