

Chaire de Professeur Junior

-

Intelligence artificielle explicable et physiquement-informée pour la modélisation data-driven de systèmes dynamiques complexes

Mots-clés : IA/apprentissage profond, systèmes dynamiques, automatique, neurosciences

L'audition des candidats par le comité de sélection comprendra des mises en situation professionnelle dont les modalités seront précisées dans les convocations. Elles comprendront un séminaire scientifique ouvert au public, et une mise en situation pédagogique devant la commission de recrutement.

Établissement : SUPMICROTECH-ENSMM

École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques - <http://www.supmicrotech.fr>

Laboratoire de rattachement : Institut FEMTO-ST - <http://www.femto-st.fr>

SUPMICROTECH-ENSMM

SUPMICROTECH-ENSMM, un des membres fondateurs de la ComUE Université Bourgogne-Franche-Comté (UBFC), est une école publique d'enseignement supérieur et de recherche, qui assure une formation d'ingénieurs pluridisciplinaires axée sur les systèmes mécaniques, mécatroniques et les microsystèmes.



Habilitée par le Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, son diplôme est reconnu par la Commission des Titres d'Ingénieur depuis 1934. SUPMICROTECH-ENSMM recrute principalement au niveau Bac + 2 et délivre, au bout de 3 ans, trois diplômes d'ingénieur donnant le grade de Master. Il est possible d'y suivre une formation initiale classique ou par apprentissage, ainsi qu'une formation continue.

Les diplômés de l'école sont des ingénieurs polyvalents, aptes à exercer dans les domaines de la R&D, de la conception, de la production ou de la commercialisation.



SUPMICROTECH-ENSMM est implantée à Besançon, une région réputée à l'échelle européenne pour son expertise dans le domaine des microtechniques. Le site de l'école est au cœur du pôle d'activité TEMIS - Technopole Microtechnique et Scientifique, à proximité du grand campus de la Bouloie. Cet écosystème constitue un continuum formation - recherche - innovation exceptionnel en pleine croissance. Besançon est une ville très universitaire, à taille humaine, où des étudiants de tous horizons

se croisent chaque jour. SUPMICROTECH-ENSMM est une école ouverte sur le monde. Elle propose à ses élèves entre 10 et 15 mois de stages en entreprises. Grâce aux partenariats noués par l'école avec différentes universités dans le monde entier, il est possible de réaliser des stages, d'effectuer des semestres d'études à l'international où d'acquérir un double diplôme. SUPMICROTECH-ENSMM est aussi un lieu d'accueil privilégié pour les étudiants internationaux.

Les enjeux environnementaux, sociaux et sociétaux sont de plus en plus prégnants dans notre société contemporaine en constante évolution et adaptation. A l'instar de l'ensemble des acteurs de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, et plus particulièrement des écoles d'ingénieurs, SUPMICROTECH-ENSMM s'interroge régulièrement sur les attentes actuelles et futures de l'industrie en général et des entreprises en particulier. L'objectif est ainsi d'anticiper et de construire les réponses à apporter à ces problématiques, tant au niveau local qu'international, dans une démarche responsable (économique, sociétale et environnementale). La stratégie globale de SUPMICROTECH-ENSMM s'articule donc autour de 3 grands enjeux sociétaux, sur lesquels l'école et son laboratoire FEMTO-ST se positionnent, avec comme ambition partagée de développer et faire progresser les connaissances et les technologies dans le domaine des micro- et nanotechnologies : environnement,

Profil de Chaire de Professeur Junior – Campagne 2024

transports et énergie verte ; santé et biomédical ; numérique et intelligence artificielle (industrie du futur ou 4.0).

En 2022, cette stratégie a conduit au recrutement d'une première CPJ sur un profil *CNU 63-Génie électrique, électronique, photonique et systèmes*, avec un projet de recherche autour d'une des compétences historiques de recherche et d'enseignement l'établissement (la métrologie temps-fréquence), avec application dans le domaine de l'espace, des transports et des technologies quantiques.

Le présent recrutement, en *CNU61 - Génie informatique, automatique et traitement du signal*, vient compléter cette stratégie en recrutant des compétences nouvelles dans le domaine de l'intelligence artificielle pour les sciences de l'ingénieur, et en particulier l'apprentissage et la modélisation data-driven de systèmes dynamiques non-linéaires en particulier. Ce profil est conçu, d'une part, pour porter la refonte stratégique du cursus d'enseignement de SUPMICROTECH en numérique/data-science et IA pour l'industrie, et notamment développer un enseignement de l'IA tourné vers l'explicabilité (xAI) qui est une attente forte de l'industrie. D'autre part, ce profil est associé à une spécificité de modélisation data-driven de systèmes dynamiques permettant de nombreuses interactions avec les systèmes micro-mécatroniques, micro-robotiques ou biologiques étudiés à l'Ecole et au laboratoire.

L'intégration est prévue au sein du Département Automatique et Systèmes Micromécatroniques (AS2M) du laboratoire FEMTO-ST, dont SUPMICROTECH est tutelle hôte. Les recherches menées au sein du département AS2M reposent sur un socle pluridisciplinaire associant la microrobotique, la mécatronique, l'automatique et la science des données.

La problématique de l'apprentissage automatique pour l'estimation orientée données de systèmes dynamiques est un domaine fortement émergent en machine-learning (voir par ex. le récent « AI Institute in Dynamic Systems » de l'University de Washington à Seattle, ou la chaire « Deep Learning for Physical Processes » de Sorbonne Université). Cette problématique est centrale et structurante pour les travaux récents du laboratoire, que ce soit pour la commande d'architectures robotiques innovantes (ex. robotique souple et dextre), la modélisation de systèmes physiques non-conventionnels aux échelles micro/nanométriques (ex. interaction machine-cellule) ou la prédiction du comportement de systèmes dynamiques complexes dans le domaine de l'environnement ou de la santé (ex. identification de système dynamiques à partir de données neurobiologiques).

En faisant le pont entre sciences des données et théorie des systèmes dynamiques, le projet pourra notamment donner lieu à de nouveaux projets transverses combinant, par exemple modélisation et commande ou commande et prédiction.

Enfin, le projet viendra renforcer une forte dynamique récente du département dans le domaine des micro/technologies pour la santé, avec des applications au niveau de la cellule (caractérisation de cellules cancéreuses), de l'organe (capteurs à visée diagnostique en cancérologie), ou de l'organisme (neurosciences). Le projet de recherche pourra notamment bénéficier de l'installation depuis 2023 au

Profil de Chaire de Professeur Junior – Campagne 2024

département d'une plateforme d'expérimentation en électrophysiologie humaine (<https://neuro-team-femto.github.io>).

Le profil du poste décrit ici s'inscrit aussi de manière plus globale dans les thématiques soutenues par la politique de site de l'université fédérale UBFC (Université Bourgogne-Franche-Comté) et dans les objectifs de la *Graduate School* EIPHI. L'Enseignant Chercheur recruté devra ainsi contribuer à accroître la transformation pédagogique et l'attractivité internationale des formations Masters de la Graduate School et Doctorat de l'UBFC. La participation à la construction d'un lien Recherche-Formation de l'espace régional d'enseignement supérieur et de recherche sera encouragée, notamment en travaillant sur les ponts entre les formations d'ingénieur de SUPMICROTECH et la *Graduate School* EIPHI. Il pourra bénéficier du support de la *Graduate School* EIPHI dans le cadre de ses divers appels à projets, qu'ils concernent la Formation ou la Recherche.

FEMTO-ST

L'institut FEMTO-ST est une Unité Mixte de Recherche associée au CNRS (UMR 6174) et rattaché simultanément à l'Université de Franche-Comté (uFC), SUPMICROTECH-ENSMM (École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques), et l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), tous les trois membres fondateurs d'UBFC.



Créé en 2004, l'institut FEMTO-ST développe des activités scientifiques dans les domaines de la mécanique, de l'optique et des télécommunications, de l'électronique, du temps-fréquence, de l'énergétique, de la fluïdique, de l'automatique, de la robotique et de l'informatique. Au sein du CNRS, l'institut FEMTO-ST est rattaché à l'institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS). Il regroupe des compétences variées et complémentaires, et cultive la pluridisciplinarité, le souci de l'excellence scientifique à rayonnement internationale, et de l'impact socio-économique notamment via des innovations

DeepTech issues de ses résultats de recherche.

L'effectif total de l'institut FEMTO-ST est aujourd'hui d'environ 750 personnes. La recherche au sein de l'institut est menée dans les domaines des sciences de l'ingénieur et des sciences de l'information, en cohérence et en résonance avec les traditions industrielles du territoire Franc-Comtois.

La recherche à l'institut FEMTO-ST est structurée en 7 départements :

- le département Automatique et Systèmes Micromécatroniques (AS2M),
- le département ENERGIE,
- le département Informatique des Systèmes Complexes (DISC),
- le département de Mécanique Appliquée (DMA),
- le département Micro Nano Sciences et Systèmes (MN2S),
- le département OPTIQUE,
- le département Temps-Fréquence (TF).

Profil de Chaire de Professeur Junior – Campagne 2024

Dans cet environnement riche et pluridisciplinaire, des recherches interdisciplinaires sont continuellement encouragées dans le cadre de projets transverses regroupant les compétences de chercheurs des différents départements, sur un thème ou un objectif précis. C'est un marqueur fort et reconnu de l'unité, qui a déjà fait ses preuves sur de nombreux sujets.



<https://www.femto-st.fr>

Profil Enseignement

Le projet d'enseignement s'inscrit dans la thématique « intelligence artificielle pour l'ingénieur », et vise à porter la refonte stratégique du cursus d'enseignement de SUPMICROTECH en numérique/data-science et IA pour l'industrie.

Le/La professeur.e junior sera intégré.e au service pédagogique d'informatique pour contribuer à la formation des ingénieurs en renforçant le lien formation-recherche. La personne recrutée devra notamment développer un enseignement de l'IA tourné vers l'explicabilité (xAI) et l'IA informée physiquement (PINN), pour permettre des interactions avec les systèmes micro-mécatroniques, micro-robotiques ou biologiques étudiés à l'Ecole, et mettant l'accès sur la signification physique des relations modélisées et/ou leur utilisation dans des cadres de commande ou de prédiction.

Profil Recherche

Les progrès récents de l'intelligence artificielle (IA) sont en passe de changer radicalement le domaine de l'ingénierie en mécanique et microtechnologies. Ces nouvelles méthodologies fournissent des modèles capables de résoudre des problèmes de caractérisation et de décision dans des domaines d'application aussi variés que la robotique, l'automatique, la mécanique ou la santé. Toutefois ces modèles, souvent utilisés comme des "boîtes noires", ne fournissent pas d'explication sur les relations qu'ils apprennent à exploiter entre les entrées et les sorties des systèmes modélisés, surtout quand ceux-ci sont fortement non-linéaires et complexes. Cela limite, d'une part, la connaissance physique nouvelle qu'ils peuvent apporter sur ces systèmes (dans un but de modélisation pour la commande ou la prédiction) et, d'autre part, la confiance qu'un utilisateur, industriel ou clinicien, peut porter à leurs décisions.

L'objectif de cette CPJ est de mettre en place un programme de recherche s'inscrivant dans la thématique **l'IA explicable et physiquement-informée** pour la modélisation de systèmes dynamiques, et de piloter une vision forte et originale pour la place de l'IA dans le projet scientifique et pédagogique de l'établissement. Ce programme de recherche vise à développer la prochaine génération d'outils

Profil de Chaire de Professeur Junior – Campagne 2024

d'apprentissage automatique pour contrôler des systèmes physiques ou physiologiques complexes, en découvrant avec une approche orientée données des modèles physiquement interprétables de systèmes dynamiques à partir de données temporelles. Le projet pourra par exemple s'inscrire dans l'émergence récente de méthodes data-driven d'identification de systèmes, de type reverse-correlation, issues des communautés de l'automatique et de la modélisation de systèmes biologiques (Daube et al. Patterns, 2021), de méthodes de régression symbolique (SINDY ; Brunton et al. PNAS 2016) ou d'apprentissage de représentations physiquement-contraintes (DMD ; Schmid Annual Review of Fluid Mechanics, 2022). Ces travaux pourront trouver leur application notamment dans la modélisation de systèmes biologiques, pour fournir de nouveaux outils de diagnostic ou de pronostic en neurosciences ou en cancérologie, ou de nouvelles techniques de micromanipulation pour la caractérisation cellulaire ou la chirurgie.

Remarque

Les projets d'intégration en enseignement et en recherche devront être élaborés après avoir pris contact avec les équipes d'accueil envisagées. Les grandes lignes de ces projets, qui devront être cohérents avec les stratégies de SUPMICROTECH-ENSMM et des équipes d'accueil, figureront obligatoirement dans le dossier de candidature.

Contacts

Enseignement :

Directeur des études : christophe.varnier@ens2m.fr

Recherche :

Directeur du département AS2M : yann.le.gorrec@ens2m.fr

Spécificités associées au poste et au concours

- Une pré-sélection des dossiers sera réalisée par la commission de recrutement. Les candidats retenus devront réaliser une audition, qui inclura la présentation du projet de recherche et d'enseignement, ainsi qu'une mise en situation professionnelle dont les modalités seront précisées lors de la convocation.
- La personne recrutée sera amenée à exercer son activité de recherche en ZRR, sa nomination sera donc conditionnée à l'autorisation du Fonctionnaire Sécurité Défense.
- La durée de la chaire sera comprise entre 3 et 6 ans en fonction du profil et de l'expérience de la personne recrutée.
- Le financement associé à la chaire se monte à 200 k€ (ANR). SUPMICROTECH-ENSMM apportera une contribution complémentaire de 20 k€/an.
- Contrat faisant suite à la réussite au concours : conformément au décret 2021-1710 du 17 déc. 2021 le candidat retenu sera amené à signer un contrat qui précisera sa date d'effet et la définition du poste occupé, ainsi que les éléments suivants :

Profil de Chaire de Professeur Junior – Campagne 2024

- 1° La dénomination des fonctions exercées, celle de l'unité de recherche ou de la composante d'affectation, ainsi que celle du corps dans lequel l'agent a vocation à être titularisé (Professeur des Universités) ;
- 2° La durée du contrat ;
- 3° L'intitulé précis du projet de recherche et d'enseignement retenu qui fait l'objet de la convention de recherche et d'enseignement mentionnée à l'article 16 ;
- 4° Les moyens garantis par l'autorité de recrutement pour la réalisation de ce projet de recherche et d'enseignement ;
- 5° Le nom et la qualité de la personne désignée en qualité de référent scientifique ;
- 6° Le montant de la rémunération brute mensuelle ;
- 7° Les obligations de service d'enseignement (64h Eq. TD/an) et les objectifs à atteindre en matière de recherche ;
- 8° Le cas échéant, les conditions particulières d'exercice de l'emploi de l'agent, notamment lorsque tout ou partie du projet de recherche et d'enseignement se déroule au sein d'un établissement partenaire.

Dans un délai de deux mois à compter de la date de signature du contrat, la convention de recherche et d'enseignement prévue à l'article 16 du décret est annexée au contrat.

- Sur la durée de la chaire de professeur junior, les attendus seront listés dans le contrat, sur la base indicative suivante :
 - Minimum de 2 publications par an en moyenne, dans des revues scientifiques internationales, dès la 2^e année de la chaire, ainsi qu'au moins 1 article de synthèse sur la durée de la chaire
 - Minimum de 2 communications scientifiques par an en moyenne, dans des conférences internationales avec actes
 - Dépôt d'un projet ERC durant le contrat de pré-titularisation
 - Organisation de 2 workshops sur la durée de la chaire
 - Minimum de 5 manifestations à destination du grand public
 - Mise en place d'un module pédagogique dans le cadre de l'EUR EIPHI
 - Soutenance d'une HDR avant l'échéance de la chaire.

Composition du dossier

- Formulaire de candidature saisie en ligne
- Pièce d'identité avec photographie
- Une pièce attestant de la possession d'un doctorat, tel que prévu à l'article L.612-7 du code de l'éducation ou d'un diplôme dont l'équivalence est reconnue selon la procédure fixée au 1° de l'article 5 du décret du 17 décembre 2021
- Rapports de soutenance et de pré-soutenance de thèse
- Présentation analytique (CV, travaux, ouvrages, articles, réalisations)

Le dossier doit être déposé au plus tard le 15 mai 2024.