

Analyse d'écoulement à partir de champs d'observables pris à des temps arbitraires

Florimond Guéniat^{1,2}, Lionel Mathelin¹, & Luc Pastur^{1,2}

¹ LIMSI-CNRS, 91403 Orsay, FRANCE

² Université Paris-Sud, FRANCE

florimond.gueniat@limsi.fr

De nombreux outils existent pour la décomposition et l'analyse d'écoulements turbulents, comme la *Proper Orthogonal Decomposition* (POD) ou la *Dynamics Mode Decomposition* (DMD) introduit plus récemment [3]. L'algorithme standard de cette dernière méthode utilise un ensemble de vecteurs observables, mesurés à intervalles de temps réguliers, introduisant *de facto* une fréquence d'échantillonnage. Le pas de temps Δt ne doit pas être choisi au hasard : il doit être suffisamment petit pour résoudre les petites échelles temporelles de la dynamique. De l'ensemble ordonné de ces vecteurs résulte une matrice de Krylov dont sont extraits, par la DMD, les modes physiquement pertinents.

Néanmoins, lors du processus d'acquisition, ce type de contrainte peut poser des difficultés. A titre d'exemple, considérons la situation classique, en mécanique des fluides, où l'observable est un champ à deux composantes, de dimension deux (2D2C), mesuré par *Particule Imagery Velocimetry* (PIV). En PIV, les tailles standards sont des champs de 1000×1000 pixels. Supposons que la fréquence pertinente la plus élevée soit à 200 Hz (situation très optimiste en écoulement turbulent), le critère de Shannon-Nyquist impose alors une fréquence d'échantillonnage supérieure à 400 Hz. Avec des images de 12-bit, la bande passante ainsi nécessaire est supérieure à 1 Gb/s.

De plus, si le spectre de Fourier de la dynamique est à large bande, la durée de l'acquisition de données doit être importante. La combinaison d'une haute fréquence d'échantillonnage et d'une longue durée d'acquisition conduit à des contraintes sévères, tant pour le matériel de mesure que pour les ressources de traitements de données et de stockage.

De surcroît, certaines mesures de l'observable peuvent être corrompues, par des causes internes ou externes à l'expérience, par exemple au niveau du matériel, ou par la non-convergence d'un algorithme de pré-traitement. Les faux vecteurs en PIV sont une illustration de ce problème. S'il est souvent possible de remplacer les données manquantes ou corrompues, par diverses techniques telle la gappy-POD, de l'information non physique risque d'être introduite, en particulier dans le contenu spectral.

Dans ce papier, nous présentons une nouvelle technique pour extraire une décomposition approchant les modes DMD, sans que les contraintes précédentes n'influent sur la robustesse de l'algorithme. Nous illustrerons cette méthode sur un champ de données provenant de PIV.

Références

1. J. Basley and al. : Experimental investigation of global structures in an incompressible cavity flow using time-resolved PIV, *Experiment in Fluids*, **50** :905–918
2. K. Chen, J.H. Tu & C.W. Rowley, Variants of dynamic mode decomposition : connections between Koopman and Fourier analyses, *Journal of Nonlinear Science*, submitted, 2011.
3. P.J. Schmid, Dynamic mode decomposition of numerical and experimental data, *J. Fluid Mech.*, **656**, p. 5–28, 2010.