



Focus sur Marc Guerre et ses recherches sur de nouveaux vitrimères d'avenir !

Ce chercheur du laboratoire Softmat de Toulouse a travaillé, en collaboration avec deux autres collègues, sur une nouvelle approche par chimie radicalaire activée par la chaleur pour la conception de polymères durables et recyclables. Fin novembre 2025, un article sur le sujet est paru dans *Angew. Chem. Int. Ed.* Ces travaux ouvrent une voie vers le futur dans ce secteur...

Un laboratoire d'envergure en Occitanie

Le laboratoire Softmat – Chimie des colloïdes, polymères & assemblages complexes est une unité mixte de recherche (UMR 5623) sous la tutelle de l'Université de Toulouse et du CNRS (Chimie). Il a été fondé en 1967 par Armand Lattes avec une forte orientation en chimie et photochimie pour la synthèse organique.

À partir des années 1980, le laboratoire amorce un tournant scientifique majeur en s'orientant vers la chimie colloïdale et la synthèse de tensioactifs. Il intègre progressivement la physico-chimie et la synthèse des polymères. Cette évolution conduit à la création de l'UMR en 1995 sous le nom d'IMRCP.

Aujourd'hui, le laboratoire Softmat est la seule unité d'Occitanie Ouest rattachée majoritairement à la section 13 du CNRS, dédiée à la matière molle. Ses recherches portent sur la chimie et la physico-chimie des colloïdes, de la matière molle et des systèmes moléculaires complexes. Cette identité scientifique forte a mené à l'adoption du nom Softmat en septembre 2023.

Le parcours de Marc Guerre s'inscrit pleinement dans cette dynamique scientifique. Docteur en chimie des polymères depuis 2017, il est spécialisé en synthèse macromoléculaire et possède une expertise reconnue sur les réseaux polymères dynamiques et les vitrimères. Sa formation inclut un post-doctorat à l'Université de Gand et des séjours de recherche au Japon.

Il a rejoint Softmat en 2019 comme chargé de recherche CNRS et fait aujourd'hui partie de l'équipe P3R, dédiée aux polymères de précision.

L'équipe P3R (Polymères de Précision par Procédés Radicalaires)

Cette équipe de recherche regroupe une dizaine de personnes, avec une composition évolutive en fonction des projets de recherche et des financements en cours. Elle est constituée de chercheurs permanents (chargés de recherche CNRS, enseignants-chercheurs), qui assurent la définition des axes scientifiques, la conduite des projets et l'animation des collaborations nationales et internationales. Ils sont entourés de jeunes chercheurs, comprenant des post-doctorants, recrutés sur des projets ciblés, ainsi que de doctorants, qui représentent une part essentielle de l'activité scientifique et contribuent fortement à la production de résultats et de publications.

La majorité des étudiants, doctorants et post-doctorants de l'équipe P3R est issue de formations spécialisées en chimie des polymères et/ou en science des

matériaux, acquises localement à Toulouse, mais également au niveau national et international.

Les vitrimères, une clé vers le recyclage des polymères

L'activité de recherche de Marc Guerre porte principalement sur la conception de polymères et de matériaux polymères avancés, en particulier des réseaux polymères dynamiques appelés vitrimères. Ces matériaux sont destinés à des applications à haute valeur ajoutée (aéronautique, automobile, électronique), où les polymères doivent être à la fois très résistants, durables et recyclables.

Dans l'article publié dans *Angewandte Chemie International Edition*, Marc Guerre et deux autres collègues proposent une nouvelle génération de vitrimères reposant sur une chimie originale, basée sur des réactions radicalaires thermiquement activées.

De manière simplifiée, les polymères thermodurcissables classiques peuvent être comparés à un réseau de chaînes figées une fois mises en forme : ils sont très performants, mais impossibles à refondre ou à recycler. Les vitrimères, au contraire, possèdent des liaisons capables de se réorganiser sous l'effet de la chaleur, ce qui permet de remodeler, réparer ou recycler le matériau sans perte de performance.

L'innovation majeure de ce travail est d'introduire, pour la première fois dans ce contexte, une chimie radicalaire réversible activée uniquement par la chaleur. Concrètement, ils ont montré que des radicaux, espèces chimiques très réactives, peuvent être générés de façon contrôlée et réversible à partir de liaisons disulfures, sans lumière ni additifs externes. Ces radicaux déclenchent alors un mécanisme d'échange entre chaînes polymères, comparable à un mur dont les briques peuvent changer de place sans jamais s'effondrer.

Un résultat clé est que de très faibles quantités de disulfures (jusqu'à 2 %) suffisent pour rendre le matériau reconfigurable. Les matériaux obtenus peuvent être remis en forme en quelques minutes à haute température ($\approx 200^\circ\text{C}$), tout en conservant leur rigidité, leur résistance thermique et leurs propriétés mécaniques, même après plusieurs cycles de recyclage. Cette approche ouvre la voie à des plastiques thermodurcissables recyclables, compatibles avec les contraintes industrielles actuelles.

Au-delà du recyclage, cette chimie radicalaire contrôlée offre des perspectives pour le développement de matériaux intelligents, capables de s'auto-réparer, de s'adapter à leur environnement ou d'évoluer au cours de leur cycle de vie, contribuant ainsi à la transition vers une industrie des polymères circulaire et durable.

Dans le cadre de ses recherches au sein du laboratoire Softmat, Marc Guerre développe de nombreux partenariats académiques et industriels.

Ses travaux s'appuient sur des collaborations scientifiques régulières avec des laboratoires français et internationaux. Ces coopérations incluent des équipes européennes (en Italie et en Espagne) s'étendant également à l'Asie (Japon). Ces échanges se traduisent par des mobilités de



Refroidissement du mélange réactionnel dans l'azote liquide - © Fanny Weiss



Caractérisation d'un échantillon vitrimère par analyse mécanique dynamique - © CNRS

chercheurs et des publications communes. Sur le plan industriel, il est impliqué dans plusieurs projets collaboratifs majeurs, concernant le développement de matériaux polymères à haute performance, de réseaux polymères recyclables et de solutions innovantes pour la durabilité des polymères, en particulier avec Safran, Specific Polymers, l'IRT Saint Exupéry et le CNES. Ces partenariats ont conduit à des contrats de recherche, l'encadrement de thèses et à des projets financés (ANR en partenariat, contrats bilatéraux).

Enfin, il contribue activement à des réseaux structurants favorisant le lien entre recherche académique et monde socio-économique.

Des équipements de pointe

Le laboratoire Softmat est implanté sur le campus scientifique de Rangueil à Toulouse.

Il bénéficie d'un environnement académique et technologique de premier plan grâce à sa proximité avec l'Université de Toulouse et de nombreux acteurs industriels.

Les locaux couvrent plusieurs centaines de mètres carrés et regroupent des laboratoires de chimie, de physico-chimie et de caractérisation. Des espaces sont dédiés aux équipements spécifiques, aux bureaux et aux échanges scientifiques, avec une part importante consacrée aux activités expérimentales. Les capacités de caractérisation incluent des équipements dédiés à la spectroscopie (IR, RMN, UV-visible via les plateformes), à l'analyse thermique (DSC, TGA), à la diffusion et à la microscopie (DLS, microscopies optique), ainsi qu'à l'étude des propriétés mécaniques et viscoélastiques des matériaux polymères. Ces espaces sont adaptés à la synthèse des polymères et à l'élaboration de matériaux de la matière molle. Le parc instrumental, complet et mutualisé, couvre l'ensemble de la chaîne, de la synthèse à la caractérisation avancée. Les équipements permettent l'analyse

des propriétés mécaniques, thermiques et dynamiques des matériaux.

Tout cela constitue un levier clé pour le développement de matériaux innovants et durables, en lien avec les enjeux actuels de recyclabilité et de transition vers une économie circulaire.

Les prochains objectifs

À moyen et long termes, Marc Guerre inscrit ses objectifs scientifiques dans la continuité des travaux de Softmat. Il souhaite maintenir un équilibre fort entre recherche fondamentale et applications ciblées.

Son ambition est de poursuivre des travaux fondamentaux en chimie des polymères et de la matière molle, tout en développant de nouvelles chimies plus robustes, contrôlables et compatibles avec des contraintes industrielles exigeantes.

Un axe central concerne le développement et l'amélioration des vitrimères, en s'attaquant notamment à leurs limites actuelles, comme la résistance au fluage ou le compromis entre reconfigurabilité et performance mécanique. L'objectif est de concevoir des réseaux polymères durables et performants qui doivent rester réparables et recyclables sur le long terme.

De nouvelles approches chimiques, comme les mécanismes radicalaires activés thermiquement, sont explorés. Enfin, Marc Guerre souhaite élargir les applications des vitrimères aux domaines électrique et électronique, où les exigences en termes de stabilité thermique, de durabilité, d'isolation et de mise en forme sont particulièrement fortes.

Contact :
Softmat – UMR 5623
Université de Toulouse
<https://softmat.fr>