

Réduction de modèles dynamiques de grande dimension Appréhender et maîtriser la complexité numérique des systèmes complexes

Dans bien des domaines de l'ingénierie, les modèles dynamiques gouvernés par des équations différentielles sont les outils de base des ingénieurs/chercheurs pour simuler, analyser, optimiser et contrôler les systèmes et procédés de la meilleure façon possible.

Selon le degré de précision et le phénomène que l'ingénieur souhaite reproduire, un modèle dynamique peut être plus ou moins complexe. Bien que cette complexité est souvent préférée afin de fidèlement reproduire la réalité, en pratique, du fait des limitations de puissance de calcul/mémoire des ordinateurs, ainsi que des approximations faites par les schéma numériques (optimisation, intégration, etc.), celle-ci peut alors mener à une perte de précision et de fiabilité dans les résultats obtenus ainsi qu'à des temps de calcul prohibitifs. Une façon de contourner ce problème consiste à utiliser l'approximation de modèles qui vise à remplacer le modèle complexe, dit de haute fidélité, par un modèle simplifié dont le comportement est toujours représentatif du système physique initial.

Cette formation est destinée à des chercheurs et des ingénieurs confrontés à ces problématiques, utilisant des modèles dynamiques complexes, et désirant découvrir ou approfondir leurs connaissances en systèmes dynamiques et en algèbre linéaire.

Cette formation leur permettra de découvrir un vaste panorama des méthodes de réductions de modèles linéaires, illustrées au travers d'exemples didactiques et concrets. De plus, des outils numériques seront également mis à disposition des participants afin de pouvoir réutiliser les méthodes vues. Cette formation transverse s'applique aussi bien aux secteurs de l'aéronautique, du spatial, de l'aérodynamique, de l'électronique intégrée, de la biologie, de l'automobile...

Éléments clés

Durée : 2 jours

Lieu : Palaiseau

Code : MODR

Objectifs

- Appréhender la complexité des modèles dynamiques de très grande taille
- Comprendre les problèmes numériques liés à la grande dimension
- Connaître les différentes approches de réduction de modèle
- Être capable de réduire/approximer un modèle dynamique linéaire et de construire un schéma numérique robuste
- Découvrir des algorithmes optimaux et méthodes clés en main de réduction de modèles
- Disposer de retours d'expériences sur des exemples académiques et industriels

Méthodes pédagogiques :

Le programme

Jour 1

MATIN

Formulation du problème d'approximation de modèles dynamiques et vue d'ensemble des méthodes de réduction

- Exemples illustratifs de modèles de (très) grande dimension
- Problèmes associés à ces modèles (en simulation, calcul de normes, contrôle...)
- Vue d'ensemble des méthodes de réduction avec et sans réalisation, avec et sans projection
- Le cadre de la projection de Petrov-Galerkin
- Rappel sur les normes de systèmes et les factorisations matricielles

Charles POUSSOT-VASSAL

APRES-MIDI

Méthodes avec projection : Approches basées SVD et Krylov

- Opérateur de Hankel et grammiens
- Réduction par troncation (équilibrée, modale)
- Approximation par égalisation des moments
- Sous-espaces de Krylov et algorithme d'Arnoldi
- Exemples didactiques du fonctionnement des algorithmes

Charles POUSSOT-VASSAL

Jour 2

MATIN

Méthodes avec projection : Optimalité des méthodes d'approximations et algorithmes itératifs

- Optimalité au sens de la norme H2 et H2 limitée
- Algorithmes itératifs
- Extension aux multi-systèmes
- Illustration sur un problème de contrôle robuste

Charles POUSSOT-VASSAL

APRES-MIDI

Méthodes sans projection : Méthodes sans réalisation et/ou basées optimisation complexe

- Approximation par algorithme d'optimisation complexe
- Approximation de modèles de dimension infinie
- Illustration sur les systèmes à retards, équations dérivées partielles

Charles POUSSOT-VASSAL

Conclusion et résumé des méthodes d'approximation

- Bilan des différentes méthodes et perspectives
- Quid des approches non développées ?
- Points forts et points faibles des méthodes
- Outils numériques disponibles

Charles POUSSOT-VASSAL

Responsable scientifique

Charles POUSSOT-VASSAL – Expert en automatique et systèmes complexes / ONERA DCSD