

---

# Assimilation de Données, Observabilité et Quantification d’Incertitudes appliqués à l’hydraulique à surface libre

Pierre-Olivier Malaterre\*<sup>†1</sup>, Igor Gejadze<sup>1</sup>, and Hind Oubanas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gestion de l’Eau, Acteurs et Usages (UMR G-EAU) – Irstea, Institut de recherche pour le développement [IRD], Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement [CIRAD] : UMR90, AgroParisTech, Centre International des Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes-Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier [CIHEAM-IAMM] – 361 rue J.F. Breton - BP 5095 34196 Montpellier Cedex 5, France

## Résumé

Les techniques d’Assimilation de Données, déjà appliquées dans bien des domaines des géosciences, ont percolé depuis une bonne vingtaine d’années dans celui de l’hydraulique à surface libre. Historiquement, ces premières applications reposaient sur des problématiques de commande de systèmes par retour d’état, avec des Observateurs de Luenberger. La limitation de ces techniques est qu’elles supposent un cadre linéaire, même si des extensions non-linéaires existent. Mais un avantage est qu’elles reposent sur les notions de convergence asymptotique d’une erreur vers 0 et qu’elles profitent de théorèmes précis, puissants et relativement simples à mettre en œuvre, en tout cas en théorie. Ces notions reposent sur la théorie de l’Observabilité, basée sur le calcul du rang d’une matrice. Le Filtre de Kalman est un très proche cousin de cet Observateur. Mais il est rare que ses utilisateurs s’intéressent à ses propriétés de convergence asymptotique d’une erreur vers 0, nullement imposée dans ce cas. En effet, pour un Filtre de Kalman, la minimisation d’une variance est en général une propriété considérée comme suffisante. Nous montrerons cependant pourquoi ces notions sont importantes dans la manière de poser un problème d’Assimilation de Données en lien avec le choix du vecteur de contrôle et en fonction des observations disponibles.

Depuis quelques années, de nouvelles applications liées à l’hydrologie et à l’hydraulique spatiale, et en particulier les recherches autour du futur satellite SWOT (Mission CNES-NASA, 2021) ont fixé de nouveaux challenges à la communauté située aux interfaces entre hydraulique et Assimilation de Données. En effet, s’il est assez facile de faire de l’Assimilation de Donnée pour des applications de contrôle automatique pour des canaux d’irrigation dont la bathymétrie est ou peut être bien connue, développer des applications d’hydraulique spatiale à l’échelle de la planète, sur des fleuves complexes et mal connus, fait émerger de nouvelles difficultés théoriques et numériques. Des techniques plus puissantes que celles évoquées ci-dessus, ne supposant pas sur un cadre linéaire, comme les approches variationnelles de type 4D-Var, ont bien entendu des notions et propriétés de convergence et de minimisation équivalentes, mais plus délicates à mettre en oeuvre. Le cadre 4D-Var est bien adapté au traitement des incertitudes sur les paramètres du modèle, de manière explicite ou implicite (en introduisant des ” paramètres de nuisance ”). Sur la base de cette analyse on peut

---

\*Intervenant

<sup>†</sup>Auteur correspondant: p-o.malaterre@irstea.fr

déterminer la composition optimale du vecteur de contrôle permettant l'estimation robuste du débit même en présence d'incertitudes importantes.

L'équipe GHOSTE (Gestion Hydraulique, Optimisation et Supervision des Transfert d'Eau) de l'UMR G-eau à Irstea Montpellier développe des outils de simulation hydraulique à surface libre et utilise des algorithmes d'assimilation de données depuis plus de 20 ans en collaboration avec divers laboratoires (Cerfacs, EDF, INRIA, Univ. de Lyon, A. des Sc. de Moscou, etc.) : Filtre de Kalman, Filtres particulaires, 4D-Var, et les applique pour des problématiques de contrôle, d'optimisation et pour résoudre de manière générale divers problèmes inverses. Cette présentation visera à montrer comment ces travaux ont permis de répondre aux questions évoquées ci-dessus et de tracer des pistes pour le futur.