

PHYSIQUE DES SYSTÈMES COMPLEXES

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES - PSC

Les activités du LPSC se concentrent sur 2 axes thématiques :

Axe 1 : Cristaux liquides

Étude de l'interface d'un liquide anisotrope avec un substrat solide (I. Lelidis, P. Gisse, J. Pavel, H. Pasco Logbo)

Étude de systèmes composites : cristaux liquides / nanoparticules (C. Meyer, I. Lelidis)

Étude de différentes textures de défauts macroscopiques (domaines à coniques focales, doubles hélices, bâtonnets,...) (C. Meyer)

Étude du bio-mimétisme de la fusion des myoblastes (H. Vasseur, J. Pavel)

Étude des propriétés structurales et vibrationnelles de nano-systèmes de flavonoïdes à des fins biomédicales (S. Bresson, F. Bougrioua).

Propriétés photoactivables et dynamiques multiboucles dans des membranes à base de cristaux liquides (F. Bougrioua, I. Tekaya)

Axe 2 : Théorie des systèmes complexes

Étude des propriétés électriques des milieux granulaires (R. Bouzerar, A. Tekaya, E. Chevalier)

L'influence du champ de dépolarisation et des ions sur les propriétés des cellules aux cristaux liquides ferroélectriques (I. Lelidis, B. Mettout, J. Pavel, H. Pasco Logbo, P. Gisse)

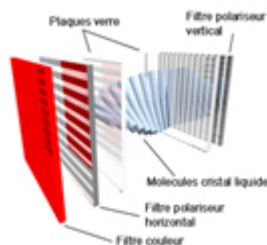
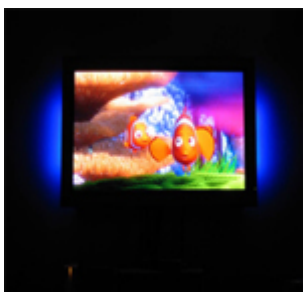
Films cristaux liquides ferroélectriques. (Mettout B)

Étude des bifurcations de la dynamique intracrânienne et hydrocéphalies (R. Bouzerar, I. Tekaya)

Axe 1 : Cristaux liquides

Étude de l'interface d'un liquide anisotrope avec un substrat solide (I. Lelidis, P. Gisse, J. Pavel, H. Pasco Logbo)

Il s'agit d'une étude des ancrages faibles des nématiques et smectiques ferroélectriques sur des surfaces polymères. La symétrie et la forme exacte de la fonction de l'énergie d'ancrage seront mesurées par des expériences électro-optiques sous microscope polarisant (Thèse de H.P. Logbo encadrée par I. Lelidis, P. Gisse et J. Pavel). La dynamique sera étudiée par la spectroscopie diélectrique. Les transitions d'ancrage et les commutations entre les différents états d'équilibre de surface seront étudiées en fonction de la température, de la phase mésomorphe et des champs appliqués. La compréhension des mécanismes de commutation de surface et des phénomènes hors-équilibre correspondants doit conduire à l'amélioration des dispositifs d'affichage à cristaux liquides existants et éventuellement au développement de nouveaux dispositifs contrôlés par la surface.



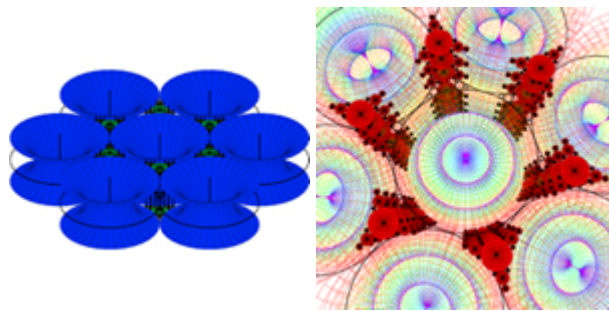
Amélioration des afficheurs à cristaux liquides par l'étude des mécanismes de commutation de surface

Étude de systèmes composites : cristaux liquides / nanoparticules (C. Meyer, I. Lelidis)

À partir des recherches déjà effectuées sur des cristaux liquides thermotropes et lyotropes, des systèmes composites : cristaux liquides/nanoparticules sont explorés. Des études préliminaires sur l'introduction de nanoparticules dans les phases nématiques de cristaux liquides ont été faites sur des cellules d'épaisseurs 25 microns en géométrie planaire. Ces études ont montré des comportements dynamiques intéressants en microscopie optique polarisée. Nous souhaitons vérifier ces comportements ainsi que leur reproductibilité dans un premier temps. L'introduction de micro/nano particules dans les phases hexagonales et nématiques de cristaux liquides est aussi étudiée. On s'intéressera ici à comparer les propriétés viscoélastiques de ces systèmes en fonction de différents paramètres (concentration en particules, taille des particules ; épaisseur des échantillons). Un autre intérêt de cette étude résidera dans la comparaison des défauts macroscopiques en présence et en l'absence de particules: domaines développables (phase hexagonale) et disinclinaisons (phase nématique)

Étude de différentes textures de défauts macroscopiques (domaines à coniques focales, doubles hélices, bâtonnets,...) (C. Meyer)

Nous avons étudié deux textures différentes en phase smectique A en microscopie optique polarisée : la texture, dite, « texture en fleur de coniques focales » et « la texture en générations ». Pour chacune d'elle, nous avons fait un modèle permettant de faire le lien entre la texture de défauts macroscopiques et la disposition microscopique des couches smectiques. Grâce à la similitude existant entre la texture en générations et le pavage d'Apollonius, nous avons pu simuler numériquement les couches smectiques (comme illustré ci-dessous).

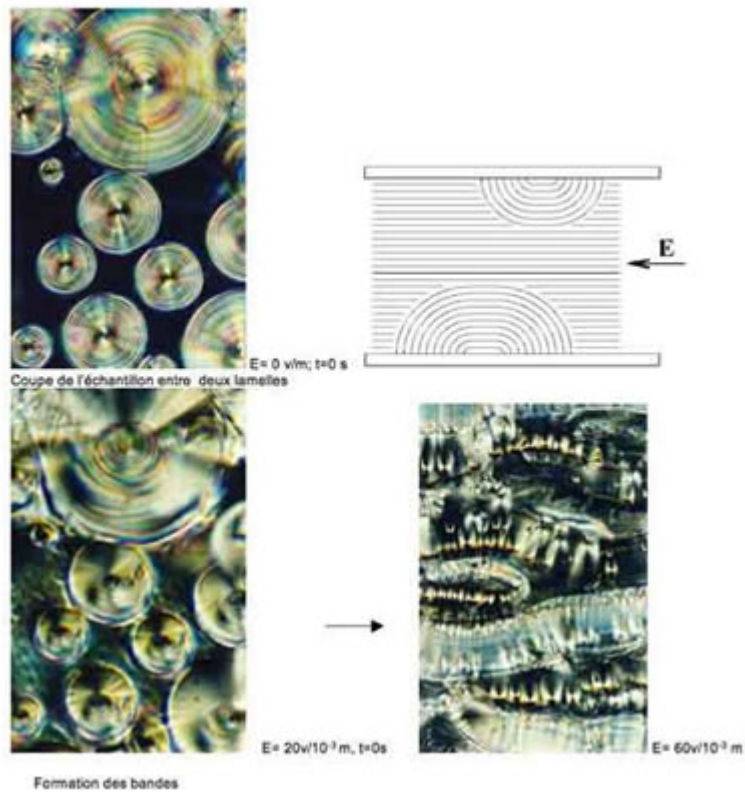


Simulations numériques de couches smectiques

Étude du bio-mimétisme de la fusion des myoblastes (H. Vasseur, J. Pavel)

Une étude du bio-mimétisme de la fusion des myoblastes en myotubes à partir d'un cristal liquide chiral dans sa phase SmC^* a débuté. La formation des myotubes (cellules musculaires multinucléées) obtenue à partir de l'alignement puis de la fusion de myoblastes (ou cellules satellites musculaires mononucléées) est un phénomène ubiquitaire qui est observé dans le développement des muscles et de la réparation de ses lésions. Ses aspects fondamentaux sont, à ce jour, mal compris.

Nous avons élaboré un système mimant l'alignement et la fusion des myoblastes à partir d'un cristal liquide (CL) chiral dans sa phase SmC^* en le plaçant entre deux lamelles de verre, en géométrie homéotrope. Des défauts héli-sphériques dont la géométrie est planaire apparaissent dans la matrice homéotrope. En soumettant nos échantillons à un champ électrique parallèle aux lames de verres, les défauts se déforment, s'alignent puis fusionnent afin de donner finalement plusieurs bandes dans la direction du champ électrique ; Les bandes ont une géométrie planaire. Le phénomène obtenu semble similaire à celui observé pour la formation des myotubes. L'analogie entre les paramètres permettant la formation des myotubes et des bandes CL ainsi qu'une étude théorique de la fusion des défauts vont être entreprises.



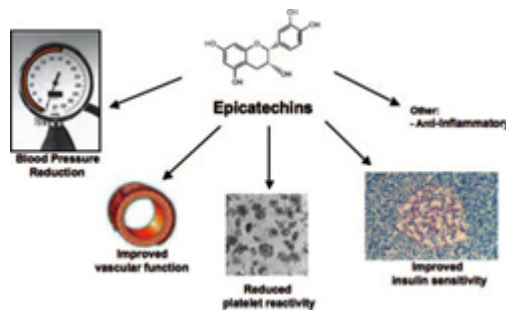
Déformation des hémisphères vues du dessus sous l'action d'un champ électrique E appliqué.

Étude des propriétés structurales et vibrationnelles de nano-systèmes de flavonoïdes à des fins biomédicales (S. Bresson, F. Bougrioua).

Les flavonoïdes sont des cristaux liquides lyotropes. Les dérivés de la famille des flavonols (3-hydroxy flavone), dont la quercétine, la rutine et les flavonoïdes du chocolat sont les chefs de file, sont des molécules connues pour leurs nombreux intérêts pharmaceutiques. Parmi ceux-ci, il est possible de citer des effets anti-oxydants, anti-inflammatoires, anti-viraux et anti-bactériens, ou anti-carcinogènes. Ces molécules, abondantes dans le règne végétal, présentent toutefois une solubilité dans l'eau qui peut être très limitée, rendant difficile leur utilisation en thérapeutique.

Les études structurales (par Rayons X couplés à une DSC) et vibrationnelles (par spectroscopie Raman) de ces flavonoïdes ont deux objectifs :

1. Le développement d'un vecteur de médicament capable d'augmenter la solubilité apparente de la quercétine et la rutine pour permettre leur administration parentérale et leur acheminement vers leurs sites d'action.
2. Le lien entre le pouvoir antioxydant du chocolat noir et sa composition en flavonoïdes du chocolat.

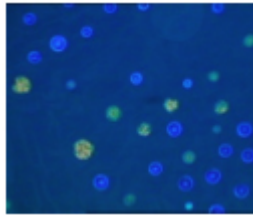


Effets des flavonoïdes du chocolat sur la santé (Corti R., Flammer AJ., Hollenderg NK, Lüsscher TF. Cocoa and Cardiovascular Health. Circulation. 2009;119:1433-1441)

Propriétés photoactivables et dynamiques multiboucles dans des membranes à base de cristaux liquides (F. Bougrioua, I. Tekaya)

Auto-organisations contrôlées et photo-activées dans des films suspendus à bases de cristaux liquides smectiques (F. Bougrioua ; Collaborations : P. Cluzeau, CRPP Bordeaux). Ce travail fait suite à nos études sur les systèmes cristaux liquides (CLs) photosensibles. Il porte sur le développement de membranes CLs d'un nouveau type, dans lesquelles des auto-organisations d'inclusions

colloïdales seront favorisées et contrôlées par photo-activation. Les membranes (dénommés aussi films suspendus) sont obtenues en étirant une couche ultra-mince de cristal liquide smectique sur un cadre rigide. Tout en présentant de fortes analogies avec les films de savon (ordre moléculaire en strates), leurs propriétés se révèlent beaucoup plus riches. Ainsi, des épaisseurs très variées allant de quelques nanomètres à plusieurs dizaines de micromètres sont accessibles. De plus, les caractéristiques exceptionnelles intrinsèques des Cristaux Liquides (fortes anisotropie et élasticité) se retrouvent dans les membranes.



Inclusions photo-induites dans un film libre Sm (épaisseur 195 nm)

Axe 2 : Théorie des systèmes complexes

Étude des propriétés électriques des milieux granulaires (R. Bouzerar, A. Tekaya, E. Chevalier)

Partenaire du Projet de Recherche régional et structurant ACCOST UGV, 2009-2012. Intitulé: « Dispositifs innovants pour la détection de l'accostage outil-pièce dans les procédés d'usinage à grande vitesse », (R. Bouzerar, A. Tekaya)

L'étude par spectroscopie d'impédances menée sur les billes de roulements des machines d'usinage nous a conduit naturellement à l'étude des propriétés électriques de milieux granulaires soumis à une compression mécanique. Quelle que soit leur dimensionnalité (chaîne comptant une dizaine de billes, réseau carré de billes ou système 3D désordonné de billes (22500 billes)), les systèmes de billes étudiés présentent des comportements électriques similaires. Il semblerait que le seul contact entre billes voisines sous-tend bon nombre de ces comportements. Ainsi, la compréhension de la nature du contact entre billes adjacentes fera l'objet d'une étude expérimentale particulière. Du point de vue théorique et numérique, nous nous attacherons à élaborer un modèle réaliste du couplage tunnel au sein de systèmes de billes de dimensionalités variables prenant en compte la nucléation des micro-ponts. La résolution numérique de ces modèles permettra la prédiction des caractéristiques courant-tension qui seront comparées aux courbes expérimentales afin d'estimer les paramètres physiques fondamentaux des modèles. La détermination numérique des spectres d'impédances de systèmes de billes sera également tentée à des fins d'application aux roulements de machines UGV.

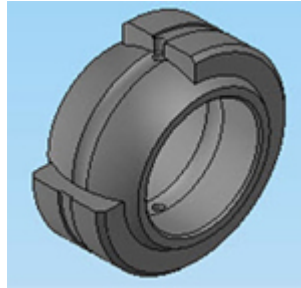


Étude des billes de roulements de machines d'usinage

Partenaire du projet Région TRIBAL (porteur J. Fortin, LTI) : collaboration de divers laboratoires de l'UPJV, du partenaire industriel MERSEN et la plateforme de calcul MeCs.(R. Bouzerar, Eddy Chevallier)
Les systèmes de transfert de signaux sont des systèmes électromécaniques dont la fonction est de transmettre, par l'intermédiaire d'un contact glissant, du courant électrique et des signaux de commande grâce à des protocoles de communication spécifiques au sein d'une machine industrielle (éolienne...). Les contacts glissants sont mis à profit dans le domaine ferroviaire au niveau de la bande de captage de courants glissant (à très grande vitesse!) sur la caténaire mais aussi dans le domaine des aérogénérateurs pour commander les moteurs d'orientation des pales ou réguler la vitesse de rotation de l'arbre du générateur. Quel que soit le domaine de mise en oeuvre, la qualité du contact doit être optimisée. En effet, un tel système doit fonctionner cinq années (soit 100 millions de révolutions) sans défaillance, moyennant une période de maintenance (nettoyage, relubrification) annuelle. Cette fréquence de

maintenance du contact engendre des coûts non négligeables, et est parfois difficilement compatible avec l'accessibilité de la machine et la facilité d'intervention associée (éoliennes offshore...). S'affranchir de la lubrification, ou la limiter au maximum, est donc un enjeu indispensable de l'étude. Cette recherche a pour objectifs de :

Coupler étroitement des expérimentations aux développements de modèles numériques. Les expérimentations seront menées graduellement afin d'alimenter et de valider pas à pas les modèles
Coupler une modélisation stochastique fine à une modélisation numérique
Confronter ces travaux fondamentaux à des situations pratiques de frottement très bien connues des partenaires du projet dans les domaines de la friction.



Études en physique des contacts glissants

L'influence du champ de dépolarisation et des ions sur les propriétés des cellules aux cristaux liquides ferroélectriques (I.Lelidis, B. Mettout, J. Pavel, H. Pasco Logbo, P. Gisse)

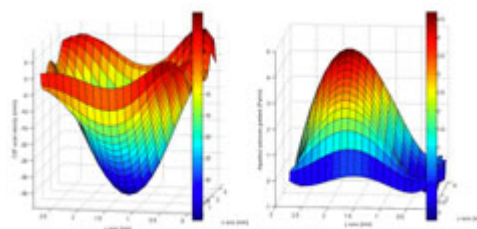
La partie théorique de ce projet a démarré déjà en 2004 (Jiri Pavel et Valéry Bourny), la vérification expérimentale en 2010 (Jiri Pavel, Patrick Gisse, Pasco Logbo et Ioannis Lelidis). Il est bien connu que les propriétés de cellules en géométrie confinées des cristaux liquides ferroélectriques (FLC) sont influencées ou déterminées par les conditions aux limites. Mais il existe encore un autre facteur, spécifique pour les FLCs (la phase SmC*) qui est par la « communauté des gens FLC » négligé. Ce facteur est l'influence du champ de dépolarisation qui est proportionnel au terme $(P_s d)^2$, où P_s est la valeur de la polarisation spontanée et d est l'épaisseur de la cellule. Des calculs numériques pour obtenir la structure de la cellule sous champ électrique sont entrepris. Pour vérifier les résultats de nos calculs nous proposons l'expérimentation suivant. Préparer des cellules avec le cristal liquide pur des plusieurs épaisseurs d (comme cela nous modifions le facteur $(P_s d)^2$ responsable de « l'effet de champ de dépolarisation »).

Films cristaux liquides ferroélectriques. (Mettout B)

Les films smectiques suspendus ont joué un rôle important dans l'étude expérimentale des propriétés, même macroscopiques, des cristaux liquides. Cela a été vrai en particulier pour le comportement des films ferroélectriques sous champ. En effet, le cristal liquide se trouve alors dans une situation physique particulièrement simple et bien contrôlée, ce qui est rarement le cas dans le bulk ou pour des films confinés par des parois solides, car ils sont alors fortement contraints par l'ancrage. L'étude théorique des films ferroélectriques a débuté et combine plusieurs difficultés très ardues qui ont demandé le développement de techniques mathématiques spécifiques et sophistiquées.

Étude des bifurcations de la dynamique intracrânienne et hydrocéphalies (R. Bouzerar, I. Tekaya)

Cette activité a pour but d'éclairer la compréhension des mécanismes biophysiques régissant la dynamique intracrânienne et ses pathologies à travers la construction de modèles physiques s'appuyant à la fois sur les connaissances anatomiques et fonctionnelles du système intracrânien et de données d'imagerie par résonance magnétique (IRM) de flux. L'une des pathologies les plus importantes du système intracrânien est l'hydrocéphalie se manifestant par une dilatation parfois importante des ventricules cérébraux.



Reconstruction numérique du champ de vitesses de l'écoulement LCS à travers l'aqueduc de Sylvius obtenu par IRM de flux (gauche) et simulation CFD du gradient de pression totale associé (droite)

