	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 1 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2

## 1 INFORMATIONS ADMINISTRATIVES / ADMINISTRATIVE INFORMATION

<b>Département de recherche / Research team</b>	Département Conception, Optimisation et Modélisation en Mécanique – CO2M
<b>Laboratoire de recherche / Research laboratory</b>	Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – ICB – UMR CNRS 6303
<b>Université / University</b>	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard
<b>Contacts</b>	Directeur de thèse (thesis supervisor): Prof. François Peyraut (francois.peyraut@utbm.fr)
	Co-encadrant (thesis co-supervisor): Dr. Nadia Labed (nadia.labed@utbm.fr)

## 2 SUJET DE RECHERCHE / RESEARCH TOPIC

**Titre :** Modélisation multi-échelle de composites élastomères renforcés par des fibres

**Title:** Multiscale modelling of fiber-reinforced elastomer composites


**Mots clefs :** Approche multi-échelle; Homogénéisation périodique; Mécanique non linéaire; Hyperélasticité; Modélisation en mécanique; Matériau composite; Impression 3D

**Keywords:** Multi-scale approach; Periodic homogenization; Non-linear mechanics; Hyperelasticity; Computational mechanics; Composite material; 3D printing

### Descriptif détaillé de la thèse

Les structures composites constituées d'élastomères renforcés par des fibres rigides sont de plus en plus utilisées dans des secteurs industriels tels que le bâtiment (GAO et al. 2020), l'aéronautique (MURUGAN et al. 2012), l'automobile (KORUNOVIC et al. 2019), la robotique (SHAN et al. 2006, LU et al. 2016) ou encore dans le secteur médical (SODHANI et al. 2018, OVEISSI et al. 2020). Ces structures combinent à la fois une aptitude à subir de grandes déformations (liée à la présence d'élastomères) avec une haute tenue mécanique due à la forte anisotropie induite par la disposition des fibres.

Cependant, la caractérisation du comportement mécanique de telles structures (généralement par identification inverse en comparant modèle et expérience) est complexe à réaliser alors qu'il s'agit d'une étape cruciale pour pouvoir effectuer des modélisations prédictives. La principale difficulté provient du caractère non linéaire du comportement des élastomères qui rend délicates les analyses multi-échelles à réaliser pour analyser leur fonctionnement sous charge. Un couplage efficace de la modélisation multi-échelle et de la simulation en mécanique non-linéaire constituera donc l'un des défis à relever dans le cadre de cette thèse (N. LAHELLEC 2001, N. LAHELLEC et al. 2004, BOUCHART et al. 2008, de BOTTON et al. 2009, NOMOTO et al. 2016, SHIN et al. 2019).

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 2 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2


L'hyperélasticité isotrope constitue le cadre théorique classique pour modéliser le comportement non-linéaire de matériaux tels que les élastomères lorsqu'ils sont assujettis à des grandes déformations (PEYRAUT 2003, 2004, FENG et al. 2006, PEYRAUT et al. 2007, 2009, 2010, NGUESSONG NKENFACK et al. 2016). Lorsque des fibres rigides interagissent avec des matériaux souples comme les tissus biologiques renforcés par des fibres de collagène (muscles, tendons, artères ...), il faut alors se placer dans le cadre de l'hyperélasticité anisotrope (HARB et al. 2011, TA et al., 2013, 2014, CAI et al. 2016, 2017, 2021, 2022). Ce cadre anisotrope permet aussi de simuler le comportement de matériaux inorganiques renforcés comme les actionneurs de robots, les muscles artificiels ou encore les ailes flexibles d'avion (MANSOURI et al. 2021). Compte tenu de l'organisation géométrique a priori répétitive des fibres, une stratégie de simulation multi-échelle basée sur l'homogénéisation périodique sera étudiée. On envisage notamment de comparer des lois hyperélastiques anisotropes macroscopiques de la littérature avec celles obtenues par homogénéisation périodique afin d'évaluer le potentiel des approches d'homogénéisation dans le cadre de l'hyperélasticité.

Introduite dans les années 1970 pour modéliser le comportement des composites à structure périodique (DUVAUT 1976, BENSOUSSAN et al. 1978, SANCHEZ-PALENCIA 1979, LABED et al. 1998), l'homogénéisation périodique a connu un engouement important en raison de la qualité supérieure des prédictions qu'elle procure comparativement à d'autres approches telle que celle de la loi des mélanges. Elle a récemment été employée avec succès dans le cadre de la fabrication additive (DUTRA et al. 2019, MARCHAL et al. 2021, TESSARIN et al. 2022, MARCHAL et al. 2024). L'un des débouchés applicatifs possibles des travaux théoriques développés dans le cadre de cette thèse concernera donc la fabrication additive par impression 3D qui constitue l'un des axes de recherche majeur du laboratoire ICB/CO2M. Ce procédé suscite depuis plusieurs années un fort engouement car il permet la fabrication personnalisée de composites complexes combinant légèreté et performances élevées. Mais si de tels dispositifs de fabrication sont d'ores et déjà disponibles sur le marché, avec des variantes concernant les méthodes par dépôt de fil, leurs modalités d'utilisation en termes de processus ainsi que leur modélisation, demeurent un domaine d'étude encore largement ouvert.

### Detailed thesis description

Composite structures made of elastomers reinforced with rigid fibers are increasingly being used in industrial sectors such as construction (GAO et al. 2020), aerospace (MURUGAN et al. 2012), the automotive industry (KORUNOVIC et al. 2019), robotics (SHAN et al. 2006, LU et al. 2016) and the medical sector (SODHANI et al. 2018, OVEISSI et al. 2020). These structures combine both the ability to undergo large deformations (due to the presence of elastomers) with high mechanical strength resulting from the strong anisotropy induced by the fiber arrangement.

However, it is difficult to determine the mechanical behavior of such structures through inverse identification by comparing the model with experimental data, even though this is a crucial step in carrying out predictive modelling. The main difficulty comes from the non-linear nature of elastomer behavior, which makes the multi-scale analyses particularly challenging. Effective coupling of multi-

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 3 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2


scale modelling and non-linear mechanical simulation will therefore be one of the challenges to be addressed in this thesis (N. LAHELLEC 2001, N. LAHELLEC et al. 2004, BOUCHART et al. 2008, de BOTTON et al. 2009, NOMOTO et al. 2016, SHIN et al. 2019).

Isotropic hyperelasticity provides the standard theoretical framework for modelling the non-linear behavior of materials such as elastomers undergoing large deformations (PEYRAUT 2003, 2004, FENG et al. 2006, PEYRAUT et al. 2007, 2009, 2010, NGUESSONG NKENFACK et al. 2016). When rigid fibers interact with flexible materials such as biological tissues reinforced by collagen fibers (muscles, tendons, arteries, etc.), the model must be framed within the context of anisotropic hyperelasticity (HARB et al. 2011, TA et al. 2013, 2014, CAI et al. 2016, 2017, 2021, 2022). This anisotropic framework also enables the simulation of the behavior of reinforced inorganic materials such as robotic actuators, artificial muscles or flexible aircraft wings (MANSOURI et al. 2021). Given the a priori repetitive geometric arrangement of the fibers, a multi-scale simulation strategy based on periodic homogenization will be investigated. We plan to compare macroscopic anisotropic hyperelastic constitutive laws from literature with those obtained via periodic homogenization to assess the potential of homogenization approaches within the context of hyperelasticity.

Introduced in the 1970s to model the behavior of composite materials with a periodic pattern (DUVAUT 1976, BENSOUSSAN et al. 1978, SANCHEZ-PALENCIA 1979, LABED et al. 1998), periodic homogenization has gained significant popularity due to the superior quality of the predictions it provides compared to other approaches, such as the rule of mixture. It has recently been successfully employed in the field of additive manufacturing (DUTRA et al. 2019, MARCHAL et al. 2021, TESSARIN et al. 2022, MARCHAL et al. 2024). One of the potential applications of the theoretical work developed as part of this thesis will therefore relate to additive manufacturing via 3D printing, which is one of the ICB/CO2M laboratory's key research areas. This process has attracted considerable interest in recent years, as it enables the custom manufacture of complex structures that combine lightness with high mechanical performance. However, although such manufacturing processes already exist, with variations in terms of technology, their application and modelling remain a largely unexplored field of study.

### 3 CONTEXTE DE RECHERCHE / RESEARCH FRAMEWORK

Le département CO2M du Laboratoire ICB a impulsé une dynamique dans le domaine encore émergent de la fabrication additive et a développé dans ce cadre un plateau technique doté d'imprimantes 3D et 4D. Cependant, comme dans tout domaine émergent, des besoins importants sur le plan théorique se font ressentir afin que des matériaux à structure complexe comme les composites hyperélastiques puissent être modélisés puis utilisés à bon escient. Le sujet de thèse vise à comprendre le comportement de ces matériaux par l'intermédiaire de lois de comportement non-

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 4 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2

linéaires adaptées à la prise en compte de grandes déformations. En vue d'une future implémentation liée à l'optimisation par éléments finis, l'homogénéisation périodique sera étudiée en parallèle.

Pour accompagner le (la) doctorant(e) dans le travail théorique qu'il(elle) aura à prendre en charge (hyperélasticité, mécanique non linéaire et homogénéisation périodique), l'équipe encadrante a été constituée de spécialistes des différents domaines à traiter. Un « rafraichissement/remise à niveau » des connaissances du (de la) doctorant(e) dans ces domaines pourra être effectué si nécessaire.

The CO2M department at the ICB laboratory is involved in the still-emerging field of additive manufacturing and, as part of this, has set up a technical center equipped with 3D and 4D printers. However, as in any emerging field, there is a significant need for theoretical work to ensure that materials with complex structures, such as hyperelastic composites, can be modelled and used efficiently. The thesis topic aims to understand the behavior of these materials through non-linear constitutive models suited to accounting for large deformations. With a view to future implementation in finite element optimization, periodic homogenization will be studied in parallel.

To support the PhD student in the theoretical work required (hyperelasticity, non-linear mechanics and periodic homogenization), the supervisory team was made up of specialists in the various fields mentioned above. If necessary, a 'refresher course' in these areas may be organized to help the PhD student.

#### 4 PROGRAMME PREVISIONNEL DE RECHERCHE / RESEARCH SCHEDULE


Le programme prévisionnel de recherche de la thèse, susceptible d'évolution en fonction du degré d'avancement, s'établit comme suit :

##### 1) Année 1 :

- Recherche bibliographique dans le domaine de l'homogénéisation périodique en hyperélasticité isotrope.
- Etude de l'homogénéisation périodique avec le modèle hyperélastique isotrope de Blatz-Ko.
- Rédaction d'un article scientifique pour une conférence nationale ou internationale.

##### 2) Année 2 :

- Implémentation éléments finis de l'homogénéisation périodique avec le modèle de Blatz-Ko.
- Rédaction d'un article pour une revue scientifique référencée (quartile Q1 ou Q2).
- Recherche bibliographique dans le domaine de l'homogénéisation périodique avec des matériaux hyperélastiques anisotropes.

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 5 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2

### 3) Année 3 :

- Etude de l'homogénéisation périodique avec un modèle hyperélastique anisotrope extrait de la littérature.
- Implémentation éléments finis de l'homogénéisation périodique avec le modèle hyperélastique anisotrope de l'étape précédente.
- Rédaction d'un deuxième article pour une revue scientifique référencée (quartile Q1 ou Q2).
- Rédaction du mémoire final de thèse et préparation de la soutenance.

The provisional research schedule for the thesis, which may be subjected to change depending on progress, is as follows:

#### 1) Year 1 :

- Literature review in the field of periodic homogenization in isotropic hyperelasticity.
- Study of periodic homogenization with the Blatz-Ko isotropic hyperelastic model.
- Writing a scientific paper for a national or international conference.

#### 2) Year 2 :


- Finite element implementation of the periodic homogenization with the Blatz-Ko model.
- Writing a paper for a peer-reviewed scientific journal (Q1 or Q2 quartile).
- Literature review in the field of periodic homogenization involving anisotropic hyperelastic materials.

#### 3) Year 3 :


- Study of periodic homogenization using an anisotropic hyperelastic model from the literature.
- Finite element implementation of periodic homogenization using the anisotropic hyperelastic model from the previous step.
- Writing a second paper for a peer-reviewed scientific journal (Q1 or Q2 quartile).
- Writing the thesis and preparing the oral defense.

## 5 BIBLIOGRAPHIE / BIBLIOGRAPHY


A. BENSOUSSAN, J.L. LIONS, G. PAPANICOLAOU. Asymptotic Analysis for Periodic Structures, North-Holland, Amsterdam (1978).

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page
		Date <b>Avril 2026</b>	6 / 9 Edition <b>V2</b>

- V. BOUCHART, M. BRIEU, D. KONDO, M. NAIT ABDELAZIZ. Implementation and numerical verification of a non-linear homogenization method applied to hyperelastic composites. *Computational Materials Science*, 43, 670–680 (2008).
- R. CAI, F. HOLWECK, Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT. A new hyperelastic model for anisotropic hyperelastic materials with one fiber family. *International Journal of Solids and Structures*, 84, 1-16 (2016).
- R. CAI, F. HOLWECK, Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT. A simple polyconvex strain energy density with new invariants for modeling four-fiber family biomaterials. *International Journal of Solids and Structures*, 115, 126-139 (2017).
- R. CAI, F. HOLWECK, Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT. Integrity basis of polyconvex invariants for modeling hyperelastic orthotropic materials—Application to the mechanical response of passive ventricular myocardium. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 133 (2021).
- R. CAI, L. HU, F. HOLWECK, F. PEYRAUT, Z.-Q. FENG. Convexity, polyconvexity and finite element implementation of a four-fiber anisotropic hyperelastic strain energy density – Application to the modeling of femoral, popliteal and tibial arteries. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 399, 115294 (2022).
- G. deBOTTON, G. SHMUEL. Mechanics of composites with two families of finitely extensible fibers undergoing large deformations. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 57 1165–1181 (2009).
- T.A DUTRA, R.T. LUIZ FERREIRA, H. BORELLI RESENDE, A. GUIMARAES. Mechanical characterization and asymptotic homogenization of 3D-printed continuous carbon fiber-reinforced thermoplastic. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41, 133 (2019).
- G. DUVAUT. Analyse fonctionnelle et mécanique des milieux continus. Applications à l'étude de matériaux composites élastiques à structure périodique. Homogénéisation, in: W.T. Koiter, ed., *Theoretical and Applied Mechanics* (North-Holland, Amsterdam), 119-132 (1976).
- Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT, Q.-C. HE. Finite deformations of Ogden's materials under impact loading. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 41, Issue 4, pp. 575-585 (2006).
- J. GAO, X. YANG, J. GUO, J. HUANG. Hyperelastic mechanical properties of chopped aramid fiber-reinforced rubber composite under finite strain. *Composite Structures*, 243 (2020).
- N. HARB, N. LABED, M. DOMASZEWSKI, F. PEYRAUT. A New Parameter Identification Method of Soft Biological Tissue Combining Genetic Algorithm with Analytical Optimization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 200, Issues 1-4, pp. 208-215 (2011).
- N. KORUNOVIC, C. FRAGASSA, D. MARINKOVIC, N. VITKOVIC, M. TRAJANOVIC. Performance evaluation of cord material models applied to structural analysis of tires. *Composite Structures*, 224, (2019).
- N. LABED, N. TURBE. Computation of homogenized coefficients for a viscoelastic composite reinforced with spherical inclusions. *Journal of Composite Materials*, Vol. 32, Issue: 14, p. 1297-1310 (1998).
- N. LAHELLEC. Estimate of the homogenized hyperelastic behavior of periodic fiber-reinforced composites using the second-order procedure. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 329, Série II b, p. 67–73 (2001).
- N. LAHELLEC, F. MAZEROLLE, J.C. MICHEL. Second-order estimate of the macroscopic behavior of periodic hyperelastic composites: theory and experimental validation. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 52, 27– 49 (2004).
- T. LU, Z. SHI, Q. SHI, T.J. WANG. Bioinspired bicipital muscle with fiber-constrained dielectric elastomer actuator. *Extreme Mechanics Letters*, 6, 75–81 (2016).
- V. MARCHAL, F. PEYRAUT, Y. ZHANG, N. LABED. A periodic homogenization model including porosity to predict elastic properties of 3D-printed continuous carbon fiber-reinforced composites. 32<sup>nd</sup> Solid Freeform Fabrication Symposium, Virtual Format, The University of Texas at Austin (USA), August 2-4 (2021).
- V. MARCHAL, Y. ZHANG, R. LACHAT, N. LABED, F. PEYRAUT. Interbead void reduction by crossing printing routes of fused filament fabricated composites, *Rapid Prototyping Journal*, accepté pour publication (2024).
- M.R. MANSOURI, P.F. FUCHS. Elastic load coupling with tailored elastomer composites. *Composites Part C: Open Access*, 4 (2021).

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page
		Date <b>Avril 2026</b>	7 / 9 Edition <b>V2</b>

- S. MURUGAN, E.I. SAAVEDRA FLORES, S. ADHIKARI, M.I. FRISWELL. Optimal design of variable fiber spacing composites for morphing aircraft skins. *Composite Structures*, 94, 1626–1633 (2012).
- A. NGUESSONG NKENFACK, T. BEDA, Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT. HIA: A Hybrid Integral Approach to model incompressible isotropic hyperelastic materials—Part 1: Theory. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 84, pp. 1-11 (2016).
- A. NGUESSONG NKENFACK, T. BEDA, Z.-Q. FENG, F. PEYRAUT. HIA: A Hybrid Integral Approach to model incompressible isotropic hyperelastic materials – Part 2: Finite element analysis. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 86, pp. 146-157 (2016).
- A. NOMOTO, H. YASUTAKA, S. OKETANI, A. MATSUDA. 2-Dimensional Homogenization FEM Analysis of Hyperelastic Foamed Rubber. *Procedia Engineering*, 147, 431 – 436 (2016).
- F. OVEISSI, S. NAFICY, A. LEE, D.S. WINLAW, F. DEGHANI. Materials and manufacturing perspectives in engineering heart valves: a review. *Materials Today Bio*, 5 (2020).
- F. PEYRAUT. Orientation preservation and Newton-Raphson convergence in the case of an hyperelastic sphere subjected to an hydrostatic pressure. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 192, N° 9-10, pp. 1107-1117 (2003).
- F. PEYRAUT. Loading restrictions for the Blatz-Ko hyperelastic model - application to a finite element analysis. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 39, Issue 6, pp. 969-976 (2004).
- F. PEYRAUT, Z.-Q. FENG, N. LABED. A material-independent algorithm for preserving of the orientation of the spatial basis attached to deforming medium, *Computational Mechanics*, Vol. 40, pp. 1053–1060 (2007).
- F. PEYRAUT, C. RENAUD, N. LABED, Z.-Q. FENG. Modélisation de tissus biologiques en hyperélasticité anisotrope – Etude théorique et approche éléments finis. *Comptes Rendus Mécanique à l’Académie des Sciences*, 337, pp. 101-106 (2009).
- F. PEYRAUT, Z.-Q. FENG, N. LABED, C. RENAUD. A closed form solution for the uniaxial tension test of biological soft tissues. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 45, pp. 535-541 (2010).
- E. SANCHEZ-PALENCIA. *Non-Homogeneous Media and Vibration Theory. Lecture Notes in Physics.* Springer-Verlag, Berlin (1979).
- Y. SHAN, M.P. PHILEN, C.E. BAKIS, K.W. WANG, C.D. RAHN. Nonlinear-elastic finite axisymmetric deformation of flexible matrix composite membranes under internal pressure and axial force. *Composites Science and Technology*, 66, 3053–3063 (2006).
- H. SHIN, J. CHOI, M. Cho. An efficient multiscale homogenization modeling approach to describe hyperelastic behavior of polymer nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 175, 128–134 (2019).
- D. SODHANI, S. REESE, A. AKSENOV, S. SOGANCI, S. JOCKENHOVEL, P. MELA, S.E. STAPLETON. Fluid-structure interaction simulation of artificial textile reinforced aortic heart valve: Validation with an in-vitro test. *Journal of Biomechanics*, 78, 52–69 (2018).
- A.T. TA, N. LABED, F. HOLWECK, A. THIONNET, F. PEYRAUT. A new invariant-based method for building biomechanical behavior laws- Application to an anisotropic hyperelastic material with two fiber families. *International Journal of Solids and Structure*, Vol. 50, pp. 2251–2258 (2013).
- A.T. TA, N. LABED, F. HOLWECK, A. THIONNET, F. PEYRAUT. A constructive approach of invariants of behavior laws with respect to an infinite symmetry group – Application to a biological anisotropic hyperelastic material with one fiber family. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 51, Issues 21–22, pp. 3579-3588 (2014).
- A. TESSARIN, M. ZACCARIOTTO, U. GALVANETTO, D. STOCCHI. A multiscale numerical homogenization-based method for the prediction of elastic properties of components produced with the fused deposition modelling process. *Results in Engineering*. 14, 100409 (2022).

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page <b>8 / 9</b>
		Date <b>Avril 2026</b>	Edition <b>V2</b>

## 6 PROFIL DES CANDIDATS / APPLICANT PROFILE

Le (la) doctorant(e) devra disposer d'un solide bagage théorique en mathématique appliquée, en mécanique des milieux continus et en simulation numérique afin d'appréhender, de maîtriser et d'appliquer les outils d'homogénéisation à plusieurs échelles. Une première expérience dans les approches multiéchelles et/ou en mécanique non linéaire n'est pas un prérequis mais constituerait un élément positif de la candidature.

Les principaux critères d'appréciation du dossier de candidature seront les performances dans le cursus universitaire et le niveau de maîtrise dans le domaine des mathématiques appliquées, de la mécanique des milieux continus et de la simulation numérique. Le goût pour la théorie, la capacité d'innovation, la force de proposition et l'autonomie dans la conduite de projets professionnels constitueront également des atouts appréciés.


The PhD student must have a solid theoretical background in applied mathematics, continuum mechanics and numerical simulation in order to understand, master and apply multi-scale homogenization tools. Previous experience in multi-scale approaches and/or non-linear mechanics is not a prerequisite but would be an advantage.

The main criteria for assessing applications will be academic performance and level of expertise in the fields of applied mathematics, continuum mechanics and numerical simulation. An interest in theory, the ability to innovate, the capacity to generate new ideas and the ability to work independently on professional projects will also be considered.

## 7 DOCUMENTS A ENVOYER ET DATE LIMITE / DOCUMENTS TO BE SENT AND DEADLINE

Les candidat(e)s sont invité(e)s à adresser à l'équipe encadrante (voir rubrique 9) les documents suivants : curriculum vitae, lettre de candidature, notes obtenues pendant le cursus universitaire, classement en Master (si disponible) et au moins une lettre de recommandation. Pour faire acte de candidature, ces documents sont à envoyer au plus tard pour le **27 mai 2026**.

Applicants are invited to send the following documents to the supervision team (see section 9): CV, cover letter, academic transcripts, their ranking within the Master's cohort (if available), and at least one reference letter. To apply, please submit these documents by **27 May 2026** at the latest.

	<b>Sujet de thèse</b> <b>Spécialité : Mécanique</b>	Document	Page 9 / 9
		Date Avril 2026	Edition V2

## 8 FINANCEMENT : MESRI UTBM / FUNDING : MESRI UTBM

Début du contrat : 1er octobre 2026

Salaire mensuel brut : 2300€ brut

Start date: 1 october 2026

Gross monthly salary: €2,300 gross

## 9 DIRECTION DES TRAVAUX-CO-ENCADREMENT / THESIS SUPERVISION – CO-SUPERVISION

	Directeur de thèse/Thesis supervisor	Co-encadrant/Thesis co-supervisor
NOM Prénom/Name First name	<b>PEYRAUT François</b>	<b>LABED Nadia</b>
<i>Courriel/email</i>	<i>francois.peyraud@utbm.fr</i>	<i>nadia.labed@utbm.fr</i>
<i>Téléphone/Phone number</i>	<i>03 84 58 31 91</i>	<i>03 84 58 31 56</i>
Grade/Position (PR, MCF-HDR, MCF)	PR	MCF
Quotité de l'encadrement/Management ratio (%)	50%	50%