

Organisation

Séminaire des doctorants 2^{ème} année

24 mars 2011

Déroulement : 30 minutes d'exposé + 15 minutes de questions.

Lieu : Léonard de Vinci, Amphi 109N à partir de 9h00

Ouverture

Luc MATHIEU

Session 1

9h15 - 10h00

Apport des techniques de Model-Checking pour l'analyse qualitative d'arbres de défaillance dynamiques

Pierre-Yves CHAUX

10h00 - 10h45

Intégration des effets thermiques dans le tolérancement

Sami BENICHOU

10h45 - 11h30

Conception des architectures de contrôle / commande des systèmes de production d'énergie par modélisation et analyse formelle multi-vues

Thibault LEMATTRE

Buffet à la Plate-forme expérimentale

Session 2

14h00 - 14h45

Obtention des spécifications de fabrication avec la méthode TZT

Mickael CAUX

14h45 - 15h30

Métrologie tridimensionnelle par coordonnées multi-capteurs

Nicolas AUDFRAY

15h30 - 16h15

Polissage 5 axes automatisé

Anthony GUIOT

Conclusion et Bilan

Luc MATHIEU

Apport des techniques de Model-Checking pour l'analyse qualitative d'arbres de défaillance dynamiques

Qualitative analysis of Dynamic Fault Trees by using Model Checking techniques

Doctorant : Pierre-Yves CHAUX

Encadrants : Jean-Jacques LESAGE, Jean-Marc ROUSSEL, Gilles DELEUZE¹, Marc BOUISSOU¹

Mots clés : Systèmes à événements discrets, sûreté de fonctionnement, Automates fini, BDMP, Model-Checking

Keywords: *Discrete event systems, safety assessment, Finite Automaton, BDMP, Model-checking*

- Contexte et objectif de la thèse :

L'analyse prévisionnelle des défaillances des systèmes critiques tels les systèmes de contrôle commande des centrales nucléaires est un problème complexe aux enjeux sociétaux importants. Ces analyses doivent tenir compte à la fois des défaillances des sous-ensembles matériels qui composent le système étudié, de leurs différentes interactions mais également de l'environnement du système.

La difficulté scientifique consiste à faire cohabiter au sein d'un même modèle des événements rares aux conséquences irréversibles ainsi que des défaillances de composants réparables fonctionnant selon des règles de redondance variées. Les modèles établis doivent être suffisamment détaillés pour tenir compte de l'influence des logiques de commande mais en restant exploitable pour leur évaluation qualitative et quantitative.

Sur le plan académique, les outils privilégiés pour l'analyse de sûreté sont les arbres de défaillance (statiques ou dynamiques), les processus de Markov, les réseaux de Petri stochastiques ou les réseaux Bayésiens. Leurs capacités restent limitée quand à intégrer la réparabilité des composants et leurs interactions ou à traiter des problèmes de grande taille. Il s'avère donc qu'aucun de ceux-ci ne permette à EDF de mener de manière suffisamment détaillée ses études.

Conscient que la difficulté principale, à laquelle est confronté EDF, est la description des interactions entre les composants élémentaires, son service R&D a développé un nouvel modèle de description : les Boolean Driven Markov Processes (BDMP). Ce modèle, basé sur les arbres de défaillance, permet :

- de décrire la relation liant la panne globale du système aux défaillances des composants élémentaires,
- de décrire les interactions entre ces composants selon les types de redondances utilisés,
- d'intégrer la réparabilité des composants,

Les travaux de thèse consistent à évaluer les capacités de ce nouveau modèle pour l'analyse prévisionnelle des défaillances des systèmes critiques tant sur le plan qualitatif que quantitatif. L'exploitation des modèles pourra se faire en s'appuyant sur des techniques de Model-Checking permettant de traiter des problèmes de grande taille.

- Travail réalisé en 1ère Année:

Le travail de première année a porté sur une étude bibliographique des différentes classes d'arbres de défaillance ainsi que les traitements qui leurs sont associés et un travail de modélisation des BDMP. Celle-ci, réalisée par automates, a permis une description fine de leur dynamique et permet d'évaluer l'utilisation de techniques de Model-checking pour l'extraction de l'ensemble des séquences de défaillances de ces modèles.

- Travail réalisé en 2ème Année :

Le travail de cette seconde année a principalement consisté à donner une sémantique propre au BDMP dans l'objectif de réaliser des études qualitatives sur ce modèle. A cette sémantique est associé un mécanisme de génération systématique d'un automate équivalent générant un langage contenant tous les scénarios possible dans un BDMP. Cet automate permet soit l'utilisation de techniques de la théorie des langages soit de Model-checking pour extraire les scénarios critiques minimaux à partir de la modélisation experte de la sûreté d'une installation.

¹ EDF R&D Dpt MRI (Clamart)

Intégration des effets thermiques dans le tolérancement

Thermal dilatation in functional tolerancing

Doctorant : Sami BENICHOU

Encadrant : Bernard ANSELMETTI

Mots clés : Tolérancement fonctionnel, dimensionnement fonctionnel, dilatation thermique, optimisation des tolérances, conception intégrée

Keywords: *Functional tolerancing, functional dimensioning, thermal expansion, tolerancing optimization, integrated design*

Dans le cadre du pôle de compétitivité System@tic, la SNECMA (porteur du projet), EADS, RENAULT, Dassault Systèmes, AMETRA, TROCHET, SOKARIS, le LURPA et l'UTC ont obtenu un financement pour développer le tolérancement ISO sur tout le cycle de conception et de production du produit. Parmi les objectifs se trouvent les tests sur les cas industriels des logiciels CLIC et QUICK_GPS.

Le LURPA a élaboré la méthode CLIC de cotation fonctionnelle 3D pour des mécanismes parfaitement rigides et sans dilatation.

L'objectif est de mettre en place toutes les structures d'échanges de données et de capitalisation pour traiter des cas industriels. Un des besoins industriels est de prendre en compte dès le début les aspects dilatation et déformation dans la modélisation.

Ma problématique est par conséquent de formaliser les différentes configurations du mécanisme en fonction des températures, de générer les exigences fonctionnelles nécessaires et suffisantes, de générer les chaînes de cote 3D, d'ajouter les maillons de dilatation et de faire la synthèse des tolérances pour optimiser les dimensions nominales du modèle.

Une méthode de séparation d'influences de tolérancement et d'effets thermiques est proposée. Cette méthode s'appuie sur la notion de droite d'analyse définie dans la méthode CLIC afin de permettre la propagation d'influences. Cette méthode est définie dans le cas de calcul global ainsi que dans le cas de calcul séparé. De plus, afin de valider différentes hypothèses de calcul, un paramètre d'erreur est établi. Cette méthode est testée sur une turbopompe SNECMA afin de la valider.

Les études actuelles portent sur l'identification de conditions équivalentes entre les modèles globaux et les modèles séparés afin de vérifier la méthode proposée dans différents contextes d'étude.

Conception des architectures de contrôle/commande des systèmes de production d'énergie par modélisation et analyse formelle multi-vues
Design of control/command architectures of energy production systems by multi-views modelling and formal analysis

Doctorant : Thibault LEMATTRE

Encadrants : Jean-Marc FAURE, Jean-François PÉTIN², Bruno DENIS, Patrick SALAUN³, Marion VIEL³

Mots clés : architectures de commande, architecture opérationnelle, automates communicants, atteignabilité, vérification formelle

Keywords: *control architectures, operational architecture, communicating automata, reachability, formal verification*

Un système de commande peut être caractérisé par trois types d'architectures :

- l'architecture fonctionnelle,
- l'architecture matérielle (ou physique),
- l'architecture opérationnelle, construite par projection de l'architecture fonctionnelle sur l'architecture matérielle.

La conception de cette dernière reste à l'heure actuelle une activité majoritairement basée sur le savoir-faire et l'expérience, fastidieuse et consommatrice de temps.

L'objet de cette thèse est de contribuer à faciliter cette conception, en proposant en premier lieu une méthode de projection automatique.

Pour cela, nous avons développé une approche se basant sur la recherche d'atteignabilité d'un état d'un réseau d'automates communicants. Cette méthode fournit, à partir de la connaissance des caractéristiques des fonctions de commande et des contrôleurs, une solution d'affectation respectant des contraintes de capacités et de répartition et minimisant le nombre de contrôleurs. Elle a été mise en œuvre sur plusieurs cas d'étude comprenant entre plusieurs dizaines et plusieurs centaines de fonctions, l'analyse d'atteignabilité étant réalisée par un outil de vérification formelle,

Dans la suite des travaux, nous allons prendre en compte d'autres contraintes de capacités et de répartition des fonctions. Les perspectives à plus long terme visent à intégrer des contraintes relatives aux performances temporelles attendues de l'architecture opérationnelle, ce qui conduira à introduire dans la modélisation des caractéristiques du réseau de communication.

² CRAN, Nancy

³ EDF

Obtention des spécifications de fabrication avec la méthode TZT

Manufacturing tolerancing with TZT method

Doctorant : Mickael CAUX

Encadrant : Bernard ANSELMETTI

Mots clés : Cotation ISO, Cotation de fabrication

Keywords: *Tolerancing with ISO standards, Manufacturing specifications*

Résumé :

Pour respecter le dessin de définition fonctionnel d'une pièce, le gammiste doit choisir un processus de fabrication, puis déterminer les spécifications de fabrication à respecter sur la pièce après chaque phase. Cette communication présente la méthode de Transfert de Zone de Tolérance (TZT) qui est basée sur une représentation vectorielle des zones de tolérance. Pour chaque spécification fonctionnelle, il s'agit tout d'abord d'analyser les mobilités de la zone de tolérance et le rôle des références. Le transfert détermine par itérations la spécification de fabrication et le rôle des références pour chaque phase. Les opérations sur les degrés de liberté permettent de spécifier le juste nécessaire avec les normes ISO de cotation.

Objectifs :

L'objectif est d'étendre la méthode TZT utilisée en cotation fonctionnelle afin de réaliser des transferts de fabrication. Il faudra ensuite réaliser un démonstrateur, qui permettra de générer automatiquement les dessins de phase à partir du dessin fonctionnel, pour une gamme donnée. Il sera ainsi possible de réaliser rapidement le transfert pour plusieurs gammes de fabrication, afin de pouvoir choisir celle qui laisse les plus grandes marges de fabrication.

Métrologie tridimensionnelle par coordonnées multi-capteurs

3D multi-sensor coordinate metrology

Doctorant : Nicolas AUDFRAY

Encadrants : Claire LARTIGUE, Charyar MEHDI-SOUZANI

Mots clés : Tolérancement fonctionnel, dimensionnement fonctionnel, dilatation thermique, optimisation des tolérances, conception intégrée

Keywords: *Functional tolerancing, functional dimensioning, thermal expansion, tolerancing optimization, integrated design*

Les travaux de thèse débutés à travers ce sujet font suite à divers travaux précédents ayant abouti à la définition de stratégies de numérisation de pièces de forme gauche, à l'évaluation de la qualité des données acquises (nuages de points 3D), ainsi qu'à l'élaboration de protocoles de qualification des capteurs laser sans contact.

Notre travail consiste à améliorer les protocoles et stratégies précédemment définis afin de les rendre plus robustes, ainsi que de les insérer dans un contexte de contrôle en ligne multi-capteurs. Il s'agit en particulier d'automatiser l'ensemble de la procédure. En effet, nos premiers résultats ont montré que la maîtrise de la qualité des données est obtenue par configurations de ce dernier. En effet les principaux paramètres influant sur le bruit de numérisation sont la distance de numérisation et l'angle de numérisation, facteurs contrôlables lorsque la numérisation est automatique.

Les précédentes études avaient pour domaines d'application, la reconstruction de formes ou le copiage direct de formes pour lesquels les exigences en termes de qualité sont moindres par rapport à une application de métrologie dimensionnelle. Le besoin industriel en termes de métrologie de pièces réalisée à partir des capteurs sans contact est de plus en plus fort compte tenu de leur capacité à générer des quantités de données importantes dans des délais très courts (des millions de points en quelques minutes), de leur mobilité et de leur facilité de mise en œuvre. Toutefois, la complexité de ces systèmes, associée à une problématique métrologique très exigeante et très encadrée en termes de norme ISO fait qu'il existe de nombreux verrous scientifiques à lever.

Afin d'aborder les problèmes liés à la métrologie dimensionnelle avec les capteurs sans contact, nous avons défini un protocole d'évaluation adapté à ce nouvel objectif, ce qui nous a permis de déterminer les capacités du capteur à réaliser de la mesure dimensionnelle de grande qualité. Le but est de réaliser une procédure automatique de contrôle en ligne de production, ceci en intégrant au processus de contrôle un aspect multi-échelles multi-capteurs. En effet, en fonction de la spécification à contrôler, en accord avec la norme ISO, le choix du meilleur capteur (capteur laser plan, palpeur TP2, capteur de microgéométrie (STIL)) sera réalisé pour effectuer le mesurage. Ce choix passera par un compromis entre l'incertitude de mesure acceptable et le temps d'exécution de la mesure admissible au regard des contraintes industrielles.

À partir d'une étude sur le thème de la métrologie et du tolérancement ISO, nous avons pu identifier l'ensemble des caractéristiques que devaient avoir les éléments extraits intégraux pour réaliser la mesure et la vérification des spécifications ISO. En fonction des résultats sur les performances des capteurs, nous sommes à même d'identifier quelles spécifications géométriques peuvent être contrôlées, quel choix de capteur nous devons réaliser, puis de définir la stratégie de contrôle permettant d'obtenir un nuage de points de qualité acceptable pour la mesure.

À termes, nous devrions être capables de proposer un processus de contrôle métrologique automatique d'une pièce de forme gauche, en ligne de production, le plus rapide possible, respectant les contraintes imposées par les normes (ISO, STEP-NC,...) dans ce domaine.

Polissage 5 axes automatisé ***5 axis polishing automated***

Doctorant : Anthony GUIOT

Encadrants : Christophe TOURNIER, Luc MATHIEU

Mots clés : Polissage, défaut de forme, taux d'abrasion, simulation, comportement outil
Keywords: *Polishing, form deviation, material removal rate, simulation, tool wear*

Contexte: Ces travaux se placent dans un contexte de réalisation de formes complexes comme les moules, matrices ou prothèses médicales qui nécessitent l'utilisation de procédés de super finition telle que le polissage pour obtenir une qualité géométrique et micro géométrique de grande qualité (jusqu'au « poli miroir »).

Objectifs: Le polissage de ces formes complexes s'effectue principalement de manière manuelle chez des spécialistes du polissage. Ainsi la qualité des surfaces obtenues dépend du savoir faire et de l'expérience de l'opérateur. Il existe cependant d'autres moyens de polir, comme par exemple l'utilisation combinée d'un robot anthropomorphe et d'un porte disque asservis en effort. Ce moyen n'est que rarement utilisé car il nécessite de nombreuses mises au point ou itérations lors d'utilisation de processus adaptatifs. Nous proposons une nouvelle méthode de polissage sur centre d'Usinage Grande Vitesse 5 axes (transposable aux robots anthropomorphes) utilisant uniquement un outil déformable. L'objectif des travaux est de modéliser au mieux l'ensemble du processus de polissage afin de déterminer une gamme de fabrication optimale.

Travaux : La modélisation complète du processus de polissage est très complexe car il existe de nombreux facteurs influents sur le résultat de polissage. C'est pourquoi, dans premier temps, seuls les défauts de forme ont été modélisés. Un simulateur d'abrasion basé sur la loi de Preston à été développé pour prédire l'homogénéité des défauts de forme pour une surface plane. Les premiers résultats obtenus donnent de bons résultats en termes de corrélation entre simulation et mesure des défauts de forme, mais il y a tout de même certains points à améliorer comme la prise en compte de l'efficacité de l'abrasif au cours de l'opération ainsi que l'évolution de la zone de contact selon la configuration et la forme de la pièce. Ces deux derniers points sont en cours d'amélioration avec notamment la modélisation du contact par calcul éléments finis et une étude de l'influence des paramètres sur l'efficacité des abrasifs par plans d'expérience.