

**Programme de la réunion du GT S3 du 15 septembre 2016**  
**Amphi A de l'ENSAM, 151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris**

**10h00-10h40 : Discernabilité des systèmes dynamiques linéaires et non-linéaires affines en la commande**

Orateur : Koffi Mawussé Djidula Motchon (1), Komi Midzodzi Pekpe (1), Jean-Philippe Cassar (1), Stephan De Bièvre

(1) : CRIStAL, Univ. Lille 1, (2) : Lab. Paul Painlevé, Univ. Lille 1

**Résumé** : La discernabilité de deux systèmes dynamiques est la propriété de ces deux systèmes à avoir des comportements entrées-sorties différents. L'étude de cette propriété se révèle nécessaire dans la surveillance des systèmes présentant des modes de fonctionnement normal et défaillant(s) connus. La discernabilité du mode normal et d'un mode défaillant garantit en principe la détectabilité du défaut et la discernabilité des modes défaillants assure l'isolabilité des défauts. L'étude de la discernabilité des systèmes dynamiques est également capitale pour l'observation des systèmes à commutation.

L'exposé présentera les conditions que nous avons établies pour caractériser la discernabilité des systèmes dynamiques quelles que soient les commandes qui leurs sont conjointement appliquées. Ces conditions s'appliquent aux systèmes mono-sortie linéaires et non-linéaires affines en la commande.

**Référence** : K.M.D. Motchon, K.M. Pekpe, J-P. Cassar, and S. De Bièvre. On the Input-Output Distinguishability of Single Output Continuous Linear Time-Invariant Systems. IEEE Transactions on Automatic Control. (en ligne depuis septembre 2015).

**10h40-11h20 : Estimation de l'état de santé et de la RUL d'un système contrôlé en boucle fermée**

Toufik Aggab, Pascal Vignat, Manuel Avila (PRISME, Univ. Orléans), Frédéric Kratz (PRISME, INSA Val de Loire)

**Résumé** : Nous proposons une approche d'évaluation de l'état de santé et d'estimation de la durée de vie résiduelle (RUL) avant défaillance sur un système contrôlé en boucle fermée. En raison des caractéristiques concernant les performances du contrôle-commande, les dégradations et les perturbations affectant le système peuvent rester partiellement ou totalement masquées. Les données fournies par les capteurs de ces systèmes sont exploitées, par l'utilisation d'un observateur, afin de générer des signaux indicateurs de dégradations. Une fois que l'observateur approprié est synthétisé, les résidus générés à l'aide de ce dernier sont exploités afin de modéliser le comportement de la dégradation à l'aide d'un modèle de Markov caché (MMC). Les MMCs ont la capacité de pouvoir représenter l'évolution de l'état de santé d'un système à partir de données littérales ou numériques. Pour la RUL, un deuxième observateur est utilisé afin d'estimer les états et les paramètres pertinents non mesurés et capables de caractériser la performance du système. Les estimations obtenues sont utilisées pour déterminer le modèle de variation des paramètres affectés par la dégradation. Ensuite, l'estimation de la RUL est réalisée par la comparaison de la performance obtenue par la simulation de modèle de comportement du système et celle désirée. Pour illustrer notre approche, nous avons exploité le fonctionnement d'un système de contrôle du niveau d'eau dans un réservoir.

**11h20-12h00 : Une méthode de fusion de données non supervisée pour estimer les endommagements cumulés dans les structures composites à partir des émissions acoustiques**

Emmanuel Ramasso, Vincent Placet, Lamine Boubakar (FEMTO-ST, Besançon)

**Résumé** : La technique de l'émission acoustique est très utilisée en suivi de santé et

notamment des structures (SHM/PHM) pour sa capacité à mesurer en temps réel des changements infimes dans l'intégrité structurale. Elle repose sur la mesure de déplacements à la surface d'un matériau de l'ordre du picomètre provoqués par la propagation d'une onde élastique générée par un endommagement. La sensibilité accrue des capteurs utilisés a l'inconvénient de générer des signaux complexes (fonction de la géométrie et des sollicitations) tandis que les fréquences d'échantillonnage nécessaires pour suivre certains endommagements nécessite de traiter des masses de données très importantes. Ces difficultés sont démultipliées par l'emploi de réseaux de capteurs permettant de localiser les endommagements et faciliter ainsi la maintenance des équipements. Cette présentation illustrera ces difficultés sur des composites de formes variées (plaque, cylindre, courbe) utilisés dans des systèmes complexes, puis une méthode d'analyse de données sera présentée permettant d'estimer les endommagements cumulés. La méthode s'appuie sur une fusion de partitions estimées de manière non supervisée. Les partitions sont sélectionnées de manière automatique à partir de critères imposant une forme de chronologie (qui reste inconnue a priori) sur la manière dont les endommagements apparaissent et s'accumulent. La méthode permet par ailleurs d'évaluer la robustesse de la solution et de quantifier les incertitudes concernant l'estimation des endommagements. Les résultats montrent une bonne corrélation avec d'autres méthodes d'évaluation destructives et non destructives sur des essais de fatigue sous sollicitations complexes et ont été comparés à d'autres méthodes de la littérature. Pour finir, des travaux en cours seront présentés portant sur le développement d'une approche basée sur des modèles multiphysiques avec l'objectif d'intégrer des lois de comportement estimées à partir des émissions acoustiques.

#### **12h00-14h00 : Pause repas**

#### **14h00-14h40 : Prédiction de la qualité du Wafer en fonction de la qualité des équipements**

Mariam Melhem, Bouchra Ananou, Mustapha Ouladsine (LSIS, Marseille), Jacques Pinaton (ST Microelectronics)

**Résumé :** l'objectif de ma présentation est la prédiction de la qualité des wafers en fonction des informations disponibles tout au long du processus de fabrication de semi-conducteurs. Les informations dont on dispose dans le domaine de semi-conducteurs sont : les indices de santé des équipements, des alarmes, des mesures de qualité périodiques, etc... Il s'agit de proposer des méthodes permettant d'agrèger toutes ces informations non homogènes dans un modèle générique pour prédire la qualité à chaque étape de fabrication en fonction des étapes précédentes, mais aussi prédire le nombre de wafers restant à produire avant les pertes de performances liés aux spécificités clients.

#### **14h40-15h20 : Estimation de durée de vie résiduelle de Pile à Combustible par filtrage de Kalman étendu**

Mathieu Bressel (1,2), Mickael Hilairet (1), Daniel Hissel (1), Belkacem Ould Bouamama (2) (1) FEMTO-ST, Belfort, France, (2) CRISTAL, Lille

**Résumé :** les piles à combustibles à membrane échangeuse de proton (PàC) sont des convertisseurs énergétiques prometteurs pour les applications automobiles et stationnaires. Cependant, leurs déploiement à grande échelle est limité dû à une durée de vie réduite par des mécanismes de détérioration qui sont pour la plupart mal compris. Le pronostic est une discipline qui vise à estimer l'état de santé et la durée de vie résiduelle d'un dispositif afin de prévoir une maintenance ou afin d'étendre la durée de fonctionnement. C'est un domaine de recherche qui attire donc un grand nombre de spécialiste de la PàC. L'objectif de la présentation est de montrer l'application du filtre de Kalman étendu pour l'estimation rapide de l'état de santé et de la durée de vie résiduelle d'une pile à combustible à membrane échangeuse de proton.

## **15h20-16h00 : Diagnostic des défauts du groupe moto-propulseur par analyse des signaux vibro-acoustiques**

Kawthar Alameh, Ghaleb Hoblos (IRSEEM, Rouen) et Georges Barakat (GREAH, Univ. du Havre)

**Résumé** : Les machines synchrones à aimants permanents (MSAP) sont de plus en plus répandues dans différentes applications industrielles, tels que les véhicules électriques hybrides, grâce à leur structure simple, leur couple électromagnétique important et leur rendement élevé. En raison du vieillissement des matériaux, des défauts de fabrication ou des opérations intermittentes, plusieurs types de défauts sont inévitables dans ces moteurs et qui peuvent intervenir dans le rotor, le stator, l'onduleur de courant ou de la tension ou bien dans les roulements. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés aux défauts de la machine, et spécialement les défauts : magnétique (fissures dans un ou plusieurs pôle(s) rotorique(s)) et mécanique (excentricité rotorique). La phase primordiale dans une approche de diagnostic sans modèle est le choix des indicateurs extraits des signaux étudiés dans un ou plusieurs domaines (temporel, spatial, fréquentiel, temps-échelle,...), capable de détecter et d'identifier les types des défauts considérés. Cependant, la performance de ces indicateurs dépend fortement de la nature du défaut (évolutif ou pas), de sa sévérité (forte ou faible) et de la nature du fonctionnement de la machine (stationnaire, cyclo-stationnaire ou non-stationnaire). Le but de cette présentation est de proposer des seuils statistiques capables de détecter et d'identifier les défauts considérés en respectant un compromis entre les probabilités de la non-détection et de fausse alarme. Dans notre cas, nous considérons un régime de fonctionnement à vitesse constante (stationnaire), avec des défauts de degrés constants en fonction du temps. Finalement, la sensibilité du (des) seuil(s) proposé(s) sera testée par un ensemble bruité de signaux relatifs à plusieurs types et sévérités des défauts