

---

**Titre :** Stabilité et Régions d'Attraction de Systèmes d'Asservissement Visuel Basé Image

**Mot clés :** Asservissement visuel, analyse de la stabilité, régions d'attraction

**Résumé :** L'asservissement visuel est un domaine mature dont le formalisme est bien établi. L'un de ses principaux objectifs est le contrôle d'un robot à l'aide des informations visuelles provenant d'une caméra, qui est généralement montée sur l'effecteur du robot. Même si l'asservissement visuel a conduit à de nombreuses applications réussies, son analyse de stabilité reste une question théorique ouverte, en particulier pour l'asservissement visuel basé image. Dans cette thèse, nous avons exploré en profondeur les propriétés de stabilité de ces systèmes, à la fois en développant de nouveaux outils théoriques qui nous permettent d'étudier la stabilité des systèmes à *énergie décroissante* et en définissant une stratégie qui rend le calcul de l'ensemble complet des équilibres ré-

solvable dans le contexte de l'asservissement visuel. Grâce à notre nouvelle méthodologie, qui s'inspire des théories de Lyapunov et de Morse, nous avons pu caractériser rigoureusement l'interconnexion entre les équilibres de ces systèmes et proposer les régions d'attraction *indépendante des contrôleurs* des équilibres stables, ce qui a permis d'éclairer d'un jour nouveau le comportement de ces systèmes. De plus, les outils que nous avons développés nous ont permis de synthétiser un nouveau paradigme de contrôle, que nous appelons *meta-contrôleur*, qui fournit une amélioration substantielle de la taille de la région d'attraction de la pose souhaitée, mettant en évidence l'importance de la compréhension de la stabilité de ces systèmes, et l'importance des points selles pour son analyse.

---

**Title:** Stability and Regions of Attraction of Image-Based Visual Servoing Systems

**Keywords:** Visual servoing, stability analysis, regions of attraction

**Abstract:** Visual servoing is a mature area whose formalism is well established. One of its main aims is the control of a robot using the visual information coming from a camera, which is typically mounted as the end effector of the robot. Even if visual servoing has led to many successful applications, its stability analysis is still an open theoretical issue, in particular for image-based visual servoing. In this thesis, we deeply explored the stability properties of these systems, both by developing new theoretical tools that allow us to study the stability of *energy-decreasing* systems and by creating a strategy that makes the computation of the full set of equilibria tractable in the context of visual servoing. Thanks to our new methodol-

ogy, which is inspired by Lyapunov and Morse theories, we were able to rigorously characterize the interconnection between the equilibria of these systems and to propose the *controller-independent* regions of attraction of the stable ones, shining a new light on the behavior of these systems. Moreover, the tools that we developed allowed us to synthesize a new control paradigm, that we call *meta-controller*, which provides a substantial improvement in size for the desired pose's region of attraction, showcasing the importance of understanding the stability of these systems and the importance of saddles in their analysis.