

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

Monsieur Alexandre HOLMES

Candidat au Doctorat de Chimie polymères,
de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

Dispersion aqueuses de semiconducteurs organiques pour le photovoltaïque

Dirigée par Madame CHRISTINE LARTIGAU-DAGRON et Monsieur ANTOINE BOUSQUET

le 26 octobre 2023 à 14h00

Lieu : IPREM Technopole Héioparc, 2 Avenue du Président Pierre Angot, 64053 Pau

Salle : Amphithéâtre IPREM

Composition du jury :

Mme CHRISTINE LARTIGAU-DAGRON, Maître de conférences HDR	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Directrice de thèse
M. Antoine BOUSQUET, Maître de conférences HDR	Université de Pau et des Pays de l'Amour	Co-directeur de thèse
M. René JANSSEN, Professeur	Eindhoven University of Technology	Rapporteur
M. Wouter MAES, Professeur	Hasselt University	Rapporteur
Mme Fabienne GAUFFRE, Directeur de recherche CNRS	Université de Rennes	Examinatrice
M. Lionel HIRSCH, Directeur de recherche CNRS	Université de Bordeaux	Examineur

Résumé :

Parmi les énergies renouvelables, le Photovoltaïque Organique (OPV) se distingue en permettant la fabrication de cellules solaires légères, flexibles, semi-transparentes et avec un temps de retour sur investissement énergétique court. Des techniques d'impression permettent une production à grande échelle et faible coût. Grâce aux efforts de la communauté OPV, des améliorations successives aux cours des dernières décennies ont permis d'atteindre des rendements proches de 20%. Cependant, le dépôt de la couche active (comprenant un matériau donneur et un accepteur d'électrons) est pour l'instant effectué via l'utilisation de solvants organiques, souvent toxiques. Depuis 20 ans, plusieurs équipes de recherches ont commencé à s'intéresser à l'eau pour disperser les matériaux actifs. Dans ce cas, les deux matériaux (donneur et accepteur) sont dispersés en tant que nanoparticules dans l'eau et ces dispersions aqueuses sont directement utilisés pour le dépôt de la couche active. Cette approche permet non seulement de réduire l'impact environnemental de la fabrication des cellules solaires, mais permet aussi un contrôle des matériaux à l'échelle nanométrique. Deux techniques sont décrites dans la littérature : la mini-émulsion et la nanoprécipitation. Des tensioactifs ont été prouvés nécessaires pour assurer la stabilité des dispersions, mais amènent une partie isolante à la couche active des cellules solaires. Une attention particulière a été portée à la morphologie des nanoparticules (cœur-coquille dans le cas de la mini-émulsion et intermixée pour la nanoprécipitation), l'influence du tensioactif ou encore des conditions de dépôt. Bien que moins décrite dans la littérature, la nanoprécipitation a permis d'établir des records en efficacité pour des cellules solaires fabriquées à partir de dispersions aqueuses. Nous avons choisi la nanoprécipitation pour préparer des nanoparticules de P3HT:PC61BM. Une étude en profondeur de la morphologie nous a permis de révéler une morphologie Janus et non pas intermixée. Pour vérifier l'intérêt de cette morphologie pour des applications OPV, ces dispersions aqueuses furent utilisées pour fabriquer des cellules solaires et transistors organiques. Après avoir optimisé les conditions de dépôt, une étude sur l'influence du type de tensioactif a été réalisée. Pour cela, des tensioactifs anionique (SDS), cationique (C16TAB) and non-ionique (pluronic F127) ont été comparés. Le SDS a été identifié comme la meilleure alternative. Après plusieurs optimisations, des efficacités records furent atteintes pour des cellules solaires à base de nanoparticules de P3HT :PC61BM. Toute l'expérience acquise a ensuite été transférée à un système haute performance, PTQ10:Y6. Après préparation des dispersions et l'étude de leurs propriétés, des cellules solaires furent préparées et permirent d'atteindre plus de 10% d'efficacité. Cela démontre non seulement la viabilité de l'approche, mais permet également d'atteindre des efficacités proches de celles obtenues avec des solvants organiques (11%). Une étude sur la morphologie des nanoparticules en dispersions puis une fois en film fin a permis d'identifier les paramètres clés. Non seulement la morphologie, mais aussi la cristallinité des matériaux dans les nanoparticules sont essentielles pour optimiser le rendement et les conditions de fabrication des cellules solaires. La dernière partie est consacrée à la synthèse de tensioactifs conjugués. Puisque des tensioactifs sont nécessaires pour stabiliser les dispersions, l'idée est de réduire leurs propriétés isolantes. Trois tensioactifs conjugués ont été synthétisés et utilisés pour stabiliser les dispersions. L'un d'entre eux a pu être intégré en cellules solaires et a montré l'importance de prendre en compte l'ensemble des paramètres. En l'occurrence, la présence de cœurs conjugués dans les tensioactifs influence la morphologie, ainsi que les propriétés opto-électroniques et électriques des dispersions résultantes.