

Méthodologie et algorithmes pour le développement d'un outil informatique d'aide au design et à la créativité lors de la conception d'étoffes

Offre de thèse Cifre IFTH – Arts et Métiers

Rédigée par A. Ammar, S. Richir, B. Poussard, O. Christmann

L'objectif général de la thèse réside dans la spécification et le développement d'un outil d'aide à la conception d'étoffes pour le domaine du luxe. Cet outil d'aide à la conception devra répondre à trois critères fondamentaux qui posent les axes de ce sujet de recherche :

- Permettre au concepteur de générer une étoffe pour laquelle le comportement mécanique de la fibre est respecté, selon des modèles numériques spécifiques. Les données extraites de cette génération devront être directement exploitables par un fabricant. (Titre du fil, nombre de fil par cm, etc. à préciser par l'IFTH) ;
- La conception et le rendu de cette étoffe devra se faire en 3D temps réel et être visuellement réaliste (comportement mécanique et aspect du matériau et de la texture) ;
- Laisser le concepteur libre dans sa créativité lors de la définition des fibres, mailles et tressages qui constitueront l'étoffe.

Nous proposons de constituer un programme de recherche autour de trois axes pour adresser ces problématiques :

Axe 1 : méthodes numériques avancées

Axe 2 : Rendu visuel de l'étoffe

Axe 3 : Support à la créativité

Axe 1. Méthodes numériques avancées

Initialement, l'industrie a adopté les jumeaux virtuels (virtual twins) sous forme d'outils de simulation qui représentaient la physique des matériaux, procédés, structures et systèmes à partir d'un modèle numérique. Cependant, les moyens de calcul, plutôt limités, ne permettaient pas de simuler les problèmes industriels aussi vite que les ingénieurs l'auraient souhaité. Malgré cela, ces outils de calcul ont transformé le métier de l'ingénieur pour lui offrir des outils de conception optimisés et sont devenus incontournables dans la presque totalité des industries à la fin du XXème siècle.

Au début du XXIème siècle, plusieurs révolutions scientifiques en mathématiques appliquées, en informatique (calculs à hautes performances) et en mécanique numérique, sont venues bouleverser les procédures de conception établies. Ainsi, des nouvelles techniques dites de réduction de modèles ont vu le jour. Ces techniques ne modifient ni la taille ni la nature du modèle, elles se contentent de réduire la complexité de sa résolution et permettent ainsi de transformer une réponse complexe et longue à obtenir, en une réponse en temps réel. De plus, ces nouvelles techniques ont complètement modifié les approches traditionnelles d'utilisation de la simulation, de l'optimisation, de l'analyse inverse (ex. identification du comportement mécanique), du contrôle et de la propagation de l'incertitude, en offrant des réponses temps réel aux problèmes posés.

Cette façon de traiter le problème sera proposée dans le cadre des travaux de thèse autour de la proposition d'un outil d'aide à la conception d'étoffes fonctionnant avec un environnement virtuel et proposant une représentation mathématique exploitable en temps réel.

La réalité virtuelle a trouvé ses applications dans tous les domaines : conception de véhicules, formation à la maintenance, simulation d'intervention en milieu hostile, revue de projet d'urbanisme... C'est une technologie de simulation "immersive" qui peut faire gagner du temps et de l'argent, en limitant le nombre de prototypes, les essais, et les tests sur le terrain.

Afin que les modèles de réalité virtuelle soient associés à des équations décrivant une physique réelle (résistance du tissu, comportement thermique en termes d'isolation, ... à définir selon les besoins de l'IFTH) nous procéderons au développement d'une modélisation dans le cadre d'une réduction dimensionnelle qui procède à la construction de la solution sur un espace multidimensionnel comme somme de produits tensoriels de fonctions dans des sous-espaces de faibles dimensions.

Cette forme de réduction (PGD) que nous développons se distingue par la généralisation à des espaces paramétriques. Sur ce point en particulier, la PGD permet d'offrir un environnement élégant pour traiter ces modèles paramétriques où les paramètres d'étude sont des dimensions continues de l'espace de résolution.

Une fois que le problème multidimensionnel est résolu, la solution (unique) est stockée une seule fois. Ensuite à chaque fois que l'utilisateur fournit une valeur des paramètres (entrées), il n'y aura qu'à effectuer une projection de la solution multidimensionnelle sur la valeur donnée des paramètres pour obtenir les sorties souhaitées.

La construction de ce modèle dimensionnel pourrait également, pour le rendu visuel du tissu, se baser dans un premier temps sur les outils commerciaux (tels que Nextgen ou DB weaving) avec une approche PGD non intrusive (et type a posteriori).

Parallèlement, une approche statistique sur les entrées-sorties directes s'avère essentielle pour enrichir notre modèle déterministe (approche hybride). On propose de développer pour cela une démarche basée sur les réseaux de neurones. Le réseau de neurones fonctionne par analyse statistique, par opposition à notre modèle réduit se basant sur un ensemble de règles déterministes (logique algorithmique...).

Le principe du réseau de neurones consiste à créer un raisonnement statistique. En fonction de ce qu'il a appris par le passé, grâce à une « base » d'apprentissage, il va prendre des décisions par rapport aux données d'entrées qu'il reçoit. Le choix de classification se portera sur la probabilité de ressemblance à une situation qu'il connaît déjà. On appelle aussi ceci l'apprentissage par expérience.

Le sujet de thèse que nous proposons se focalisera sur la mise en place d'une telle approche hybride qui est sensée fournir un cadre virtuel où l'utilisateur pourra construire en temps réel son modèle de tissu et étudier éventuellement sa réponse mécanique en tant que matériaux proches des composites à renfort fibreux sous forme de tissu.

Ce cadre de développement s'approche du jumeau numérique (digital twin). Le calcul pouvant maintenant être fait en temps réel, les données collectées permettraient de calibrer (continuellement) les modèles numériques pour mieux s'adapter à la réalité observée, rendant possible le contrôle temps réel.

Ainsi, les modélisations basées à la fois sur la physique ainsi que sur les données (construites à la volée) devrait permettre une représentation virtuelle et augmentée de la réalité. Une telle représentation virtuelle et augmentée de la réalité se démarque par sa précision, son rendu réaliste, son auto alimentation. Alliée au temps réel, elle rendra la conception d'étoffe un exercice agréable d'interaction homme – simulateur.

Axe 2. Rendu réaliste de l'étoffe

L'objectif est de convaincre les concepteurs du domaine du luxe d'utiliser un outil permettant un prototypage virtuel de leur création. Une des contraintes majeures de la 3D temps réel, en comparaison avec la 3D précalculée, est la nécessité de recalculer en permanence – 30 à 120 fois par seconde selon les usages actuels – l'image à afficher par la carte graphique. Cette contrainte impose des limitations dans la qualité possible des rendus à l'heure actuelle. Ces dernières années des outils logiciels ont vu le jour pour créer des matériaux ou shaders de plus en plus réalistes, utilisant notamment des techniques de Physical Based Rendering (PBR) pour accroître l'impression de réalisme d'une texture sur un modèle 3D simplifié. De nouvelles générations de cartes graphiques intègrent également des puissances décuplées et de nouvelles méthodes pour optimiser le calcul du rendu de ces images.

Cet axe consistera à définir des processus de rendu temps réel permettant d'exploiter les modèles hybrides (réseaux de neurones + PGD) proposés dans le premier axe afin d'adapter le matériau et la texture appliquée sur les fibres ou sur l'étoffe dans sa globalité.

Axe 3. Support à la créativité

L'outil logiciel qui résultera de cette thèse devra être capable de libérer la créativité des concepteurs lors de la phase de création de nouvelles étoffes.

La créativité est un processus impossible à modéliser car il dépend de nombreux facteurs humains. Les expérimentations menées au sein de l'équipe P&i du LAMPA nous ont permis d'acquérir des méthodes et d'identifier des facteurs qui favorisent la créativité des concepteurs. Nous avons aussi prouvé que les technologies immersives favorisent le lâcher prise des concepteurs et augmentent sa créativité.

Les outils de conception traditionnels génèrent par nature des contraintes inhérentes au fait que l'utilisateur est guidé dans sa conception. Cette approche permet de manière générale à l'utilisateur de coller à des standards, des cas connus. Notre axe de travail consistera à considérer le besoin de liberté de l'utilisateur dans la conception de ses étoffes. Le concepteur devra alors être libre dans sa créativité et très rapidement et en temps réel générer des étoffes difficiles à créer dans les approches de conception traditionnelles.

Profil du candidat

Les travaux envisagés couvrent différents domaines de recherche. Le candidat devra posséder des compétences dans un ou plusieurs de ces domaines et être capable de les renforcer en fonction des besoins.

Il est nécessaire que le candidat soit détenteur d'un Master Recherche et qu'il possède de bonnes compétences en technologies du virtuel et en développement informatique, 3D temps réel. La maîtrise du logiciel Unity 3D et d'outils de modélisation 3D seraient un atout très apprécié.

La bonne maîtrise du français et de l'anglais est indispensable.

Le candidat devra également faire preuve d'autonomie, de rigueur, d'écoute et d'ouverture d'esprit, pour comprendre et formaliser les besoins des utilisateurs finaux (patients et thérapeutes).

Financement

Le doctorant sera salarié de l'IFTH. Il partagera son temps entre Angers et Cholet par périodes à définir.

Unité d'accueil

LAMPA, Equipe Présence & innovation, Campus Angers-Laval

2, Bd du Ronceray – 49000 Angers

Contacts

Contacts ENSAM/LAMPA :

- AMMAR Amine – Tél. : 06 21 01 13 02 – Email : Amine.AMMAR@ensam.eu
- RICHIR Simon – Téléphone : 02 43 49 75 80 – Email : simon.richir@ensam.eu

Votre candidature devra comporter :

- un CV,
- une lettre de motivation,
- le rapport du stage de Master 2 (si disponible),
- les résultats de classement en Master 2 et/ou le(s) bulletin de notes correspondant (si non disponibles, ceux du Master 1),
- une ou plusieurs lettres de recommandation.