

Vitrine d'expertise des professeurs

Université de Montréal

Profil du chercheur externe

Sommaire du profil

Portrait

Expertise(s) de recherche

Biographie

Unité(s) de recherche

Formation(s)

Activité(s)

Projet(s) de recherche



EMMANUEL BEYOU

Ingénierie des matériaux polymères

Professeur des Universités

Département de chimie/biochimie, Faculté des sciences et des technologies, Université Lyon1

(+33)(0)472448212

@ emmanuel.beyou@univ-lyon1.fr



[Site web](#)

Portrait

Activité(s)

EXPERTISE(S) DE RECHERCHE

Aujourd'hui, de nombreuses équipes de recherche dans le domaine des polymères se focalisent sur des concepts tels que l'auto-assemblage, la nanostructuration ou encore les dispersions nanométriques de charges. Un matériau polymère nanostructuré implique la présence d'une concentration en agrégats suffisante avec une organisation à grande échelle pour éviter une séparation de phase macroscopique entre une phase organisée riche en copolymère (ou en particules inorganiques dans le cas des nanocomposites) et une phase riche en homopolymère. Dans ces systèmes hétérogènes, les interactions interfaciales entre la matrice et le renfort nanométrique jouent un rôle prépondérant sur les propriétés du composite.

L'obtention de ces matériaux nanostructurés est délicate et directement liée à l'architecture, à la forme géométrique et à la taille des inclusions. La symétrie et la masse molaire des séquences ou des greffons (en particulier dans le cas de surfaces inorganiques fonctionnalisées) en sont des paramètres essentiels et l'utilisation de polymères à topologies et compositions contrôlées est donc nécessaire. La perspective majeure offerte par la maîtrise de la synthèse de polymères à composition, topologie et fonctionnalité contrôlées est une meilleure compréhension des relations structures/propriétés et c'est dans cette quête que je m'implique depuis plus de 15 ans.

Champs d'expertise

- Synthèse de polymères à architectures contrôlées en solution et en milieu fondu
- Ingénierie macromoléculaire appliquée à la fonctionnalisation de surfaces inorganiques

BIOGRAPHIE

De formation chimiste organicien, mon parcours comprend quatre étapes correspondant aux différents laboratoires dans lesquels j'ai travaillé. Il a débuté à Brest dans le laboratoire de chimie organique du **Professeur Henri Handel** dans le cadre d'un DEA de chimie fine. Un projet de recherche relatif au greffage de molécules fonctionnelles sur une surface de silice m'avait été confié avec pour objectif de synthétiser des tetra-azamacrocycles fonctionnels (à groupes hydrolysables de type $\text{Si}(\text{OMe})_3$) puis de les chimisorber sur un gel de silice. Mon exode vers le sud-ouest a ensuite été la conséquence de l'obtention d'un financement de thèse à l'Université Bordeaux 1.

Ma thèse s'est déroulée dans le laboratoire de chimie organique et organométallique (URA35CNRS) de **J. Dunoguès** (DR CNRS), dans le cadre d'un contrat Elf Atochem. Ma thèse a aussi fait l'objet d'une étroite collaboration avec le laboratoire de chimie macromoléculaire de **S. Boileau** (DR CNRS) à Paris. La synthèse et l'étude des propriétés de nouveaux polysiloxanes fluorés a fait l'objet de cette thèse ce qui m'a donc conféré une culture polymères. L'objectif était de modifier

Polymères
Surfaces, interfaces et couches minces
Nanomatériaux
Conception de matériaux
Innovations technologiques

Objet(s)

Chimie

Discipline(s)

Sciences naturelles et génie

Secteur(s)

chimiquement des poly(methylhydrogénosiloxane) par des dérivés fluorés insaturés et d'étudier l'influence de la longueur et de la quantité des groupes fluorés greffés sur l'énergie de surface du matériau final. J'ai donc obtenu mon doctorat, spécialité chimie organique le 21 Juillet 1994 et l'année suivante j'ai obtenu ma qualification aux fonctions de maître de conférences dans les sections 32 et 33.

Ma culture polymère a ensuite été étendue lors de deux stages post-doctoraux successifs dans l'équipe de **P. Chaumont** (DR CNRS puis PR) à l'Institut Charles Sadron (Strasbourg) puis à l'Université Lyon 1. Ces deux années et demi de recherche se sont déroulées en collaboration avec l'Etablissement Central Technique de l'Armement (ECTA) localisé à Arcueil. L'idée était de doper des matrices polymères par des absorbeurs saturables à base de naphthalocyanines et d'anthracénocyanines, contenant des groupes polaires.

Ces travaux, réalisés au cours de ma formation (DEA, Thèse, Post-Doc) et surtout ceux réalisés depuis ma nomination en 1998 dans l'Opération 1 de l'UMR 5223 (Université Claude Bernard Lyon1), ont pour fil conducteur la synthèse de systèmes macromoléculaires modèles à propriétés contrôlées. Ils font apparaître les aspects cinétiques et mécanistiques de réactions chimiques (le plus souvent radicalaires) avec une chimie, qui peut se dérouler en volume, en surface ou aux interfaces des systèmes étudiés.

Etant donné l'interaction de mes travaux avec i) la mise en œuvre (réactive) des polymères (Opération 2 de l'UMR), ii) les phénomènes spécifiques liés aux surfaces des matériaux et/ou aux interfaces (Opération 3) et iii) la possibilité de contrôler les propriétés des matériaux polymères ainsi préparés (Opération 4), des collaborations transverses avec les autres opérations de notre UMR ont été mises en place à travers des étudiants de master recherche et des thésards. Suite à ces divers co-encadrements d'étudiants, j'ai soutenu et obtenu mon habilitation à diriger des recherches le 26 avril 2007 et j'ai été nommé professeur des universités le 1er septembre 2014.

Mon bilan scientifique est le suivant :

- H-index : 14 ; citation index : 669
- 44 publications dans des revues avec comités de lecture (dont 24 dans des journaux à facteur d'impact > 3 : Macromolecules, Soft Matter, J. Polym. Sci. Part A, Polymer, etc...) **dont une couverture de page : J Polym Sci, Part. A, Polym Chem**
- 2 chapitres de livre
- 4 actes de congrès
- 10 séminaires/conférences invités
- 36 communications orales (21 internationales ; 15 nationales)
- 45 communications par affiche
- 14 participations à des jurys de thèse (Lyon(6), Bordeaux (3), Montpellier (1), et 3 à l'étranger: Marrakech (Maroc) (2), Bucarest (Roumanie) (1), Kiev (Ukraine) (1))

Rapporteur pour des journaux internationaux : Macromolecules, J Mater Chem A, J. Polym.Sci. Part A, Polymer, Macromol. Chem. and Phys., Eur Polym J, Mater Chem and phys, Applied Surface Science....

Expert pour l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Expert pour le conseil régional d'aquitaine

Titulaire de la PEDR/PES depuis 2003



UNITÉ(S) DE RECHERCHE

Coordinateur

- ANR MONOPOLY (acceptée pour financement en 2014)

Membre

- Ingénierie des Matériaux Polymères, UMR CNRS 5223



FORMATION(S)

Chimie

- | | |
|------|--|
| 2007 | Habilitation à diriger des recherches
Université Claude Bernard-Lyon 1 (France) |
| 1994 | Doctorat (Chimie organique)
Université Bordeaux 1 (France) |
| 1990 | D.E.A. (Chimie fine)
Université de BREST (France) |



PROJET(S) DE RECHERCHE

Nanocomposites conducteurs à renforts de feuillets de graphène

Chercheur principal : Emmanuel Beyou

Avec la collaboration de : l'Université de Monastir, sous la direction du Professeur Hassen Baouab – Tunisie et de l'Université de Téhéran sous la direction du Professeur ghomalali Farzi - Iran

Durée du projet: 2014 – 2017

Source(s) de financement: Gouvernement Tunisien, thèse co-tutelle + gouvernement Iranien (détachement d'un professeur)

Lieu(x) de recherche

- Iran
- Tunisie

Aujourd'hui, le graphène (feuillelet élémentaire issu de l'exfoliation du graphite) suscite un intérêt considérable par les chercheurs du monde entier et il a vocation à remplacer le silicium dans les circuits électroniques ou encore les oxydes métalliques transparents conducteurs dans les écrans plats. La plupart du temps, le substrat polymère utilisé comme liant des charges est un polymère flexible tel que le poly(éthylène téréphtlate) (PET). Cependant, le PET est un polymère synthétique doté d'un coefficient d'expansion thermique élevé ($> 1,3 \cdot 10^{-5} / K$) d'où l'intérêt de rechercher de nouvelles formulations, compatibles avec l'environnement, qui présentent de bonnes performances dans le domaine des films conducteurs flexibles et transparents.

Les biomatériaux tels que les polysaccharides sont des polymères de plus en plus utilisés en raison de biocompatibilité et de leur faible coefficient d'expansion thermique donc l'idée sera ici de les utiliser conjointement au graphène de façon à obtenir des matériaux composites transparents et conducteurs susceptibles d'être utilisés dans la conception de textiles intelligents et/ou de transducteurs mécaniques ou électroniques (capteurs chimiques, biochimiques, etc...)

Pour obtenir une dispersion à l'échelle nanométrique de charges tels que les feuillets de graphène, le premier verrou scientifique consistera à optimiser et à contrôler la densité de greffage de chaînes polymères sur les feuillets de graphène afin d'en étudier l'impact sur leur état de dispersion dans une matrice polymère biosourcée. Cette approche nécessitera l'étape préalable usuelle d'oxydation du graphite afin de générer suffisamment de fonctions hydroxyle et de fonctions acides carboxyliques sur les feuillets. La deuxième étape consistera à fonctionnaliser ces sites afin de pouvoir y greffer des chaînes polymères, de type polysaccharides dans un premier temps.

Revêtements anti-chaaleur transparents

Chercheur principal : Prof. Emmanuel Beyou

Co-chercheur(s) : Prof. Philippe Cassagnau

Durée du projet: 2014 – 2017

Source(s) de financement: FUI

Lieu(x) de recherche

- France

Le domaine de la protection solaire des biens et des personnes est un enjeu dans de nombreux secteurs industriels dont beaucoup sont liés à l'habitat. Le spectre lumineux du soleil contient en effet d'une part les rayonnements ultra-violet qui conduisent à l'endommagement plus ou moins rapide des biens exposés par phénomène de photodégradation ainsi que les rayonnements infrarouges dont la transmission à travers les systèmes de protection provoque une élévation de température des objets protégés (cas des peintures et vernis) et/ou des zones d'habitation protégées (cas des systèmes de protection solaire comme les stores ou toitures en textiles). De plus, de nombreuses applications nécessitent que le système de protection UV et Infra Rouge (IR) soit le plus transparent possible dans le domaine du visible, que ce soit pour des raisons esthétiques ou fonctionnelles.

L'une des spécialités de l'IMP est l'élaboration de polymères chargés par des opérations de mélange en milieu fondu, que ce soit la simple dispersion de charges en l'état, la dispersion de charges après modification chimique de celles-ci pour améliorer la dispersion, ou la synthèse

Objet(s)

Physique

Discipline(s)

Sciences naturelles et
génie

Secteur(s)

de charges in-situ par **une opération d'extrusion réactive**. Ces procédés ne demandent pas l'utilisation de solvants organiques volatiles (COV) et sont transposables à l'échelle industrielle car ils utilisent des appareils industriels tels que les extrudeuses bi-vis. Ces trois procédés seront mis en œuvre pour disperser - dans des matrices polymères compatibles avec les applications des utilisateurs de technologie - des charges lamellaires ou sphériques aux propriétés optiques semblables à celle de la nacre, c'est-à-dire des charges essentiellement composées de carbonate de calcium ou d'un composé présentant des propriétés optiques similaires, comme la Gibbsite synthétisée à partir d'alkoxydes d'aluminium et qui est fonctionnalisable à partir de ses groupes hydroxyles. La dispersion de la charge dans la matrice polymère se fera donc soit dans une première étape sans modification, soit dans une deuxième étape après modification chimique par polymère fonctionnel (par exemple l'utilisation d'un copolymère à bloc d'origine commerciale) dont l'interaction avec la surface de la charge favorisera la dispersion (technique de grafting onto »), soit dans une troisième étape en élaborant ces charges in-situ dans le polymère fondu. Les deux derniers procédés permettent, aussi bien au niveau de l'élaboration du matériau anti-chaleur qu'au niveau des applications de ces matériaux, de sortir des revendications des quelques rares brevets traitant de ce problème technologique.

Modification chimique de polymères en milieu fondu

Chercheur principal : Prof. Emmanuel Beyou

Co-chercheur(s) : Prof. Philippe Cassagnau

Durée du projet: 2013 – 2017

Source(s) de financement: BQI et ANR

Lieu(x) de recherche

- France

L'extrusion réactive est une technologie qui peut permettre de synthétiser des copolymères originaux (séquencés ou greffés) à architecture contrôlée qui sont inaccessibles par les procédés conventionnels de synthèse en réacteur batch, lorsque les deux co-monomères ne polymérisent pas selon les mêmes mécanismes. C'est ainsi que la synthèse des polyoléfines par catalyse Ziegler n'est pas compatible avec la présence d'esters méthacryliques polymérisant par voie radicalaire, ceux-ci étant des poisons des catalyseurs utilisés dans ce procédé chimique de synthèse. Par contre, le greffage radicalaire de monomères vinyliques sur polyoléfine est décrit dans la littérature et est utilisé industriellement pour greffer, par exemple, l'anhydride maléique ou un vinyltrialcoxysilane. L'inconvénient majeur du greffage radicalaire en extrudeuse est sa non sélectivité liée à une durée de vie très courte des radicaux et c'est donc une source de réactions secondaires. Il induit en outre fréquemment la formation d'homopolymère. L'idée que nous avons développée est basée sur la neutralisation ou au moins la limitation de la réaction d'homopolymérisation du méthacrylate de méthyle (MMA) par une approche faisant appel à l'utilisation de radicaux nitroxyles. En effet, suite à la décomposition de l'amorceur radicalaire (DCP), le radical alcoyle formé peut subir une réaction de Beta-scission et conduire à la formation de radicaux méthyles qui amorcent préférentiellement l'homopolymérisation du monomère. Deux approches ont donc été explorées pour contrer cette réaction :

- a) neutraliser les radicaux méthyles à l'aide d'un piège à radicaux de type radical nitroxy.
- b) utiliser un nitroxyde pour préparer une macroalkoxyamine précurseur de copolymère greffé PMMA.

Nanocomposites à renforts de charges carbonées

Chercheur principal : Prof. Emmanuel Beyou

Co-chercheur(s) : Prof. Philippe Cassagnau

Durée du projet: 2012 – 2016

Source(s) de financement: Laboratoire de recherche et de contrôle du caoutchouc

Programme(s) de subvention: convention CIFRE

Lieu(x) de recherche

- France

La solution la plus courante à ce jour pour élaborer des matériaux polymères conducteurs consiste à élaborer des mélanges chargés à environ 15% de noir de carbone conducteur (Ketjen Black), ou de billes creuses recouvertes de métal (argent ou autre suivant le niveau de conductivité désiré) ou encore de poudre métallique. Afin de baisser le seuil de percolation électrique, c'est-à-dire la concentration des charges tout en restant conducteur électrique, des charges avec un facteur de forme élevé (fibres de carbone et plus récemment les nanotubes de carbone ou encore les feuillets de graphène) ont permis la formation de chemins conducteurs pour des concentrations inférieures à 2 % en poids. Toutefois, toutes ces solutions restent insuffisantes car, même si elles



conduisent à des réseaux conducteurs sous de faibles déformations, les propriétés de conduction sont généralement perdues sous l'effet de sollicitations répétées. Une conséquence possible est la création d'arcs électriques pouvant entraîner des événements catastrophiques lorsque le matériau est au contact d'un fluide inflammable. Une option est d'améliorer la dispersion de ces charges dans la matrice polymère à l'aide d'une fonctionnalisation de la surface de la charge carbonée afin d'améliorer sa compatibilité avec la matrice organique : c'est dans cette voie que je me suis impliqué en adaptant la chimie de surface au substrat considéré afin d'obtenir des dispersions homogènes de nanotubes de carbone et de feuillets de graphène dans des matrices polyoléfiniques. L'objectif du projet en cours est de comprendre l'effet du taux de greffage, et des différentes architectures greffées sur les nanotubes de carbone ou les feuillets de graphène, sur la variation du seuil de percolation des composites correspondants.

