



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom



TITRE DE LA THESE

Définition d'un cadre de spécification incrémentale dirigée par les données dédié
aux systèmes embarqués d'analyse du mouvement —
Application aux systèmes de suivi de séniors pour « bien vieillir en santé »

TITLE OF THE THESIS

A Framework for Data Driven Incremental Specifications dedicated to
Embedded Systems for Motion Analysis —
Application to a system monitoring elderly: active healthy aging

Etablissement / Host institution : **IMT Mines Alès** (Ecole nationale supérieure des mines d'Alès)

Centre et équipe de recherche / Laboratory and research team : Euromov Digital Health in Motion, Univ Montpellier, IMT Mines Ales.

Localisation / Location : Alès, France (1h30 from Montpellier, 30min from Nimes)

Ecole doctorale / Doctoral school : I2S, Univ. Montpellier <http://www.edi2s.univ-montp2.fr/>

Spécialité / Discipline : Informatique / Computer Science

Directeur(trice) de thèse / Thesis supervisor : Gérard Dray, Pierre Louis Bernard

Début de la thèse / Starting date : Septembre 2021 / September 2021

Date limite de candidature / Application deadline : 18 mai 2021 / May 18, 2021

Langues / Languages : français ou anglais / French or English

Contact : gerard.dray@mines-ales.fr

Financement : Contrat de travail IMT Mines Alès

Durée du contrat : 36 mois - Période d'essai : 2 mois

Le service est consacré aux activités de recherche liées à la préparation du doctorat et inclut des heures d'enseignement et des jours consacrés à la valorisation des résultats de la recherche scientifique et technique.

Salaire brut mensuel : 1786 euros + complément de 230,94 euros

Temps de travail : temps plein (151,67 heures / mois)

Funding : IMT Mines Alès employment contract

Contract duration: 36 months - Trial period: 2 months

The service is devoted to research activities related to the preparation of the doctorate and includes teaching hours and days devoted to the promotion of scientific and technical research results.

Gross monthly salary: 1,786 euros + supplement of 230.94 euros

Working time: full time (151.67 hours / month)

Présentation de l'établissement et du centre d'accueil / Presentation of the institution and the host laboratory

L'institut Mines-Télécom (IMT) est un grand établissement public dédié à l'enseignement supérieur et la recherche pour l'innovation ; c'est le premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France. L'IMT fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 femmes et hommes et dispose d'un budget annuel de la recherche partenariale de 400M€ au sein de 55 centres de recherche rattachés à ses écoles. Il produit chaque année plus de 2000 publications et 60 brevets.

IMT Mines Alès est une des écoles de l'IMT. Forte de 175 ans d'histoire au service de la science et des entreprises, l'école emploie 350 personnes et forme 1100 élèves ingénieurs et chercheurs ouverts sur le monde. Ses trois centres de recherche sont positionnés dans les domaines de l'environnement, des risques, des matériaux, du génie civil, de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique. Les valeurs promues à l'école sont l'audace, l'engagement, le partage et l'excellence. L'école facilite les projets de mobilité de ses personnels.

Unité de Recherche : EuroMov Digital Health in Motion. En janvier 2021 la nouvelle unité mixte « EuroMov Digital Health in Motion » a été officiellement créée. Il s'agit d'une cotutelle IMT Mines Alès et Université de Montpellier en partenariat avec les CHU de Montpellier et de Nîmes et la Clinique Beausoleil. Cette unité de recherche vise à favoriser la fertilisation croisée de l'intelligence artificielle, des sciences du mouvement et de la santé pour comprendre la plasticité comportementale de l'être humain afin d'envisager de nouvelles approches thérapeutiques et d'améliorer la récupération sensorimotrice, et y trouver une métaphore scientifique, source d'inspiration de nouvelles approches numériques.

L'objet d'étude central de l'Unité Mixte de Recherche EuroMov Digital Health in Motion concerne les plasticités humaine et numérique vues à travers le prisme du mouvement humain. La plasticité humaine ou neuroplasticité fait référence à la capacité du cerveau à évoluer pour s'adapter tout au long de la vie. Outre les facteurs génétiques et l'environnement dans lequel évolue une personne, ses actions et ses mouvements jouent un rôle déterminant dans la plasticité cérébrale. Comprendre les liens dynamiques cerveau-mouvement à différents niveaux nous permettra de promouvoir la plasticité cérébrale et d'améliorer ainsi la récupération sensorimotrice ou la réadaptation. L'analyse des mécanismes sous-jacents à la neuroplasticité nous permettra par analogie ou mimétisme de développer de nouveaux modèles pour l'apprentissage automatique ou le contrôle adaptatif de systèmes complexes, de mieux gérer l'interaction homme/machine, et les systèmes logiciels sensibles au contexte.

The **Institute Mines-Télécom (IMT)** is a French public establishment dedicated to higher education and innovative research and, as it represents the ministries of industry and digital technology, it is the largest group of engineering schools in France. The IMT brings 11 public engineering across France together. Collectively, they train 13,500 engineers and doctoral students as well as employing 4,500 women and men and manage a budget of €400m within 55 research centers connected to the schools. IMT publishes 2000 publications each year and registers 60 patents.

IMT Mines Alès is one of the schools of IMT. With its 175 years of history of service to science and industry, the school employs 350 people and trains more than 1100 students, engineers and researchers. Its three teaching and research poles work in the areas of risk environment, materials, civil engineering, industrial engineering and digital technology. The values promoted at the school are boldness, commitment, sharing and excellence. The school spurs on job mobility projects.

Research Unit "EuroMov Digital Health in Motion" is a new research unit that was officially inaugurated in January 2021. This research collaboration involves the French institutions IMT Mines Alès and the University of Montpellier in partnership with the university hospitals of Montpellier and Nîmes. The research scope promotes cross-fertilization across three main domains of artificial intelligence, movement sciences and health. The research aims to understand the behavioral plasticity of humans in order to consider new therapeutic approaches and improve sensorimotor recovery, whilst providing a platform for innovation of new digital approaches.

The main objective of study of the EuroMov Digital Health in Motion concerns human and digital plasticity seen through the prism of human movement. Human plasticity or neuroplasticity refers to the brain's ability to evolve and adapt throughout life and specific conditions. In addition to genetic factors and the environment in which a person evolves, a subject's actions and movements play a determining role in brain plasticity. Understanding the dynamic brain-movement relationships at different levels and scales will allow to promote brain plasticity and in turn improve sensorimotor recovery. The analysis of the mechanisms underlying neuroplasticity will aid, by analogy or mimicry, the development of new models for machine learning alongside the adaptive control of complex systems, to better manage human / machine interaction, and the application of sensitive software systems.

Mots-clés / Keywords

Spécification semi-formelle et formelle de systèmes embarqués, construction incrémentale d'architectures systèmes, ingénierie dirigée par les données

Formal and semi formal specification of embedded systems, incremental construction of system architectures, data driven requirements engineering

Description du sujet de thèse / Description of the thesis project

Contexte. Le développement logiciel connaît un essor important depuis ces dernières décennies qui s'explique par plusieurs facteurs : les supports d'exécution se sont diversifiés, permettant l'utilisation de systèmes embarqués sur téléphones mobiles ou tablettes ; le déploiement des réseaux grand public s'est généralisé, facilitant également leur accès ; l'intégration des demandes des utilisateurs en matière de fonctionnalités et de qualité du logiciel s'est améliorée. Produire du logiciel de qualité reste cependant difficile malgré les efforts faits dans la recherche de méthodes rationalisant chacune des étapes de son développement.

Cette étude se situe dans les phases amont de spécification et de conception. Elle s'intéresse à la transition du modèle des besoins en une architecture logique du système. Elle vise à développer une méthode appropriée pour la conception de familles de systèmes embarqués personnalisés dédiés au suivi des activités physiques de personnes. Cette méthode sera mise en application dans le cadre du suivi de séniors pour « bien vieillir en santé » car les effets du vieillissement sont significatifs dans le domaine de l'indépendance fonctionnelle. D'un point de vue moteur, le vieillissement est actif sur l'ensemble des fonctions dont dépendent les capacités de stabilisation, de locomotion et de préhension. Associée aux dysfonctionnements sensitivo-sensoriels, la baisse des capacités cognitives de traitement des informations justifie en partie certains troubles de la motricité [1, 2]. Depuis des années, les dispositifs numériques constituent un moyen privilégié pour évaluer les comportements et pour proposer des solutions adaptées et individualisées [3]. Face à l'objectif ambitieux d'un vieillissement autonome et actif et au regard de la puissance croissante de ces dispositifs, de futures recherches sont à mener.

Problématique. En continuité de nos travaux antérieurs portant sur la construction incrémentale d'architectures de systèmes réactifs [4, 5], nous souhaitons définir une méthode incrémentale d'ingénierie des exigences prenant en compte les problèmes suivants:

- les parties prenantes expriment des besoins qui vont évoluer en fonction des résultats obtenus sur une première version non aboutie du système ;
- les parties prenantes ne sont pas nécessairement les utilisateurs finaux du système : comment alors intégrer les demandes des utilisateurs finaux ?
- les contextes d'utilisation sont variés, changeants et mal identifiés.

Les exigences devant évoluer au cours des différentes versions du système, se pose le problème de l'évolution de l'architecture du système et de la traçabilité entre modèle des exigences et modèle de l'architecture. De plus, il est nécessaire de construire une architecture initiale à la fois stable et évolutive pour s'adapter à des changements d'utilisation, de la personnalisation ou des contextes variables. Enfin, il est nécessaire d'assurer que l'évolution du système est non régressive en procédant à une analyse de conformité entre versions [4].

Solution à explorer. On s'intéresse à la mise en œuvre d'une approche DDRE (Data Driven Requirements Engineering) [6, 7] et à son impact sur l'évolution de l'architecture du système. Cette approche présente un double intérêt : prendre en compte de nouvelles exigences utilisateurs formulées explicitement et analyser si le contexte d'utilisation de l'application tel que défini dans les exigences initiales est respecté.

L'objectif à atteindre est la définition d'une méthode permettant d'assurer la traçabilité et l'évolutivité conjointe des besoins et de l'architecture du système dans un processus d'ingénierie dirigée par les données et le retour d'expérience. Cette méthode doit être générique pour toute application d'analyse des effets de l'activité physique et sera mise en œuvre de façon spécifique pour le suivi des séniors.

Context. Software development has experienced significant improvements in recent decades, due mainly to: the context of software use on embedded systems such as mobile phones or tablets; development of public networks and their easy access; the integration of user requests in terms of features and software quality. Despite the increasing research work focusing on software development methods, delivering software systems matching both functional and non functional requirements is a difficult task.

In this study, we are interested in early phases of development for setting up requirements and a logical architecture. We are looking for a method allowing these steps to be easily conducted and verified for a family of systems related to motion analysis. A concrete application will be experimented for monitoring elderly for active healthy aging. Indeed, the effects of aging are significant in the area of functional independence. From a motor point of view, aging is active on all of the functions on which stabilization, locomotion and grip capacities depend. Associated with sensory-sensory dysfunctions, the decrease in cognitive capacities for processing information partly justifies motor disturbances [1, 2]. For years, digital devices have been a privileged way to assess behavior and to offer adapted and individualized solutions [3]. Faced with the ambitious objective of autonomous and active aging and in view of the growing power of these devices, future research is needed.

Issues. We have developed a framework dedicated to incremental modeling and verification of reactive systems modeled in UML [4, 5]. In continuity with this work, next issues to be addressed deal with requirement engineering and have to fix the following concerns:

- stakeholders' requirements are changing and may depend on the first results obtained from an initial and incomplete release of the system; as they are not necessarily the users of the system, how collecting the users' feedbacks and integrating them in the requirement process?
- actual contexts for using the system may be variable and not precisely identified; it is however necessary to verify if the system is used in a proper way or if the system has to be upgraded in order to accept or reject these contexts.

As we plan to maintain the evolution of the system architecture with respect to the system requirements, we must maintain the traceability between the requirements model and the logical architecture. The logical architecture has to be initially strong but flexible in order to be context aware and evolutive with respect to user requirements. Lastly, the non regression functional property of the new architecture has to be demonstrated using conformance relations [5].

Objectifs et résultats attendus / Objectives and expected results

Il est attendu de ce travail de thèse plusieurs livrables :

- une étude analytique et critique de l'état de l'art
- une méthode originale d'ingénierie dirigée par les données mettant en œuvre la construction incrémentale de spécifications et d'architectures logicielles vérifiées
- un prototype logiciel permettant la mise en œuvre de la méthode
- une démonstration de faisabilité sur une application embarquée dédiée au suivi des séniors
- la publication des travaux dans une conférence internationale et une revue internationale

Several deliverables are expected from this thesis work:

- an analytical and critical study of the state of the art
- an original method of data-driven engineering implementing the incremental construction of verified specifications and software architectures

- a software prototype allowing the implementation of the method
- a proof of concept on an embedded application dedicated to monitoring seniors
- publication of the work developed during the thesis in an international conference and an international journal.

Précision sur l'encadrement / *Information on the supervisory staff*

Directeur / Director :

- Gérard Dray, Euromov Digital Health in Motion

Co-directeur / Co-director :

- Pierre Louis Bernard, Euromov Digital Health in Motion

Co-encadrants / Co-supervisors :

- Anne-Lise Courbis, Euromov Digital Health in Motion
- Thomas Lambolais, Euromov Digital Health in Motion

Profil du candidat / *Candidate profile*

Diplôme : Master 2 en Informatique.

Compétences techniques :

- maîtrise des techniques d'Ingénierie Logicielle ou d'Ingénierie Système ;
- connaissances théoriques et pratiques en Ingénierie Dirigée par les Modèles: méta-modélisation, modèles d'architectures UML, transformation de modèles ;
- connaissances théoriques et pratiques en programmation Java et base de données pour être autonome dans le développement de démonstrateurs ;
- connaissances générales en Apprentissage Artificiel.

Compétences générales :

- capacité de communication écrite et orale en français et en anglais ;
- curiosité et faculté d'adaptation à un domaine applicatif nouveau afin de comprendre l'expertise et le raisonnement des spécialistes de l'analyse du mouvement.

Required diploma: Master degree in Computer Science.

Technical skills:

- Major Knowledge on Software Development Engineering or System Engineering
- Knowledge and practice in Model Driven Engineering: meta model, modeling and model transformation
- Knowledge and practice in JAVA programming and Data Bases.
- Minor Knowledge in Machine Learning

Soft skills:

- Solid oral and written communication capacity in French and in English
- Curiosity and Adaptability capacities to deal with the application domain: understanding knowledge and reasoning of experts in the area of elderly motion analysis.

Références bibliographiques / *References*

[1] Maria Antoinette Fiatarone Singh. Exercise Comes of Age: Rationale and Recommendations for a Geriatric Exercise Prescription. *Journal of Gerontology: Series A*, 57(5):262–282, 2012.

[2] John E. Morley. The Top 10 Hot Topics in Aging. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(1):24–33, 2004.

[3] Guilherme Guarino de Moura Sá, Fernanda Lorrany Silva, Ana Maria Ribeiro Dos Santos, Julyanne dos Santos Nolato, Márcia Teles de Oliveira Gouveia, and Líya Tolstenko Nogueira. Technologies that promote health education for the community elderly: integrative review. *Revista latino-americana de enfermagem*, 27, 2019.

- [4] Thomas Lambolais, Anne Lise Courbis, Hong Viet Luong, and Christian Percebois. IDF: A framework for the incremental development and conformance verification of UML active primitive components. *Journal of Systems and Software*, 113:275–295, 2016.
- [5] Thomas Lambolais, Anne-lise Courbis, and Hong-Viet Luong. Designing and integrating complex systems: be agile through liveness verification and abstraction. In *Complex Systems Design & Management Conference*, pages 69–81, 2015.
- [6] Walid Maalej, Maleknaz Nayebi, Timo Johann, and Gunther Ruhe. Towards Data-Driven Requirements Engineering. *IEEE Software*, 33(1):48–54, 2015.
- [7] Xavier Franch, Norbert Seyff, Marc Oriol, Samuel Fricker, Iris Groher, Michael Vierhauser, and Manuel Wimmer. Towards Integrating Data-Driven Requirements Engineering into the Software Development Process: A Vision Paper. In Nazim Madhavji and Liliana Pasquale Editors, *26th Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality*, pages 135–142. LNCS 12045, 2020.

Processus de candidature / *Application process*

Le sujet de thèse est soumis au concours de l'école doctorale I2S Information Structures Systèmes

https://www.adum.fr/as/ed/page.pl?site=I2S&page=campagne_contratsDoc

- dépôts des sujets par les directeurs / directrices dans l'ADUM: 1er Mars à 12 Avril 2021
- dépôts dans l'ADUM des candidatures par les candidats: 16 avril - 18 mai 2021
- dépôt des avis sur les candidatures par les directeurs: avant le 21 mai 2021
- auditions des candidats / candidates et classement par les spécialités : entre le 31 mai et le 10 juin 2021

—

The thesis subject is submitted to the competitive examination of the I2S Information Structures Systèmes doctoral school

https://www.adum.fr/as/ed/page.pl?site=I2S&page=campagne_contratsDoc

- submissions of subjects by the directors on ADUM web site: March 1 to April 12, 2021
- submissions on ADUM of applications by candidates : April 16 - May 18, 2021
- submission of opinions on applications by directors: before May 21, 2021
- hearings of candidates / candidates and classification by specialties: between May 31 and June 10, 2021