



Université de Bretagne Occidentale



JOURNÉES DES JEUNES RHÉOLOGUES

> 22 & 23 juin 2022

📍 **Faculté des lettres et
sciences humaines**

Victor Ségalen

20 rue Duquesne à Brest

jjr2022.legfr.fr



Anton Paar



Remerciements

Partenaires Industriels

- Anton Paar
- Netzsch
- TA Instruments
- ThermoFisher Scientific



Collectivités Territoriales

- Brest Métropole
- Département du Finistère



Partenaires Institutionnels

- Département Génie Mécanique
- Faculté des Sciences
- Institut de Recherche Dupuy de Lôme – IRDL UMR CNRS 6027
- IUT de Brest-Morlaix
- Université de Bretagne Occidentale



**Le Groupe Français de Rhéologie
et tous les participants, conférenciers invités ou jeunes chercheurs**



Comité d'organisation

- Thierry AUBRY, Professeur
- Jacques HUITRIC, Maître de Conférences HdR
- François INGREMEAU, Maître de Conférences
- Matthieu KERMARREC, Doctorant
- Arnaud LE SAOS—KAUTEN, Doctorant
- Pascal MEDERIC, Maître de Conférences HdR
- Philippe ROQUEFORT, Ingénieur
- Julien VILLE, Maître de Conférences HdR



MERCREDI 22 JUIN 2022	08:00	08:15	Discours d'ouverture
	08:15	09:00	Philippe MARCHAL Rhéologie et génie des produits : des sciences aux interfaces
	09:00	09:20	Samuel MANDIN Développement de nanocomposites celluloseux à structuration contrôlée par ultrafiltration tangentielle et photopolymérisation UV
	09:20	09:40	Enrique MANSO CASTILLO Synthesis and properties investigation of carbon dots aqueous dispersions
	09:40	10:00	Sébastien CASTEL Caractérisation rhéologique et structurale de boues issues de procédés de traitement nucléaires
	10:00	10:20	Matthieu KERMARREC Matériaux commutables viscoélastiques
	10:20	10:30	<i>Pause</i>
	10:30	11:15	Anselmo SOEIRO PEREIRA Multiphase flows with viscoplastic materials: experiments, theory and numerical simulations
	11:15	11:35	Adilson SAMBA Modélisation des fluides rhéologiquement évolutifs
	11:35	11:55	Kindness ISUKWEM Viscoplastic drops impacting on a solid
	11:55	12:15	Léa CAILLY-BRANDSTETER Dynamics of capillary bridge and dragging
	12:15	14:00	<i>Déjeuner</i>
	14:00	14:45	Isabelle HENAUT Rhéologie interfaciale et coalescence
	14:45	15:05	Mai DUONG Small gap rheometry of biological fluids in medical studies and applications
	15:05	15:25	Said ELMARHOUM Effet du sel et de la température sur le vieillissement et la synérèse des polysaccharides : Cas de Kappa-Carraghénane
	15:25	15:45	Maude DUFOUR Relation entre la distribution de l'eau dans la pâte et le niveau de structuration du réseau de gluten
	15:45	16:00	<i>Pause</i>
	16:00	17:30	Visite (Diffraction des Rayons X, Microscopie, Résonance Magnétique Nucléaire et Spectrométrie de Masse)

JEUDI 23 JUIN 2022			Khalid LAMNAWAR
	08:30	09:15	Rheology, modelling and processing of multi micro-/nanolayered polymeric systems: from fundamental studies to innovative engineering
	09:15	09:35	Hu QIAO Study of rheological, morphological properties, dynamics and miscibility in Poly(lactid acid) - Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxy valerate) blends
	09:35	09:55	Lazaros VOZIKIS Rheology as suitable tool to investigate flow stability for mismatched viscoelastic multi - micro – nanolayer polymers
	09:55	10:15	Li JIXING Transient shear and elongational rheology of filled polymers: Probing of the long chain branching effect on percolation and non-linear rheological behaviors
	10:15	10:35	Nour JAOUADI Rheological and morphological investigation of Poly(Lactic Acid)/Polyamide 11 biosourced multiphase systems from blends to multi-Micro-Nanolayers polymers
	10:35	11:00	<i>Pause</i>
	11:00	11:45	Lazhar BENYAHIA Rhéologie, son et lumière
	11:45	12:05	Emna MASGHOUNI Shear and elongation rheology of filled polymers and their nano-structured multicomponent systems for ultra-high absorbance of Electro-Magnetic Radiation
	12:05	12:25	Arnaud LE SAOS--KAUTEN Etudes relations matériaux-procédés-propriétés appliquée à la détermination de critères d'imprimabilité 3D de matériaux composites à performances électromagnétiques contrôlées
	12 :25	14 :00	<i>Déjeuner</i>
	14:00	17:00	Visite 70.8
	20 :00	23 :00	Diner de Gala à la Maison de l'Océan

Conférenciers invités

Rhéologie et génie des produits : des sciences aux interfaces

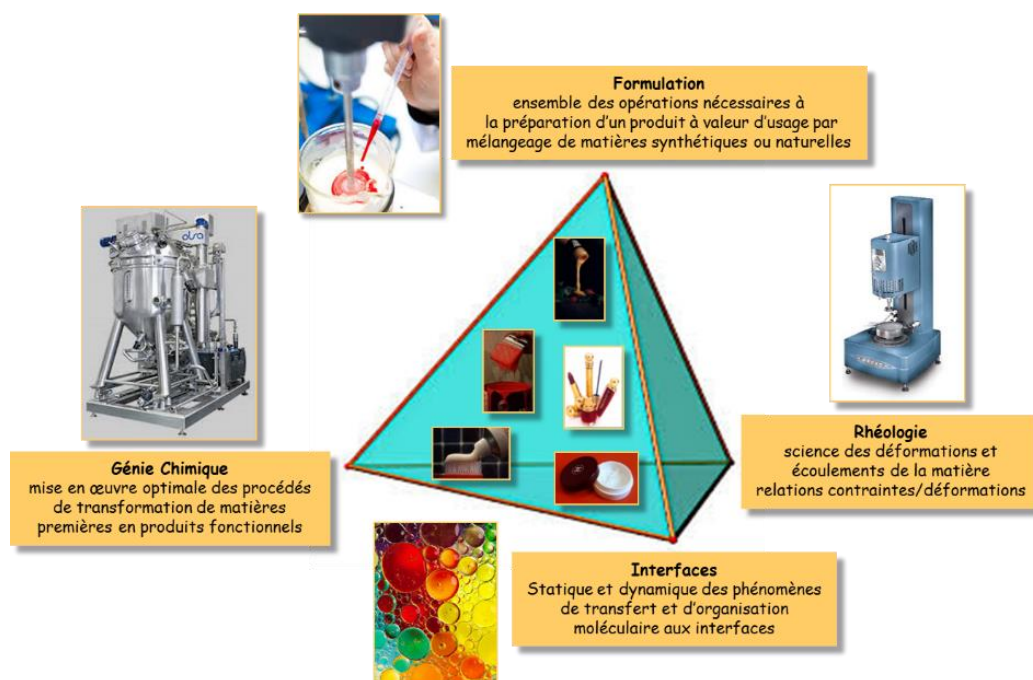
Philippe MARCHAL

*Laboratoire Réactions et Génie des Procédés,
LRGP UMR CNRS 7274, Nancy*

Au cours de ces dernières années, de nombreux secteurs industriels (chimie, pharmacie, cosmétique, agro-alimentaire, matériaux...) ont évolué vers des activités d'élaboration de produits possédant des fonctions et propriétés d'usage ciblées pouvant être de natures organoleptiques, thérapeutiques, cosmétiques ou mécaniques par exemple. Sont concernés des produits aussi variés que des crèmes, mascaras, rouges à lèvres, dentifrices, shampoings, gels douche, yaourts, mayonnaises, sauces, colles, enrobés bitumineux, enduits, peintures, revêtements de sol, tissus... pour n'en citer que quelques-uns.

La synthèse de tels produits, aux propriétés souvent antinomiques, constitue le cœur du génie des produits, qui associe formulation et génie des procédés, et que l'on peut définir comme l'ensemble des opérations nécessaires à la préparation d'un produit à "valeur d'usage". Le génie des produits se situe donc à un carrefour de différentes disciplines : la chimie, la biochimie, la physico-chimie, la science des interfaces, la science des colloïdes, la science des matériaux, le génie des procédés... sans omettre la rhéologie !

Pour atteindre les propriétés d'usage visées il est nécessaire de mélanger ou d'associer des constituants aux propriétés complémentaires tels que des dispersions liquide-liquide (émulsions), solide-liquide (suspensions), solide-gaz (poudres), des agents viscosifiants (polymères) et des agents stabilisants (tensio-actifs), le produit final pouvant être un mélange de tous ces constituants. Une crème cosmétique, par exemple, contient plus d'une trentaine d'ingrédients ! Ces systèmes multi-constituants sont des milieux loin de l'équilibre thermodynamique pour lesquels le couplage procédé-formulation-interfaces-rhéologie est fondamental et irréductible en vue de formuler un produit aux propriétés d'usage contrôlées.



Par exemple, une peinture doit être suffisamment visqueuse pour éviter la sédimentation des pigments au fond du pot, mais doit se fluidifier facilement lors de son application sur les surfaces à peindre tout en étant capable de se restructurer rapidement pour éviter les coulures. Elle doit être la plus écologique possible, ne pas dégager d'odeur désagréable, permettre un nettoyage facile des pinceaux, à l'eau de préférence, tout en étant résistante à l'eau une fois sèche... Concilier des propriétés contradictoires est le défi permanent du génie des produits et du rhéologue !

Multiphase flows with viscoplastic materials: experiments, theory and numerical simulations

Anselmo Pereira

*PSL Research University, MINES ParisTech, Centre for material forming (CEMEF), CNRS UMR 7635, CS
10207 rue Claude Daunesse, 06904 Sophia-Antipolis Cedex, France*

Multiphase flows with viscoplastic materials are of paramount importance in many fields of science, being directly related to extremely important biomedical, environmental, and industrial situations. In this talk, two major multiphase flow scenarios involving viscoplastic materials will be discussed: the (1) viscoplastic dam-break; and (2) the vibration-induced bubble rising in a viscoplastic medium. These problems are analysed through a mixed approach combining both two- and three-dimensional numerical simulations, as well as experiments. Numerical simulations are performed based on an adaptive variational multi-scale method for two materials (viscoplastic medium/gas) and compared with experiments carried out with a variety of yield-stress materials, such as Carbopol gels, Hand Sanitisers, peanuts butter, mayonnaise, ketchup, and dense suspensions, among others. The results are explored in the light of energy budget analyses and scaling laws, thanks to which the physical mechanisms driven the investigated problems are stressed. Lastly, the results are summarised in two-dimensional diagrams linking different flow regimes with their driving dimensionless parameters.

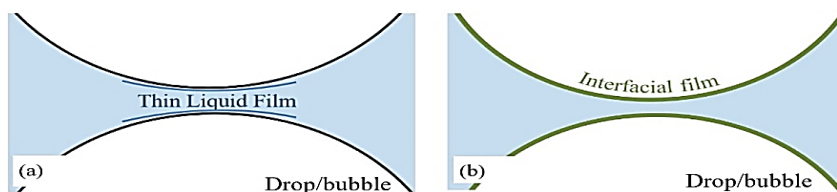
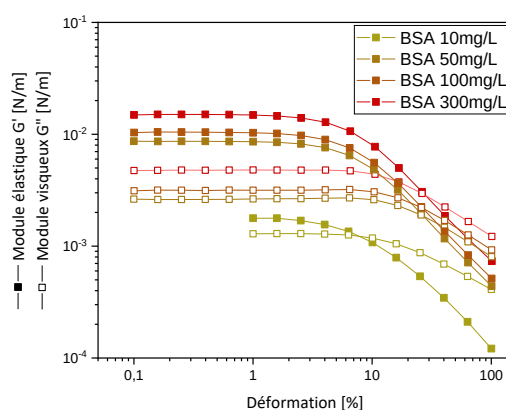
Rhéologie interfaciale et coalescence

Isabelle Hénaut

IFPEN

Direction Physico-chimie et Mécanique appliquées
1&4 avenue de Bois Préau, 92500 Rueil-Malmaison

L'étude de la coalescence concerne de nombreux secteurs industriels notamment ceux ayant trait aux émulsions et aux mousses : secteurs agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique etc. Vient s'ajouter à cette liste non exhaustive le secteur du traitement de l'eau, contexte de cette étude. Une forte partie des contaminants à retirer se trouve sous forme de gouttelettes huileuses émulsionnées dont la coalescence avec des bulles est recherchée dans le procédé de traitement par flottation. C'est un phénomène physique complexe car il met en jeu plusieurs échelles non seulement de temps mais aussi spatiales. Ainsi, lorsqu'une goutte et une bulle fusionnent, le film mince les séparant doit drainer puis se rompre. Les conditions de rupture vont dépendre de nombreux paramètres tels que : forces électrostatiques aux surfaces respectives, forces de Van der Waals, tensions interfaciales, viscosités des fluides dispersés et continus. L'influence de la rhéologie interfaciale doit également être prise en compte. A l'aide d'un système modèle composé de protéines globulaires (Bovin Serum Albumin BSA) nous avons pu étudier l'influence des propriétés interfaciales sur la rupture du film séparant une goutte d'huile et une bulle d'air et leur impact à l'échelle macroscopique. Ce système offre également la possibilité d'étudier l'influence des propriétés rhéologiques interfaciales sur l'étalement des gouttes aux interfaces liquide/air en complément des coefficients thermodynamiques généralement utilisés.



Rheology, modelling and processing of multi micro-nanolayered polymeric systems: from fundamental studies to innovative engineering

Khalid Lamnawar

Ingénierie des Matériaux Polymères, CNRS, UMR 5223, , INSA Lyon, F-69621, Villeurbanne, France

In this talk, a state of the art on the recent advances on multilayer coextrusion and the governed interfacial phenomena will be addressed. More specifically, we will deal with the interfaces/interphases of multi micro-/nanolayered polymer films fabricated by forced-assembly multilayer coextrusion technology. There are numerous recent reports dealing with multilayer polymer films from multilayer coextrusion but most of them are only focused on the structure, flow stability and properties of multilayer films. Interphase developed at the polymer–polymer interface critically determines macroscopic properties and flow stabilities of multilayered polymers from coextrusion process. However, a deep understanding of the interfacial phenomena involving rheology and dynamics is still lacking. In our recent works, effects of the triggered interface/interphase in multi micro-/nanolayered polymer structures were studied on compatible multilayers (PVDF/PMMA), reactive multilayers (PVDF-g-MAH/PA6 or PP-g-MA/EVOH) in comparison to the non-reactive one (PVDF/PA6 or PP/EVOH). Herein, we present some fundamental studies on “diffuse and/or reactive” interface/interphases in multi micro-/nanolayered systems to better control the processing and final properties.

On one hand, the interdiffusion kinetics and development of diffuse interphase were investigated by both rheological modeling and dielectric relaxation spectroscopy. A new model to probe and quantify the mutual diffusion coefficient without and the effect of flow. melt flow behaviors molecular rheology theories including tube model and convective constraint release (CCR) indicated a dilated tube diameter in the interphase, suggesting its weak entanglement intensity due to unfavourable interchain entanglements and its readiness to disentanglement under large deformations. Relating the interdiffusion, we further confirmed this finding by the existence of dynamic heterogeneity of the studied system in both terminal and segmental scale, together with locally structural heterogeneity. Secondly, multi micro-/nanolayered films were obtained by forced-assembly coextrusion. Influence of geometrical and macromolecular confinement on interfacial dynamics and rheology of multilayered systems was examined. We also revealed presence of multiple diffuse interphases and the corresponding formation mechanisms. Diffuse interphase even significantly altered the melt rheological behaviors of multilayers subjected to fast extensional flows. Interdiffusion with fast-mode mechanism and the triggered interphase were responsible for those changes in extensional rheology. Our findings reveal the role of interdiffusion and diffused interphase in morphology/microstructure development, dielectric relaxations, dynamics and rheology of multilayered polymers. On the other hand, in situ interfacial chemical reaction with copolymer development was investigated in multilayered systems from bi- to thousands of layers. Hereto, influence of interfacial reaction and formed interphase on the resulting macroscopic rheological, morphological properties and microscopic dynamics were investigated in term of copolymer architecture and reaction extent/time, as well as the length scale of the reactive interphase. Influence of the reactive interphase on melt rheology was then comparatively studied by step shear strain, start-up shear and extensional rheology. Particularly by the latter, we provided a more direct and quantitative view of the contribution of reactive interphase. Effect of reaction extent/time on extensional rheology was further examined. Therein, we investigated systematically the layer architecture/structure, morphology by WAXS/SAXS, dielectric properties, charge transport dynamics, and especially the uniaxial extensional rheology whereas some surprising strain hardening is highlighted with confinement. In line with macroscopic rheology, the retarded microscopic dynamics by the reactive interphase was revealed from a dielectric viewpoint. The reactive interphase also drastically altered the dielectric responses of the multilayers upon reaction, manifesting in the distinct interfacial relaxation/polarization.

Hence, this work will offer some new enlightenment for a better understanding of the interfacial properties including rheology, dynamics and dielectric properties, towards controlling the interface/interphase and confinement in multilayered polymers from coextrusion and for their advanced applications. Our findings are aimed at a better understanding of the interfacial properties towards controlling the interface/interphases in the present micro-nanostructured polymers for their advanced applications in our daily life such as (i.e., capacitors, energy storage devices, printable electronics, capacitors, energy, nano-medicine, automotive and construction etc).

Rhéologie, son et lumière

Lazhar Benyahia

*Institut des Molécules et Matériaux du Mans,
IMMM UMR CNRS 6283*

La matière en écoulement se manifeste de manière simple dans le geste d'un peintre ou dans l'application d'une crème que de façon plus complexe lors d'avalanches ou encore dans la beauté du ballet hydrodynamique d'une goutte qui heurte une surface liquide. Outre l'impact de ces écoulements sur la variation des tenseurs de contrainte et de déformation, d'intérêt premier dans cette démarche, d'autres signatures, optiques et sonores plus spécifiquement, peuvent se manifester. Nous montrerons qu'écouter ou regarder un écoulement peut révéler certains descripteurs physico-chimiques et rhéologies de matériaux complexes.

Conférences orales

Développement de nanocomposites cellulosiques à structuration contrôlée par ultrafiltration tangentielle et photopolymérisation UV

Mandin. S.^a, Pignon, F.^a, Hengl, N.^a, Jean, B.^b, Lancelon-Pin, C.^b, Chèvremont, W.^c, Narayanan, T.^c

^aUniv. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP

(Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes), LRP, F-38000 Grenoble, France

^bUniv. Grenoble Alpes, CNRS, CERMAV, F-38000 Grenoble, France

^cESRF, The European Synchrotron, CS 40220, F-38043 Grenoble Cedex 9, France

Le nombre de techniques de fabrication de nanocomposites cellulosiques ne fait que croître ces dernières années. Néanmoins, il est nécessaire de contrôler l'organisation des nanoparticules afin de conférer des propriétés mécaniques, optiques ou barrières à ces composites. Dans ce but, l'utilisation d'un procédé d'ultrafiltration tangentielle combiné à la réticulation ultraviolet (UV) s'est avéré être une proposition innovante. En effet, l'ultrafiltration tangentielle grâce à l'application combinée de champs de pression et d'écoulements induits au voisinage des membranes, permet de structurer et d'orienter à l'échelle nanométrique des nanoparticules (Figure 1A) telles que des nanocristaux de cellulose (NCC) [1]. Cependant, pour obtenir des matériaux nano-structurés et orientés, il est nécessaire de fixer cette structure in-situ avant qu'elle ne relaxe. Pour cela, un polymère poly (éthylène glycol) diacrylate (PEGDA), a été sélectionné pour ces nombreuses propriétés : il est photopolymérisable UV avec l'ajout d'un photo-initiateur, hydrosoluble et permet une bonne dispersion et un maintien de la structure colloïdale des NCC. Une suspension de PEGDA/CNC a été filtrée puis photopolymérisée ce qui a permis d'organiser, d'orienter les NCC et de maintenir cette organisation dans le film composite fabriqué (Figure 1B). Des mesures de diffusion de rayons X aux petits angles (SAXS) ont permis de quantifier ce niveau d'orientation en lien avec la concentration en NCC atteinte dans le film (Figure 1C). Des observations en microscopie électronique à balayage (MEB) (Figure 1D) ont révélées une structuration en forme de feuillets régulièrement espacés de type lamellaire, possédant une orientation préférentielle des NCC dans le sens de l'écoulement.

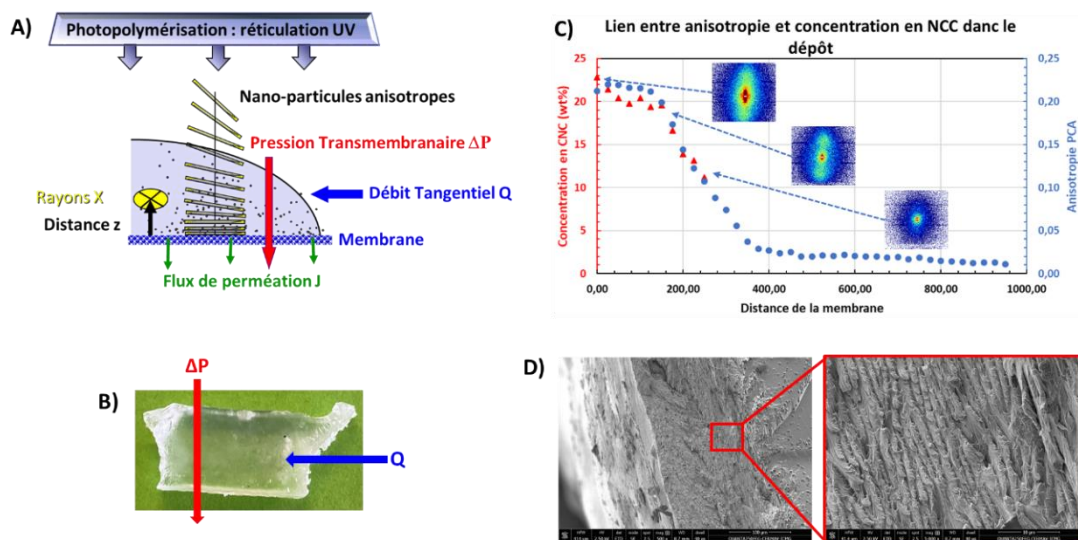


Figure 1 : (A) Schéma de la méthode de fabrication par ultrafiltration tangentielle combinée à la réticulation UV (B) Image d'un nanocomposite CNC/PEGDA (C) Profil de concentration en CNC et d'anisotropie dans le nanocomposite (Figure 1B) déduit de l'analyse des mesures de SAXS (D) Images MEB du dépôt de CNC formé proche de la membrane.

[1] Semeraro E. et al., *Colloids and Surfaces A*, 584, 124030 (2020)

Mots-clé : Nanocomposites, Ultrafiltration, Nanocristaux de cellulose, SAXS, MEB

Synthesis and properties investigation of carbon dots aqueous dispersions

E. Manso Castillo, V. Thévenet et A. Ponton

Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, Université Paris Cité et CNRS

Carbon dots (CD) are zero-dimensional carbon nanostructures with a size in the range of nanometers that present photoluminescent properties, a wide variety of functional groups and excellent biocompatibility and nontoxicity. As a new type of fillers, CD has been incorporated in different polymer matrices to design advanced structural and multifunctional materials with significantly improved properties allowing their use in a wide range of applications. However, their properties, depending on many parameters as reported in the literature, are scattered. Key-challenges faced by CD/polymer composites involve in particular the method of purification of CD, the control of aggregation of CD inside the polymer network, limiting the release of carbon dots from the polymer matrix to water media and establishing a relationship between the synthesis of CD and elaboration of composites with their properties in regard of applications.

In this context we present first results on the synthesis of CD from glucose using a one-step ultrasonic method and the comparison of two methods of purification. In a first step aqueous dispersions of CD were purified by changing the continuous phase to ethanol where the solubility of glucose and salts is lower in order to separate them by precipitation. The second method of purification studied was dialysis. We have clearly observed that aqueous dispersions of CD purified by dialysis show higher values of UV-visible absorption, photoluminescence, electrical conductivity, shear viscosity, higher decrease of heat capacity and more negative zeta potential values than the ones purified using ethanol, implying a higher purity of the dispersion of CD purified by dialysis. The effect of pH, related to protonation and deprotonation of functional groups, and the effect of temperature as well as the chemical and structural properties of carbon dots were also studied.

Mots-clé : carbon dots, dispersions, purification, fluorescence, shear viscosity

Caractérisation rhéologique et structurale de boues issues de procédés de traitement nucléaires

S. Castel¹, J-B. Champenois¹, S. Manneville² et A. Poulesquen¹

¹ CEA de Marcoule (CEA/DES/ISEC/DE2D/SEAD/LCBC)

² ENS de Lyon (LPENSL)

L'industrie du nucléaire est à l'origine d'un certain nombre de déchets qu'il est nécessaire de traiter et de conditionner, parmi lesquels des déchets de type boue. Ces déchets complexes sont définis comme une suspension de particules solides dans un fluide généralement aqueux. Comprendre le comportement sous écoulement de ces matériaux par une étude rhéologique est essentiel à la conception de procédés de reprise et de conditionnement de ces déchets radioactifs. Les procédés de traitement par coprécipitation d'effluent liquide radioactif sont une des principales sources de boue dans la filière nucléaire. Les premiers travaux de cette thèse se focalisent sur l'étude d'un simulant non radioactif d'une boue de coprécipitation. Cette boue peut être apparentée à une suspension de particules insolubles à composition et granulométrie large qui sont dispersées dans une phase neutre aqueuse présentant une grande force ionique et contenant principalement des ions Na^+ , NO_3^- et SO_4^{2-} . Diverses techniques de séparation de phase et d'analyse physico-chimique (ICP, chromatographie ionique, MEB, SAXS, DRX, FX, granulométrie laser) sont utilisées afin de cartographier précisément les propriétés du simulant. Un cisaillement sinusoïdal à amplitude de déformation variable permet de déterminer le domaine linéaire de réponse viscoélastique. L'écoulement est étudié en observant la réponse du matériau à une contrainte fixe, en appliquant une contrainte variable et en observant le gradient de cisaillement, ou vice-versa. La thixotropie est sondée grâce à des courbes d'écoulement établies avec des temps de mesure variables, ou alors en laissant la boue se reposer un temps donné avant d'appliquer une contrainte variable. Cette boue apparaît alors comme un matériau à seuil légèrement thixotrope qui se restructure sur des temps inférieurs à 5 min. La réponse observée dépend de la géométrie utilisée (Couette, Vane, Ruban Double hélice), et il peut alors être d'imager l'écoulement dans l'entrefer avec des ultrasons de diagnostic.

Mots-clé : Rhéologie, boues, traitement, nucléaire, ultrason

Matériaux commutables viscoélastiques

M. Kermarrec^a, T. Aubry^b, J. Ville^b, C. J. Gómez-García^c, S. Triki^a

^a Univ. Brest, CEMCA, UMR 6521, UBO

6 Av. V. Le Gorgeu, CS 93837-29 238 BREST Cedex 3, matthieu.kermarrec@univ-brest.fr

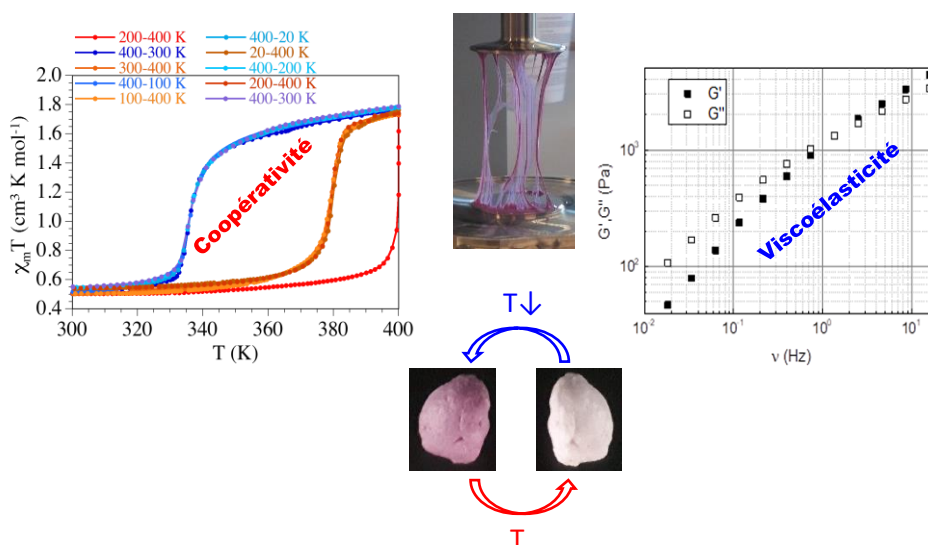
^b Univ. Brest, IRDL, UMR 6027, UBO

6 Av. V. Le Gorgeu, CS 93837-29 238 BREST Cedex 3.

^c Department of Inorganic Chemistry, University of Valencia, C/José Beltrán, 2, 46980 Paterna (Valencia) Spain

A ce jour, de nombreux matériaux commutables ont été synthétisés et décrit dans la littérature. Un enjeu important de cette famille de matériaux reste la mise en forme pour leurs intégrations dans des dispositifs ¹. Pour ce faire une stratégie explorée dans la littérature consiste à introduire des nanoparticules à transition de spin dans une matrice polymère^{2, 3}. Cependant, l'impact des propriétés viscoélastiques et/ou des propriétés physiques (conductivité, luminescence, phénomènes électro- et photo-actifs, ...) des polymères organiques sur les propriétés de transition de spin est relativement peu étudié. Ainsi, l'utilisation de nouveaux polymères en présence de polymères de coordination à transition de spin s'est révélée être une stratégie innovante conduisant aux premiers matériaux coopératifs et viscoélastiques.

Lors de cette présentation, nous présenterons des systèmes obtenus à partir de la chaîne de coordination [Fe(Htrz)₂(trz)](BF₄) (Htrz = triazole) dispersée dans un polymère organique. L'influence du polymère sur les propriétés magnétiques et l'impact structurant des cristallites sur les propriétés viscoélastiques du système seront discutés.



[1] Kahn, O., Kröber, J., & Jay, C. *Advanced Materials*, **1992**, 4(11), 718-728.

[2] Nagy, Veronika, et al. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **2014**, 456, 35-40.

[3] Tissot, Antoine, et al. *Dalton Transactions* **2010**, 39.33, 7806-7812.

Mots-clé : Transition de spin, micro et nano-composite, coopérativité, rhéologie.

Modélisation des fluides rhéologiquement évolutifs

A. Samba, C. Lemaitre et P. Marchal

Laboratoire de Réactions et Génie des Procédés

La thixotropie se manifeste par une diminution de la viscosité du matériau au cours du temps sous sollicitation constante. Beaucoup de produits industriels sont concernés, comme les peintures, les ciments ou le dentifrice. Ces produits sont souvent des dispersions de particules ou de macromolécules aux seins desquelles des interactions faibles produisent un réseau tridimensionnel structuré. Sous l'effet d'une sollicitation, le réseau se brise, il y a déstructuration conduisant à un écoulement facilité du fluide et donc à un abaissement de sa viscosité.

Le comportement rhéologique des fluides évolutifs fait l'objet de nombreuses études car la connaissance de leurs modalités d'écoulement est nécessaire à l'optimisation de nombreux procédés industriels. Cependant, la modélisation structurelle et la simulation numérique des fluides thixotropes reste un sujet en plein développement. L'objectif de la présente étude est d'abord de proposer un modèle rhéologique décrivant la thixotropie et ensuite de coupler ce modèle avec les équations de conservation de la masse et de la quantité de mouvement afin de simuler l'écoulement de ces fluides.

Plusieurs matériaux thixotropes, des fluides commerciaux et des fluides modèles formulés en laboratoire, sont en cours de modélisation. Un modèle similaire à ceux de (Mewis & Wagner, 2009) et (Houska, 1981) est en cours de développement pour décrire le comportement rhéologique de ces matériaux. Les paramètres du modèle sont déterminés à partir d'expériences réalisées sur des rhéomètres rotatifs disponibles au LRPG.

Ce modèle proposé a été adapté du modèle de Herschel-Bulkley. Afin d'éviter les problèmes numériques dus à la viscosité tendant vers l'infini, le modèle de Herschel-Bulkley a été régularisé. Pour capturer les effets thixotropes, la consistance a été modifiée pour être une fonction d'un paramètre de structure dépendant du temps qui évolue selon la cinétique de Moore. Les prédictions du modèle sont en accord avec les données expérimentales obtenus en régime permanent et en transitoire.

Houska, M. (1981). *Engineering Aspects of the Rheology of Thixotropic Liquids*. Prague: Czech Technical University of Prague.

Mewis, J., & Wagner, N. J. (2009). Thixotropy. *Advance in Colloid and Interface Science*, 214-227.

Mots-clé : Rhéologie, Thixotropie, Modélisation structurelle, Herschel-Bulkley, Simulation numérique.

Viscoplastic drops impacting on a solid

K. Isukwem, A. Pereira, R. Castellani, R. Valette and E. Hachem

CEMEF Mines Paris, PSL Research University, Sophia-Antipolis, France

The impact of drops on solid surfaces represents a crucial topic in interfacial hydrodynamics and soft matter rheology directly related to extremely important environmental and industrial situations, such as pesticides deposition, inkjet printing, coating, motor jets, ceramic beads and non-spherical particles production, as well as encapsulation processes. Interestingly, despite the considerable number of studies devoted to this topic, its most fundamental question remains opened: what is the maximum diameter attained by an impacting drop? Following this, controversial theoretical arguments and scaling laws have been proposed. In the present work, we highlight this long-standing problem within fluid mechanics through finite element-based numerical simulations combined with an adaptive variational multi-scale and a Level-Set method for two materials (air and the viscoplastic drop) coupled with experiments. Thanks to kinematic and energy budget analyses that take into account a wide range of impact velocities and rheological properties, we show that the maximum spreading of viscoplastic drops impacting on solid is simply governed by the conservation of kinetic energy into surface, viscous dissipation, plastic and/or pressure/gravitational energies. This energy transfer process gives rise to a number of spreading regimes (viz: viscoplastic, capillary-viscous, capillary-plastic) expressed by scaling laws related to the Weber number, the Reynolds number, the Bingham number and the Froude number. The scaling laws, however, are highly dependent on the interfacial interactions between the drop and the impacted surface. Lastly, comparisons between our numerical results and experimental ones (from our present work and existing literature) indicate that, for most situations of practical interest, all energy terms mentioned above are important, which elucidates the origins of the controversial debate concerning the spreading scaling laws.

Keywords: Impacting viscoplastic drops, multiphase flow, 3D numerical simulations.

Dynamics of capillary bridge and dragging

L. Cailly-Brandstätter¹, L. Betti¹, R. Valette², C. Cohen¹

¹*Institut de Physique de Nice (INPHYNI), Université Côte d'Azur, UMR 7010 CNRS,*

²*Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF), MinesParis PSL, UMR 7635*

The pinch-off dynamics of a liquid bridge is relevant to several industrial applications such as transferring a liquid volume to a solid surface. This process provides a rich source of challenging issues in fundamental fluid mechanics. Liquid-air interface shape plays a prominent role and leads to non-linear infinite boundary problems. The moving contact lines problem is not fully understood especially for superhydrophobic surfaces and non-Newtonian liquid behavior.

This study intends to investigate the dynamics and breakage of a liquid bridge. We used a capillary bridge technique [1] [2]. When a spherical surface dips into a liquid and is withdrawn from a free liquid surface, it drags a liquid bridge. The liquid is stretched between the surface and the liquid free surface implying capillary forces opposed to shear forces with a contact line in motion unlike common capillary bridge rheometers. The effect of the contact line on the breakage regime and the recovery of liquid is studied.

The experimental study we have conducted with diverse types of surface properties shows that a liquid bridge stretched out of a free surface displays two types of behaviors. The pinch-off location is near the surface whenever it is superhydrophobic because of a low surface energy due to a micro roughness pattern and a chemical coating. A lower pinch-off location appears when a liquid bulk adheres to the surface. Depending on the elongation rate and the surface properties, the volume dragged after the breakage of the capillary bridge varies and eventually remains attached to the surface in a shape of a droplet.

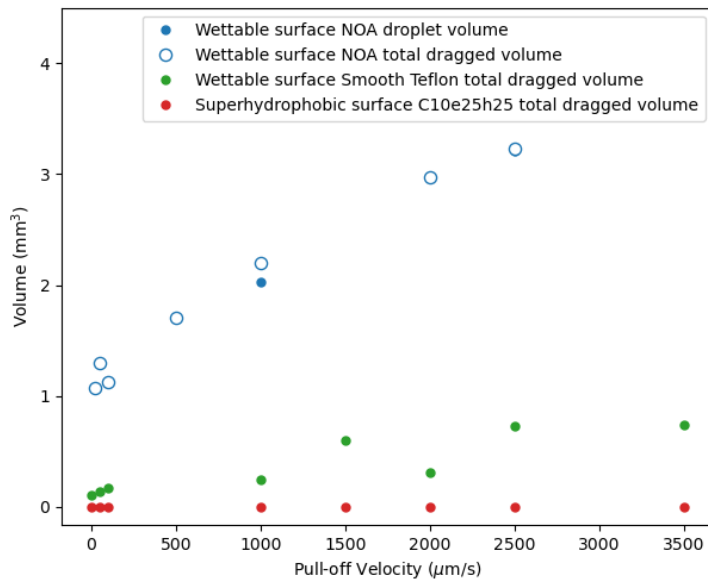


Figure 1: Volume transferred to the surface and total volume dragged depending on the velocity pull-off for different surface properties.

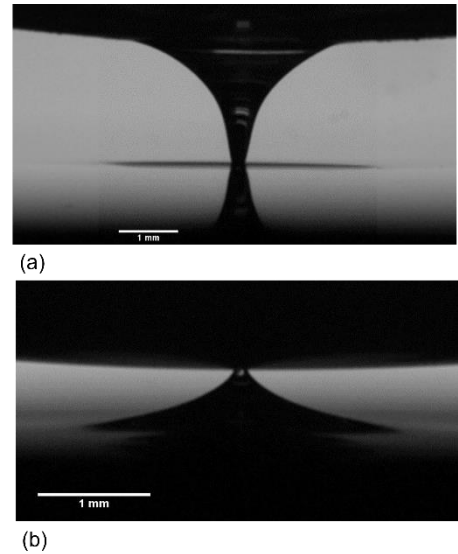


Figure 2: Two different regimes observed at the breakage of the liquid bridge. (a) Wet surface at a rate of 2500 μm/s (b) Superhydrophobic surface at a rate of 2500 μm/s.

- [1] L. Vagharchakian, F. Restagno et L. Léger, «Capillary bridge formation and breakage: a test to characterize antiadhesive surfaces,» *J Phys Chem B*, 26 Mar 2009.
- [2] C. Cohen, Y. Bouret, Y. Izmaylov, G. Sauder, E. Forestier et X. Noblin, «Capillary bridge technique to study superhydrophobic surfaces,» *Soft Matter*, 15, pp. 2990-2998 , 27 Feb 2019.

Keywords: Capillary bridge, Adhesion, Pinch-off, Fluid dynamics

Small gap rheometry of biological fluids in medical studies and applications

T.T.M. Duong et F. Caton

Laboratoire de Rhéologie et Procédés

Rheological properties of biological fluids such as mucus, sputum, saliva or even tears present a great interest in medical studies. However, obtaining a large volume of sample for measuring is challenging especially when the samples are human origin. Narrow gap plate-plate rheometry is believed to be an optimal solution for studying rheological properties of biological fluids as it requires sample at trivial volume. The range of accessible shear rate, limited up to 100 s^{-1} at 1Hz, and the gaps above $100\text{ }\mu\text{m}$ are the measurement windows that usually play as the main concerns when using small gap technique. On the other hand, linear and non-linear viscoelastic properties of low viscosity and weakly elastic fluids require reproducible results for reliable analysis. Yet, experimental errors including plates gap error, plate-plate parallelism, geometry concentricity, sample filling error can interfere both accuracy and reproducibility of the test. Above all, gap error remains an important problem when applying measurement with parallel plates at thin gaps. Hereby, we provide methodologies to estimate the systematic error of the gap in parallel plates and to verify the gap error in order to assure the robust results. Special methods for sample manipulation of highly viscoelastic fluids using positive displacement pipettes allows to eliminate the variety of sample filling between the plates. Besides, visualisation system integrated in to the measurement apparatus allows to assist the adjustment procedures of the actual gap and the filling state of sample between the plates before and during experiments. The entire setup aims at ensuring reliable results with high accuracy and reproducibility.

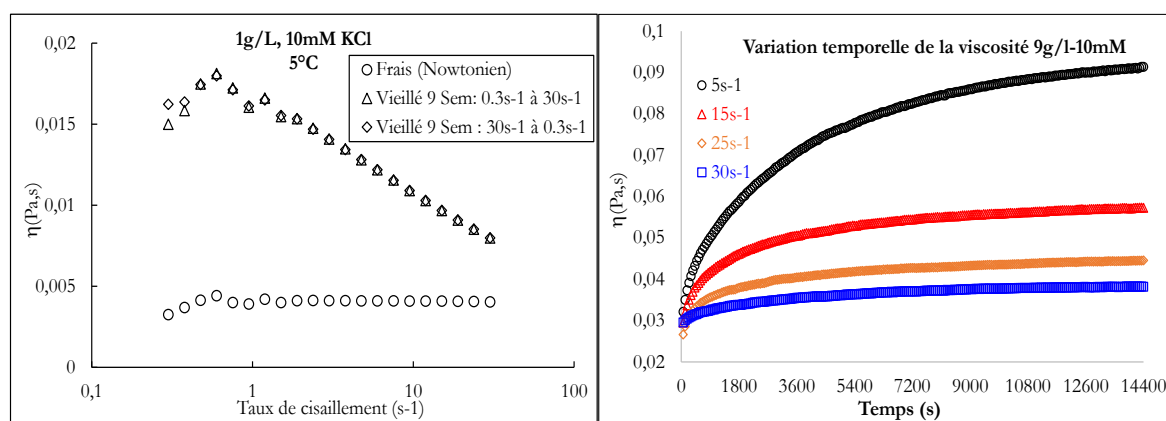
Mots-clé : Rhéologie, biological fluids, plate-plate geometry, small gap, gap correction.

Effet du sel et de la température sur le vieillissement et la synérèse des polysaccharides : Cas de Kappa-Carraghénane

S. Elmarhoum, Y. Rharbi, et K. Ako

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LRP, F-38000, Grenoble, France

Les hydrogels de kappa carraghénane (K-Carr) présentent une synérèse dans certaines conditions, qui dépendent de la concentration en polysaccharide, de la concentration en sel dans le gel et de la température. Nos études récentes [1-2] montrent que la stabilité de ce système (K-Carr) est déterminée par l'équilibre thermodynamique de son constituant dans la phase solvant. Pendant le stockage et en présence de sel, l'écart de viscosité entre l'échantillon frais et l'échantillon stocké augmente avec la concentration de KCl ajoutée (5mM, 10mM et 15mM) et diminue avec la température, la cinétique de cette augmentation est attribuée à une évolution de conformation. Dans ce travail, le changement de viscosité observé est souligné pour donner une compréhension de la relation entre les propriétés rhéologiques et la résistance à la synérèse des gels. Le temps de stockage pourrait être considéré pour contrôler cette propriété des systèmes de K-Car.



[1] Elmarhoum, S., & Ako, K. (2021). Lower critical concentration temperature as thermodynamic origin of syneresis: Case of kappa-carrageenan solution. Carbohydrate Polymers, 267.

[2] AKO, K., & Elmarhoum, S. (2022) The determination of the lower critical concentration temperature and intrinsic viscosity: The syneresis reaction of polymeric gels. Food Hydrocolloids, 124.

Mots-clé : Vieillissement, Kappa-Carraghénane, Synérèse, Viscosité, pré-gélification.

Relation entre la distribution de l'eau dans la pâte et le niveau de structuration du réseau de gluten

M. Dufour ^{a, b, *}, L. Foucat ^{b, c}, F. Hugon ^a, G. Della Valle ^b, K. Kansou ^b, H. Chiron ^b, L. Saulnier ^b

^a La Boulangère & Co, F-85140 Essarts en Bocage, France

^b INRAE, UR BIA, F-44316 Nantes, France

^c INRAE, PROBE infrastructure, BIBS facility, F-44316 Nantes, France

L'hydratation de la farine est l'un des principaux facteurs qui régissent le comportement rhéologique de la pâte, déterminé dès l'étape du pétrissage. La connaissance de la répartition de l'eau entre les composants de la farine permettrait de mieux comprendre les modifications de comportement de la pâte tout au long du processus de panification. La résonance magnétique nucléaire (RMN) couplée avec des analyses rhéologiques des pâtes semblent particulièrement bien adaptées à cet objectif.

Dans cette étude, des pâtes à base de 4 farines de blé ont été pétries au Farinographe à différentes durées de pétrissage (3 - 9 - 12 min, correspondant respectivement à un sous-pétrissage, un pétrissage optimal ou un sur-pétrissage) et à différents niveaux d'hydratation (50% - valeur optimale déterminée au Farinographe - et 66% en poids de farine). La dynamique de l'eau a été évaluée par RMN à bas champ (MiniSpec, Bruker). Le comportement thermo viscoélastique de la pâte a été déterminé par analyse thermomécanique dynamique (DMA) et les propriétés bi-extensionnelles par compression uniaxiale lubrifiée (LSF).

La RMN a révélé 4 à 5 populations différentes de protons de l'eau dans la pâte, définies selon leur mobilité. Leurs variations avec les conditions expérimentales (origine de la farine, temps de pétrissage et hydratation de la pâte) sont représentées dans des graphiques de distribution de l'eau, basés sur les paramètres de distribution de relaxation (T2 et proportion). 4 états d'hydratation (HS) différents ont été observés, indépendamment des conditions expérimentales de la pâte et de l'origine de la farine. Ces évolutions des HS peuvent être interprétés par des modifications du niveau de structuration du réseau de gluten. Cette interprétation est renforcée par les résultats obtenus pour les variations du module de stockage entre 55 et 70°C, qui reflètent la réticulation du gluten, et par les indices de rhéodurcissement et de consistance, obtenus, respectivement, à partir des variations de la contrainte et de la viscosité bi-extensionnelle qui varie selon une loi puissance.

Mots-clé : Rheology, Bread process, Wheat Flour, Hydration kinetics, Gluten network structure.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention Cifre n°2020/0687 entre l'entreprise La Boulangère & Co et INRAE.

Study of rheological, morphological properties, dynamics and miscibility in Poly(lactid acid) - Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxy valerate) blends

Hu Qiao, Khalid Lamnawar, Abderrahim Maazouz.

**Université de Lyon, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, INSA Lyon, F-69621, Villeurbanne, France*

The purpose of the present work is to gain a true and fundamental understanding of the composition dependence among rheology, morphology, miscibility and thermal stability of Polylactide (PLA) Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) (PHBV) biopolymer blends by melt mixing at whole ranges of compositions before their co-extrusion in multi-micro/nanolayered nanostructured films for ultra-high barrier applications. Firstly, restricted processing conditions were chosen due to inherent heavy thermal degradation of PHBV proved by Dynamic Time Sweep (DTS) and SEC. Based on this, the composition dependence of blends was supported by the results from SAOS measurement, morphologies observed from SEM, Analyzing of Tg from DMA and DSC, and phenomena of interfacial Maxwell–Wagner–Sillars (MWS) polarization characterized by Dielectric Relaxation Spectroscopy (DRS) from molten to solid state. The origin of composition dependence was due to the disparate properties between PLA and PHBV on the basis of immiscibility. High viscosity ratio leads to their irregular structure morphologies, and could further explain the maximum degree of immiscibility and thermo-rheological complexity appeared in the asymmetric PLA-rich phases, which could also be convinced by the crystal–amorphous interfacial MWS polarization because of their different crystallization behaviors. By contrast, the miscibility and thermo-rheological simplicity were improved in the intermediate compositions and PHBV-rich phases at lower temperature, their properties are more governed by the heavy degradation of PHBV.

Keywords: Rheology, miscibility, morphology, co-extrusion, nanostructured biopolymer films

Rheology as suitable tool to investigate flow stability for mismatched viscoelastic multi - micro – nanolayer polymers

Lazaros Vozikis¹, Abderrahim Maazouz¹, Khalid Lamnawar^{1*}

¹INSA Lyon, Université de Lyon, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, F-69621, Villeurbanne, France

The present work is in collaboration with IPC, the Industrial Technical Center for Plastics and composites. The aim of this study is to investigate flow stability in mono- and multi-layered polymeric systems during forced assembly layer coextrusion. The main objective is to develop new architecture films with controlled and enhanced performances such as highly transparent and improved transport/barrier properties. Firstly, small-amplitude oscillatory shear (SAOS), steady flow experiments were performed in the molten state to investigate the viscoelastic properties of the polymers. The thermal stability has been evaluated in order to avoid a possible material degradation during the process. Another important parameter to take into account to insure the process stability is the rheological contrast between the polymers. Thus, the viscosity and elasticity ratios have been investigated in relation to the process parameters. Wavy and encapsulations defects have been analysed in terms of viscous and elastic instabilities depending of the studied couples. Stability charts were then established depending of the flow rate ratios for the studied systems. Hence, the processing window is purposed for the next steps of processing.

Keywords: Rheological contrast, multifunctional materials, multi-layers, co-extrusion

Transient shear and elongational rheology of filled polymers: Probing of the long chain branching effect on percolation and non-linear rheological behaviors

Jixiang Li, Abderrahim Maazouz, Khalid Lamnawar*

**Université de Lyon, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, INSA Lyon, F-69621, Villeurbanne, France*

Polymer composites with different sorts of fillers have been increasing applied recently because of their lightweight, flexibility as well as enhanced functional properties (i.e., mechanical, electrical, thermal, etc.). In addition, the polymer chain structures (linear or branch) also show profound influence both on processing and filler dispersion. The present work tried to deeply detect these effects of both filler percolation and polymer chain structures to the rheological behaviors of the composites through transient shear and elongational rheology experiments. Linear polypropylene (PPC) and branched polypropylene (PPH) were chosen as the polymer matrix and carbon nanotubes (CNTs) as the nano fillers. Lower rheological percolation threshold was found for PPC which probably was due to the lower relaxation time and less chain entanglement of the polymer matrix. The results of relaxation modulus after a step strain reflected that the relaxation modulus of nanocomposites witnessed a plateau after long step times especially for samples after percolation indicating the network owing the filler-filler and filler-polymer interactions. The same trend can be explained also by the damping functions. At small volume fractions, the damping functions seem to be similar to the damping function of unfilled polymer. However, the higher the volume fraction of filler, the smaller the damping function is, and at the lower strains the nonlinear behavior appears. For polymer nanocomposites, the experimental data of damping function were below the DE model curve (Type C curve), which may suggest that samples never experienced as much bulk strain as imposed, implying the fillers network forming mentioned above. Interestingly, time-strain separability seems to be very sensitive to the presence of long chain branching (LCB) and the effect of fillers whatever their concentration. As the thesis is still in progress, more influences of LCB and fillers (depending of their size and the chain gyration radius) are illustrated by start-up shear and elongational rheology measurements. The obtained results will offer some new enlightenment to achieve high-efficiency and robust/alternative 3D electric/magnetic fillers in their final nanostructured multilayered materials with an electrically conductive hybrid network showing a high orientation and ordered distribution.

Keywords: Transient rheology, percolation threshold, polypropylene, carbon nanotubes, long chain branching

Rheological and morphological investigation of Poly(Lactic Acid)/Polyamide 11 biosourced multiphase systems from blends to multi-Micro-Nanolayers polymers

N. Jaouadi^{1, 2}, K.Lamnawar¹, A.Maazouz¹ and M.Jaziri²

¹Université de Lyon, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, INSA Lyon (IMP) –IMP@UJM, CNRS, UMR 5223 – F-69621, Villeurbanne, France

² Université de Sfax, Electrochimie et Environnement, l'Ecole Nationale d'Ingénieurs ENI-Sfax(LEE), Sfax, Tunisie

The objective of this study is to gain a deep understanding of the Micro-nano-structuration of biosourced polymers multiphase systems based on polylactide (PLA) and polyamide 11 (PA11). Generally, PLA cannot challenge regular commodity polymers due to its weak thermo-mechanical properties and its poor elongation properties.

Firstly, we present a promising route to overcome these drawbacks in order to enhance the processability of PLA blending with other ductile biopolymers such as PA11, as well as mixing PLA/PA11 blends with a chain extender, Joncryl ADR-4368, containing reactive epoxy functions. To attain our objectives, different blending approaches were used.

The effects of those strategies on the morphology and rheology properties were investigated. Results showed that a “self compatibilization” between PLA and PA11 chains can occur but it was found to be insufficient. The role of Joncryl as a compatibilizer for the PLA/PA11 system has been demonstrated by the significant decrease of particle size and interfacial tension as well as the improvement of ductile properties. Moreover, a new relaxation peak appeared in the relaxation spectrum, indicating the generation of a copolymer at the polymer-polymer interface.

Secondly, the obtained blends were structured by the innovative coextrusion process allowing the in-situ evolution of their morphology by confinement. Hence, the work is in progress to investigate their morphological, rheological and mechanical properties.

Keywords: Rheology, morphology, biosourced polymers, compatibilization, reactive extrusion, co-extrusion.

Shear and elongation rheology of filled polymers and their nano-structured multicomponent systems for ultra-high absorbance of Electro-Magnetic Radiation

Emna Masghouni, Abderrahim Maazouz, Khalid Lamnawar*

INSA Lyon, Université de Lyon, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, F-69621, Villeurbanne, France

The present work comes within an ANR project* dealing with the development of nanostructured polymeric composites with an enhanced absorption of electromagnetic radiation (EMR). The strategy relies on tailoring their internal architecture leading to a morphological structuration with local electrical/magnetic properties. Such proof of concept can be elaborated by an innovative nanolayer coextrusion and the In-Mold Electronics process (IME). In this regard, flexible films containing conductive and/or magnetic fillers are investigated as support for Plastronic devices against electromagnetic pollution. The challenge is to obtain a 3D electrical/magnetic filler network with high orientation/ordered distribution.

The system chosen for this work focuses on a PE matrix with different molecular architectures (linear/ branched) to be coupled with high-Tg amorphous polymers, used as confining materials. Hereto, different fillers of various dimensions and shapes were selected and used (with magnetic and electrical properties). Therefore, the compounds were obtained through the preparation of well-controlled masterbatches, their dilution was performed using an improved dispersive twin-screw extrusion process.

In the present talk, small-amplitude oscillatory shear experiments (SAOS) were firstly performed in the molten state to correlate the viscoelastic properties to the percolation properties depending on the nature of the filler, their aspect ratio, combination and compositions. Specific attention is devoted to investigate effects of the solid-liquid to liquid-solid like behaviors in correlation with morphological and dispersion properties (SEM, TEM...).

Secondly, effects of flow were investigated in the nonlinear and transient regimes. More specifically, step shear and extensional properties were studied. The effect of the nature of the fillers, their aspect ratios and compositions will be highlighted and rationalized. Naturally, effects of strain rates or amplitudes (shear or elongation) on the alignment of particles and viscosity/elasticity ratios, were explored in order to predict the coextrusion and IME processing windows. The obtained results will offer some new enlightenment to achieve high-efficiency nanostructured materials with an electrically conductive network showing a high orientation and ordered distribution.

Keywords: Composites, co-extrusion, nano-structure, electromagnetic, shielding, multilayer, rheology, morphology, EMR, absorbance, in-mold electronic

*The authors thank the financial support from the Agence Nationale de la Recherche to NOEMR project (ANR20-CE06-0003).

Etudes relations matériaux-procédés-propriétés appliquée à la détermination de critères d'imprimabilité 3D de matériaux composites à performances électromagnétiques contrôlées

A. Le Saos—Kauten^{1,2}, J. Ville¹, P. Roquefort¹, T. Aubry¹, V. Laur², A. Chevalier², A. Maalouf²

¹ IRDL UMR CNRS 6027, Université de Bretagne Occidentale, Brest

² Lab-STICC UMR CNRS 6285, Université de Bretagne Occidentale, Brest

L'accroissement de l'utilisation des technologies sans fil entraîne une diversification importante des contextes d'application des systèmes basés sur l'émission d'ondes électromagnétiques. Les absorbants électromagnétiques sont aujourd'hui utilisés non seulement pour améliorer la furtivité des systèmes dans le domaine militaire mais aussi pour contrôler des interférences parasites à l'intérieur de modules de plus en plus compacts. Ainsi, de nouvelles technologies de mise en forme de ces matériaux composites doivent être mises en œuvre pour faciliter leur fabrication et limiter leur coût de production. Dans ce contexte, l'élaboration de matériaux composites absorbants innovants apparaît comme un potentiel de développement remarquable des techniques de fabrication additive telles que l'impression 3D par dépôt filaire à l'état fondu.

La présente étude consiste à élaborer des matériaux composites à matrice bi-phasique acrylonitrile butadiène styrène (ABS)/polyéthylène (PE) chargée en particules ferromagnétiques (Fe), ayant vocation à concevoir un matériau capable d'absorber les ondes électromagnétiques et pouvant être imprimé en 3D. Pour ce faire, les échantillons sont préparés à l'échelle du laboratoire, à l'état fondu, à partir de deux matériaux de référence : un mélange-maître ABS/PE élaboré au mélangeur interne et un matériau composite ABS/Fe préparé à l'aide d'une mini-extrudeuse. L'élaboration des matériaux composites [ABS/PE]/Fe repose sur l'incorporation de particules Fe, à l'aide d'une mini-extrudeuse, au sein du mélange ABS/PE.

Les premières observations en microscopie électronique à balayage mettent en évidence la dispersion d'inclusions ellipsoïdales de PE dans la matrice ABS, ce qui est attribué à la contribution visqueuse de la phase ABS prépondérante sur l'élasticité du PE. En outre, les particules de Fe se présentent sous forme de sphères micrométriques individualisées, systématiquement dispersées dans la phase ABS. Les mesures en viscoélasticité linéaire mettent en évidence, à une température de 220°C, valeur choisie pour chaque procédé de malaxage (mélangeage, extrusion) et de mise en forme (filage, impression 3D), la totale stabilité thermique de chaque matériau de référence ainsi que du matériau composite [ABS/PE]/Fe pendant 3 000 s. Cette durée englobe toutes les étapes de fabrication des échantillons. En outre, si le niveau de viscosité est comparable à celui des matériaux composites ABS/Fe, le comportement à seuil d'écoulement des échantillons [ABS/PE]/Fe n'en contre-indique pas l'imprimabilité. Enfin, la présence d'inclusions de PE a vocation à conférer aux filaments composites un gain d'élasticité par rapport aux filaments de référence ABS/Fe. Les premiers résultats obtenus en réalisant une caractérisation électromagnétique à l'aide d'une méthode en guide d'onde rectangulaire (8-12 GHz) montrent que l'incorporation de particules Fe à fraction volumiques croissantes (de 10% à 30%) entraîne l'augmentation des pertes magnétiques au sein du composite. Les résultats obtenus pour le matériau [ABS/PE]/Fe avec 30% de Fer et 20% de PE concordent en termes d'absorption électromagnétique avec le composite ABS/Fe 30%. L'ajout d'inclusions PE dans le composite ABS/Fe ne contre-indique en rien le caractère absorbant du matériau créé.

En termes de perspectives, envisager l'utilisation de particules ferromagnétiques lamellaires contribuerait à compléter les premiers résultats en comparant l'impact de la géométrie des particules, sphérique ou lamellaire, sur le comportement rhéologique, les performances électromagnétiques et l'imprimabilité des échantillons. A plus long terme, l'idée est d'extrapoler le protocole d'élaboration et de mise en forme de l'échelle de laboratoire vers celle de l'industrie tout en contrôlant les performances finales des échantillons. La compatibilité de ces matériaux avec la technologie d'impression 3D filaire permettra d'envisager la conception et la fabrication de matériaux structurés tels que des matériaux à gradient d'indice dans le but d'optimiser l'adaptation d'impédance de la structure, et ainsi, son efficacité en termes d'absorption.

Mots-clé : Morphologie, rhéologie, électromagnétisme, hyperfréquences, impression 3D

Communication par affiche

Etude de la validité d'une démarche rhéologique permettant de contrôler et étudier la synérèse

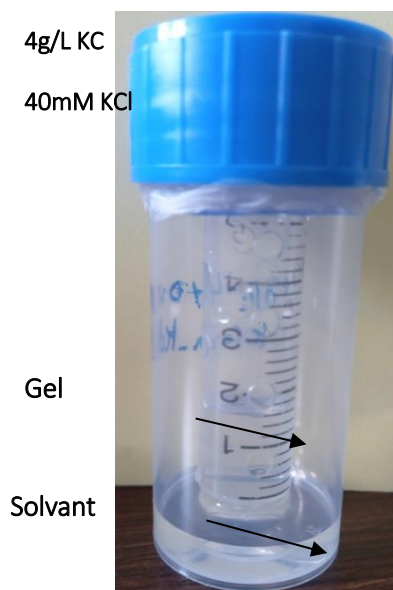
S. Elmarhoum, Y. Rharbi, et K. Ako

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LRP, F-38000, Grenoble, France

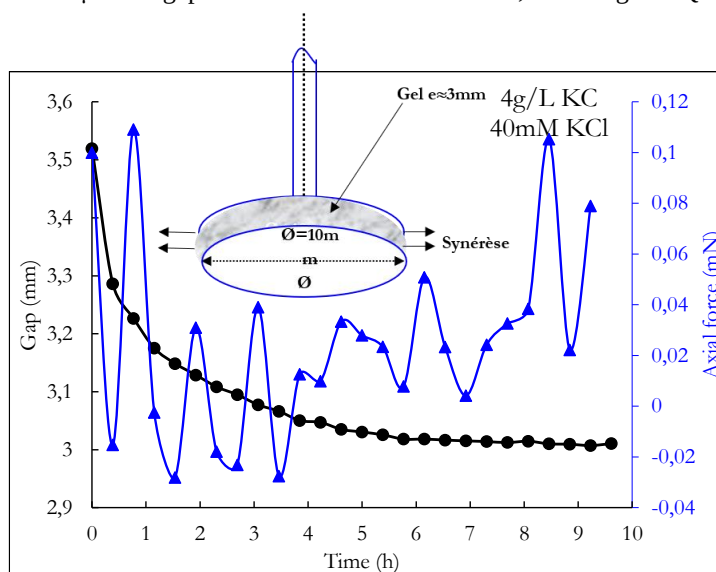
Les carraghénanes sont les polysaccharides d'origine marine les plus exploités industriellement. Extraits des algues rouges. Ils constituent une large famille de polysaccharide linéaire sulfaté, de poids moléculaire compris entre 100 et 1000 KDa environ [1]. La classification des carraghénanes est basée sur la position et le nombre des groupements sulfates sur les deux unités galactopyranoses du monomère [2]. Kappa-carraghénane appartient à la famille des polysaccharides en question, il est dans un état désordonné à température élevée et sous forme de bâtonnets semi-rigides à basse température. A basse température et en présence de sel, les Kappa-carraghénanes gélifient fortement et passent à un état ordonné sous forme d'hélices en solution, ces hélices s'auto-agrègent pour donner le gel. Les gels obtenus en présence du cation K^+ sont rigides, cassants et donnent lieu au phénomène de la synérèse. Ce phénomène est défini comme la contraction spontanée d'un gel sans application de forces externes, entraînant l'expulsion du liquide du gel.

Pour étudier la cinétique de la synérèse, Ako a utilisé un tube gradué avec une précision de $\pm 0.1\text{mL}$ (image), cette méthode nécessite deux semaines pour avoir le régime quasi-stationnaire [3].

Dans ce contexte, Nous avons utilisé dans cette étude des mesures rhéologiques dont l'objectif principal est de contrôler la synérèse avec une précision de $\pm 0.1\mu\text{m}$ en gap et $\pm 0.06\text{mN}$ en force axiale, et le régime Quasi-stationnaire atteint après 10h (figure).



Synérèse en tube perforé



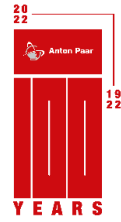
Synérèse en rhéomètre

[1] M. PRECHOUX, Modification des propriétés physico-chimiques des carraghénanes par la purification et caractérisation de carraghénane-sulfatases, Paris: Thèse de l'université Pierre et Marie Curie, 2012

[2] M. GUIBET, Analyse structurale des carraghénanes par hydrolyse enzymatique, Brest: Thèse de l'université de Bretagne Occidentale, 2007.

[3] K. AKO. Yield study with the release property of polysaccharide-based physical hydrogels, International Journal of Biological Macromolecules 101, (2017)

Mots-clé : Synérèse, Kappa-Carraghénane, Rhéologie, compression.



Recherche universitaire : Favoriser les percées de demain – avec les instruments Anton Paar

Un atelier d'usinage fondé en 1922 par Anton Paar – un siècle plus tard, une entreprise mondiale

Stimuler l'innovation dans 96 des 100 premières universités

Quatre-vingt-seize des cent premières universités du monde travaillent avec au moins un instrument Anton Paar. Pourquoi ?

Parce qu'Anton Paar comprend que la grande science, l'innovation étonnante et les percées qui changent la donne nécessitent de grands instruments. C'est pourquoi, depuis des décennies, Anton Paar investit environ 20 % de son chiffre d'affaires mondial dans la R&D, en développant les types de nouveaux principes de mesure, de générations de capteurs et de technologies dont les scientifiques ont besoin pour être à la pointe dans leur domaine.

Depuis 100 ans, Anton Paar associe technologie de haute précision, curiosité scientifique et soif de recherche. Dès le début, des relations étroites ont été établies avec les universités et les instituts de recherche.

Leader du marché

Depuis 100 ans, Anton Paar associe technologie de haute précision, curiosité scientifique et soif de recherche. Anton Paar est aujourd'hui un leader mondial dans les domaines de la mesure de la masse volumique, de la concentration, rhéologique et de la teneur en CO₂. De nombreuses entreprises parmi les plus importantes au monde - non seulement dans la production de bière, de vin et de boissons non alcoolisées, mais aussi dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques, ainsi que dans la fabrication de chocolat et d'écrans pour téléphones portables - s'appuient sur le savoir-faire technique et les instruments du groupe Anton Paar.

Anton Paar GmbH compte 45 sociétés sœurs et filiales de vente ainsi que 50 partenaires commerciaux et opère dans plus de 110 pays dans le monde. "Le talent, l'engagement et la cohésion interne, dans les périodes de succès comme dans les périodes difficiles, nous ont toujours distingués, nous et notre entreprise". Avec ces atouts, nous entrons avec confiance dans le deuxième siècle de notre histoire".

Fondation caritative

La fondation privée Santner, à but non lucratif, est propriétaire de l'entreprise depuis 2003. La fondation a deux objectifs : la promotion de la science et de la recherche à but non lucratif, et la prévention de la toxicomanie et le soutien de projets de lutte contre la toxicomanie.

Pour de plus amples informations, veuillez katia.berkane@anton-paar.com, Tel: +33(0)169181189