



**DOSSIER DE CANDIDATURE
A UNE ALLOCATION DE RECHERCHE
POUR LA RENTREE 2019**

Dossier complété et revêtu des signatures à transmettre impérativement pour
le :

22 mars 2019 au plus tard,

A la Direction de la Recherche et Valorisation
secretariat.recherche@univ-littoral.fr

Titre de la thèse : Processus de Construction de Bases de Connaissances dédiées à la Construction et à l'Evolution des Systèmes d'Information pour l'Industrie du Futur.

Laboratoire d'accueil ULCO : LISIC

Priorité du laboratoire, tous supports de financements confondus :

Directeur de thèse ULCO : Mohamed Mourad Bouneffa

LIBAN - Université Libanaise

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- le nom du codirecteur étranger et le laboratoire partenaire

- Thématique :

- (1) La qualité de l'air
- (2) Le milieu aquatique
- (3) L'obésité, la nutrition et les activités sportives
- (4) Les énergies propres et renouvelables
- (5) La gestion et le traitement des déchets
- (6) L'urbanisme

LIBAN - CNRS Libanais

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

Nom du co-directeur (Liban) : Dany Mezher

- Thématique :

- (1) La qualité de l'air
- (2) Le milieu aquatique
- (3) L'obésité, la nutrition et les activités sportives
- (4) Les énergies propres et renouvelables
- (5) La gestion et le traitement des déchets
- (6) L'urbanisme



ALGERIE - Université Badji Mokhtar d'Annaba (UBMA)

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- le nom du codirecteur étranger et le laboratoire partenaire

- Thématique :

- (1) La gestion et le traitement des déchets,
- (2) L'aménagement littoral et portuaire,
- (3) Le milieu aquatique,
- (4) La surveillance et la gestion durable des Infrastructures.

***LABORATOIRE D'ACCUEIL**

Nombre de HDR dans le laboratoire : 16

Nombre de thèses encadrées dans le laboratoire (rentrée 2018) : 20

Durée moyenne des thèses soutenues dans le laboratoire, sur la période 2014-2018 : 3.5 années

ENCADREMENT

Nom, Prénom du directeur de laboratoire : Christophe Renaud

Nom, Prénom du directeur de thèse (si différent du directeur de laboratoire) : Mourad Bouneffa

Nombre de doctorats en préparation sous la direction du directeur de thèse : 1

Avis détaillé du directeur de thèse :

L'industrie dite du futur est marquée par un besoin et une nécessité de digitalisation de toutes les activités industrielles. La digitalisation ne concerne plus certaines fonctions de gestion ou de management mais se veut généralisée à tous les processus intégrant les différentes phases du cycle de vie des produits industriels allant jusqu'au suivi de leur fonctionnement chez le client, la numérisation des activités de production, le fonctionnement sûr, optimisé et intégré des différents outils et machines de production, etc.

Ce processus de digitalisation est accompagné de nouveaux challenges consistant en un besoin accru de flexibilité à tous les niveaux, une nécessité de prendre en compte des données et informations diverses provenant de dispositifs matériels interconnectés et destinés à inter-opérer et une intégration de connaissances liées à des domaines divers tels que la logistique, le management et la comptabilité, la robotique, la maîtrise énergétique, etc. Dans ce cadre, le système d'information joue un rôle primordial en permettant l'interopérabilité des différents constituants d'un site de production, la récolte et l'intégration



d'informations diverses pour une meilleure prise de décision à différents niveaux, etc. exprimer des inférences permettant le raisonnement sur un système, ses différents états et son évolution.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de systèmes de raisonnement permettant à plusieurs parties prenantes dans le fonctionnement d'une usine du futur de participer, chacune selon sa terminologie et ses modèles, à la construction et à l'évolution du système d'information support. L'approche que nous adoptons est essentiellement basée sur l'utilisation du concept d'ontologies et de mappings d'ontologies pour modéliser les connaissances sémantiques des différents domaines collaborant dans le cadre d'une industrie du futur.

D'un point de vue socio-économique, les travaux de cette thèse s'inscrivent dans le cadre de notre participation, notamment dans le cadre de la Conférence Régionale des Grandes Écoles comme partenaires dont la compétence est reconnue dans le domaine du pilotage des processus industriels à travers la modélisation des processus métier et l'analyse de grandes masses de données. Nous mettons également une collaboration autour de ce thème avec l'université d'Artois (Béthune) et l'École Centrale de Lille avec des équipes spécialisées respectivement dans la modélisation et l'optimisation des chaînes et processus logistiques et la modélisation des processus métier industriels.

Signature du directeur de thèse

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'S' followed by a long horizontal stroke.

Avis détaillé du directeur de laboratoire :

Les travaux proposés dans le cadre de ce sujet de thèse constituent l'une des voies de recherche explorée par les membres de l'équipe Model de notre laboratoire. Ils s'inscrivent également dans une thématique porteuse et en plein développement dans le cadre du passage à l'industrie 4.0 et correspondent à des collaborations en cours entre les deux partenaires libanais et français. J'émet donc un avis favorable au financement de cette thèse.

Signature du directeur de laboratoire

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized 'P' followed by a long horizontal stroke.



PROJET DE THESE

Intitulé du projet de thèse : Processus de Construction de Bases de Connaissances dédiées à la Construction et à l'Evolution des Systèmes d'Information pour l'Industrie du Futur.

Domaine scientifique : Informatique

Résumé (1/2 page maxi.) :

Cette thèse a pour objet la gestion des connaissances sémantiques permettant la mise en œuvre d'un système de raisonnement sur la mise en œuvre et l'évolution des systèmes d'informations liés à l'industrie du futur. Ces systèmes ont pour particularité d'assurer des fonctionnalités innovantes telles que la digitalisation complète des processus industriels et la gestion et exploitation de nombreuses sortes de données massifiées produites par des dispositifs matériels inter-dépendants et communiquant par le biais d'objets connectés, etc. Notre but est d'aboutir à une représentation des différentes sortes d'artefacts constituant ces systèmes, une caractérisation précise des liens sémantiques qui les relient et une expression des contraintes et règles régissant leur fonctionnement. En quelque sorte, nous voulons disposer d'un référentiel nous permettant par la suite de raisonner sur le fonctionnement du système d'information et sur son évolution en permettant une analyse de tout changement pouvant affecter ses différents artefacts. Le but est de disposer également d'une vue du système d'information exploitable par toutes les parties prenantes participant à sa construction et à son évolution en intégrant des vues spécifiques à chacune de ces parties prenantes. Ainsi, nous pouvons disposer de la vue du chef d'atelier, de celle du manager ou du gestionnaire et de celle du chef de projet informatique ou du chef du responsable qualité, etc. Il sera ainsi possible d'exprimer en termes d'effort de travail informatique le coût d'un changement d'une machine donnée ou de sa reconfiguration, etc. L'approche adoptée sera essentiellement basée sur l'utilisation des ontologies pour la représentation des connaissances liées aux différents domaines et activités concernés par l'industrie du futur.

Projet de thèse (5 pages maxi.) :

Développer sur cinq pages :

- 👉 Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique**
- 👉 L'état du sujet dans le laboratoire et l'équipe d'accueil**
- 👉 Le programme et l'échéancier de travail**
- 👉 Les retombées scientifiques et économiques attendues**
- 👉 Les collaborations prévues et une liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet**

Le sujet de la thèse concerne principalement le domaine des systèmes d'information informatisés et plus particulièrement l'aspect flexibilité de la planification, de la mise en œuvre et du déploiement des projets de construction, de reconfiguration ou d'évolution plus profonde de ces systèmes. L'intérêt



particulier de ce travail réside dans le domaine dans lequel évoluent les systèmes d'information considérés et qui est celui de l'industrie dite du futur. Ce domaine, par ses objectifs ambitieux en termes de numérisation ou digitalisation présente des challenges très intéressants et d'une importance capitale pour la recherche et l'industrie informatique. Tous les modèles, outils et approches déjà mis en œuvre dans le domaine des systèmes d'information doivent être revus à l'aulne de l'industrie du futur.

- Les processus métier qui étaient, dans la majorité des cas, déployés dans le cadre de processus bureautiques de gestion deviennent des outils pour exprimer une coopération entre des machines et des êtres humaines avec un besoin de plus en plus important en termes d'interopérabilité étant donné l'hétérogénéité des machines et la diversité des dispositifs matériels et logiciels qui les constituent.
- Du fait d'une intégration massive des dispositifs matériels ou machines comme des acteurs importants des processus métier et du workflow support, il devient primordial d'explicitier la connaissance sémantique des différents éléments des domaines industriels considérés afin d'optimiser l'automatisation de la gestion du dialogue entre les différents participant aux processus.
- Il est également crucial de disposer d'outils d'exploitation des différentes et massives données produites par les différents dispositifs matériels dotés de capacités de communication à travers des objets connectés,
- etc.

Dans cette thèse, nous nous inscrivons d'abord dans le cadre de la formalisation et de l'automatisation des processus métier et également dans celui de l'explicitation des connaissances sémantiques comme un moyen d'optimiser cette automatisation. Nous pensons que ces deux aspects forment un socle crucial pour une mise en œuvre flexible des systèmes d'information liés à l'industrie du futur. Il s'agit de faire coexister dans un même référentiel des connaissances sémantiques liées à plusieurs domaines : l'industrie, le management, la logistique, etc. Il sera alors possible d'exprimer les besoins en termes de fonctionnalités, de changements et d'évolutions selon des perspectives différentes : celle du manager, de l'informaticien, du technicien industriel, etc. Les travaux sur l'explicitation de la sémantique dans le domaine industriel ont débuté depuis quelques années et continuent à être d'actualité [7][8]. Des travaux similaires ont particulièrement considéré le domaine des processus métier[3][4]. Dans cette thèse, notre ambition est de combiner ces deux types de travaux mais surtout considérer de façon plus spécifique les problèmes particuliers que posent l'industrie du futur.

D'un point de vue économique, nous avons dans le cadre des activités de transfert de technologie liés aux activités de l'école d'ingénieur du littoral Côte d'Opale, fait partie d'un groupe de travail agissant sous l'égide de la Commission Régionale des Grandes Ecoles (CRGE) durant les deux dernières années qui a répondu à un appel d'offre national sur la détermination des compétences existant au niveau des écoles de la région Hauts de France pour répondre aux problématiques de l'industrie du futur [10]. Notre contribution au sein de ce groupe a fait reconnaître à notre composante la compétence de *modélisation flexible des processus métier* comme outil de construction de systèmes d'information pour l'industrie du futur et l'exploitation de données massifiées. Cette thèse rentre donc dans le cadre **de cette** reconnaissance et les travaux qui y seront effectués se feront en harmonie avec les investissements de notre université en matière de développement de formations de haut niveau en matière de digitalisation et numérisation de l'industrie tels que les parcours spécifiques de l'école



d'ingénieur avec notamment l'ouverture prochaine d'une filière énergie et environnement dont un des parcours est entièrement dédié à l'aspect analyse des processus et de données pour extraire des connaissances sur les cycles de consommation et de production d'énergie. Il en est de même pour l'ouverture d'un Bachelor entièrement dédié à la numérisation de l'industrie.

2) L'état du sujet dans le laboratoire d'accueil :_

Au niveau du LISIC, les travaux dans ce domaine ont considéré principalement l'évolution des différents artefacts logiciels qui constituent un système d'information. Cela a conduit à la mise en œuvre de plateformes dédiés à l'analyse du changement des artefacts logiciels reposant sur une modélisation intégrée de ces dernier et leur exploitation à travers de référentiels bâtis en utilisant d'abord des systèmes de bases de données à objet et qui actuellement reposent des bases de données orientés graphes. Les artefacts considérés sont des codes sources de programmes, des schémas de bases de données, des documents de spécification et de conception mais également des processus métier [3][4]. Nous avons également modélisé la sémantique de ces artefacts à travers des ontologies et l'exploitation de cette sémantique dans le cadre de la construction de systèmes de raisonnement sur l'évolution des artefacts logiciels. Les travaux ont également été appliqués au domaine particulier du transport et de la logistique à travers une thèse co-encadrée avec l'équipe du LISIC spécialisée, entre autres, dans les problématiques d'optimisation (OSMOSE) [2] [5]. Les résultats de cette thèse montrent la possibilité de disposer d'un système de raisonnement capable d'assister des non spécialistes de l'informatique à déployer de façon évolutive et flexible des services informatiques leur fournissant les fonctionnalités nécessaires à l'exécution de leurs tâches métier. Nous avons également mis à contribution nos travaux en matière de la modélisation de la sémantique dans le cadre de la mise en place de la norme ISO 16300 définissant une démarche d'interopérabilité d'unités logicielles déployés dans le milieu de la fabrication (manufacture)[1][6]. Nos travaux sont actuellement également utilisés par une collectivité territoriale (département de Seine-Saint-Denis) pour la mise en œuvre de la digitalisation des processus administratifs gérés par cette collectivité.

3) Les objectifs visés, les résultats escomptés

Les résultats de ce travail doivent se concrétiser à différents niveaux :

- Au niveau expression des connaissances, les travaux de cette thèse contribueront à l'enrichissement du catalogue des connaissances sémantiques disponibles en proposant des enrichissements d'ontologies existantes et en définissant des mappings entre différentes ontologies concernées par les problématiques spécifiques de l'industrie du futur.
- Au niveau construction de référentiels d'artefacts et vu le nombre important de constituants à considérer et des liens de communication et de coopération entre ces différents constituants, il serait nécessaire de disposer d'un référentiel capable de gérer de grandes quantités d'objets



dont les niveaux de granularité et d'abstraction sont très hétérogènes. Nous proposons d'exploiter les systèmes récents basés notamment sur des modèles orientés graphes. Le but est de montrer comment ces systèmes peuvent être utilisés aussi bien au niveau opérationnel qu'au niveau décisionnel pour apporter des capacités de stockage et d'interrogation facilitant la mise en œuvre des outils préconisés par la thèse : explorateur d'artefacts et de leurs liens, traqueurs de changements, visualisation multi-niveaux d'abstraction des constituants d'un système, etc.

- Au niveau raisonnement le but est de montrer comment il est possible d'exprimer des règles en utilisant un vocabulaire métier données pour les traduire en termes d'axiomes dans les ontologies ou de requêtes dans le référentiel, etc.
- Au niveau utilisation opérationnelle, nous voulons disposer d'un outil d'analyse et de mise en œuvre des changements des systèmes d'information dédiés à l'industrie du futur s'adaptant à plusieurs profils d'utilisateurs et en adoptant les démarches, vocabulaires et pratiques de ces utilisateurs.
- Les travaux doivent intégrer les normes et standards existants en termes d'interopérabilité et de qualité pour une meilleure acceptabilité par les industriels.

Les résultats des travaux de cette thèse sont destinés à être publiés prioritairement dans le cadre de revues et de conférences appartenant aux domaines des systèmes d'information, du manufacturing assisté par ordinateur et du génie logiciel.

4) Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel

La première année de thèse est consacrée aux activités suivantes :

- Etude bibliographique concernant les domaines de la gestion des connaissances et du raisonnement, les systèmes d'information pour l'industrie et la problématique d'analyse du changement de ces systèmes.
- L'expérimentation des outils nécessaires aux travaux de la thèse : logique de descriptions et ontologies, Outils de Modélisation des Processus Métier, Systèmes de Bases de Données Orientées Graphes, etc.
- Proposition d'un noyau du système cible en limitant les travaux à une activité particulière telle que l'analyse de l'efficacité énergétique dans la mise en œuvre des processus de l'industrie du futur.
- Publication des résultats de ce premier travail en le mettant en relief par rapport à l'état de l'art.

La deuxième année de thèse consistera en l'enrichissement du noyau de système qui sera considéré comme une plate-forme d'expérimentation et cela en élargissant le périmètre de l'étude. Il s'agit d'élargir les ontologies considérées et les mappings entre ces ontologies et de proposer des outils de raisonnement prenant en compte plusieurs vues de la problématique : vue du concepteur, vue du manager, vue de l'informaticien. Ces travaux donneront naissance à des



communications dans des congrès spécialisés dans les systèmes d'information et le manufacturing et au moins une publication dans une revue du même type.

- La troisième année sera consacrée à la rédaction de la thèse, la rédaction de publications et l'approfondissement des travaux entamés durant les deux premières années.

5) Les collaborations prévues (*préciser le cadre, la nature des collaborations, l'ancrage national, international, la transdisciplinarité éventuellement*)

Cette thèse sera l'occasion de consolider notre collaboration avec l'Université Saint Joseph de Beyrouth à travers un encadrement avec le Pr., Dany Mezher et son équipe. Nous préconisons également, une collaboration avec l'équipe de recherche de l'école centrale de Lille dirigée par le Pr. Jean-Pierre Bourey et qui est spécialisée dans la modélisation des processus métier pour l'industrie. Nous avons également entamé des contacts pour l'intégration de l'aspect digitalisation au niveau des travaux sur l'optimisation et la logistique effectués à l'université d'Artois avec les professeurs Gilles Gonçalves et Hamid Allaoui.

6) Une liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet en soulignant celles du laboratoire

[1] H. BASSON, M. MATSUDA, M. BOUNEFFA, A. AHMAD, D. CHUNG, E. ARAI. Manufacturing Software Units: ISO 16300-3 main Guidelines for Interoperability Verification and Validation. Interoperability of Enterprise Systems and Applications, I-EISA 2018 Conference, Smart Services and Business Impact of Enterprise Interoperability, Berlin, March 21st- 23rd, 2018.

[2] MOURAD BOUNEFFA, ADEEL AHMAD, CYRIL FONLUPT, AND HAYDER IBRAHIM HENDI. Ontology-Based Reasoning System for Logistics Applications Deployment. THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART APPLICATIONS AND DATA ANALYSIS FOR SMART CITIES 27th and 28th February 2018 - Casablanca - Morocco.

[3] BOUNEFFA MOURAD, AHMAD ADEEL. The Change Impact Analysis in BPM Based Software Applications: A Graph Rewriting and Ontology Based Approach. Chapter Enterprise Information Systems Volume 190 of the series Lecture Notes in Business Information Processing, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-09491-5, DOI 10.1007/978-3-319-09492-2_17, pp 280-295, 2014.



[4] MOURAD BOUNEFFA, ADEEL AHMAD, HENRI BASSON. Gestion Intégrée du Changement des Modèles de Processus Métier. INFORSID May 31 - June 3, 2016 Grenoble, France

[5] H. I. HENDI, A. AHMAD, M. BOUNEFFA AND C. FONLUPT. Ontology based reasoning for solving passenger train optimization problem. 2016 Al-Sadeq International Conference on Multidisciplinary in IT and Communication Science and Applications (AIC-MITCSA), Baghdad, 2016, pp. 1-6. doi: 10.1109/AIC-MITCSA.2016.7759951.

[6] HENRI BASSON, MOURAD BOUNEFFA, MICHIKO MATSUDA, ADEEL AHMAD, DUKKI CHUNG, EIJI ARAI. Qualitative Model. I-ESA 2016, 8th International Conference INTEROPERABILITY FOR ENTERPRISE SYSTEMS AND APPLICATIONS, March 31st-April 1st 2016, Guimarães (Portugal).

[7] François Vernadat, Félix Chan, Arturo Molina, Shimon Nof, Hervé Panetto. [Information systems and knowledge management in industrial engineering: recent advances and new perspectives](#). *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, 2018, 56 (8), pp.2707-2713.

[8] Michele Dassisti, Antonio Giovannini, Pasquale Merla, Michela Chimienti, Hervé Panetto. [An approach to support Industry 4.0 adoption in SMEs using a core-metamodel](#). *Annual Reviews in Control*, Elsevier, In press, pp. Corrected Proof. [10.1016/j.arcontrol.2018.11.001](https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.11.001)  

[9] Cécilia DDAQUIN, Gilles GONCALVES, Hamid ALLAOUI, [Tienté HSU](#). Optimisation d'une chaîne de symbiose industrielle : état de l'art. 19ème congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, ROADEF 2018, Lorient, France, février 2018.

[10] La CRGE et l'industrie du futur <http://crge.ensm-douai.fr/crge/spip.php?article87>