

3GS2235 - Conception de systèmes résilients : diagnostic, reconfiguration et fonctionnement tolérant aux pannes

Responsables : **Sorin OLARU , Anne BARROS , Antoine GIRARD**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **65**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **36**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Le cours se construit sur trois parties : "diagnostic basé sur les données", "diagnostic et reconfiguration à basé de modèle" et "méthodes formelles pour la vérification et les spécifications de haut niveau".

Prérequis :

- ST2 : Modélisation
- ST4 : Traitement du signal
- ST4: Statistique et apprentissage
- ST5 : Commande des systèmes dynamiques

Plan détaillé du cours (contenu) :

Partie I : Approches statistiques et tests statistiques

Partie II : Apprentissage supervisé : modèle de régression et classification

Partie III : Apprentissage supervisé : arbres de décision, réseaux neuronaux, k-nn

Partie IV : Apprentissage non supervisé : Analyse en composantes principales, Clustering

Partie V : Principes du diagnostic basé sur les modèles. Modélisation des fautes, caractérisation des fautes. Détection et isolation des fautes. Génération de résidus, évaluation des résidus et diagnostic. Questions de robustesse. Application à la génération de résidus pour les systèmes LTI. Espace de parité. Conditions structurelles pour la détectabilité et l'isolation des défauts

Partie VI : Observateurs comme outil de diagnostic. Estimation des paramètres comme outil de diagnostic

Partie VII : L'approche théorique des ensembles pour l'estimation et l'isolation des défauts basée sur la séparation des ensembles. Génération de résidus et caractérisation des ensembles via des ensembles invariants

Partie VIII : Récupération des composants après défaut. Stratégies actives de détection de défauts : de la séparation active des ensembles à l'optimisation en temps réel (approches basées sur le gouverneur de référence)

Partie IX : Méthodes formelles pour la résilience : systèmes de transition, logique temporelle linéaire, détection et tolérance des fautes en tant que spécifications de haut niveau

Partie X : Algorithmes de vérification et de synthèse : automates de Büchi, model checking

Partie XI : Systèmes avec information partielle, abstractions : relations de simulation et de raffinement de rétroaction, abstractions I-complètes

Partie XII : Étude de cas en robotique tolérante aux fautes

Déroulement, organisation du cours :

Le cours correspond à un volume horaire de 36 heures et sera construit sur une structure cours magistraux + travaux dirigés. Les TDs s'appuieront sur de nombreux cas d'étude issus du monde de l'industrie.

Organisation de l'évaluation :

Des études de cas de 3h seront proposés avec des comptes rendus séparés pour évaluer les compétences C1 et contribuer à l' hauteur de 50% de la note finale. Pour 50% de la note finale, l'évaluation se fera lors de l'examen écrit final.

Moyens :

Equipe enseignante (noms des enseignants des cours magistraux) :

- Mme. Anne Barros
- M. Sorin Olaru
- M. Antoine Girard

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

L'objectif de ce cours est d'aborder les problématiques de détection de défauts (ou pannes) et de reconfiguration pour pallier aux pertes de performances et garantir la sécurité. Savoir détecter un comportement défectueux du système ou de l'un de ses composants (capteur, actionneur, sous-composant du système), l'isoler et l'identifier (signature des défauts) réagir en conséquence (reconfiguration, commutation dans un mode dégradé de fonctionnement...) est en effet un point clé de la résilience des systèmes permettant de limiter les interruptions de fonctionnement ou les pertes du système. Les méthodologies de pointe liées à ces questions seront présentées dans le cadre du cours et les participants acquerront les capacités nécessaires pour analyser et concevoir des systèmes tolérants aux défauts.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

This course is an opportunity for students to deepen their skills C.1.1, C1.2

- Design a diagnosis mechanism starting from the description of a failure scenario and knowing the nominal

dynamical model.

- Analyse fault-tolerant control specifications of a dynamical system.

- Implement and adapt diagnosis and reconfiguration methods according to the field of application.

Bibliographie :

Blanke, M., Kinnaert, M., Lunze, J., & Staroswiecki, M. (2006). Fault-tolerant control of continuous-variable systems. *Diagnosis and Fault-Tolerant Control*, 299-368.

Stoican, F., & Olaru, S. (2013). *Set-theoretic fault-tolerant control in multisensor systems*. John Wiley & Sons.

Varga, Andreas. "Synthesis of Fault Detection and Isolation Filters." *Solving Fault Diagnosis Problems: Linear Synthesis Techniques with Julia Code Examples*. Cham: Springer International Publishing, 2024. 75-133.

Baier, C., & Katoen, J. P. (2008). *Principles of model checking*. MIT press.

Belta, C., Yordanov, B., & Gol, E. A. (2017). *Formal methods for discrete-time dynamical systems (Vol. 89)*. Cham: Springer.

Girard, A., Meyer, P.-J., & Saoud A. (2024). *Approches symboliques pour le contrôle des systèmes non-linéaires. Techniques de l'ingénieur*