

**Titre :** Apprentissage d'estimateurs sans modèle avec peu de mesures - Application à la mécanique des fluides

**Mots clés :** Estimation sans modèle, Apprentissage, Parcimonie, Classification, Placement de capteurs

Cette thèse traite de techniques promouvant la parcimonie pour déterminer des estimateurs performants n'utilisant les mesures que d'un très faible nombre de capteurs. La position de ces capteurs est cruciale pour de bonnes performances et doit être déterminée avec soin. Les méthodes proposées dans ce travail reposent sur l'utilisation d'une base d'apprentissage du champ d'intérêt considéré et ne nécessitent pas de modèle dynamique du système physique. Les éléments de cette base d'apprentissage sont obtenus à l'aide de mesures effectuées sur le système réel ou par simulation numérique. Se basant uniquement sur ces éléments d'apprentissage, et non sur des modèles dynamiques, les approches proposées sont générales et applicables à des systèmes issus de domaines variés.

Les approches proposées sont illustrées sur le cas d'un écoulement fluide 2-D autour d'un obstacle cylindrique. Le champ de pression dans un voisinage du cylindre doit être estimé à partir de quelques mesures de pression effectuées en paroi. En utilisant des positions préalablement fixées des capteurs, des estimateurs adaptés à ces positions sont proposés. Ces estimateurs tirent pleinement parti du très faible nombre de mesures en manipulant des représentations creuses et en exploitant la notion de classes. Des situations où les mesures ne portent pas sur le champ d'intérêt à estimer peuvent également être traitées. Un algorithme de placement de capteurs est proposé et permet une amélioration significative des performances des estimateurs par rapport à des capteurs placés *a priori*.

Plusieurs extensions sont discutées : utilisation de mesures passées, utilisation de commandes passées, estimation du champ d'une quantité d'intérêt reliée de façon non linéaire aux mesures, estimation d'un champ à valeurs vectorielles, etc.

**Title :** Model-less estimator learning using a limited amount of measurements - Application to fluid flows

**Keywords :** Model-less estimators, Machine learning, Sparsity, Classification, Sensor placement

This thesis deals with sparsity promoting techniques in order to produce efficient estimators relying only on a small amount of measurements given by sensors. These sensor locations are crucial to the estimators and have to be chosen meticulously. The proposed methods do not require dynamical models and are instead based on a collection of snapshots of the field of interest. This learning sequence can be acquired through measurements on the real system or through numerical simulation. By relying only on a learning sequence, and not on dynamical models, the proposed methods become general and applicable to a variety of systems.

These techniques are illustrated on the 2-D fluid flow around a cylindrical body. The pressure field in the neighbourhood of the cylinder has to be estimated from a limited amount of surface pressure measurements. For a given arrangement of the sensors, efficient estimators suited to these locations are proposed. These estimators fully harness the information given by the limited amount of sensors by manipulating sparse representations and classes. Cases where the measurements are no longer made on the field to be estimated can also be considered. A sensor placement algorithm is proposed in order to improve the performances of the estimators.

Multiple extensions are discussed : incorporating past measurements, past control inputs, recovering a field non-linearly related to the measurements, estimating a vectorial field, etc..