



Avis de Soutenance

Madame SAOUSSEN DIMASSI

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **vendredi 04 mars 2022** à 14h00

Lieu : Université de Technologie de Belfort-Montbéliard Site de Sevenans Rue de Leupe 90400 SEVENANS
Salle : P228

Titre des travaux : Formalisation et recommandation des connaissances en conception préliminaire pour l'impression 4D

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 60

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Frédéric DEMOLY

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Frédéric DEMOLY	Professeur des universités	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Directeur de thèse
M. Dimitris KIRITSIS	Full professor	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Rapporteur
M. Benoît EYNARD	Professeur des universités	Université de Technologie de Compiègne	Rapporteur
M. Christophe CRUZ	Professeur des universités	Université de Bourgogne	Co-encadrant de thèse
M. Samuel GOMES	Professeur des universités	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Co-encadrant de thèse
M. Nicolas FIGAY	Docteur	Airbus défense et espace	Examineur
M. Jean Claude ANDRE	Directeur de recherche émérite	CNRS, Université de Lorraine	Examineur
M. Kyoung Yun Joseph KIM	Full professor	Wayne State University	Examineur

Mots-clés : Impression 4D, Connaissance, Ontologie, Conception, Recommandation,

Résumé de la thèse (en français) :

Créée en 2013, l'impression 4D est considérée comme une technologie prometteuse qui combine des procédés de fabrication additive (FA) et des matériaux intelligents (MI). Grâce à cette technologie, les objets peuvent évoluer dans le temps en termes de fonctionnalités, forme ou propriétés sous l'effet d'une stimulation énergétique. Bien que les processus de FA permettent des complexités de forme, hiérarchiques, fonctionnelles et matérielles aux objets 3D, la conjonction avec les MI offre beaucoup plus de liberté dans la conception de structures adaptatives/transformatives. Au cours de la dernière décennie, un nombre croissant de recherches avec des preuves de concept ad-hoc ont été proposées au niveau physique (c'est-à-dire en utilisant différents processus de FA avec des imprimantes 3D commerciales ou personnalisées et des MI). Malgré les nombreux efforts, l'impression 4D nécessite beaucoup plus d'efforts de recherche en conception et en ingénierie pour définir des structures complexes s'alignant sur les nouveaux scénarios d'utilisation. Considérant que les architectes et les concepteurs de produits ne sont ni des experts en FA ni des experts en matériaux, cette technologie innovante nécessite le développement de nouveaux modèles, approches, méthodologies et outils de conception. L'objectif principal de cette thèse – relevant du domaine de la conception pour l'impression 4D – est d'aborder des problématiques de recherche sur la formalisation et la réutilisation des connaissances en impression 4D, notamment en synthèse de conception computationnelle. Premièrement, un framework est proposé pour construire une ontologie à partir à la fois d'une approche descendante (basée sur les théories du multi-dimensionnalité et d'une ontologie formelle de base) et d'une approche ascendante (basée sur des expériences de recherche). Cette ontologie résultante formalise et représente les connaissances en impression 4D, y compris ses principaux piliers, à savoir les processus FA, les MI, les stimuli et les fonctions de transformation. Il constitue une base de connaissances pertinente à diverses fins de conception pour l'impression 4D, telles que la sélection de processus de matériaux, la planification de séquences de transformation et la recommandation de distribution de matériaux. De plus, la deuxième contribution est focalisée sur la multi-représentation d'un objet imprimé 4D dans la phase de la synthèse de conception computationnelle car elle joue un rôle crucial (i.e. fonctionnel, comportemental, structurel) dans les avancées de la conception pour l'impression 4D. Cette multi-représentation est ensuite décrite en une sous-ontologie à intégrer dans l'ontologie du domaine en respectant différentes règles et contraintes. Enfin, un système de recommandation permettant d'identifier rapidement la répartition matière dans les objets imprimés en 4D est proposé. Ce système est peuplé d'expériences issues de la littérature. Ces expériences constituent les instances de l'ontologie et une base (composée de mots) afin d'alimenter un modèle spatial vectoriel pour proposer une distribution de matériaux spécifique. Un outil dédié a été développé dans l'environnement Rhinoceros3D/Grasshopper pour illustrer l'applicabilité et la pertinence des propositions.

Abstract (in English):

Coined in 2013, 4D printing is considered as a promising technology that combines additive manufacturing (AM) processes and smart materials (SMs). Through this technology objects can change over time in terms of functionalities, shape, or properties under the effect of energy stimulation. Although AM processes allow shape, hierarchical, functional, and materials complexities to the 3D objects, the conjunction with SMs provides much more freedom in designing adaptive/transformational structures. Over the last decade, a growing body of research with ad hoc proofs-of-concept have been proposed at the physical level (i.e., by using different AM processes with commercial or customized 3D printers and tuned SMs). Despite the numerous endeavors, 4D printing requires much more research efforts in design and engineering to define complex structures aligning with new usage scenarios. Considering that product architects and designers are neither AM experts nor materials experts, this innovative technology requires the development of new models, approaches, methodologies, and tools in design. The main objective of this PhD – falling under the domain of design for 4D printing – is to address research issues on 4D printing knowledge formalization and reuse, especially in computational design synthesis. First, a framework is proposed to build an ontology from both a top-down approach (based on multi-dimensionality theories and basic formal ontology) and a bottom-up approach (based on research experiments). This resulted ontology formalizes and represents the knowledge in 4D printing including its main pillars, i.e., AM processes, SMs, stimuli, and transformation functions. It constitutes a relevant knowledge base for various purposes in design for 4D printing, such as material-process selection, transformation sequence planning, and materials distribution recommendation to name a few. In addition, the second contribution is focused on the multi-representation of a 4D printed object at

the computational design synthesis stage because it plays a crucial role (i.e. functional , behavioral, structural) in the advances of the design for 4D printing. This multi-representation is then further described as a sub-ontology to be integrated into the domain ontology respecting different rules and constraints. Finally, a recommendation system allowing quickly identifying the material distribution in 4D printed objects is proposed. This system is populated by experiments from the literature. These experiments constitute the instances for the ontology and a base (composed of words) to feed a vector space model for proposing a specific material distribution. A dedicated tool has been developed in Rhinoceros3D/Grasshopper environment to illustrate the applicability and the relevance of the proposals.