
Concept d'invariance relâchée pour le calcul de tube de capture

Stéphane Le Ménec*†¹

¹MBDA – MBDA France – 1, avenue Réaumur 92350 Le Plessis Robinson, France

Résumé

Le concept d'invariance ensembliste est utilisé pour écrire un système d'équations caractérisant un tube de capture de trajectoires (dérivée de Lie d'un ensemble dépendant du temps en rapport à une fonction dévolution). Il s'agit de prouver que la trajectoire d'un système dynamique dont l'évolution (régulée, autonome) reste pour toujours dans un tube de trajectoires dès lors que la condition initiale appartient au tube de capture. Le calcul par intervalles est utilisé pour prouver que la contraposée du système d'équations caractérisant l'invariance ensembliste n'a pas de solution. Pour des systèmes physiques réalistes (par exemple non holonomes) comme des véhicules mobiles asservis à suivre une trajectoire de référence il est très difficile voire impossible de présupposer la forme du tube de capture. Une approche de calcul de tubes de capture dite par invariance relâchée a alors été proposée dans le cas de véhicules contrôlés en module de vitesse et en vitesse angulaire (avec contrainte de rayon de courbure). L'invariance à un ensemble à un instant t consiste à prouver par analyse ensembliste (inversion ensembliste, contracteurs) la stabilité de l'engin par rapport à une bulle géométrique simple en mouvement. La trace temporelle de cette bulle définit le tube de capture de trajectoires. L'analyse ensembliste d'invariance peut conclure sans intégration de trajectoire pour des systèmes même non linéaires (sans linéarisation contrairement à des approches plus classiques) sur la stabilité ou non d'une grande partie des conditions initiales à la bulle. Cependant, du fait de la définition simple de bulle et également du fait que l'on souhaite éviter d'envisager trop de boîtes de petites tailles, certains états initiaux sont prouvés rentrant dans un deuxième temps par intégration / simulation intervalle. Il s'agit alors de prouver que sous horizon temporel limité l'état du système est effectivement rentrant. Le processus d'intégration d'intervalle calcule des marges à rajouter au tube de capture initialement pré-supposé. Un exemple de cinématique, de contrôles et de trajectoires de consigne sera présenté en illustration ainsi que des exemples de tube de capture margé construit par l'algorithme Bubbibex (Bubble + Ibex).

*Intervenant

†Auteur correspondant: stephane.le-menec@mbda-systems.com