

en ce qu'elle ne dépend pas de la trajectoire suivie par l'aéronef. Cela confère au filtre des garanties théoriques de convergence indépendamment des trajectoires suivies, ce qui n'est pas le cas pour les méthodes classiques qui linéarisent les équations de la navigation inertielle autour de l'estimée des états du filtre.

Dans le contexte de la navigation, les filtres IEKF (Invariant Extended Kalman Filter) et IUKF (Invariant Unscented Kalman Filter) issus de ces méthodes ont apporté des améliorations notables pour la fusion inertie/vision réalisée à base de SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping), le recalage magnétométrique et le transfert d'alignement (réalisé avant le vol autonome par des mesures porteur) en cas de fortes incertitudes angulaires initiales.

La combinaison des apports des filtres particuliers et des filtres invariants dans un contexte fortement non-linéaire, non-gaussien et multi-modal, paraît une problématique intéressante et nouvelle. En effet, utiliser un filtre invariant pour chaque particule permettrait de réduire notablement la charge de calcul car les gains, dépendant uniquement de la trajectoire, seraient communs pour toute la population de particules. Outre cet intérêt 'temps réel' pour synthétiser un filtre adapté à des algorithmes embarqués, la combinaison du particulier et de l'invariant devrait permettre de traiter de manière optimale des problématiques de navigation à la fois non-linéaires (en l'évolution et la mesure) et devant être robuste en présence de bruits non gaussiens et multi-modaux (intégration d'IMU MEMS, recalage par des mesures dotées de biais fortement et subitement variables ...).

La thèse comportera une partie théorique importante visant à étudier et développer de nouvelles versions de filtres particuliers sur des groupes de Lie, afin de bénéficier des avantages de ces deux méthodes. La structure de ces filtres se basera sur une nouvelle modélisation de l'état qui nécessitera une reformulation de l'algorithme du filtre. On pourra en particulier exploiter la linéarité des équations inertielles dans l'espace de Lie pour adapter les filtres développés à l'ONERA [1, 2, 3, 7].

Ces filtres pourront être appliqués au recalage de la navigation inertielle par différentes mesures: position absolue ou relative, altitude, attitudes, mais leur application privilégiée sera le recalage sur des points fixes à base de techniques type SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping).

Leur performance sera évaluée à partir de données simulées. Pour cela, le doctorant disposera de modèles réalistes de capteurs.

[1] Dahia, K., " Nouvelles méthodes en filtrage particulière- Application au recalage de navigation inertielle par mesures altimétriques ", Thèse de l'université de Grenoble, 2005.

[2] Murangira, A., "Nouvelles approches en filtrage particulière. Application au recalage de la navigation inertielle", Thèse de l'Université de Technologie de Troyes, 2014.

[3] Merlinge, N., Dahia, K., et Piet-Lahanier, H. (2016), " A Box Regularized Particle Filter for terrain navigation with highly non-linear measurements", IFAC ACA.

[4] Barrau, A., & Bonnabel, S. (2014). "Invariant particle filtering with application to localization". In Proceedings of the 53rd IEEE Conference on Decision and Control, Los Angeles (CA), USA, 15–17 December 2014 (pp. 5599–5605).

[5] Bourmaud, G., Mégret, R., Giremus, A., Berthoumieu, Y. (2014). "Continuous-Discrete Extended Kalman Filter on Matrix Lie Groups Using Concentrated Gaussian Distributions". Journal Math Imaging Vis, DOI 10.1007/s10851-014-0517-0.

[6] Condomines, J-P. (2015). "Nonlinear state estimation for guidance and navigation of unmanned aerial vehicles flying in a complex environment". PhD thesis, University of Toulouse, ISAE.

[7] Bui Quang, P. "Approximation particulière et méthode de Laplace pour le filtrage bayésien", Thèse de l'université de Rennes, 2013.

Collaborations extérieures : MBDA

PROFIL DU CANDIDAT

Formation : Etudiant en Master2 ou grande école d'ingénieurs

Spécificités souhaitées : Mathématiques Appliquées orientées Probabilités et Statistiques