# Résumé

*Etude des mécanismes d’effets de bord des peintures liquides*

Dans l’industrie, les revêtements liquides sont utilisés pour conférer des fonctionnalités techniques ou propriétés esthétiques aux matériaux. La présence d’irrégularités à la surface de ceux-ci génère un défaut qui modifie localement la perception visuelle du revêtement. L’ « effet de bord» est un défaut optique connu dans le secteur de la peinture, qui consiste en un excès de revêtement en amont de l’arête du support. Ce défaut est particulièrement visible avec des peintures brillantes et des environnements hautement lumineux comme c’est le cas dans les intérieurs automobiles. Ce travail de recherche porte sur la compréhension des mécanismes d’effets de bord des peintures liquides. L’approche utilisée dans cette étude est pluridisciplinaire et associe des techniques expérimentales des domaines de la chimie, de l’optique et de la mécanique des fluides ainsi qu’une démarche de modélisation numérique.

Ces travaux présentent tout d’abord l’influence de l’évaporation des solvants sur la composition physico chimique de la peinture. Certaines caractéristiques physico-chimiques telles que la viscosité et la tension de surface, ont été déterminées expérimentalement pendant l’évaporation afin d’établir des lois d’évolution de ces paramètres in operando. Une modélisation numérique basée sur les travaux de Weidner *et al*. a été développée. Les résultats de simulations numériques établies à partir de l’implémentation de ces lois de comportement expérimentales, ont été discuté au regard de l’étude cinétique de formation du défaut (qui a été entreprise au moyen de la déflectométrie optique). Cela a mis en évidence que l’effet de la pression capillaire, généré par la courbure du substrat, intervient dans un premier temps mais son effet est atténué durant une seconde phase de mouvement, pilotée par l’évaporation des solvants et la prise en viscosité du fluide. Cette discussion entre les approches expérimentales et numériques a permis d’identifier aussi l’importance des gradients de tension de surface dans la formation de l’effet de bord.

Dans un second temps, il a été montré que la formulation de peinture a un rôle majeur sur la topographie de l’effet de bord, que ce soit par la nature des solvants et de leur volatilité, mais aussi par la présence d’agent de tension de surface à l’interphase air/peinture. En effet, ces composants ont la propriété de modifier la dynamique d’évaporation du revêtement et les phénomènes physico-chimiques qui y sont associés.

Enfin, une étude de perception optique a été menée afin de corréler la topographie de l’effet de bord et le rendu visuel de celui-ci avec la mesure de BRDF locales et les évaluations d’un panel d’experts. Des profils topographiques limites ont pu être identifiés ainsi que des conditions angulaires exacerbant le défaut.

Mots-clés : revêtement, peinture, effet de bord, évaporation, physicochimie, gradients de tension de surface, solvant, additif de tension de surface, PTV, topographie, cinétique, simulation numérique, perception optique, BRDF.

# Abstract

*Study of the mechanisms of edge effects of liquid coatings*

In various industries, liquid coatings are used to provide technical functionalities or aesthetic properties to materials. The presence of irregularities on the surface of these materials generates a defect that locally modifies the visual perception of the coating. The "framing effect" is an optical defect known in the paint industry, which consists in an excess of coating at the outer corner of the substrate edge. This defect concerns glossy paints and highly luminous environments as it is the case in automotive interiors. This research work focuses on understanding the mechanisms of framing effects in liquid coatings. The methodology used in this study is multidisciplinary and combines experimental techniques from different fields: chemistry, optics, fluid mechanics and simulation.

The first chapter focuses on the influence of the evaporation of solvents on the physico-chemical composition of paint. Some physico-chemical characteristics such as viscosity and surface tension were determined experimentally during evaporation in order to establish experimental laws describing the evolution of these parameters in operando. A numerical model based on the work of Weidner *et al*. was developed. Its results were discussed with regard to the kinetic study of the formation of this defect, characterized by optical deflectometry. This highlighted that the effect of the capillary pressure, generated by the curvature of the substrate, occurs firstly but its effect is attenuated during a second movement driven by the evaporation of the solvents and the viscosity of the fluid. A discussion between the experimental and numerical approaches enables to identify the importance of surface tension gradients in the formation of framing effect.

In the second chapter, the paint formulation was found to have a major role on the topography of framing effect: either the nature of the solvents and their volatility or the presence of surface tension agents at the air/paint interphase. Indeed, these components have the property to modify the evaporation dynamics of the coating and the physicochemical phenomena which are associated with it.

Finally, a study based on visual perception was conducted in order to make a correlation between the topography of the framing effect and its visual rendering with the measurement of local BRDF and the evaluation of a panel of experts. Boundary topographic profiles were identified as well as angular conditions exacerbating the defect.

Keywords: coating, paint, edge effect, framing effect, evaporation, physico-chemistry, surface tension gradients, solvent, surface tension additive, PTV, topography, kinetics, numerical simulation, visual perception, BRDF.