

TITRE	<i>Vers une meilleure prise en compte de la recyclabilité des modules photovoltaïques : du choix des matériaux et des procédés associés vers leur valorisation en fin de vie</i>
Acronyme du projet	ECOCONCEPT-PV
Contexte	<p>Le CEA développe depuis des années des systèmes photovoltaïques qui doivent allier haute performance et durabilité, pour un coût industriel maîtrisé et un impact environnemental raisonnable. Aujourd’hui, se pose la question d’optimiser ces systèmes en termes de pertinence dans les choix des matériaux structurels constituants et de leur mise en œuvre.</p> <p>Un système de panneau photovoltaïque (PV) possède en effet une architecture complexe, qui est le fruit d’un empilement multi-matériaux, difficilement séparables et donc réutilisables. La conception des modules PV n’a pas été initialement pensée pour répondre à des critères de désassemblage et de recyclabilité. Néanmoins, la commission européenne a introduit en 2012 les équipements PV dans la législation WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment 2012/19/EU) imposant des taux minimums de collecte, recyclage et valorisation.</p> <p>Bien que cette initiative ait fortement stimulé la R&D internationale, les solutions actuelles de recyclage à l’échelle industrielle reposent sur des procédés de broyage à très faible valorisation des matériaux. De tels procédés permettent parfois d’atteindre les taux de recyclage et de valorisation. Cependant, les matériaux récupérés sont très éloignés de la valeur initiale des matériaux constitutifs du module PV.</p> <p>Pour éviter ces voies de « downcycling », le vrai challenge du recyclage repose sur la séparation efficace des différentes couches. Pour relever ce défi et ouvrir les perspectives d’économie circulaire, des solutions doivent être élaborées dès la phase de conception en trouvant des alternatives aux matériaux polymères actuellement utilisés dans la fabrication des modules PV.</p>
Présentation détaillée	<p>Le présent projet vise à mettre en place une chaîne de valeur circulaire et développer des dispositifs PV durables. Pour cela, l’étude se focalisera plus particulièrement sur les défis liés aux points critiques que sont l’écoconception, le recyclage et la recyclabilité des modules PV et de ses constituants. Le travail de thèse visera dans cet objectif à :</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) développer des dispositifs dont la délamination lors de l’étape de fin de vie permettra la séparation et donc la récupération des matériaux constitutifs non-mélangés (i.e. non-contaminés) (2) remplacer les matériaux (notamment organiques) non recyclables par des matériaux innovants dont les caractéristiques faciliteront leur récupération ou éviteront les voies néfastes pour l’environnement (incinération, enfouissement) sans dégrader les fonctions et la durabilité mécanique. (3) développer des nouveaux procédés associés aux matériaux innovants sélectionnés pour élaborer un démonstrateur en tant que preuve de concept dans la perspective de transfert technologique <p>Afin d’assurer le processus d’écoconception, le développement technique sera appuyé par une analyse environnementale continue à l’aide d’un outil numérique adapté. Par ailleurs, une attention particulière sera portée sur le développement de solutions économiques adaptées au contexte du marché PV alliant à la fois performance</p>

	<p>technique et environnementale.</p> <p>L'approche d'écoconception de modules PV innovants permettra ainsi de fermer le cycle de vie en considérant l'aptitude au recyclage et à la recyclabilité des matériaux comme critères fondamentaux.</p>
<i>Outils</i>	Plateforme expérimentale et numérique du CEMEF
Mots-clé	Modules photovoltaïques, matériaux recyclables, écoconception, durabilité
<i>Type projet/ collaboration</i>	CEA Liten
Profil & compétences	Ingénieur ou M2 en science des matériaux et mécanique. Des connaissances en polymères sont indispensables.
Lieu	<ul style="list-style-type: none"> • CEMEF, MINES ParisTech, Sophia-Antipolis (06), France • CEA sur le site de l'INES au Bourget du Lac
Equipe(s) de recherche	Physical Mechanics of Industrial Polymers (MPI)
Encadrant / Dir. de thèse	<p>Noëlle Billon (noelle.billon@mines-paristech.fr)</p> <p>Jean-Luc Bouvard (jean-luc.bouvard@mines-paristech.fr)</p> <p>Christelle Combeaud (christelle.combeaud@mines-paristech.fr)</p>