



PROPOSITION DE THESE

Industrie 4.0 : gestion de la transparence
informationnelle dans les interfaces écologiques
dédiées à la reconfiguration de systèmes de
production industriels

Laboratoires Lab-STICC et ICube

Localisation de la thèse : ENSIBS, 17 Bd Flandres Dunkerque, 56100 Lorient

Directrices de thèse : Christine CHAUVIN et Virginie GOEPP

Encadrants de thèse : Clément GUERIN et Natalie SMITH-GUERIN

Profil visé : Master 2 Ergonomie, Psychologie ergonomique

Date de début de thèse : à partir du 1^{er} octobre 2022

Le projet ANR RODIC

Une concurrence de plus en plus accrue, un marché et une demande client en constante évolution, des procédés de fabrication et outillages qui s'améliorent, une instabilité des délais d'approvisionnement en matières premières, des changements de fournisseurs ou de sous-traitants, des baisses voire des annulations de commandes... autant de sources de variations et d'incertitudes auxquelles doivent faire face les systèmes de production pour rester rentables et compétitifs. Les travaux de recherche dans le domaine du Génie Industriel montrent que le paradigme des systèmes de production reconfigurables (RMS *Reconfigurable Manufacturing System*) est une voie prometteuse pour permettre aux entreprises de s'adapter en un temps court et ainsi faire face aux changements continuels. Pour cela, les systèmes de production doivent être modulaires, c'est-à-dire qu'une configuration correspond à un assemblage de modules. La reconfiguration consiste par exemple à ajouter ou retirer des moyens de production, changer des circuits de transport des produits, modifier des algorithmes d'ordonnancement ou les modalités de pilotage du système, ou encore réaffecter des opérateurs (Fotsoh, 2021)¹.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet ANR RODIC² qui a pour objectif d'améliorer le processus de reconfiguration³ en proposant un outil logiciel permettant à un utilisateur en charge de la reconfiguration d'évaluer plus simplement et plus rapidement les configurations qu'il souhaite tester. Ce projet réunit trois laboratoires de recherche : le LS2N, Le Lab-STICC et ICube⁴.

Objectifs de la thèse

Les objectifs de la thèse visent à définir et proposer des interfaces entre la personne en charge de la reconfiguration et l'outil RODIC qui soient écologiques et transparentes, qu'il s'agisse d'informations à présenter à l'humain (données nécessaires à la création de la configuration, indicateurs calculés après le choix d'une configuration, etc.) ou d'informations à présenter à l'outil RODIC (données d'entrée du système à configurer, choix d'indicateurs cibles, paramètres du système de production, contraintes à respecter, etc.).

¹ Fotsoh, 2021 : Erica CAPAWA FOTSOH, Contribution à la reconfiguration des lignes de production : définition et démarche de choix de configurations alternatives, PhD 2021, Université Nantes

² ReconfiguratiOn rapide De systèmes de production : une approche couplée Ingénierie logicielle dirigée par les modèles et interaCtion avec l'humain / Rapid recOnfiguration of manufacturing systems: a model-baseD software engineering and human Interaction Coupled approach

³ Plusieurs phases successives sont effectuées lors d'une reconfiguration : (i) détection du besoin de reconfiguration, (ii) conception des configurations alternatives, (iii) choix de la configuration à appliquer, (iv) arrêt de la production, (v) reconfiguration, et enfin (vi) redémarrage de la production

⁴ LS2N (Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes), Lab-STICC (Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance) et ICube (Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et l'Imagerie)

- Le concept d'interface écologique s'inscrit dans l'approche EID (*Ecological Interface Design*) proposée en 1988 par Vicente et Rasmussen, et qui s'est développée dans de nombreux domaines d'application pour améliorer les interactions homme-machine (IHM). Cette approche repose sur le principe d'afficher des informations saillantes sur l'IHM, en mettant en évidence les contraintes du système et l'espace des actions possibles, dans le but de faciliter le travail de l'opérateur humain (Burns et Hajdukiewicz, 2003). Ainsi, l'IHM écologique permet à l'opérateur d'améliorer la conscience de son environnement et le contrôle des événements inattendus (Naikar, 2017).

La conception d'une interface écologique est intrinsèquement liée à l'utilisation des résultats issus de la méthodologie CWA (*Cognitive Work Analysis*). Le cadre méthodologique CWA, proposé par Rasmussen et al. (1994) puis étendu par Vicente (1999), a connu de nombreux développements dans de nombreux domaines, mais peu dans celui des systèmes de production (voir la revue de Read et al., 2015). Le cadre CWA repose sur cinq analyses, qui permettent de mettre en évidence les informations requises par les utilisateurs pour réaliser les différentes fonctionnalités dans un environnement de travail contraint :

1. L'analyse WDA (Work Domain Analysis) permet d'identifier les contraintes fonctionnelles du système
 2. L'analyse ConTA (Control Task Analysis) permet d'identifier les contraintes décisionnelles et situationnelles
 3. L'analyse StrA (Strategy Analysis) permet d'identifier les contraintes stratégiques pour atteindre le but du système
 4. L'analyse SOCA (Social Organisation and Cooperation Analysis) permet d'identifier les contraintes d'allocation des fonctions du système
 5. L'analyse WCA (Work Competencies Analysis) permet d'identifier les contraintes liées aux compétences des individus
- D'autre part, dans le cadre de l'interaction Homme-Machine, l'utilisation du concept de transparence a été proposée pour améliorer le dialogue entre agents (Chen, 2021). Si le lien entre les concepts de transparence et d'interface écologique n'est pas nouveau (Selkowitz, 2016), il semble nécessaire d'éclairer comment la transparence peut contribuer à améliorer la conception des interfaces écologiques. Ces éclairages pourront alors s'appuyer sur un modèle de transparence pertinent comme par exemple :
 - Le modèle Situation Awareness-based Agent Transparency de Chen et al. (2018) qui propose trois niveaux de transparence ;
 - Le modèle Human-Robot Transparency Model de Lyons (2013) qui propose que la transparence soit établie selon six aspects ;
 - Le modèle de Johnson et al. (2014) qui propose 3 éléments centraux : *Observability*, *Predictability*, *Directability*

L'aspect novateur proposé dans cette thèse est d'articuler les modèles de transparence aux résultats du CWA pour la conception d'interfaces écologiques dédiées à la reconfiguration de systèmes de production industriel. En d'autres termes, des paramètres de transparence de l'outil RODIC seront considérés dans le processus d'EID pour :

- L'explicabilité des conditions de changement de la situation de production en cours (par exemple la demande du client a changé, une panne de machine s'est produite, l'absence de main d'œuvre, etc.), et donc les raisons justifiant la nécessité d'une reconfiguration ;
- L'assistance à la définition et aux tests de configurations du système industriel, par la communication de contraintes et critères permettant de créer et vérifier la structure de la configuration et le choix d'indicateurs de performance (KPI) les plus pertinents pour choisir une meilleure configuration ;

Il faudra alors évaluer l'impact des paramètres de transparence de l'outil RODIC sur le processus d'analyse et de prise de décision des utilisateurs, la confiance qu'ils ont dans l'outil, et la perception des risques associés au choix d'une configuration. Ce travail devra être effectué en lien avec les autres

participants au projet, notamment ceux en charge de développer les modèles modulaires du système de production reconfigurable.

Méthodologie

- Le travail de la thèse devra comporter des études bibliographiques sur les systèmes de production reconfigurables (*RMS Reconfigurable Manufacturing System*) et leur processus de reconfiguration, la méthodologie CWA (*Cognitive Work Analysis*), la conception d'interfaces écologiques, la conception d'interfaces transparentes afin de bien se familiariser avec les thématiques proposées.
- Afin de définir les différents types d'informations nécessaires à la construction, la vérification et la validation de configurations ainsi qu'à la prise de décision, il sera nécessaire de mener des analyses d'activité de reconfiguration dans des entreprises au préalable bien ciblées. Un stage de Master a déjà permis de retenir quelques entreprises locales correspondant bien à la problématique ciblée et des premiers éléments de réponse ont été apportés. Le/la doctorant.e recruté.e pourra s'appuyer sur ce travail. Il faudra alors approfondir l'analyse d'activité et la modéliser, la structurer afin de définir les données pertinentes et nécessaires. Cette partie devra être menée également en lien avec les personnes développant l'outil RODIC afin de s'assurer de la cohérence du système complet.
- Il s'agira par la suite de proposer des modèles d'interfaces présentant ces données de façon à la fois transparente et écologique. Dans ce cadre, des propositions de fusion entre ces 2 approches devront être faites.
- Des prototypes d'interfaces seront proposés par le/la doctorant.e. Les interfaces seront réalisées par une entreprise située en Bretagne. La personne recrutée travaillera donc en relation étroite avec ce sous-traitant.
- Des évaluations des propositions d'interfaces seront effectuées notamment dans l'usine-école de l'IUT de Haguenau, partenaire du projet.

Il est à noter que ce travail de thèse, mené dans le cadre d'un projet ANR, nécessitera des déplacements assez fréquents en France pour des réunions de projet (notamment à Nantes et Haguenau), pour des analyses d'activité, pour des expérimentations (notamment à Haguenau), sans compter la participation à des conférences. Cette thèse sera co-encadrée par des enseignants-chercheurs de Lorient (Lab-STICC) et de Strasbourg/Haguenau (ICube). Si le travail sera majoritairement effectué en présentiel sur Lorient, des périodes de travail seront à prévoir à Haguenau (estimées à 6 fois 1 semaine).

Profil recherché

Vous êtes titulaire d'un Master 2 Ergonomie, Psychologie ergonomique. Vous êtes formé(e) à l'analyse de l'activité et à l'interaction humain-système. Vous êtes intéressé(e) par les environnements industriels et démontrerez des compétences relationnelles ainsi qu'une éthique professionnelle solides tout au long de la thèse. Vous saurez faire preuve d'esprit d'initiative et d'autonomie. Vous serez mobile pour pouvoir assurer tous les déplacements nécessaires décrits plus haut.

Rémunération

1610€ nets/mois sur une durée de 3 ans

Pour toute question ou pour soumettre votre candidature (CV + notes de Master + lettre de motivation), n'hésitez pas à contacter clement.guerin@univ-ubs.fr et natalie.smith-guerin@univ-ubs.fr

Pour le lundi 27 juin dernier délai