

# Chapitre 1

## Introduction

Nous n'avons qu'à penser à l'autoorganisation de l'ADN pour nous convaincre que l'ordre moléculaire peut fortement augmenter les propriétés d'un matériau ou même créer de nouvelles fonctions avancées à forte valeur ajoutée. Un état de la matière pouvant être organisé par champs électromagnétiques, par exemple la matière molle condensée ou « *Soft Condensed Matter* », se prêterait donc particulièrement bien à ce phénomène de contrôle moléculaire. Les cristaux liquides (CL) sont particuliers à ce groupe par leur caractère mésomorphe, entre l'état solide cristallin et liquide isotrope, possédant certaines propriétés de cohésion et d'orientation tel un cristal tout en conservant une grande mobilité avoisinant celle d'un liquide. La compréhension de l'organisation des CL s'avère donc d'une grande importance et c'est dans cet axe que nos travaux se dirigent.

L'étude de ces matériaux fonctionnels nécessite des connaissances variées telles que la chimie structurale, l'électronique et l'optique ce qui en fait un domaine à la fine pointe de la technologie. Cet aspect multidisciplinaire apporte son lot de techniques pour le contrôle du CL : certaines stabilisent le CL par une organisation des mésogènes<sup>1</sup> en volume (p.ex. PDLC<sup>2</sup>, PSLC<sup>3</sup>) et d'autres en surface (p.ex. dépôts obliques de SiO<sub>2</sub>, bombardement ionique, photo-dégradation, photo-isomérisation, orientation par polarisation oblique). Bien entendu, toutes possèdent à la fois leurs forces et leurs faiblesses particulières à l'application visée. À l'origine la méthode traditionnelle d'organisation du cristal liquide était par frottement mécanique du substrat par un tissu. Notre étude de l'orientation des cristaux liquides quant à elle pointe sur leur contrôle par la surface via l'application de champs électriques et magnétiques. Nous nous intéresserons alors autant aux propriétés

---

<sup>1</sup> Unité moléculaire à la base d'un matériau mésomorphe, ou cristal liquide.

<sup>2</sup> Polymer dispersed liquid crystal

<sup>3</sup> Polymer stabilized liquid crystal

intermoléculaires (forces de cohésion, polarisabilité) qu'aux propriétés de groupe formant le matériau (anisotropie, autoorganisation, polymérisation, orientation). Les difficultés rencontrées sont alors dues à un nouvel axe de recherche et à ses paramètres expérimentaux inconnus et ce, sous l'ombre des diverses techniques ci-haut mentionnées. De plus, l'analyse globale de la composante qu'est la cellule de cristal liquide (CCL) présente de multiples facettes liées à la polarimétrie dynamique et à la photonique (déphasage, contraste, réponse électro-optique, diffusion de la lumière, biréfringence contrôlée). Tous ces efforts sont orientés vers le contrôle de CCL par couches minces de mésogènes orientés par champs électromagnétiques.

Le champ électrique, exprimé scalairement par  $E=V/d$ , où  $V$  est la tension appliquée et  $d$  la distance aux bornes du potentiel, est particulièrement efficace pour des systèmes de CL à forte polarisabilité de taille réduite pouvant atteindre une amplitude supérieure à 10MV/m même par des sources basse tension. Il permet par l'orientation diélectrique de modifier l'organisation moléculaire de façon contrôlée (p.ex. induction de transitions de phase dans les polymères bloc, contrôle de la mouillabilité de surface [3] ainsi que de l'orientation volumique). De surcroît, les mésogènes peuvent être synthétisés avec des groupes réactifs et être ainsi photo-polymérisés ouvrant alors la possibilité de fixer de façon permanente l'orientation induite par les champs électromagnétiques appliqués. De là la *praemissa* de surfaces mésogènes fonctionnalisées par champs électromagnétiques.

## 1.1 Objectifs

En moins de 50 ans plus de 20 types d'afficheurs (p.ex. CRT<sup>4</sup>, OLED<sup>5</sup>, plasma, ACL<sup>6</sup>, etc) ont été commercialisés. L'une de ces technologies, se situant dans le peloton de tête en termes de vente, est l'afficheur à cristaux liquides (ACL) popularisé par l'ère du numérique passant par la simple calculette et la montre aux écrans de télévision et téléphones

---

<sup>4</sup> Tube cathodique

<sup>5</sup> Diode électroluminescente organique

<sup>6</sup> Afficheur à cristaux liquides

modernes haute définition. Afin de demeurer dans la course, la technologie ACL a un besoin criant d'améliorations pouvant être regroupées en trois catégories soit l'amélioration de l'adressage électronique (p.ex. la miniaturisation), l'amélioration des matériaux (p.ex. nouvelles synthèses de CL) ainsi que l'introduction de concepts novateurs (p.ex. au niveau de la qualité optique, des coûts énergétiques, etc). Tous ces aspects se rejoignent en un seul et unique thème : le contrôle amélioré des performances de la composante électro-optique qu'est la cellule de cristal liquide (CCL).

L'introduction de nouveaux concepts est souvent la donne des physiciens et ne fait pas exception ici. Le but de notre étude est double soit d'approfondir les fondements de l'organisation des mésogènes en surface ainsi que de créer une technique de contrôle du film mésogène aux propriétés nouvelles et à haute valeur ajoutée pour CCL. L'objectif principal est d'optimiser la CCL par un film mésogène dont l'orientation hors plan (polaire) est contrôlée par champ électromagnétique. L'innovation comparativement à l'industrie vient du fait que la technique standard pour l'orientation des CL aux surfaces étant de type mécanique est très restreignante. La possibilité de rehausser la qualité électro-optique grâce à l'orientation contrôlée, aussi nommé prétilt, peut être étayée en plusieurs points par exemple le temps de réponse que l'on cherche à diminuer, le contraste et la profondeur du noir et la qualité intrinsèque de la fabrication (uniformité, moindre coût, robustesse, etc).

Afin de mieux situer notre objectif, soit le contrôle électromagnétique du film mésogène, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement de base d'une CCL (soit la version simpliste d'un pixel). Tout d'abord, la cellule doit avoir certaines caractéristiques de bases comme par exemple être robuste et stable dans le temps, doit maximiser la transmission de la lumière dans le visible, doit être facilement reproductible sur de grandes surfaces à faible coût et elle doit consommer moins d'énergie que les technologies concurrentes. D'autres caractéristiques menant à une bonne qualité optique propre au domaine des afficheurs, tel qu'énumérées précédemment, sont aussi essentielles. Une amélioration significative de l'une de ces caractéristiques aurait des répercussions industrielles majeures et c'est justement l'une des motivations de notre projet outre la compréhension physique de ce nouvel axe de recherche. En plus de l'orientation uniforme contrôlée du film mésogène,

nous verrons qu'une organisation contrôlée non homogène en surface peut aussi être bénéfique selon l'application visée tel qu'un diffuseur électro-optiquement variable. En parallèle, plusieurs recherches ont déjà été faites par la communauté scientifique des ACL et beaucoup d'autres sont toujours actives révélant à la fois l'intérêt particulier pour le sujet ainsi que sa grande complexité.

## 1.2 Structure du mémoire

En suivant les étapes de la démarche scientifique nous exposons les fruits de nos travaux soit par l'observation, l'hypothèse et l'analyse des résultats. L'observation est formée d'un amalgame de plusieurs connaissances théoriques dans le domaine des matériaux mésogènes et du domaine de la photonique tel que présenté au chapitre 2. Suite à une prise de conscience approfondie de l'état de la recherche au chapitre 3 nous formulons nos travaux au chapitre 4, évaluons les cas prometteurs par l'entremise de trois articles insérés au texte et y examinons nos hypothèses. Le chapitre 5 permet de conclure par un comparatif quantitatif avec les publications de recherches liées et ainsi évaluer le potentiel de nos résultats.

Cette démarche scientifique est divisée en trois sections correspondantes. La section théorique aidera le néophyte par un survol des notions de base liées au domaine des cristaux liquides tels que les différentes mésophases, les forces d'interaction entre mésogènes, leur anisotropie caractéristique, l'interdiffusion, l'ancrage et l'autoorganisation. La deuxième section, soit l'état de la recherche, mettra la table pour saisir les enjeux, les possibilités et les contraintes liées aux recherches passées et présentes orientées vers un contrôle optimal de la cellule de cristal liquide stabilisée par mésogènes orientés. La troisième section porte sur nos expériences et nos résultats jumelés à leur analyse. La microscopie polarimétrique, l'analyse électro-optique et l'analyse topographique seront utilisées afin de décrire qualitativement et quantitativement le phénomène d'organisation de mésogènes en surface au sein d'une cellule de CL.

Les expériences sont divisées en trois parties : orientation par *corona poling*, orientation à prétilt contrôlé et orientation électro-diffusive. Celles-ci sont complétées par trois manuscrits concluant sur les travaux respectifs des trois groupes d'expériences. Le premier article porte sur nos premières observations de systèmes autoorganisés planaires de mésogènes réactifs stabilisés par champs électromagnétiques. Le second article réoriente nos travaux avec l'application du réseau mésogénique pour la création d'une composante électrodiffractive polarisée (grâce au substrat anisotrope). Le troisième article conclut sur la possibilité de créer une composante électrodiffractive indépendante de la polarisation par substrat isotrope. À la suite d'une comparaison des spécifications techniques dans le domaine des composantes à modulation d'intensité nous concluons en regroupant l'ensemble des résultats et pointant sur les ouvertures futures à notre projet.

### 1.3 Résumé des travaux et problématiques

D'une part, nous analysons de quelle façon l'orientation électromagnétique de mésogènes en surface par champs électromagnétiques pour remplacer la couche d'orientation par frottement n'a pas porté fruit. D'autre part, nous élaborons sur l'interface mésogénique particulière nous ayant permis d'insérer dans ce mémoire trois articles innovateurs sur l'autoorganisation de surfaces mésogènes par champ électromagnétique. Les cellules ainsi créées sont dites à cristaux liquides stabilisés par un polymère en surface (S-PSLC<sup>7</sup>) permettant un contrôle électrique de grande efficacité de la diffusion de la lumière se comparant avantageusement avec les autres techniques du domaine.

Nous voyons que l'orientation électromagnétique des mésogènes en surface de CCL crée des centres de forte diffusion empêchant son utilisation pour CCL à prétilt contrôlé. Toutefois, la seconde orientation des travaux avec cellules électrodiffractives permet la modulation en intensité. Ce résultat nous mène alors vers l'optimisation des paramètres de

---

<sup>7</sup> Surface – Polymer Stabilized Liquid Crystals

construction où nous prenons le temps de décrire les cas depuis la référence jusqu'au cas le plus prometteur. Nous verrons cependant que plusieurs facteurs expérimentaux nous gardent en haleine tels que la difficulté à comparer entre elles les diverses techniques existantes et la difficulté à saisir toute la physique sous-tendue dans les phénomènes aussi complexes que la polymérisation de composites anisotrope et l'interdiffusion de mésogènes nématiques sous un champ électrique de programmation. Nos résultats et analyses permettent d'éclaircir en partie ces phénomènes complexes auxquels nous nous attaquons au cours de cette recherche.

[MCours.com](https://www.MCours.com)