



CentraleSupélec

**Ecole Doctorale Interfaces  
Université Paris-Saclay**

**Formation doctorale en Ingénierie des Systèmes  
Complexes**

***Conception de jeux sérieux pour l'enseignement de méthodologies du  
génie industriel : Un processus de conception basé sur le modèle en V  
et une application en ingénierie de l'innovation***

***Design of serious games for teaching industrial engineering  
methodologies: A design process based on V-model and an application  
in innovation engineering***

**par Yiming MA**

## ***Résumé de thèse***

Doctorat d'Ingénierie des Systèmes Complexes

Laboratoire Génie Industriel - CentraleSupélec

N° 2021 – .03.

## Thèse soutenue le 16 avril 2021 à CentraleSupélec

### Devant le jury composé de :

**Isabelle NICOLAÏ**

Professeur, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

**Jérémy LEGARDEUR**

Professeur, ESTIA

**Thierry GIDEL**

Maître de conférences, HDR, Université de Technologie de Compiègne

**Mauricio CAMARGO**

Professeur, Université de Lorraine

**Nicolas MARANZANA**

Maître de conférences, Arts et Métiers ParisTech

**Bernard YANNOU**

Professeur, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

**Flore VALLET**

Docteure, Enseignante-chercheuse, IRT SystemX et CentraleSupélec,  
Université Paris-Saclay

**François CLUZEL**

Maître de conférences, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

**Examineur**

**Rapporteur**

**Rapporteur**

**Examineur**

**Examineur**

**Directeur de Thèse**

**Co-encadrante de thèse**

**Co-encadrant de thèse**

### Résumé:

Les jeux sérieux (JS) semblent être un format éducatif tout à fait approprié pour s'initier aux méthodologies du génie industriel (GI), car ces dernières consistent à ce que des personnes suivent un processus sous certaines conditions pour aboutir à des performances collectives. Mais les études de conception de JS ont plusieurs limites à ce jour ; l'une d'elles est que les concepteurs comme les enseignants de GI sont sans expertise particulière en conception de jeux. Cette thèse vise à proposer un processus de conception adapté aux JS sur les méthodologies de GI. Nous apportons cinq contributions. Premièrement, nous proposons un langage de conception pour représenter la structure d'un JS de manière hiérarchique. Ensuite, nous proposons un cadre de conception générique pour un JS suivant un modèle en V standard et une approche participative qui permet de définir, vérifier et valider progressivement la structure du JS. Troisièmement, nous proposons un modèle permettant de décomposer une méthodologie de GI en sept catégories d'éléments descriptifs, afin de pouvoir les spécifier en tant qu'objectifs d'apprentissage. Il a été demandé à sept experts de l'utiliser pour décrire douze méthodologies de GI qu'ils connaissent bien. Quatrièmement, nous proposons un modèle en V adapté pour les jeux de GI, qui permet d'expliquer comment les éléments descriptifs d'une méthodologie donnée peuvent inspirer chaque objet de conception du JS.

Notre cinquième et dernière contribution est l'élaboration effective d'un JS en ingénierie de l'innovation, spécifiquement pour enseigner la méthodologie Radical Innovation Design (RID). Douze sessions de conception ont été nécessaires pour suivre le processus de conception du modèle en V. Son scénario de jeu consiste à exprimer et à diminuer les poches de valeur dans le contexte de la mobilité urbaine. Le jeu comprend six épisodes, un plateau de jeu inspiré du processus RID, sept jeux de cartes, des mécanismes de jeu sophistiqués et une notation simple en deux dimensions pour à la fois maximiser l'utilité pour les usagers de la mobilité et les opportunités commerciales pour sa propre entreprise de mobilité. Nous avons organisé deux expériences de validation avec quatre sujets expérimentés et trois novices en matière d'innovation. Les validations ont montré que le jeu offre une expérience d'apprentissage ludique, validant le jeu RID lui-même et, à son tour, validant partiellement le modèle en V adapté. Cette recherche fournit aux concepteurs un processus structuré qui met en relation les éléments de conception du JS et les objets de la méthodologie de GI. La conception complète d'un JS dans le cadre d'une méthodologie d'ingénierie de l'innovation devrait pouvoir être reproduite dans d'autres domaines de GI.

**Mots clés :**

jeu sérieux, méthodologies du génie industriel, modèle en V, processus de conception, ingénierie de l'innovation, Radical Innovation Design

**Abstract:**

Serious games (SGs) seem to be a much appropriate educational format for being initiated to industrial engineering (IE) methodologies as the latter consist for people to follow a common process under some conditions to achieve some collective performances. But the existing SGs design studies have several limitations, especially for designers like IE teachers without game design expertise. This work aims at proposing a design process adapted to SGs on IE methodologies. We make five contributions. First, we propose a design language for representing the structure of an SG hierarchically. Second, we propose a generic design framework for an SG following a standard V-model and participatory approach to define, verify, and validate the SG structure progressively. Third, we propose a template to decompose an IE methodology into seven categories of descriptive elements to be able to specify them as learning objectives. Seven experts were asked to use it to describe twelve IE methodologies they are familiar with. Fourth, we put forward an adapted V-model for IE games, explaining how given methodology's descriptive elements can inspire each design object of the SG. Our fifth and last contribution is the elaboration of an SG in innovation engineering, specifically to teach Radical Innovation Design (RID) methodology. Twelve design sessions were needed to follow the V-model design process. Its gameplay is about expressing and eradicating value buckets on urban mobility. The game comprises six episodes, a game board inspired by the RID process, seven card decks, sophisticated game mechanics, and a simple two-dimensional scoring for fighting at the same time for developing usefulness for mobility users and business opportunity for its own mobility company. We organized two validation experiments with four experienced subjects and three novices in innovation. The validations showed that the game offers a playful learning experience, validating the RID game itself and, in turn, partially validating the adapted V-model. This research provides designers with a structured process that relates SG design elements and IE methodology objects. The complete design of an SG in an innovation engineering methodology should be replicable in other IE domains.

**Key words:**

serious games, industrial engineering methodologies, V-model, design process, innovation engineering, Radical Innovation Design

## ***L'Ecole Doctorale Interfaces de l'Université Paris-Saclay***

L'Ecole Doctorale **INTERFACES - Approches interdisciplinaires: fondements, applications et innovations** rassemble des équipes dont les sujets de recherche se caractérisent par un positionnement principalement au **croisement de plusieurs disciplines** : la physique, la chimie, la biologie, mais également les mathématiques appliquées ou l'informatique.

L'ED Interfaces est co-opérée par 4 établissements de l'Université Paris-Saclay : Ecole Polytechnique, Université de Versailles - Saint-Quentin, CentraleSupélec, Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées.

### ***Le Laboratoire Génie Industriel***

Le Génie Industriel se donne comme **défi scientifique** de "**maîtriser la conception et le management des systèmes complexes**".

- Maîtriser c'est modéliser, simuler, optimiser, dimensionner, spécifier ...
- La conception est traitée en terme de faisabilité, utilité, utilisabilité, opérabilité, maintenabilité
- Le management est vu sous ses aspects performance, création de valeurs, risques, sûreté de fonctionnement, métriques

Les systèmes complexes abordés sont indifféremment des systèmes techniques, organisationnels, opérationnels, informationnels, décisionnels, tactiques, stratégiques

Le Laboratoire s'organise en quatre équipes de recherche :

↪ **Equipe DE : Design Engineering**

↪ **Equipe OM: Operations Management for production and distribution systems of goods and services**

↪ **Equipe SR : Safety & Risks**

↪ **Equipe SE : Sustainable Economy**

Les thèses se font principalement dans l'un des domaines scientifiques relatifs à une équipe, même s'il peut arriver qu'elles se fassent transversalement à ces dernières. C'est la complexité des approches (robust-design, axiomatic-design, approche systémique, recherche opérationnelle, modèles stochastiques, évaluation des performances ...) qui fait la force, la performance et l'originalité du Laboratoire.