

# Annonce de soutenance de thèse de doctorat

Rana AL ALI

Développement d'un outil informatique de contrôle et de simulation numérique visant le vieillissement mécanique des tapisseries historiques

**Présentée en vue de l'obtention du grade de docteur**  
**Spécialité : Mécanique**

Le mardi 02 avril 2024 à 9h30

**Auditorium de la maison internationale de la recherche (MIR)**  
**de CY Cergy Paris Université**

En présentiel et en visioconférence ([lien ici](#))

## Composition du jury :

<b>Marc QUIERTANT</b> Directeur de recherche, ESTP – Campus de Cachan	<b>Rapporteur</b>
<b>Ann BOURGÈS</b> Ingénieure de recherche, HDR, C2RMF	<b>Rapporteuse</b>
<b>Sébastien RÉMOND</b> Professeur des universités, Université d'Orléans	<b>Examinateur</b>
<b>Cécilia GAUVIN</b> Docteur-Ingénieure, Scientifique du patrimoine culturel, Bureau d'étude S-MA-C-H	<b>Examinatrice</b>
<b>Roberta CORTOPASSI</b> Conservateur en chef, Musée du Louvre	<b>Membre invitée</b>
<b>Salima AGGOUN</b> Professeure des universités, CY Cergy Paris Université	<b>Directrice de thèse</b>
<b>Boumediene NEDJAR</b> Professeur des universités, Université d'Evry Paris-Saclay	<b>Co-directeur de thèse</b>
<b>Mohamed DALLEL</b> Ingénieur de recherche, Responsable du pôle scientifique « Textile » LRMH / CRC (MC-MNHN-CNRS)	<b>Co-encadrant de thèse</b>



## Résumé

Les tapisseries représentent un trésor national et international d'une valeur inestimable. Elles reflètent l'histoire, la culture, un savoir-faire important et une signification symbolique et sociale de la société qui les a créées. Cependant, elles font face aujourd'hui à des défis de conservation majeurs. Elles sont d'une part parmi les œuvres les plus fragiles, et d'autre part, parmi les plus sollicitées du fait de leurs multiples manipulations ou de leur exposition prolongée. Par conséquent, il est essentiel aujourd'hui d'explorer des approches préventives et prédictives, pour anticiper les potentielles dégradations.

Dans cette perspective, ce travail a pour but de proposer un cadre de modélisation capable de prédire le comportement mécanique des tapisseries pour des configurations d'exposition données. Nous avons estimé crucial de privilégier l'analyse de la réponse mécanique intrinsèque et structurale des tapisseries, un aspect peu exploré dans la littérature jusqu'à présent.

En premier temps, des campagnes expérimentales ont été réalisées dans l'objectif de caractériser la réponse des matériaux textiles, ce qui permet de sélectionner un modèle mécanique adapté aux contextes des tapisseries et de l'alimenter par des paramètres convenables. Il s'agit essentiellement des essais de traction et de fluage. Concernant ce dernier, la corrélation d'image numérique (CIN) était un élément clé pour la réussite du montage proposé. Les essais ont été appliqués d'abord sur des tissus contemporains, avant d'être réalisés sur des fragments de tapisseries historiques, datés du XVII<sup>e</sup> pour les plus anciens. Ensuite, pour modéliser les tapisseries, nous avons étudié un modèle rhéologique viscoélastique-plastique à deux branches, de type Maxwell généralisé. Nous avons opté pour les lois de Hooke orthotrope, le critère de Hill de plasticité, ainsi qu'un écoulement plastique associé. Finalement, le problème est résolu numériquement, grâce aux calculs par éléments finis couplés à un problème de coques avec l'hypothèse des contraintes planes. Cela a permis de valider les résultats trouvés expérimentalement et ensuite de simuler des tapisseries sous différentes configurations. En effet, nous avons étudié l'évolution des déformations avec le temps, évalué différents systèmes de présentation (accrochage continu / discontinu, sur plan incliné, etc.), ainsi que la présence de défauts de tissage et de discontinuités.

**Mots clés : textiles, modélisation mécanique, caractérisation expérimentale, fluage, corrélation d'image numérique (CIN), éléments finis (EF), conservation.**

## Abstract

Tapestries represent a national and international treasure of a great value. However, they currently face major conservation challenges. On one hand, they are among the most fragile artwork, and on the other hand, they are extensively worn due to frequent handling or prolonged exhibition. Therefore, it is crucial today to explore preventive and predictive approaches to anticipate potential problems.

In this regard, the objective of this work is to propose a modeling framework capable of predicting the mechanical behavior of tapestries for specific configurations. Emphasizing the analysis of the intrinsic and structural mechanical response of tapestries, an aspect that has received little exploration in the literature so far, was deemed crucial.

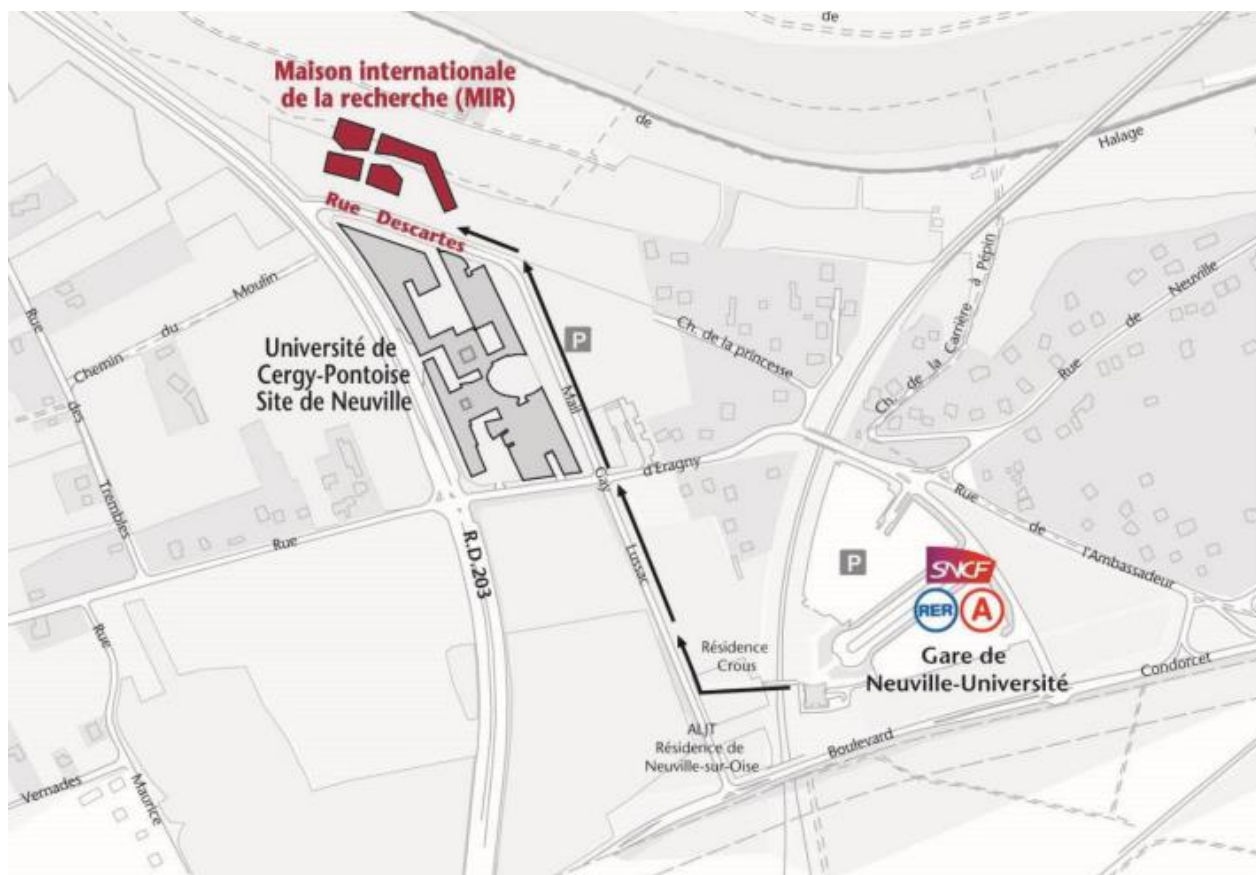
To achieve this, experimental campaigns were conducted to characterize the response of textile materials, aiding in selecting a mechanical model suitable for tapestry contexts. Digital Image Correlation (DIC) played a key role in the success of the proposed setup. Tests were conducted on both new fabrics and fragments of historical tapestries. Subsequently, to model the tapestries, we studied a two-branch viscoelastic-plastic rheological model of generalized Maxwell type. We opted for orthotropic Hooke's laws, the Hill plasticity criterion, and associated plastic flow. Concerning the delayed response (viscoelasticity), creep tests conducted showed good agreement with the power law of Norton-Hoff type. To address the issues related to tapestries (such as incorporating structural effects and material orthotropy), we considered the shell problems model with the assumption of plane stress. The mechanical model coupled with finite element resolution validated the experimentally obtained results and then simulated tapestries in various configurations: examining deformation evolution over time, assessing different presentation systems (hanging, inclined planes, etc.), as well as detecting weaving defects and discontinuities.

**Keywords:** textiles, mechanical modeling, experimental characterization, creep, digital image correlation (DIC), finite elements (FE), conservation.

## Plan d'accès

# MAISON INTERNATIONALE DE LA RECHERCHE (MIR)

De l'université de Cergy-Pontoise  
1, rue Descartes  
95000 Neuville-sur-Oise



### Accès en train

#### Venir en RER :

Prendre RER A direction Cergy-Le-Haut, arrêt Neuville-Université, sortie "Université"

#### Venir en train :

Depuis la gare Saint-Lazare à Paris, prendre un train pour Cergy-Le-Haut (ligne L), arrêt Neuville-Université, sortie "Université".

### Accès en voiture

Depuis Paris : à Porte Maillot, direction La Défense. Sur A86, suivre Cergy-Pontoise. Sur A15, direction Cergy-Pontoise, Sortie 7. Prendre N184 direction Versailles/Jouy-le Moutier/Neuville-sur-Oise.

Depuis Versailles : prendre N184, direction Beauvais jusqu'à Conflans-Sainte-Honorine, puis direction Neuville-sur-Oise.