

Offre de thèse



Sujet : Contribution à l'identification de situations dangereuses et à leurs détections par l'analyse des dérives de l'équipement de production. Application à une ligne automatisée

Université/Ecole d'ingénieur : Université de Lorraine / ENSAM Metz

Laboratoire d'accueil : Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN) / Laboratoire de Conception Fabrication Commande (LCFC)

Date de début : 1er novembre 2018

1. Contexte de la thèse

L'INRS, institut national de référence pour la prévention des accidents du travail, s'intéresse à la sécurisation des installations automatisées ou des machines possédant différents modes de fonctionnement (automatique, manuel,...) pour la protection de l'opérateur ou des tiers vis-à-vis des risques « machine », notamment les risques mécaniques liés aux éléments mobiles de travail durant l'exploitation de ces machines.

La protection des utilisateurs doit être prise en compte à la conception (Directive Machines 2006/42/CE et normes associées). Le fabricant doit alors envisager les mauvais usages raisonnablement prévisibles de l'opérateur ou des tiers et prévoir ainsi les mesures de protection adéquates. Mais, dans la pratique, le contexte d'exploitation fait que l'équipement ou le processus de production peut dériver et peut amener l'opérateur à répondre face à cette situation. L'opérateur peut ainsi s'exposer à des situations dangereuses, lors d'un aléa de production ou un dysfonctionnement, en suivant un mode opératoire inapproprié. Pour améliorer la sécurité des opérateurs, il est ainsi utile de vérifier s'il est possible d'identifier ces situations en vue de les prévenir.

Le laboratoire LCFC oriente depuis quelques années sa recherche autour de *l'Homme au centre des systèmes de production* notamment dans le cadre du Laboratoire mixte INRS-ENSAM « Conception Sûre de Situations de travail » (LC2S) et le Contrat Plan Etat Région (CPER) cyber-entreprise. Les travaux du LC2S portent principalement sur la proposition des méthodes outillées permettant aux concepteurs d'équipements de travail de s'approprier la notion de sécurité des opérateurs et d'étudier leurs situations de travail. Le LCFC développe une expertise autour de la gestion des risques par l'analyse et le traitement des données issues des systèmes de production.

Le laboratoire CRAN de l'Université de Lorraine est aussi un partenaire de l'INRS, membre du projet CPER cyber-entreprise et apportera son expertise dans le domaine de la sûreté de fonctionnement/maintenance ainsi que la méthodologie d'ingénierie système.

2. Objectifs et programme de recherche de la thèse

Le périmètre de cette thèse concerne les systèmes automatisés en service/exploitation du domaine manufacturier (équipement de travail, machines, lignes automatisées) avec un focus plus particulier sur les systèmes d'assemblage de produits (produits par exemple en termes de pièces mécaniques).

Objectif général : Formaliser et valider une démarche permettant, à partir de la définition de situations de travail, d'anticiper les situations dangereuses relatives à un équipement en service en s'appuyant sur les données issues de la production et de son environnement.

La contribution majeure relative à cette thèse est donc méthodologique. Elle se construira sur la proposition d'un ensemble de modèles métiers (plutôt) génériques (voire des approches), s'intégrant de façon cohérente. Cette modélisation multipoints de vue d'un système, devra permettre d'identifier/caractériser les situations de travail et les réponses de l'opérateur, pouvant évoluer vers des situations dangereuses et par voie de conséquence, la manière de les surveiller à partir de différents paramètres de ces systèmes. En ce sens, les travaux proposés se structurent en 3 étapes qui définissent le programme de recherche prévu pour le doctorant.

Etape 1 : Modélisation de situations de travail et des interactions

La première étape vise à modéliser une situation de travail. Cette modélisation doit prendre compte plus spécifiquement les interactions entre l'équipement, l'opérateur, et le produit ainsi que l'impact possible de l'environnement physique pouvant par exemple influencer le processus de fabrication. Cette modélisation, sera développée, non pas uniquement dans une vision statique (résultats de la conception isolée de chacun des items précédents) mais aussi dynamique, en considérant à la fois l'intégration de ces éléments isolés et leur évolution au cours du temps. La modélisation de ces interactions pour fonder « la situation de travail » est ainsi l'originalité scientifique majeure de cette étape en répondant prioritairement à la problématique de modélisation des aspects dynamiques au sein de ces modèles. Après définition des notions de situation de travail, de réponse de l'opérateur etc., deux cas réels de systèmes particuliers d'assemblage seront étudiés pour analyser leurs situations de travail essentielles (à partir des opérations de production, des équipements, des états successifs du produit, des interactions entre les éléments de la situation de travail ...). Depuis ces situations analysées, une étape de généralisation sera menée permettant de dégager quelles sont les caractéristiques fondatrices, quel que soit le cas industriel de ligne d'assemblage, d'une situation de travail. En parallèle à ce travail de généralisation, une étude bibliographique sera réalisée pour identifier quels sont les modèles les plus adaptés pour représenter une situation de travail sous ces différents points de vue (statique et dynamique) pour produire, à l'aide du travail de généralisation, un modèle de référence.

Etape 2 : Etude dysfonctionnelle et Identification des situations à surveiller

A partir du modèle de référence de situation de travail (« en bon fonctionnement ») établi en étape 1, l'objectif de cette étape est de compléter cette vue par une analyse dysfonctionnelle de la situation de travail (« le mauvais fonctionnement ») pour répondre à la question : Comment la situation de travail peut être amenée à évoluer vers des situations dangereuses ? L'originalité scientifique de cette étape est donc de fonder une approche dysfonctionnelle de la situation de travail qui se construit sur une approche dysfonctionnelle innovante des interactions, venant s'intégrer avec les approches dysfonctionnelles plus conventionnelles portant aussi bien sur les équipements (ex. AMDEC) ou les flux/produits (ex. HAZOP ; déviations de propriétés de Temps/Espace/Forme). Sur cette base, une phase supplémentaire d'analyse de risque conduira à déduire et caractériser parmi les situations dysfonctionnelles, celles dites dangereuses.

Etape 3 : Surveillance des situations dangereuses

Cette étape correspond à la mise en œuvre opérationnelle de la surveillance des situations de travail dites dangereuses. Cette étape, pour être pertinente, se veut très pragmatique et donc va utiliser un troisième cas concret.

A partir de la liste ordonnée des situations dangereuses, cette étape vise :

- A définir les moyens de surveillance à mettre en œuvre pour les initiateurs de dérives caractéristiques de ces situations de travail. Ceci peut concerner à la fois des choix technologiques d'instrumentation mais aussi des choix dans les variables à surveiller, les fréquences d'analyse etc. Ces choix s'appuient sur une expertise codétenue par les partenaires du projet sur des bonnes pratiques de Process Control ou sur le PHM (Prognostics and Health Management). Tout l'objet de la surveillance est de fournir un ensemble de valeurs/d'états d'indicateurs (à chaque instant), représentatif des situations dangereuses pour le salarié au poste de travail. Cette orientation de la surveillance est tout à fait originale.
- A proposer un ensemble de traitements de ces indicateurs pour fournir (à différentes parties prenantes) des éléments pertinents d'aide à la décision pour éviter que la situation de travail dangereuse ne se réalise. Ces traitements peuvent se construire sur de l'expertise mais aussi sur des outils plus performants de calcul comme des analyses statistiques, de tendance etc

3. Déroulement de la thèse

La première année, le doctorant aura pour mission de réaliser un état de l'art dans le domaine relatif à la thèse et de commencer le développement conceptuel du modèle du système et de son usage. La deuxième année visera à proposer une méthode d'identification des dérives et voir leur impact sur la sécurité de l'opérateur. La troisième année portera sur la proposition de différents moyens de contrôle ou de surveillance de données mesurables du système en vue de pronostiquer l'apparition de situations dangereuses et la rédaction du mémoire de thèse.

4. Encadrement de la thèse

La thèse sera dirigée en co-direction par Eric LEVRAT (CRAN, UL) et Ali SIADAT (LCFC, ENSAM Metz). Un représentant de l'INRS participera à cet encadrement. L'étudiant sera inscrit dans un seul établissement (ENSAM ou UL).

5. Spécificité de la thèse

La thèse est financée à 100% par l'INRS. Le statut du doctorant sera celui d'un salarié INRS en contrat à durée déterminée de 36 mois. La rémunération mensuelle brute est de 2016 euros.

Cette thèse est notamment réalisée dans le cadre d'un laboratoire commun INRS-ENSAM Metz ainsi qu'une co-direction avec le CRAN de l'Université de Lorraine. L'ENSAM et le CRAN superviseront la partie scientifique et la partie industrielle appliquée à la prévention des accidents du travail sera suivie par l'INRS. Le doctorant devra séjourner principalement à l'INRS à Vandoeuvre. Le doctorant s'assurera que ses travaux répondront effectivement aux besoins industriels et académiques.

6. Profil recherché

Le profil recherché sera soit celui d'un ingénieur ayant idéalement une expérience du monde de la recherche soit un master 2 R. Le candidat devra présenter un goût prononcé pour la recherche

appliquée mais aussi une capacité d'abstraction et de modélisation. Autonomie et ouverture d'esprit, analyse critique et capacité de synthèse, automatisme, modélisation de systèmes complexes sont d'autres compétences requises. Les compétences techniques recherchées sont les suivantes :

- Méthode/langage de modélisation :SysML, UML, Merise ...
- Analyse de risques : AMDEC, HAZOP
- Process control : Maîtrise Statistique des Processus, Carte de contrôle,...
- Maîtrise de la maintenance : PHM

Le candidat devra disposer d'une formation minimale dans au moins deux des domaines suivants :

- Maintenance/Diagnostic
- Conception/Modélisation de systèmes
- Sûreté de fonctionnement voire sécurité du travailleur ou mise en sécurité de machines/installations automatisées

Un stage industriel dans une entreprise du secteur manufacturier voire spécialisé en sécurité des machines (pour l'opérateur ou les tiers) est un plus indéniable.

Une bonne capacité relationnelle est obligatoire. La maîtrise de la langue Française et la capacité rédactionnelle doivent être excellentes. La maîtrise de la langue anglaise doit aussi être acquise au niveau de l'écrit et de l'oral (bibliographie, rédaction d'article, présentation des travaux)

7. Candidature

Les candidatures devront être envoyées à ali.siadat@ensam.eu, eric.levrat@univ-lorraine.fr et pascal.lamy@inrs.fr. Date limite : 1 juin 2018.

Le dossier de candidature devra comporter :

- CV
- Lettre de candidature en français expliquant la motivation
- Relevés de note des deux dernières années (école d'ingénieur ou master) et si possible le classement dans la promotion
- Avis d'un ou plusieurs enseignants dont la matière est en lien avec la thématique du sujet