

**Recrutement d'un.e post-doctorant.e / ingénieur.e de recherche
dans le cadre du projet ANR "APPAM" (2024-2028)**

appam.icube.unistra.fr

**Les assistants de preuve pour les apprentissages mathématiques
Diagnostiquer, analyser, concevoir, expérimenter, évaluer**

1. Présentation résumée du projet APPAM

La preuve est constitutive de l'activité mathématique. Elle est une composante caractéristique de son épistémologie. Fondamentale à tous les niveaux de la scolarité et de la formation, elle contribue de manière significative aux processus d'apprentissage des connaissances mathématiques. Les enquêtes internationales à grande échelle montrent qu'elle occupe une place trop marginale dans l'enseignement, à tous les niveaux de la scolarité (e.g. TIMSS), avec une formation des enseignants insuffisante voire inadéquate. La rupture entre le secondaire et le supérieur, constatée par les didacticiens à l'échelle internationale, est marquée par un changement d'exigences et de rapport aux objets et processus de preuve, plus complexes et plus formels, qui nécessite une acculturation aux pratiques des mathématiciens. Les étudiants eux-mêmes se sentent en grande difficulté avec la logique et le formalisme requis pour concevoir des preuves et écrire des démonstrations. Les nouvelles technologies influencent les pratiques des mathématiques et créent de nouvelles dynamiques apportées par l'usage d'outils informatiques, reflétant la réalité du travail sur la preuve des mathématiciens contemporains. La nécessité de développer de nouvelles approches de l'enseignement de la preuve prenant en compte les assistants de preuve est démontrée depuis peu. Ceux-ci transforment le rapport épistémologique à la preuve et la structure des démonstrations, les exemples les plus connus étant la vérification du Théorème des 4 couleurs ou de la Conjecture de Kepler. Les assistants de preuve (Coq, LEAN, Isabelle etc.) utilisés par les mathématiciens sont des logiciels libres open-source vérifiant mécaniquement une démonstration. Utilisés parfois dans certaines universités dans l'enseignement des fondements théoriques de l'informatique, ils sont exploités depuis peu dans l'enseignement des mathématiques, éventuellement avec des interfaces graphiques (DEDUCTION & Edukera pour Lean et Coq) : ils interrogent directement mathématiciens et didacticiens sur la manière dont les processus de preuve pourraient être enseignés aujourd'hui.

Le projet APPAM a ainsi pour ambition de combler le manque avéré de recherches en France sur l'apprentissage de la preuve à la transition secondaire-supérieur avec une approche pluri et interdisciplinaire (combinant outils, résultats et méthodes des sciences et des SHS) pour développer et évaluer une nouvelle approche de l'enseignement de la preuve en mathématiques fondée sur l'adaptation et l'intégration d'assistants de preuve en début d'université.

Trois objectifs le structurent :

- Diagnostiquer les difficultés des apprenants et usages existants des assistants de preuve en France ;

- Analyser les assistants de preuve dans une perspective d'apprentissage en mathématiques ;
- Expérimenter et évaluer les apports des assistants de preuve au début de l'enseignement supérieur dans l'enseignement des mathématiques.

Les méthodes utilisées pour atteindre ces objectifs mobilisent les cadres épistémologiques, didactiques et cognitifs sur la preuve, validés à l'international, et articulent approches quantitatives et qualitatives. Les résultats de ce projet informeront chercheurs, enseignants, formateurs, décideurs des politiques éducatives sur : les difficultés des lycéens et étudiants sur la preuve, les usages et adaptations d'assistants de preuve à des fins éducatives, l'évaluation des apports d'assistants de preuve dans l'enseignement, et préconisations didactiques pour l'enseignement de la preuve au lycée et à l'université.

Le projet APPAM regroupe 11 chercheurs en didactique des mathématiques, informatique et mathématiques, répartis sur le territoire (Ile de France, Rhône-Alpes, Strasbourg, Montpellier). Différentes expérimentations seront réalisées sur ces sites géographiques.

2. Travail à réaliser

Le travail de la personne recrutée sera axé sur des assistants de preuve dans une perspective d'apprentissage en mathématiques (analyse d'assistants de preuves, contributions aux expérimentations et évaluation de l'usage d'assistants de preuve au début de l'enseignement supérieur dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques).

Ainsi, le travail consistera, dans un premier temps, en une analyse de différents assistants de preuve d'un point de vue didactique et épistémologique, sur la base de premiers travaux conduits par les membres du projet APPAM.

La personne recrutée participera, dans un deuxième temps, à la construction d'un corpus de contenus didactiques et pédagogiques en prenant en compte les spécificités des assistants de preuve potentiellement étudiés dans le cadre du projet (Lean, Coq, DÉVÉDUCTION, Edukera). Elle mettra en évidence des critères et une méthodologie afférente pour ensuite analyser les procédures des étudiants, aux niveaux quantitatif et qualitatif.

La personne recrutée interviendra dans les enseignements dans lesquels s'effectueront les expérimentations et pourra ainsi contribuer au pilotage des expérimentations et au recueil de données nécessaires au projet. Les expérimentations en classe (pouvant mettre en jeu plusieurs assistants de preuve) seront mises en place en collaboration avec les autres membres du projet et se dérouleront sur un ou plusieurs sites géographiques (Strasbourg étant le lieu de la plus importante expérimentation).

Il est à noter que le travail réalisé par la personne recrutée s'articulera également avec celui du/de la doctorant(e), la thèse portant en particulier sur l'évolution des conceptions et difficultés des étudiants avant et après expérimentations avec des assistants de preuve.

En lien avec les expérimentations en classe en début d'université, l'extension ou l'adaptation de bibliothèques de preuves formelles existantes aux besoins de l'enseignement pourront être

nécessaires. En collaboration avec les développeurs, les interfaces pour les assistants de preuve seront instrumentées afin de permettre la collecte de données quantitatives et qualitatives.

A partir de l'analyse des résultats des expérimentations, conduite conjointement avec des membres spécifiques du projet, des propositions d'évolution des contenus au niveau didactique et mathématiques, et modalités de séances, des assistants de preuve et de leurs interfaces, ainsi que des rétroactions seront formulées. En effet, deux itérations des expérimentations sont prévues dans le cadre du projet.

La personne recrutée pourra aussi contribuer au développement de techniques de preuve automatique adaptée à l'enseignement, à la conception d'algorithmes pour guider l'étudiant, analyser ses micro-compétences, ou offrir des messages d'erreurs pertinents (génération de contre-exemples en particulier).

3. Environnement

Ce poste sera financé sur le projet APPAM et encadré par Julien Narboux, maître de conférences, Laboratoire ICube, Strasbourg.

Des déplacements fréquents (recueils de données et enseignement sur les sites géographiques du projet), réunions de coordination, diffusion des résultats dans des conférences nationales et internationales) sont à prévoir. Ceux-ci seront financés sur le budget du projet.

4. Profil recherché

Une formation initiale en mathématiques ou informatique est requise. Un doctorat en mathématiques, informatique, didactique des mathématiques ou didactique de l'informatique est nécessaire. Une ou deux années d'expérience dans le cadre d'un contrat post-doctoral ou équivalent dans un domaine complémentaire à celui de la thèse sont bienvenues. Priorité sera donnée aux candidat.e.s ayant une expérience de la formalisation des mathématiques à l'aide d'assistants de preuve et/ou une formation en didactique des mathématiques et/ou une expérience concernant le développement d'interfaces pour les assistants de preuve.

Les expérimentations seront réalisées dans le cadre d'enseignements en français. Une maîtrise de la langue française suffisante pour enseigner en français est donc nécessaire. Par ailleurs, de bonnes compétences en langue anglaise (écrit/oral) sont indispensables, en particulier pour l'appropriation de la littérature et la communication des résultats des travaux de recherche à l'international.

La personne recrutée aura à interagir régulièrement avec les autres membres du projet : autonomie, compétences développées du travail en équipe et en termes de prise d'initiative sont donc requises.

5. Informations complémentaires

Durée de contrat : 24 mois (12 mois renouvelables une fois)

Date de début de contrat : premier semestre 2024 (date exacte à déterminer avec la personne recrutée)

Rémunération brute mensuelle en fonction de l'expérience de la personne recrutée (entre 2270 euros et 3000 euros environ).

6. Pour postuler

- Merci d'adresser votre dossier de candidature (CV détaillé + lettre de motivation + thèse) par mail à : cecile.ouvrier-buffet@u-pec.fr et narboux@unistra.fr
- Date limite de réception des candidatures : 15/10/2023
- Procédure de recrutement : sélection des candidatures sur dossier et entretien.