



## **Compte rendu Atelier du GFP : Intensification des procédés liés aux polymères**

Le Groupe Français d'Etudes et d'Applications des Polymères (GFP) a organisé le 4 décembre 2014, en partenariat avec la Société Française de Génie des Procédés (SFGP), une journée scientifique sur le thème de l'intensification des procédés liés aux polymères. Ceci a été une occasion de pointer du doigt l'influence qu'exerce le procédé sur la nature du produit.

La journée s'est déroulée selon le programme suivant :

**9:00 - 9:15 - Accueil des participants**

**9:15 - 9:30 - Introduction du sujet et présentation de la journée**  
(Christophe Serra, ICPEES, Strasbourg et Alain Durand, LCPM, Nancy)

**9:30 - 10:15 - Rapid Carbanionic and Oxyanionic Polymerizations Transferred to Continuous Microfluidic Systems: Recent Results and Perspectives** - Holger Frey (Université de Mayence)

**10:15 - 10:45 - Intensification d'un procédé de polymérisation par extrusion**, Sandrine Hoppe (LRGP, Nancy)

**10:45 - 11:00 Pause café**

**11:00 - 11:30 - Intensification de synthèses de (co)polymères par NMP et ATRP au moyen d'outils de microréaction**, Christophe Serra (ICS, Strasbourg)

**11:30 - 12:00 - Un nouveau mélangeur à flux élongationnel pour les mélanges de polymères à l'état fondu et l'émulsification**, René Muller (ICS, Strasbourg)

**12:00 - 13:00 Repas**

**13:00 - 13:30: L'extrusion Réactive: Un procédé continu propre et vertueux !**, Philippe Cassagnau (IMP, Lyon)

**13:30 - 14:00 - La millifluidique à gouttes couplée à la spectrométrie Raman pour l'acquisition de données en polymérisation** (Emmanuel Mignard, Solvay)

**14:00 - 14:30 - Couplage rhéologie - spectrométrie Raman, une technique prometteuse pour la mise au point de procédés de polymérisation**, Alain Durand (LCPM, Nancy)

**14:30 - 14:45 Pause café**

**14:45 - 15:15 - Application des techniques de spectroscopie vibrationnelle à des analyses en ligne dans les procédés de polymérisation**, Jean Guilment (Arkema, Cerdato)

**15:30 - 17:00 Table Ronde et conclusions (animée par Madame Latieule, Directrice de la rédaction de Info Chimie Magazine)**

Le déroulement de la journée a été résumé par Madame Latieule dans le numéro 528 de décembre 2014 du magazine Info Chimie. Avec son autorisation, ce texte est reproduit ci-dessous.

« Faire plus, mieux et moins cher avec moins ». C'est à travers cette formule que l'on résume le concept d'intensification des procédés. Dans un contexte économique global particulièrement dégradé, l'intensification des procédés pourrait devenir un atout pour l'industrie chimique en mal de compétitivité. Aussi rien d'étonnant à ce que le monde académique se soit emparé du sujet. Cette année, le Groupe Français d'Etudes et d'Applications des Polymères a même choisi ce thème pour sa traditionnelle journée scientifique qui s'est tenu le 4 décembre dernier à l'ENSAM (Paris 13e). En préambule, il convient de rappeler que le domaine des polymères fait appel à de nombreux procédés en commençant par la synthèse de monomères et de polymères, les opérations de mélanges et de formulations et enfin la mise en œuvre. Toutes ces étapes peuvent faire appel à l'intensification par le biais de développements d'appareillages, d'outils et de méthodes qui permettent d'améliorer la qualité des produits, de réduire la consommation d'énergie ou de matières premières, de diminuer l'emprise au sol des installations tout en augmentant les capacités de production.

Holger Frey de l'université de Mayence a ouvert la journée avec la présentation de réactions de polymérisations carbanioniques et oxyanioniques dans des outils de microfluidique, et en particulier des « micromélangeurs » qui permettent d'accéder plus aisément à des architectures complexes comme des copolymères à bloc ou des polymères hyperbranchés. De son côté Christophe Serra de l'ICS à Strasbourg a évoqué les gains apportés en polymérisation radicalaire contrôlée de type NMP et ATRP grâce à l'usage de microréacteurs tubulaires en spirale. Le chercheur a mis en évidence l'influence de la géométrie du système et des conditions opératoires sur la nature des polymères synthétisés. René Muller de l'ICS Strasbourg a présenté ensuite un outil atypique, baptisé mélangeur à flux élongationnel. Fonctionnant selon le principe du piston, il est préconisé pour les mélanges de polymères à l'état fondu et peut s'appliquer aussi à l'émulsification.

Mais l'outil phare de l'intensification des procédés dans le domaine des polymères reste l'extrusion réactive. Sandrine Hoppe du LRGP de Nancy a présenté quelques travaux réalisés en synthèse du polyuréthane. Puis Philippe Cassagnau de l'IMP à Lyon a fait un point plus global sur cette technologie qui est bien maîtrisée pour la polymérisation en masse (par ex du PA 6), le greffage et la fonctionnalisation, la nanostructuration, le mélange de polymères, en particulier lorsqu'il faut ajouter des compatibilisants à des polymères recyclés pour en améliorer les propriétés. En outre, cet outil peut être utilisé en continu et permet de s'affranchir de l'usage de solvants organiques, ce qui permet de le classer dans la catégorie des « procédés verts ».

La parole a ensuite été donnée à Patrick Maestro, directeur scientifique de Solvay, qui a expliqué que les principes de la microfluidique étaient employés au Laboratoire du Futur à Bordeaux pour diminuer les coûts de la recherche et permettre de tester des réactions chimiques sur de simples gouttelettes. Une technologie complexe qui a su faire ses preuves en polymérisation notamment pour le contrôle de la température de réaction et le suivi cinétique.

Enfin deux interventions ont expliqué que l'intensification des procédés ne pourrait pas s'imposer sans les progrès des techniques analytiques. Pour Alain Durand (LCPM, Nancy) comme pour Jean Guilment (Arkema, Cerdato), la technologie Raman est en train de devenir incontournable pour la compréhension des mécanismes et sera bientôt prête pour l'analyse en ligne.

Cette journée a été ponctuée par une table ronde où P. Cassagnau, P. Maestro et J. Guilment ont débattu avec l'audience sur le futur des polymères. Est-ce de nouvelles chimies ou de nouveaux procédés qui permettront dans le futur d'accéder à de nouvelles propriétés d'application ? s'est interrogé P. Maestro. Probablement une combinaison des deux. J. Guilment a toutefois souligné la difficulté de faire évoluer le monde du procédé : « Nous sommes tous conscients qu'il faudrait changer de technologies. Mais cela coûte cher et ce sont des paris qu'il faut prendre sur 5 ou 10 ans ». Plus que la recherche amont, c'est donc le développement et l'industrialisation qui posent aujourd'hui problème. Même si les microréacteurs sont conçus pour faciliter la montée en échelle par simple duplication des modules, qu'en sera-t-il réellement ? P. Cassagnau est revenu sur le cas de l'extrusion réactive où il existe déjà quelques applications industrielles. Mais la percée de la technologie reste lente. Philippe Cassagnau a rappelé que la France manquait de structures de transfert capables de transformer des projets académiques en succès industriels en traversant les étapes TRL de 4 à 6. Un problème qui touche toute la recherche, bien au delà du domaine des polymères.

Finalement, cette journée, qui s'est déroulée au sein du centre de l'ENSAM de Paris (Arts et Métiers ParisTech) dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement a rassemblé 39 personnes, provenant pour plus d'un tiers du monde industriel (Michelin, L'Oréal, Blue-star silicones, Arkema, Solvay, etc...) et pour les 2/3 du monde académique. Après un accueil à 9h00, la journée a été ponctuée par 2 pauses-café et un buffet déjeunatoire conviviaux qui ont permis aux participants d'échanger entre les différentes interventions. Nous remercions à cet effet les sponsors (CEA, Solvay, et Arkema) pour leur financement ainsi que l'ENSAM pour la mise à disposition gracieuse des locaux (un amphithéâtre, une salle conviviale et tout le matériel indispensable).

Cette journée a permis également au GFP de générer plus d'une dizaine de nouvelles adhésions ou renouvellement d'adhésion pour l'année 2015, alors que la SFGP a pu également compter un adhérent supplémentaire par le biais de cette journée.