

Offre de post-doctorat : Quantification de polymères et additifs à partir de la modélisation des transferts radiatifs et de mesures spectroscopiques pour le recyclage des déchets plastiques.

Informations générales :

Projet : IdPoly Projet région Auvergne-Rhône-Alpes, volet Preuves de concept

Laboratoire d'accueil : CETHIL INSA Lyon

Entreprises partenaires : Plas'Tri et Photonlyx

Laboratoire partenaire : RAPSODEE (IMT Mines Albi)

Date de début : octobre 2026

Durée : 18 mois

Contexte :

Le recyclage du plastique est aujourd'hui un enjeu majeur pour la recherche et l'industrie . Ainsi, une attention particulière est portée sur les plastiques multi-couches, très utilisés car très légers et polyvalent (plus de 17% de la production mondiale d'emballage) mais complexe à recycler [1]. Le recyclage impose de bien séparer tous les différents polymères composant le plastique, il est donc important de distinguer un polymère pur d'un plastique multi-couche, qui peut polluer les gisements de polymères purs en introduisant d'autres polymères indésirables. Identifier les différents polymères permettra de les rediriger vers des voies de recyclage appropriées. De plus, aujourd'hui, aucun outil transportable chez les recycleurs n'est capable de quantifier les additifs et les charges présentes dans les plastiques [2]. En conséquence, des additifs réglementés peuvent ne pas être repérés avant la remise en production après recyclage, et ce manque de connaissance sur la matière oblige les recycleurs à retravailler la formulation avec des additifs entraînant des surcoûts pour avoir une matière finale répondant au cahier des charges du client [3].

Description du projet :

Dans ce contexte, l'objectif de ce projet est de proposer une méthode d'identification expérimentale basée sur des mesures spectroscopiques et une modélisation optique fine permettant de quantifier les concentrations des différents composés du plastique (polymères et/ou charges et/ou additifs). Pour pouvoir être utilisée sur site en ligne de tri continu ou en station de contrôle, cette méthode devra être rapide et efficace. Face à ces contraintes alliant finesse et rapidité, les méthodes de Monte Carlo symbolique (MCS) sont aujourd'hui un outil prometteur pour l'identification. Les MCS permettent d'exprimer l'observable mesurée sous la forme d'une fonction de paramètres (modèle réduit). Il est ainsi possible de balayer l'espace paramétrique en un seul calcul ce qui permet d'accélérer fortement les procédures d'inversion. Ces approches ont déjà été testées avec succès dans différentes applications pour l'identification de propriétés optiques de céramiques à haute-température [4] et de concentrations de biomarqueurs en imagerie biomédicale [5]. Ces approches seront adaptées à la problématique du plastique pour la quantification des polymères, additifs, et/ou charges.

Les tâches attendues sont les suivantes :

- 1) Caractérisation de matériaux (échantillons étalons et plastiques) pour validation : Conception des matériaux étalons dont on connaîtra les concentrations des

différents composants et les propriétés optiques. Des mesures sur ces échantillons seront effectuées par PhotonLyx, Plas'tri et au CETHIL sur différentes gammes de longueurs d'onde (visible, proche IR, et lointain IR). La connaissance des propriétés et des concentrations de ces matériaux permettra de valider la méthode d'identification qui sera développée dans les étapes 2 et 3.

- 2) Modélisation directe de la propagation du rayonnement dans les matériaux plastiques. Utilisation des MCS pour proposer des modèles réduits pour l'analyse et la diminution des temps de calcul. Le travail portera sur l'extension des approches développées sur MCS au cas des plastiques multicouches et des plastiques avec additifs et charges. Des développements méthodologiques spécifiques liés aux propriétés optiques d'absorption et diffusion des plastiques seront mises en place. Les modèles développés seront validés grâce aux données expérimentales.
- 3) Identification des composants du plastique : Développement d'une méthode de quantification s'appuyant sur les spectres mesurés (étape 1) et les modèles développés (étape 2). Une méthode inverse rapide et efficace sera mise en place permettant de quantifier les concentrations des composés du plastique avec les incertitudes associées et l'identification sélective de chaque couche.

Références :

- [1] H. B. Adam, M. Yousfi, A. Maazouz, K. Lamnawar, Recycling of Multilayer Polymeric Barrier Films: an Overview of Recent Pioneering Works and Main Challenges. *Macromol. Mater. Eng.* 2025, 310, 2400414. <https://doi.org/10.1002/mame.202400414>
- [2] Giusti P., Barrère-Mangote C., Maire F., Afonso C., Identification des additifs dans les matériaux plastiques : vanalyse directe par spectrométrie de masse couplée à la mobilité ionique, *Actualité Chimique* N°386 - juin 2014 <https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2014-386-juin-p15-barrere-hd.pdf>
- [3] Les additifs toxiques du plastique et l'économie circulaire, septembre 2020. https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_final-low-o-fr.pdf
- [4] Y. Maanane, M. Roger, A. Delmas, M. Galtier, F. André, Symbolic Monte Carlo method applied to the identification of radiative properties of a heterogeneous material, *J. Quantitative Spectroscopy Radiative Transfer*, Vol 249, 2020, 107019, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107019>.
- [5] L.A. Martinez-Ceseña, M. Roger, M. Galtier, A. Gautheron, L. Mahieu-Williams, B. Montcel, L. Penazzi, A. Delmas, Fluorescent biomarkers quantification with SMC for intraoperative imaging in neurosurgery, 11th Int. Symposium on Radiative Transfer, RAD-25, 16-20 June 2025, Turkey.

Contacts :

Maxime Roger (CETHIL) maxime.roger@insa-lyon.fr
Clara Spetebroodt (Plas'Tri) clara.spetebroodt@plastri.fr
Laurent Brunel (PhotonLyx) laurent.brunel@photonlyx.com
Marion Carrier (RAPSODEE) marion.carrier@mines-albi.com

Lieu de recherche :

- Centre d'Energétique et de Thermique Lyon CETHIL, Bât Sadi-Carnot, 9 rue de la Physique, Campus LyonTech La Doua, 69621 Villeurbanne
- Plas'Tri 20, rue du professeur Benoit Lauras 42000 Saint-Etienne