

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LMF - Laboratoire méthodes formelles

### SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

École normale supérieure Paris-Saclay / Université Paris Saclay - ENS Paris-Saclay

Centre national de la recherche scientifique – CNRS

Université Paris Saclay - U Paris Saclay

CentraleSupélec / Université Paris Saclay

---

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025**  
VAGUE E



Au nom du comité d'experts :

Jean-Marc Talbot, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Président :</b> | M. Jean-Marc Talbot, Aix-Marseille Université - AMU, Marseille                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Experts :</b>   | M. Simon Delamare, CNRS, Lyon (personnel d'appui à la recherche)<br>M. Cyril Gavaille, Université de Bordeaux, Talence<br>M. Nikolai Kosmatov, Thales Research & Technology, Palaiseau<br>Mme Olga Kouchnarenko, Université de Franche-Comté, Besançon (représentante du CNU)<br>M. Nicolas Magaud, Université de Strasbourg, Illkirch<br>M. Pierre Senellart, École normale supérieure PSL, Paris (représentant du CoNRS) |

## REPRÉSENTANTS DU HCÉRES

M. Philippe Benech  
M. Lionel Seinturier

## REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

M. Paul Henri Cournède, CentraleSupélec  
M. Philippe Lecoœur, UPSaclay  
M. Philippe Maître, ENS Paris Saclay  
M. Olivier Serre, CNRS  
M. Bertrand Thirion, Inria

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire Méthodes Formelles
- Acronyme : LMF
- Label et numéro : UMR 9021
- Nombre d'équipes/d'unités d'évaluation (UE) : trois unités d'évaluation (UE)
- Composition de l'équipe de direction : Mme Patricia Bouyer-Decitre (Directrice), Mme Évelyne Contejean (Directrice adjointe)

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication - STIC

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le laboratoire Méthodes Formelles (LMF) UMR 9021 est une unité de recherche commune de l'université Paris-Saclay (UPSaclay), de l'ENS Paris-Saclay (ENSPS) et du CNRS (tutelles principales) ainsi que de CentraleSupélec et d'Inria (tutelles secondaires).

Les thématiques de l'unité sont centrées sur les méthodes formelles, à savoir une approche rigoureuse basée sur une formalisation mathématique des objets informatiques (programmes, systèmes, protocoles, langages, etc.) avec pour objectif d'établir certaines de leurs propriétés permettant d'offrir des garanties de sûreté ou de sécurité quant à leur fonctionnement. Les méthodes formelles forment un champ de techniques très large et les recherches au LMF couvrent une partie très importante de ces techniques (preuve formelle, vérification et synthèse de modèles, vérification déductive, analyse par typage, test). La nature des recherches menées au LMF est également très large allant des aspects fondamentaux concernant les outils théoriques nécessaires aux méthodes formelles jusqu'au développement logiciel implémentant les résultats de méthodes innovantes mises au point dans l'unité. Le LMF étend également ces approches au-delà de l'informatique en les appliquant ou en s'interfaçant avec des domaines telles que la biologie, les sciences cognitives, les mathématiques ou la physique.

La structure du laboratoire est souple et uniquement dirigée par des considérations scientifiques. Ainsi, si les recherches au LMF se déclinent sous la forme de douze thématiques, regroupées en trois pôles « Preuves et Langages » (avec les quatre thématiques « Preuve mécanisée », « Preuve de programmes », « Arithmétique des ordinateurs », « Calcul, langages et compilation »), « Modèles » (avec les trois thématiques « Model-checking et synthèse », « Calcul distribué », « Systèmes complexes ») et « Interactions » (avec les cinq thématiques « Biologie », « Intelligence artificielle », « Quantique », « Sécurité », « Topologie »), les membres du laboratoire peuvent appartenir à plusieurs pôles et plusieurs thématiques. Le pôle « Interactions », en particulier, symbolise l'ouverture du LMF vers d'autres disciplines (biologie, sciences cognitives, mathématiques, physique). De nombreux membres du LMF contribuent à ce pôle en ayant également une activité de recherche plus près du cœur de la discipline et donc relevant d'un des deux autres pôles. À cette structure, s'ajoutent les équipes projets communes (EPC) avec Inria, à savoir au cours de la période d'évaluation TOCCATA, DEDUCTEAM, QuaCS (depuis janvier 2022) et MEXICO (jusqu'en juin 2023). Les activités de recherche de chacune de ces EPC s'inscrivent dans un unique pôle et dans une ou plusieurs thématiques du laboratoire.

L'unité a choisi pour son évaluation une structuration légèrement différente en rapprochant certains thèmes appartenant au pôle « Interactions » d'un des deux autres pôles, isolant ainsi le thème « méthodes formelles et informatique quantique ». Les unités d'évaluation (UE) sont « Preuves, Langages, Topologie, Sécurité », « Modèles, Biologie, Intelligence, Artificielle » et « Quantique ».

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le laboratoire Méthodes Formelles (LMF – UMR9021) a été créé à mi-période d'évaluation en janvier 2021 par éclatement-fusion du Laboratoire de recherche en informatique (LRI – UMR8623) et du Laboratoire Spécification et Vérification (LSV – UMR8643). Au cours de la période couverte par ce rapport, l'évaluation porte sur le LMF depuis cette date, ainsi que sur l'équipe VALS du LRI et le LSV au cours de la période janvier 2018 à décembre 2020. La présente période a également été marquée par le déménagement de l'ENSPS et donc du LSV de Cachan à Gif-sur-Yvette.

L'unité est dorénavant localisée sur le plateau du Moulon à Gif-sur-Yvette et hébergée dans deux bâtiments, situés à 300 mètres l'un de l'autre. Le premier bâtiment est un bâtiment de l'ENSPS, partagé avec d'autres laboratoires et départements de cet établissement tandis que le second, dit bâtiment 650, relève de la faculté des sciences de l'université Paris-Saclay et est partagé avec le Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN). De plus, l'ENSPS a mis à disposition des locaux pour la création d'un wetlab utilisé par deux

membres permanents du LMF.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Les tutelles universitaires du LMF sont l'Université Paris-Saclay (UPSaclay) et l'ENS Paris-Saclay, elle-même établissement-composante de l'index Université Paris-Saclay devenu établissement public expérimental, regroupant comme autres établissements-composantes CentraleSupélec (tutelle secondaire du LMF), AgroParisTech et l'Institut d'optique Graduate School.

Dans le périmètre de Paris-Saclay, les recherches du LMF se sont inscrites dans les activités du labex DigiCosme. Ce labex a notamment financé deux groupes de travail (Sasefor et Perspectives) qui ont permis le rapprochement entre l'équipe VALS et le LSV, préfigurant la création du LMF. La formation doctorale et la recherche sont dorénavant structurées au sein de l'UPSaclay au travers de dix-sept Graduate Schools (GS). Le LMF est principalement rattaché à la GS « Informatique et Science du Numérique » qui a repris en partie les activités du labex DigiCosme qui s'est terminé fin 2022. Le LMF est également rattaché à la GS « Métiers de l'enseignement supérieur et de la recherche ».

Plus généralement, au niveau local, la recherche au sein du LMF bénéficie et contribue à l'écosystème de la recherche en STIC du plateau de Saclay au sein duquel on trouve notamment l'IRT SystemX pour des collaborations autour de l'automobile et du ferroviaire (4 projets ont été menés dans ce cadre avec des financements de thèse et de post-doctorants et l'implication de partenaires industriels – ALSTOM, PSA, RENAULT, SAFRAN, VALEO, etc.) et l'institut Farman, fédération de recherche sur l'analyse et la validation de systèmes complexes pour des projets interdisciplinaires avec d'autres laboratoires de la fédération ayant menés à des collaborations sur le long terme. On y trouve également le Centre Quantum-Saclay, centre fédératif d'accélération pour les sciences et technologies quantiques ainsi que l'Institut de convergence DATAIA sur l'intelligence artificielle.

Au niveau national, le LMF est impliqué dans trois « programmes et équipements prioritaires de recherche » (PEPR), le PEPR d'accélération « Cybersécurité », le PEPR d'accélération « Technologies quantiques » et le PEPR exploratoire « Intelligence artificielle ». Au niveau international, le LMF est très fortement impliqué dans le laboratoire de recherche international ReLaX, unité franco-indienne ayant pour partenaire, côté français, le CNRS, l'ENSPS et l'université de Bordeaux et, côté indien, le Chennai Mathematical Institute (CMI) et le Institute of Mathematical Science (IMSc). Un membre du LMF assure la direction adjointe de ReLaX et plusieurs membres de l'unité participent à son animation scientifique. Des membres du LMF sont également impliqués dans l'IRP (International Research Project) SINFIN, permettant un partenariat privilégié avec l'université de Buenos Aires. Le LMF est impliqué dans l'initiative internationale QISS (Quantum Information Structure of Spacetime).

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2023

| Catégories de personnel                                          | Effectifs  |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| Professeurs et assimilés                                         | 12         |
| Maîtres de conférences et assimilés                              | 14         |
| Directeurs de recherche et assimilés                             | 15         |
| Chargés de recherche et assimilés                                | 11         |
| Personnels d'appui à la recherche                                | 4          |
| <b>Sous-total personnels permanents en activité</b>              | <b>56</b>  |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 3          |
| Personnels d'appui non permanents                                | 11         |
| Post-doctorants                                                  | 5          |
| Doctorants                                                       | 45         |
| <b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>          | <b>64</b>  |
| <b>Total personnels</b>                                          | <b>120</b> |

## RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2023. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

| Nom de l'employeur      | EC        | C         | PAR      |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|
| ENS Paris-Saclay        | 9         | 0         | 0        |
| CNRS                    | 0         | 12        | 3        |
| U Paris Saclay          | 11        | 0         | 1        |
| CentraleSupélec         | 4         | 0         | 0        |
| Autres                  | 2         | 14        | 0        |
| <b>Total personnels</b> | <b>26</b> | <b>26</b> | <b>4</b> |

## AVIS GLOBAL

Le laboratoire Méthodes Formelles (LMF) UMR9021 est une unité de recherche commune de l'université Paris-Saclay (UPSaclay), de l'ENS Paris-Saclay (ENSPS) et du CNRS (tutelles principales) ainsi que de CentraleSupélec et d'Inria (tutelles secondaires). Cette unité a été créée à mi-période d'évaluation en janvier 2021 par éclatement-fusion du Laboratoire de recherche en informatique (LRI – UMR8623) et du Laboratoire Spécification et Vérification (LSV – UMR8643).

Les thèmes de recherche abordés par le LMF sont les méthodes formelles, allant des aspects les plus fondamentaux de celles-ci jusqu'au développement de logiciels et d'outils visant à garantir la fiabilité et la sécurité des systèmes informatiques. De plus, à ce « cœur de métier » s'ajoutent des thématiques en interaction avec d'autres disciplines comme la biologie synthétique, le quantique et l'intelligence artificielle.

L'unité se structure de manière souple en douze thématiques réparties en trois pôles « Preuves et Langage », « Modèles », « Interactions », les membres de l'unité pouvant appartenir à plusieurs thématiques. À cette structure, s'ajoutent les équipes projets communes (EPC) avec Inria, à savoir au cours de la période d'évaluation TOCCATA (UE1), DEDUCTEAM (UE1), QuaCS (UE3) (depuis janvier 2022) et MEXICO (UE2) (jusqu'en juin 2023).

Pour son évaluation, l'unité a proposé une structuration légèrement différente en rapprochant certains thèmes appartenant au pôle « Interactions » d'un des deux autres pôles, isolant ainsi le thème « méthodes formelles et informatique quantique ». Les unités d'évaluation (UE) sont « Preuves, Langages, Topologie, Sécurité » (UE1), « Modèles, Biologie, Intelligence, Artificielle » (UE2) et « Quantique » (UE3).

La recherche au sein du LMF est excellente et contribue activement à des avancées dans le domaine des méthodes formelles au meilleur niveau international. La production scientifique du LMF est excellente en quantité et en qualité avec peu de disparités entre les unités d'évaluation si ce n'est, pour l'UE1, une part notable de sa production sous forme de logiciels. Certains thèmes nouveaux comme le quantique ou la biologie synthétique ont déjà obtenu des résultats remarquables.

Le rayonnement de l'unité est excellent au meilleur niveau international. Le LMF s'est distingué au cours de la période en ayant vu quatre de ses membres nommés à l'IUF, en ayant obtenu deux « test-of-time awards » de la prestigieuse conférence internationale Logic in Computer Science (LICS) ainsi qu'un prix Alonzo Church. Par ailleurs, une doctorante a reçu pour son travail les prix de thèse de l'European Association for Theoretical Computer Science (EATCS) et celui de l'European Association for Computer Science Logic (EACSL), l'Ackermann Award. Les membres de l'unité participent aux comités éditoriaux des meilleurs journaux et aux comités des conférences du domaine (14 comités d'édition). L'attractivité de l'unité est excellente mais souffre de difficultés liées à la localisation de l'unité : celle-ci est localisée dans deux bâtiments distincts du plateau du Moulon à Gif-sur-Yvette, plateau sur lequel il est compliqué de se rendre et de séjourner dans de bonnes conditions.

L'interface de l'unité avec le monde socio-économique est excellente : elle prend la forme de financement de thèse par le dispositif Cifre, de partenariats bilatéraux avec l'industrie (contrats R&D, prestation) et de collaboration au travers de structures telles que l'IRT SystemX.

Lors de sa création, le LMF a su mettre en place des structures pertinentes permettant de créer un contexte de recherche agréable pour ses membres, en particulier un conseil scientifique pour l'assister dans sa politique de recherche ainsi qu'un comité de discussion, forum ouvert à l'ensemble des permanents du laboratoire pour

échanger de manière collégiale sur la vie de l'unité. Elle s'est également dotée d'un certain nombre de commissions ou cellules sur les différents aspects relevant des RH ou de la vie du laboratoire (Assistante de prévention, Formation, Parité-égalité, Doctorants, Développement durable, Valorisation, Europe, Communications, etc.).

Le LMF présente un projet scientifique ambitieux avec le souhait de maintenir sa recherche d'excellent niveau sur ses thèmes phares et sur les thématiques émergentes à la frontière d'autres disciplines tout en effectuant une veille sur de nouvelles thématiques à mettre en avant pour la prochaine période. Ce projet est très réaliste au regard de la qualité des activités de recherche menées au LMF et de son potentiel. Néanmoins, face au départ en retraite d'un certain nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs, l'unité, en lien avec ses tutelles, devra veiller à obtenir les moyens humains nécessaires à sa mise en œuvre.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

## A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

### Recommandations concernant les produits et activités de recherche

#### Concernant la production scientifique

Pour le LSV : « La poursuite des travaux et leur maintien au niveau d'excellence atteint constituent la première recommandation du comité. Le comité recommande également de renforcer le développement de relations scientifiques avec le monde socio-économique. Le comité encourage les membres du laboratoire à cibler des applications pratiques, allant au-delà des études de cas de ces travaux, en vue de définir une chaîne complète de travaux allant des fondements aux applications.

Toujours dans le cadre du développement de relations avec le monde socio-économique, la valorisation de l'importante suite d'outils présente au sein de l'unité constitue un facteur important pour la mise en place de ce type de relations. La gestion et l'administration de ces outils devraient être renforcées avec la mise en place de processus permettant leur pérennisation. »

Pour VALS : « Les activités contractuelles et de développement de logiciels et de librairies sont centrales dans l'équipe VALS et participent à la production scientifique de grande qualité et à la reconnaissance internationale de ses travaux. Il est toutefois recommandé de rester vigilant sur le maintien d'un bon équilibre entre la recherche théorique (nouveaux concepts, nouvelles méthodes) et les réalisations logicielles. »

Les recommandations étant quelque peu complémentaires (maintenir l'excellence de la recherche notamment fondamentale et augmenter les relations sociaux-économiques notamment via la valorisation logicielle pour le premier et maintenir la valorisation et le développement logiciel et augmenter la recherche fondamentale pour le second), la création de l'unité a globalement équilibré les aspects fondamentaux de la recherche et le développement logiciel sur l'ensemble du LMF. En considérant les thèses financées par le dispositif Cifre comme un marqueur des relations sociaux-économiques, ces dernières se sont maintenues (en considérant le LSV, VALS et l'équipe ModHel qui a rejoint VALS peu avant la fusion lors de la précédente période d'évaluation). Néanmoins, cet équilibre se fait au niveau de l'unité, et si on tient compte des UE (Unité d'évaluation) et surtout des thématiques, cette recommandation n'a été que partiellement suivie. De même, l'unité n'a pas mis en place de politique de valorisation du logiciel, ni de processus permettant la pérennisation de l'ensemble des logiciels développés au sein du LMF.

#### Concernant l'attractivité de bons doctorants

Pour le LSV : « des actions incitatives pourraient être mises en place pour attirer des doctorants au meilleur niveau. Les relations internationales établies, le déménagement sur le plateau de Saclay et la proximité avec des établissements de recherche et d'enseignement supérieur autres que l'ENS Paris-Saclay et l'université Paris-Sud devraient favoriser l'accueil de stagiaires et les co-encadrements. Par exemple, effectuer des enseignements ou proposer des projets dans les formations rattachées à ces établissements, en utilisant les relais présents au laboratoire, permet de faire connaître le laboratoire et les activités qui y sont menées. »

Pour VALS : « Une réflexion sur les sujets de recherche proposés et la manière d'attirer des doctorants de qualité pourrait être utile. »

La création du LMF a permis naturellement d'étendre le vivier de recrutement des doctorants à l'ensemble des établissements de l'enseignement supérieur, tutelles du laboratoire (y compris les ingénieurs CentraleSupélec via son parcours recherche). Par ailleurs, les enseignants-chercheurs de l'unité se sont impliqués dans de nouvelles filières à l'UPSaclay mêlant mathématiques et informatique permettant de former des étudiants plus adaptés aux aspects fondamentaux de l'informatique et donc aux méthodes formelles. Enfin, le LMF par ces relations internationales (IRL Relax, MIT France) a pu bénéficier d'étudiants étrangers souhaitant poursuivre en thèse au sein de l'unité.

#### Concernant les responsabilités

Pour VALS : « Dans ce contexte, l'équipe devrait pouvoir avoir un meilleur support en ingénieurs et ses membres, aussi très impliqués dans des responsabilités et activités administratives et pédagogiques, doivent pouvoir se focaliser sur la recherche fondamentale et la production scientifique. Même si celle-ci est de qualité et conséquente, les publications dans les journaux majeurs ouverts aux méthodes formelles et aux thèmes de l'équipe pourraient être plus nombreuses. »

La création de l'UPSaclay et la complexité de l'environnement du LMF n'ont pas permis de réduire le nombre de responsabilités et de tâches administratives dans lesquelles les membres de l'unité sont toujours très fortement impliqués et cet environnement a parfois créé de nouvelles responsabilités. La production scientifique dans les journaux pour les thématiques relevant de l'ex-équipe VALS vise d'excellents journaux du domaine.

#### Concernant l'organisation du laboratoire et la politique interne :

Pour le LSV : « [...] La construction d'un nouveau laboratoire regroupant des personnes issues d'organisations et d'établissements différents implique la définition de structures et d'organisations nouvelles et adaptées ainsi que la mise en place de procédures et d'actions visant à offrir des services efficaces à tous les membres du laboratoire et à fournir un cadre de travail agréable. La dynamique, la convivialité et les très bonnes relations entre les personnels constatées au sein du LSV devraient être préservées et consolidées.

Une attention particulière à la politique et à la stratégie de mutualisation des ressources doit être accordée. La direction de l'unité doit mettre en place ces structures et procédures et en évaluer l'efficacité en vue de les réviser éventuellement. Il en est de même pour les recrutements à venir où une politique scientifique de recrutement doit être mise en place. [...] »

Le LMF a su se doter d'outils de gouvernance et de lieu d'échanges entre les membres du laboratoire. La gestion des ressources financières via un usage centralisé de la dotation et la mutualisation des reliquats de contrat au bénéfice de tous crée de facto un sentiment d'appartenance à cette jeune unité. La politique de recrutement se fait sur des profils larges, discutés au sein des instances de l'unité. La direction de l'unité, assistée des responsables de pôle, a su créer une unité avec en son sein une ambiance de travail agréable selon les membres de l'unité.

#### Concernant le déménagement sur Saclay et l'accompagnement des chercheurs :

Pour le LSV : « Le déménagement sur le plateau de Saclay peut être vu comme une opportunité pour créer un environnement intégré dans lequel les personnels chercheurs, administratifs et techniques trouveront leur place. L'unité de lieu est un gage de la réussite de cette intégration. Il faudra la préserver, autant que faire se peut, et proposer une répartition adéquate des locaux. Les problèmes de logistique (transport, hébergement, etc.) devront faire l'objet d'une attention particulière. Lors de la visite, le comité a relevé des inquiétudes de la part des personnels en rapport avec les problématiques de transport et de logement. Ces inquiétudes sont particulièrement présentes chez les personnels administratifs et techniques. Elles pourraient aboutir à des demandes de rapprochement de domicile.

La gestion des nombreux logiciels présents au laboratoire, la mise en place d'un système d'information efficace (courriel, mission, accueil de stagiaires, interaction avec le FSD, etc.), la gestion du secrétariat, des finances, des projets et conventions, etc. devront être repensées du fait de la création de NEWLAB avec le (quasi) doublement des effectifs et l'arrivée d'une nouvelle tutelle. La charge de travail augmentera avec ce regroupement. Les ressources en personnel administratif et technique associées à ce projet devront nécessairement être renforcées afin d'assurer un fonctionnement efficace, d'assister les chercheurs dans la construction de projets et de leur permettre de se concentrer sur leurs travaux de recherche et d'encadrement. Les personnels administratifs et techniques sont vitaux pour le fonctionnement du laboratoire. Enfin, l'objectif de parité doit être une préoccupation permanente. Le comité encourage la direction de l'unité à œuvrer pour atteindre un équilibre du genre dans les recrutements des personnels du laboratoire. »

Le déménagement du LSV n'est à ce jour pas un point fort dans la construction du LMF. Organisé durant la période COVID, avec, comme le présentait le comité précédent, le départ de l'ensemble des personnels de support que comportait le LSV, ce dernier a été une vraie source de problème. Couplé avec l'absence de personnels affectés par la tutelle UPSaclay venant du LRI et des problématiques liées aux locaux, le LMF ne s'est pas créé dans la sérénité. Néanmoins, l'action de la direction a permis de maintenir le cap concernant l'activité de recherche des membres du laboratoire et de tendre vers une situation un peu moins critique concernant les fonctions support. Enfin, la parité n'a que peu évolué au cours de la période.

#### Concernant la redéfinition des activités de recherche :

Pour VALS : « L'équipe VALS est structurée en six activités (ou axes de recherche) complémentaires avec pour chacune un domaine de recherche focalisé et bien identifié et des membres qui peuvent participer à plusieurs activités. Cette structuration, à laquelle s'ajoute les clubs "Isabelle-Club" et "Test-club", permet d'aborder certaines questions de recherche sous différents angles et aussi d'échanger plus globalement durant des réunions et séminaires d'équipe. Cette organisation semble adaptée aux travaux et à la vie de l'équipe et pourrait être conservée dans la nouvelle équipe VALS, intégrant une partie de l'équipe ModHel.

Il est recommandé d'adapter au mieux l'organisation en veillant aux interactions entre les activités et les nouveaux membres, voire à une redéfinition adéquate des activités. »

Si la création du LMF a été l'occasion de redéfinir les thématiques de recherche présentes dans VALS, celui-ci a préservé la structuration souple permettant à une même personne d'émarger à plusieurs thématiques de recherche et à des séminaires communs à plusieurs thématiques d'exister.

#### Concernant la structuration scientifique, le découloignement et la valeur ajoutée du regroupement :

Pour le LSV : « Le projet présenté par le porteur du projet NEWLAB a mis en évidence différentes entités avec des thèmes, des projecteurs et des actions. [...] le comité recommande au laboratoire de définir une structuration plus visible et de préciser les missions ainsi que les moyens qui seront associés aux entités identifiées. Des instances orthogonales à ces entités identifiées peuvent être définies. Ces instances devront aider au pilotage du laboratoire et à l'allocation de ressources.

Une autre recommandation concerne le découloignement dans NEWLAB. Le regroupement du LSV et de l'équipe VALS du LRI au sein de NEWLAB ne doit pas se limiter à l'addition de compétences scientifiques, certes d'excellent niveau, qui pourrait aboutir à une fragmentation de ses activités. Ce regroupement est certainement la source de thématiques scientifiques nouvelles et émergentes qui ne pourraient pas être étudiées sans lui. Ce projet devrait rendre explicite la valeur ajoutée du regroupement et tirer profit d'une fertilisation croisée impliquant les compétences apportées par chacune de ces deux composantes. Le découloignement est déjà mis en avant dans les actions scientifiques du projet présenté. Il doit se poursuivre au niveau des entités et instances pour veiller à garantir une intégration des deux groupes en vue de favoriser l'émergence de nouvelles actions et thématiques scientifiques. Il faudrait identifier ces actions et thématiques, les situer dans le contexte de la recherche actuelle et future, les promouvoir et les soutenir. Les moyens nécessaires, humains et matériels, devront leur être alloués. [...] »

Pour VALS : « [...] il est recommandé de veiller à ce que l'organisation globale du projet, le nombre d'activités (groupes de recherche) et leurs interactions soient le mieux adaptés pour la cohérence du projet et sa réalisation. Il faut continuer à maintenir la qualité de la production scientifique et surtout l'équilibre entre recherche fondamentale et développement et diffusion de logiciels et librairies, dans les mondes académique et industriel. »

Si des entités de structuration ont été identifiées sous la forme de pôles regroupant des thématiques, elles ne jouent qu'un rôle limité dans l'animation scientifique et ne sont pas dotés de moyen propre, notamment financier. Le découpage en thématiques des activités de recherche ouvertes sur tous les membres de l'unité permet le découloignement des structures qui existaient dans les précédents laboratoires mais rend difficile le pilotage de l'unité à ce niveau de granularité. À l'heure actuelle, la valeur ajoutée de la création du LMF et du découloignement reste modeste quant à l'émergence de nouvelles thématiques scientifiques et aux synergies entre les thématiques portées par le LSV et VALS.

#### Concernant le laboratoire dans son environnement

Pour le LSV : « NEWLAB devra également interagir avec son environnement extérieur. Trois tutelles (CNRS, ENS Paris-Saclay et université Paris-Sud) et deux établissements partenaires (Inria et CentraleSupélec) sont associés à NEWLAB. La gestion des ressources humaines et matérielles passe par des interactions avec ces différents établissements et leurs conseils. Il est important de mettre en place une organisation permettant de représenter les intérêts du laboratoire et d'interagir de manière efficace avec les instances (différents conseils, comités, départements) associées à ces établissements et dont le fonctionnement est différent d'un établissement à l'autre. »

L'unité bénéficie d'un environnement riche mais qui reste complexe. Les membres du LMF sont mobilisés autant que faire se peut pour tirer pleinement parti de ce dernier en profitant des multiples « guichets » internes à UPSaclay et régionaux.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

### DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

#### Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le LMF s'est fixé des objectifs scientifiques ambitieux et pertinents, couvrant une très grande partie du domaine des méthodes formelles. Il profite pleinement de son environnement de recherche extrêmement riche.

La stratégie scientifique de l'unité se décline principalement au niveau des thématiques de recherche, les pôles regroupant ces thématiques étant plutôt destinés à l'animation scientifique. Celle-ci est excellente au niveau de l'unité, variable allant de très bon à excellent au niveau des thématiques et des pôles. La dynamique du laboratoire a notamment permis l'émergence et le développement de nouvelles thématiques originales en interaction avec d'autres domaines de l'informatique et d'autres sciences (IA, physique, biologie, sciences cognitives).

#### Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité a connu une croissance notable de son personnel permanent de recherche au cours de la période qui lui permet de relever les défis scientifiques qu'elle s'est fixés.

Après des débuts difficiles, la situation des services d'appui à la recherche s'est stabilisée. L'efficacité du service administratif parvient à répondre aux besoins de l'unité, mais ne dispose pas de la marge de manœuvre qui lui permettrait d'absorber une charge de travail supplémentaire. Le service informatique reste dans une situation délicate, car composé d'une unique personne qui a malgré tout réussi à mettre en place l'essentiel des services nécessaires au fonctionnement de l'unité.

Le nombre de doctorants accueilli au cours de la période correspond au potentiel d'encadrement de l'unité.

L'unité est bilocalisée, ce qui limite en partie son animation scientifique et les interactions entre les différentes thématiques.

Le LMF connaît une excellente réussite sur les appels à projets, principalement nationaux via l'ANR et les PEPR ce qui lui assure des ressources confortables pour mener à bien ses projets. Des partenariats industriels complètent les sources de financement publiques.

Considérant son rayonnement international, le LMF est un peu en retrait en ce qui concerne les financements sur projets internationaux et européens.

#### Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Motivée par l'objectif de développer le sentiment d'appartenance à cette nouvelle unité, la direction du LMF a mis en place une structure et une gouvernance originale, propice à des interactions entre les membres de l'unité.

Le LMF a adopté une structure décloisonnée : les membres de l'unité ont identifié un certain nombre de thématiques regroupées en pôles, les membres du laboratoire s'inscrivant dans une ou plusieurs thématiques. La gouvernance de l'unité se veut collégiale en impliquant tous les membres permanents et des représentants des non-permanents lors de réunions régulières du comité de discussion de l'unité et en mettant en place des commissions ou cellules pour traiter certains aspects de la vie de l'unité (parité, développement durable, doctorants, formation, etc.).

La parité de l'unité est très bonne au niveau des rangs A mais nettement en retrait pour ce qui est des rangs B et des doctorants.

## 1 / L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les activités de recherche au LMF relèvent du domaine des méthodes formelles et, bien que vaste, celui-ci est très bien couvert par l'unité. Ces activités concernent notamment les outils de *preuve formelle*, la *vérification et synthèse de modèles*, la *vérification déductive*, l'*analyse par typage*, le *test logiciel*. L'unité a poursuivi le développement scientifique et logiciel d'outils de preuves comme le système de preuve de programmes Why3, l'environnement de preuves Dedukti ou l'outil de preuves cryptographiques Squirrel. L'unité a également obtenu des avancées significatives pour le typage des langages dynamiques, l'arithmétique flottante, les jeux pour la synthèse et la vérification de systèmes distribués et la modélisation de systèmes cyber-physiques. Une évolution de ces thèmes a donné lieu à deux nouveaux axes de recherches : l'utilisation des méthodes formelles dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la biologie synthétique. Enfin, la période a vu au sein du LMF la naissance et le développement de l'informatique quantique avec des résultats importants sur la complétude pour des langages graphiques quantiques ainsi que sur la simulation quantique de particules élémentaires.

Le positionnement scientifique de l'unité sur ces thèmes phares que sont la vérification de modèles et la synthèse, les systèmes critiques, les systèmes concurrents et distribués, la preuve de programmes et la preuve mécanisée est excellent. Le développement ou le renforcement de nouveaux thèmes notamment en lien avec l'interdisciplinarité est remarquable, que cela soit dans le domaine de l'informatique quantique dans lequel l'unité s'inscrit pleinement comme attesté par sa participation au PEPR Quantique et à la création de EPC QuaCS ou dans le domaine de la biologie synthétique allant jusqu'au développement de recherche « humide » (expérimentations dans le domaine de la biologie cellulaire) et la création de la start-up « Innatologic » alliant cette dernière thématique à l'intelligence artificielle.

Le LMF s'est doté d'un conseil scientifique comportant six membres extérieurs et neuf membres internes comprenant notamment les responsables des pôles. Réuni deux fois sur la durée du contrat, son objectif est d'échanger sur les orientations scientifiques de l'unité et sur son organisation. Le conseil scientifique restreint aux membres internes aborde ces mêmes sujets ainsi que des problématiques de vie de laboratoire.

L'environnement académique du LMF est très riche de par son nombre de tutelles et l'écosystème du plateau de Saclay. Il en tire parti notamment en profitant des différents guichets des tutelles (professeurs invités) et via son appartenance à la Graduate School ISN, à l'IRT SystemX et au centre Quantum Saclay (financement de thèses et de post-doctorants).

L'animation scientifique du LMF est très riche, se déclinant à la fois au niveau de l'unité, des pôles et des thématiques de recherche. Elle comprend notamment des séminaires, des groupes de travail ou d'échanges largement ouverts à l'ensemble de ses membres, les annonces de ces événements étant largement diffusés. Au niveau de l'unité, un séminaire a été mis en place et a lieu environ deux fois par mois. Un autre événement annuel important est le « séminaire au vert » : l'ensemble des membres de l'unité (permanents et doctorants) est invité pour deux jours hors les murs pour des présentations et des échanges scientifiques.

### Points faibles et risques liés au contexte

La structuration de la recherche en thématiques et le nombre assez important de ces thématiques au regard de la taille de l'unité introduit une granularité fine des entités de recherche. Certaines thématiques de recherche ne reposent que sur peu de personnes, ce qui constitue un risque pour ces thèmes.

L'environnement académique du LMF est complexe, que cela soit en interne à l'université Paris-Saclay dont la structure à l'issue de la fin de l'établissement public expérimental (EPE) n'est pas encore connue, mais également au niveau de l'éco-système de recherche local : l'existence de multiples structures et instances auxquelles le LMF doit participer et dans lesquels il doit s'impliquer nécessite un investissement important de ses membres, parfois à un haut niveau de responsabilité tel que la vice-présidence adjointe RH de l'UPSaclay, le poste de doyenne de la faculté des sciences de l'UPSaclay, la vice-direction recherche de la GS ISN, la co-direction recherche du labex DigiCosme. Ces participations risquent de se faire au détriment de la recherche pour les personnels impliqués.

Même si chacun des pôles regroupe de manière scientifiquement cohérente des membres des deux anciennes unités, le décloisonnement n'a pas complètement atteint son but en termes de collaborations entre les thématiques issues des deux anciennes unités.

## 2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le comité tient à saluer ce qui a été mis en place depuis janvier 2021, date de la création du LMF, dans un contexte difficile : la période d'évaluation a en effet été marquée par le COVID, le déménagement de l'ex-LSV de Cachan à Gif-sur-Yvette, une situation délicate avec le LISN (laboratoire créé conjointement avec le LMF et issu de la fusion du LRI sans l'équipe VALS et du laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur [LIMSI]), l'arrivée tardive d'une équipe administrative et le sous-dimensionnement manifeste de l'équipe de support informatique « administration systèmes et réseaux ». Les membres de l'unité soulignent le travail de la direction qui a réussi à créer un cadre de travail agréable.

Le LMF est un laboratoire assez particulier puisque le personnel permanent de recherche comprend autant d'enseignants-chercheurs que de chercheurs. Les chercheurs s'équilibrent quasi parfaitement entre le CNRS et Inria. Les CR/DR du CNRS relèvent de la section 06 à l'exception d'une personne relevant de la section 07. Les enseignants-chercheurs du LMF relèvent tous de la section 27 du CNU. Une autre caractéristique inhabituelle est que la moitié des personnels de recherche sont des rangs A.

Au cours de la période d'évaluation, le nombre de CR/DR CNRS est resté stable tandis que celui de CR/DR Inria a connu une croissance importante puisque le nombre de ISFP/CR/DR Inria a doublé (3 arrivées dans l'UE1 et 5 dans l'UE3). Concernant les EC, ceux rattachés à l'ENSPS ont vu leur nombre légèrement diminuer (1 PR parti à la retraite et 1 MCF promu dans un autre établissement, tous les deux non remplacés) tandis qu'il y a eu une augmentation à l'UPSaclay avec l'arrivée d'un PR, d'un MCF et d'une CPJ.

Concernant les doctorants, 122 ont été inscrits ce qui est beaucoup notamment vis-à-vis du nombre d'HDR (40 au cours de la période et 29 actuellement), soit trois doctorants par HDR, 79 thèses ont été débutées et 74 ont été soutenues, ce qui est remarquable. Le nombre d'abandons (4) est faible (environ 3 %).

Les doctorants sont pour la très grande majorité d'entre eux rattachés à l'école doctorale ED580 « Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) ». Cette école doctorale a fourni près d'un tiers de contrats doctoraux (23 sur les 79 thèses débutées) tandis que treize contrats ont été des contrats spécifiques d'élèves normaux ou de polytechniciens. La moitié des contrats doctoraux sont financés sur ressources propres. Il convient de noter que l'unité a compté onze doctorants financés par le dispositif Cifre dont huit ont débuté au cours de la période. Les doctorants sont répartis sur les différentes unités d'évaluations (UE).

Le service administratif et financier, entièrement localisé dans le bâtiment ENSPS, est adapté à la taille de l'unité et son travail donne toute satisfaction aux membres du LMF. Les membres de ce service jugent satisfaisant son fonctionnement et leur charge de travail. Après une période délicate liée au déménagement du LSV (ce qui a entraîné les mutations des administratifs de ce laboratoire) et à la création du LMF (mais sans personnel venant du LRI), il compte désormais trois personnes à temps plein (1 IE CNRS, 1 T CNRS et 1 T UPSaclay) et un T ENSPS à 20 % (partagée avec le département informatique de l'ENSPS). Il convient de noter que les EPC Inria (22 permanents) disposent de plus du support de deux assistantes de projet Inria.

Le développement logiciel, une des activités importantes du LMF en termes de production scientifique est un point fort de sa production scientifique. Il est réalisé en majorité par les chercheurs et enseignants-chercheurs, avec la participation des doctorants et post-doctorants ainsi que par deux personnes à temps partiel (1 IE ENSPS à 30 %, partagé avec le département informatique de l'ENSPS et 1 IR CNRS partagé avec l'IRIF et le LIPN dans le cadre de la création d'un pool d'ingénieurs spécialisés en méthodes formelles au niveau de la région parisienne). L'unité a également pu bénéficier d'appui au développement logiciel sous la forme de contrat d'ingénieur en CDD.

Chacune des tutelles de l'unité verse une dotation récurrente qui pour Inria correspond au nombre d'EPC hébergées au laboratoire. Au cours de la période, cette dotation a été globalement stable à environ 150 k€ mais a connu des variations différentes selon les tutelles : elle a été en hausse pour l'UPSaclay et CS, en baisse pour le CNRS et l'ENSPS. Pour cette dernière, la baisse est justifiée par la prise en charge directe de dépenses qui revenait précédemment à l'ex-LSV. À cette dotation récurrente, s'ajoutent certaines années des subventions exceptionnelles provenant des tutelles principales du laboratoire (UPSaclay, CNRS via son appel à projet unique). Par ailleurs, Inria verse directement une dotation variable à ses EPC, ces crédits étant gérés par le Centre Inria de Saclay. Cumulées, les subventions annuelles des tutelles ont été comprises entre 210 et 265 k€ au cours de la période.

L'unité ne reverse pas tout ou partie de sa dotation à ses éléments constitutifs (pôles, thématiques) et n'impose pas non plus de taxe sur les ressources propres obtenues par ses membres. Néanmoins, un mécanisme de « solidarité » existe sous la forme d'une mutualisation sur les reliquats de contrats. Ceci permet notamment le financement de fin de certaines thèses.

L'unité a connu un succès très important dans les appels à projets de financement public avec 26 projets ANR actifs au cours de la période (dont six en tant que porteur) et la participation à quatre projets de trois PEPR différents. Ainsi, les ressources propres de l'unité proviennent majoritairement (60 %) de financement public. Les financements industriels (CEA, Montimage, Quandela, Mitsubishi Electric R&D) représentent 26 % des ressources propres.

Ces ressources propres sont importantes, en moyenne 1,4 million d'euros par an mais variables allant, hors PEPR, de 717 k€ à 1,6 million d'euros notifiés selon les années.

## Points faibles et risques liés au contexte

Si le choix d'afficher des priorités larges concernant les profils des postes d'enseignants-chercheurs permet l'existence d'un vivier important de candidats de qualité et de recruter d'excellents éléments, il ne permet pas de soutenir de manière optimale les nombreuses thématiques et notamment celles qui connaîtraient des départs importants.

Bien que la direction de l'unité estime que le service administratif et financier soit correctement dimensionné, cette situation est fragile : le départ sans remplacement d'un personnel notamment CNRS serait très problématique.

Le service informatique pour les aspects administration système et réseaux a connu une situation assez similaire à celle du service administratif et financier, à savoir le départ des personnels du LSV lors de son déménagement et la non-affectation de personnels provenant du LRI. Après une période d'une forte instabilité durant laquelle un CR CNRS a dû se former et s'investir dans une mission d'administration système et réseaux et le soutien d'un personnel du LISN pour les urgences, un IE CNRS a été affecté au LMF en décembre 2021.

De nombreux services informatiques essentiels au fonctionnement de l'unité sont gérés en interne par cet ingénieur système (assisté par ce chargé de recherche) et hébergés dans des infrastructures privées. La solution d'externalisation des services pour partie hébergés sur un cloud CNRS qui n'a pas vocation à perdurer ou l'utilisation de la plateforme github crée de ce point de vue une situation assez inadmissible pour une UMR. Par ailleurs, la situation de l'unité répartie sur deux bâtiments disposant de deux réseaux locaux, relevant chacun d'une des deux tutelles n'a pas permis non plus un mode de fonctionnement répondant à ses besoins. Le manque de personnel fait peser un risque sur la maintenance de ces services dans le futur et rend difficile le développement de nouveaux services dont souhaiterait disposer l'unité afin d'accompagner son activité de développement logiciel.

La part des ressources propres sur financement international est relativement faible à 10 % et quasiment exclusivement sur des financements européens. Les nouveaux accords signés entre l'Inria d'un côté et le CNRS et l'UPSaclay de l'autre modifiant la règle de gestion des contrats risquent de mettre à mal le système de solidarité mis en place jusqu'ici par le LMF.

L'unité a fait face à des difficultés de mise en place de crédits liés à des ressources propres, au retard de traitement de certains dossiers (recrutements de non-permanents) et à des difficultés d'interactions avec l'UPSaclay (notamment concernant les RH). Ces difficultés sont, selon les membres de l'unité, essentiellement dues à la mise en place de l'établissement public expérimental (EPE).

La localisation sur le plateau de Saclay complique la vie des membres de l'unité notamment des non-permanents (problèmes de transport en commun) et des visiteurs pour les moyens et courts séjours (problèmes de restauration et d'hébergement, impossibilité de se loger à Paris).

La répartition de cette jeune unité dans deux bâtiments, même à distance raisonnable, est préjudiciable à la construction d'un collectif et au sentiment d'appartenance à une même structure de recherche. Les demandes de l'unité pour une monolocalisation n'ont pour l'instant pas pu être satisfaites. Le bâtiment 650 relève de la faculté des sciences mais la gestion en a été confiée au LISN. Ceci entraîne un fonctionnement peu fluide au quotidien pour le LMF et les membres de l'unité hébergés dans ce bâtiment. De même, la dispersion de l'unité au sein du bâtiment ENSPS ne facilite pas une vie sociale au sein du LMF.

### *3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.*

#### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité est attentive aux conditions de travail des personnels d'appui à la recherche. Ces derniers jugent la direction à l'écoute et bienveillante. Celle-ci accompagne ces personnels dans leurs demandes de promotions ou de passages de concours, notamment en proposant de suivre des formations.

Concernant la parité, le comité compte huit femmes parmi les rangs A au LMF. Ces chiffres sont supérieurs à la moyenne des unités de l'INS2I (26 % de DR contre 21 % en moyenne pour les unités INS2I, 36 % de professeurs contre 19 % relevant du CNU27 au niveau national). Une cellule « Parité-Égalité » a été créée par l'unité pour étudier les actions qui pourraient être mises en place pour augmenter la part des femmes parmi les personnels de recherche autant permanent que non-permanent ; quelques initiatives en amont ont été réalisées pour tenter d'augmenter la part de filles dans les études scientifiques.

La gouvernance de l'unité s'appuie sur des structures et des instances mises en place au moment de la création du LMF. Concernant la structure du laboratoire, les pôles sont placés sous la responsabilité d'une personne servant d'interface entre la direction et les membres du pôle. Les thématiques possèdent elles-mêmes un responsable en charge de l'animation scientifique de cette thématique, animation de nature variable selon les thèmes. Ce type de structuration, adapté à la taille de l'unité, convient aux membres du LMF.

Pour ce qui est des instances de gouvernance de l'unité, outre la direction, regroupant directrice, directrice adjointe et responsable administrative, et un conseil de laboratoire se réunissant trois fois par an, le laboratoire dispose d'un conseil scientifique. Ce conseil est constitué de membres de l'unité incluant les responsables de pôle ainsi que de membres extérieurs. Son rôle est d'aider l'unité à définir son orientation scientifique et son organisation. Restreint aux membres internes, le conseil scientifique interne se réunit mensuellement avec la direction de l'unité pour échanger sur des sujets de vie quotidienne. Le LMF a également mis en place un comité de discussion (ComDis), réunion informelle ouverte à tous les permanents et aux représentants des non-permanents, qui donne lieu à un compte-rendu. Ces réunions alternent le même jour selon les semaines. Ces instances mises en place lors de la création du LMF se sont révélées efficaces et propices à la collégialité.

Le LMF s'est également doté d'un certain nombre de référents et de commissions sur les différents aspects relevant des RH ou de la vie du laboratoire (Assistante de prévention, Formation, Parité-égalité, Doctorants, Développement durable, Valorisation, Europe, Communications, etc.). Ces référents servent d'interface sur leur domaine avec les tutelles de l'unité et encadrent la commission afférente à leur thème.

Lors de la création de l'unité et malgré un service informatique fortement sous-doté en moyens humains, le LMF a de manière volontariste mis en place des outils pour sa communication externe (site web) et interne (listes de diffusion, agenda partagé).

Le LMF s'est doté dès sa création d'un référent et d'une commission développement durable dont le rôle a tout d'abord été de faire prolonger la vie du matériel informatique et d'attirer l'attention de ses membres sur l'impact des déplacements en mission. Un bilan carbone de l'unité est en cours de calcul avec les outils du GDR Labos 1point5.

#### Points faibles et risques liés au contexte

Le service administratif et financier juge les outils de gestion mis à disposition par UPSaclay moins performants que ceux du CNRS et évoque des interactions difficiles avec les services du centre Inria de Saclay. Il regrette également le fait que les offres de formation des différentes tutelles ne soient pas satisfaisantes, notamment pour les personnels de l'ENSPS.

Même si l'unité évoque des incitations à le faire, seuls trois membres de l'unité ont obtenu l'HDR au cours de la période, ce qui est assez peu.

Globalement, le LMF n'affiche pas de bons chiffres concernant la parité de genre pour ce qui est des rangs B : 0 % de chargés de recherche (21 % au niveau des unités de l'INS2I) et 14 % pour les maitresses de conférences (contre 26 % dans la section 27 du CNU au niveau national). Il en va de même pour les doctorants : le laboratoire ne compte que 19,6 % de doctorantes contre 25 % dans les laboratoires relevant de l'INS2I.

Si le ComDis est un outil efficace et apprécié par les membres de l'unité, il ne doit pas se substituer au conseil de laboratoire, les membres de ce dernier risquant de se sentir dépossédés de leurs prérogatives.

La création du LMF a donné lieu à une situation conflictuelle entre des membres de l'ex-LRI menant, selon le DAE, à une situation de danger grave et imminent et à la saisine de la médecine et des psychologues du travail des employeurs des divers personnels concernés. La direction de l'unité a demandé une analyse psychodynamique de travail. Les conclusions de cette analyse ainsi que les échanges entre les directions du LMF et du LISN (unités dans lesquelles se sont répartis les anciens membres du LRI) ont permis d'apaiser les tensions. La direction avec l'assistante de prévention de l'unité reste vigilante à de potentiels conflits ou au possible mal-être des membres du LMF.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

### Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le rayonnement du LMF est excellent, attesté notamment par la nomination de quatre membres de l'unité à l'institut universitaire de France (IUF), par la participation à quatorze comités éditoriaux de revues prestigieuses (Theoretics, LMCS, TCS) et aux comités de pilotage de conférences internationales (LICS, STACS, QPL, ETPAS, FSTTCS).

L'attractivité scientifique est également excellente. L'unité par ses profils larges est attractive et a su faire d'excellents recrutements d'enseignants-chercheurs. De nombreux chercheurs affiliés à Inria ont également rejoint l'unité, leur nombre ayant doublé au cours de la période.

Cette attractivité est notable aussi au niveau doctoral puisque la moitié des doctorants de l'unité n'ont pas suivi leur cursus de master au sein de l'UPSaclay.

L'environnement foisonnant du LMF oblige les membres de l'unité à être présents sur de nombreux fronts au risque d'affecter les activités de recherche et de médiation.

L'accueil de chercheurs étrangers est limité par la situation matérielle sur le plateau de Saclay. De même, l'unité est en retrait quant à l'organisation de manifestations scientifiques d'audience internationale.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le rayonnement du LMF est de niveau international. L'unité a obtenu au cours de la période des résultats remarquables. On peut ainsi mentionner par exemple la plateforme Dedukti pour l'interopérabilité des systèmes de preuves, le développement des méthodes d'attaquant calculatoirement complet qui ont mis en lumière une faille d'un protocole 5G (Accessit au prix de thèse du GDR Sécurité Informatique en 2020 et au Prix Doctorants STIC du Plateau de Saclay), le développement de l'outil Creusot pour la vérification déductive de programmes Rust (Distinguished Paper Award PLDI [Programming Language Design and Implementation] 2022), la définition d'une simulation par zone des automates temporisés, l'utilisation des jeux paramétrés en nombre de joueurs pour la synthèse distribuée (Conference FSTTCS'19 [Conference on foundations of software technology and theoretical computer science]), le développement d'une approche originale en biologie synthétique et expérimentale pour le calcul distribué (création de la start-up innate logic, sélectionnée en 2022 par le programme RISE [programme d'accompagnement du CNRS à la création de start-up] de CNRS

Innovation), des avancées sur les fondations logiques en IA pour le raisonnement stratégique, la simulation quantique d'interactions électrons-photons et la complétude de la réduction dans le ZX-calcul (J. Phys. A : Math. Theor., 2020).

Les membres du LMF ont participé à quatorze comités éditoriaux de revues prestigieuses telles que Logical Methods in Computer Science, Journal of Functional Programming, TheoretiCS, Theoretical Computer Science, Software and System Modeling. Ils ont également été membres de comité de pilotage de conférences internationales comme Logic in Computer Science (LICS), International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS), International Conference on Quantum Physics and Logic (QPL), European Joint Conferences on Theory and Practice of Software (ETAPS), Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science (FSTTCS) (23 comités de pilotage). Ils ont assuré la présidence de comités de programmes de conférences internationales de premier plan (International Symposium on Computer Arithmetic [ARITH], International Conference on Concurrency Theory [CONCUR], Computer Science Logic [CSL], Foundations of Software Science and Computation Structures [FOSSACS], FSTTCS, LICS, QPL, Static Analysis Symposium [SAS], STACS, etc.) (26 présidences) et ont été membres de tels comités.

Les membres du LMF ont également été invités pour des exposés dans des conférences internationales de premier plan (CONCUR, FSTTCS, QPL, International Joint Conference on Automated Reasoning [IJCAR], International Conference on Integrated Formal Methods [IFM], etc.).

Quatre membres du LMF ont été nommés membres de l'institut universitaire de France (IUF) au cours de la période. Un membre du LMF a été co-récipiendaire du prix Alonzo Church récompensant des contributions exceptionnelles en logique et calcul et a reçu également les ACM Software System Award et le ACM SIGPLAN Programming Languages Software Award. Le grand prix Inria Académie des Sciences, un CAV Award et deux test-of-time Award à la conférence LICS ont récompensé des membres de l'unité. Les travaux des doctorants du LMF ont également été primés : une doctorante a reçu pour son travail les prix de thèse de l'European Association for Theoretical Computer Science (EATCS) et celui de l'European Association for Computer Science Logic (EACSL), l'Ackermann Award. Ont également été obtenus par des doctorants du LMF un prix de meilleure thèse du GDR Sécurité Informatique et un accessit à ce même prix ainsi que le prix de la meilleure thèse en « process mining ».

Les membres du LMF sont activement présents dans les instances de pilotage de la recherche (présidence de la section 06 du comité national de la recherche scientifique [CoNRS] jusqu'en 2021, membres du conseil scientifique d'institut [CSI] de l'INS2I, direction du GDR « Sécurité », membre puis présidence d'un comité d'évaluation de l'ANR). Quatre membres du LMF ont fait partie de la section 27 du comité national des universités (CNU27) et deux du comité d'évaluation de l'Inria.

L'attractivité de l'unité est excellente. Le LMF assure celle-ci pour les postes d'enseignants-chercheurs en privilégiant les profils ouverts sur les thématiques de recherche du laboratoire afin d'attirer les meilleurs candidats en veillant néanmoins à flécher plus spécifiquement des profils lorsque cela est nécessaire ou demandé par l'établissement d'accueil du poste. Le LMF attire et soutient de très bons candidats pour les concours CNRS (entre 7 et 12 candidatures par an) même si aucune affectation n'a été faite au LMF par l'INS2I au cours de la période. Les nouveaux entrants se voient offrir un « Welcome Research Package » de leur employeur et un soutien pour un stage de la part de la Graduate School ISN.

L'unité a connu au cours de la période six promotions de chargés de recherche vers directeurs de recherche (4 au CNRS et 2 à Inria). Le LMF a accueilli depuis 2022 onze chercheurs invités, dont sept sur des supports de professeurs invités, profitant des dispositifs offerts par les différentes tutelles de l'unité. Ces invités venaient tous d'établissements universitaires étrangers comme Università di Torino (Italie), Universität Leipzig (Allemagne), Chennai Mathematical Institute (Inde), TU München (Allemagne), University of Miami (USA), Universidad Nacional de Quilmes (Argentine), UMONS (Belgique).

Au cours de la période, le LMF a accueilli 28 post-doctorants et seize ingénieurs sur contrat.

Sur les 122 doctorants qu'a comptés l'unité pendant la période, 72 d'entre eux avaient obtenu leur master hors des structures d'enseignement supérieur proches (masters de l'UPSaclay, ENSPS, CentraleSupélec) marquant une très forte attractivité du LMF quant à la formation doctorale. De même, 54 doctorants sont co-encadrés par une personne extérieure au LMF. Une cellule « doctorant » a été créée au sein de l'unité permettant une écoute pour les doctorants qui en exprimeraient le besoin et leur délivrant des conseils pour l'après-thèse. Le rôle de cette cellule est apprécié par les doctorants de l'unité.

Les thèses soutenues au cours de la période ont duré en moyenne 42,5 mois, une durée raisonnable en prenant en compte la période « COVID ». Les financements sont variés (ED, contrat normalien/X, contrat sur financement public, Cifre). La moitié des doctorants formés au LMF poursuivent leur carrière dans le domaine de la R&D dans le secteur privé, 10 % dans l'académique (chercheur ou enseignant-chercheur permanent), ce qui souligne une excellente insertion professionnelle des doctorats formés. Un quart des docteurs sont en post-doc. Quatre doctorants ont abandonné leur thèse, ce qui est peu.

Le LMF est impliqué dans trois « programmes et équipements prioritaires de recherche » (PEPR), le PEPR d'accélération « Cybersécurité », le PEPR d'accélération « Technologies quantiques » et le PEPR exploratoire « Intelligence artificielle ».

Le LMF a obtenu d'excellents résultats concernant les appels à projets ANR puisque 26 projets ont été actifs au cours de la période dont sept ont été portés par un membre de l'unité.

L'unité a connu un très bon succès sur les appels à projets locaux dans le cadre du labex DigiCosme (25 projets) ainsi que dans les appels régionaux dans le cadre du DIM RFSI (Réseau francilien en sciences informatiques).

### Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Quatre participations à des comités d'évaluation Hcéres sont mentionnées pour la période, ce qui est assez peu.

La complexité de l'environnement et l'accroissement des tâches pédagogiques, administratives et de représentation dans les différentes instances du site représentent un risque pour l'attractivité de l'unité.

La localisation de l'unité et la difficulté d'accès au site sont clairement des freins pour l'accueil de chercheurs invités.

Les membres du LMF ont organisé au cours de la période deux instances de la conférence QPL, la première couplée avec Mathematical Foundations of Programming Semantics (MFPS) et deux écoles « jeunes chercheurs », l'École Jeunes Chercheurs en Programmation (EJCP) et International School Modélisation et Vérification des Processus Parallèles (MOVEP). Certains membres du laboratoire ont participé à l'organisation d'ETAPS en 2023 à Paris. Cela reste faible au regard de la visibilité internationale du LMF.

Près d'une thèse soutenue sur quatre est d'une durée supérieure ou égale à 50 mois. Cette durée est très longue.

Un projet ERC porté par le LMF s'est terminé au cours de la période et il y a eu deux nouvelles participations à des projets ERC, mais pas de portage au sein de l'unité malgré la qualité de l'unité et de ces thèmes de recherche porteurs. Plus généralement, l'unité est un peu en retrait en ce qui concerne la participation à des projets européens ou internationaux.

## DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

### Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique de l'unité est remarquable et de niveau mondial. Les thématiques MCS Model-checking and synthesis et Sécurité ont notamment été distinguées par le test-of-time award de la conférence LICS. En ce qui concerne les articles dans les revues ou les actes de conférences, les supports visés sont de premier plan au niveau international (J. ACM, Physical Review A, ACM TQC, POPL, LICS, ICALP). Pour ce qui est de la production logicielle (majoritairement issue de l'UE 1), celle-ci est exceptionnelle en volume. L'unité contribue à des logiciels de premier plan dans le domaine des méthodes formelles ou la preuve automatique comme Why3, Dedukti, Squirrel, COQ. La quasi-totalité des membres de l'unité participe à la production scientifique. Le volume de publications en moyenne de 2,62/ETP/an est excellent.

L'unité a une approche respectueuse de la science ouverte autant pour les articles de recherche (91 % en accès libre) que pour la production logicielle (dont la plupart est disponible en logiciel libre).

*1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*

*2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*

### *3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

#### Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique de l'unité est excellente en qualité et en quantité. Les membres du LMF publient dans les meilleures revues internationales de leur domaine (Journal of the ACM, Logical Methods in Computer Science, Quantum, Physical Review A, Computer Physics Communications, IEEE Transactions on Computers, ACM Transactions on Computational Logic, Journal of Computer and System Sciences, Acta Numerica, Automatica, Discrete Event Dynamic Systems, Journal of Automated Reasoning, Information and Computation). La production en revue de l'unité est de 0,97/ETP/an.

Pour ce qui est des conférences internationales, les membres du LMF visent les meilleures conférences du domaine au niveau international. Le comité cite : ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS), Principles of Programming Languages (POPL), IEEE International Symposium on Computer Arithmetic (ARITH), International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP), Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD), International Conference on Quantum Physics and Logic (QPL), Conference on Artificial Intelligence (AAAI), IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), IEEE Computer Security Foundations Symposium (CSF), Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS), International Conference on Concurrency Theory (CONCUR), International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS), International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI), IEEE Conference on Decision and Control (CDC), International Conference on Rigorous State Based Methods (ABZ). La production en actes de conférence est de 1,65/ETP/an.

La production logicielle du LMF est impressionnante puisqu'elle ne compte pas moins de 40 logiciels. Parmi les logiciels largement diffusés, on peut citer le logiciel de vérification de programmes Why3 (CAV Award en 2019, prix à la compétition VerifyThis 2018, 2021) qui est au cœur de plusieurs chaînes d'outils comme EasyCrypt (IMDEA, Inria Sophia), Frama-C (CEA), SPARK 2014, les logiciels des écosystèmes Dedukti et COQ. D'autres logiciels tels que Gappa ou Cubicle sont largement distribués tandis que des logiciels tels que Iris et Creusot (prix de thèse 2023 du GDR GPL, distinguished paper PLDI'2022) ont une communauté académique importante.

La quasi-totalité des membres de l'unité contribuent à sa production scientifique. Les doctorants participent également activement à cette production, co-signant la moitié des contributions en conférences et le tiers de celles en revues internationales.

La plupart (91 %) des publications de l'unité au cours de la période sont disponibles en ligne soit sur le site de l'éditeur, soit dans la collection HAL de l'unité.

La majeure partie du développement logiciel de l'unité est sous licence libre et en open-source.

#### Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Certains membres de l'unité ont un volume de contributions scientifiques plus faible, s'expliquant pour une partie d'entre eux par leurs responsabilités pédagogiques ou administratives.

La promotion des logiciels à l'échelle de l'unité n'est pas satisfaisante. Ainsi, les logiciels développés au laboratoire ne sont pas mis en avant sur le site web du LMF. L'unité n'a pas mené d'identification du potentiel de valorisation de ses logiciels. Par ailleurs, l'implication du laboratoire est rarement mentionnée sur les sites des logiciels.

Le soutien au développement logiciel est relativement faible au sein de l'unité : l'infrastructure informatique pour le support au développement est en retrait, les ressources humaines en appui à cette activité sont en faible effectif et de nature non pérenne et il n'y a pas de groupe d'animation de cette activité.

## DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

### Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'interaction de l'unité avec le monde économique est globalement excellente. Les relations industrielles nombreuses de l'unité prennent la forme de contrat de financement de thèses par le dispositif Cifre, de partenariats bilatéraux (treize contrats R&D et prestations d'expertise avec notamment Stellantis/PSA, EDF Montimage, Atos, Quandela, TrustInSoft, Mitsubishi Electric R&D, Tarides, OCamlPro, K-Inside) et d'interactions au sein des structures alliant académiques et industriels comme l'IRT systemX (entreprises Transdev, Renault et PSA). L'unité porte le Labcom ProofInUse (spécification formelle et les preuves assistées par ordinateur) auquel participent les entreprises TrustInSoft, Mitsubishi Electric R&D et Adacore. Grâce à un projet financé par BPI, l'unité collabore avec Thalès, Alice&Bob, CryptoExperts, CryptoNext, TheGreenBow et Mistral sur la cryptographie post-quantique. Une start-up issue des travaux du LMF est en voie de création.

La médiation scientifique est très bonne bien que reposant sur peu de personnes. Une action importante vise à attirer les collégiennes et lycéennes vers des carrières scientifiques. Des membres de l'unité ont produit des ouvrages pédagogiques à destination des lycéens et la présidence du jury de l'agrégation d'informatique est assurée par une chercheuse du LMF.

Les relations de l'unité avec le monde de la culture et la société sont excellentes avec la rédaction d'ouvrages sur le lien entre numérique et société, l'écriture d'une pièce de théâtre et la participation au Conseil national du numérique notamment. L'unité est réactive sur des enjeux de société (Parcoursup, Covid).

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

### Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Les relations industrielles de l'unité sont excellentes : dix doctorants de l'unité ont bénéficié d'un financement de thèse par le dispositif Cifre et huit autres ont été financés par le CEA. Le LMF possède également des collaborations industrielles via le Labcom ProofInUse, l'IRT SystemX et le programme BPI Cryptographie Post-quantique. Des liens avec des partenaires industriels existent également via des projets ANR ou des projets de partenariat bilatéraux.

L'unité se distingue également dans ces actions envers la société. Des membres de l'unité travaillent sur la vérification formelle de Parcoursup et ont développé l'application Covid Tracing pour simuler des stratégies de tests Covid.

La start-up Innatologic a été créée par des membres de l'unité. Un membre du LMF participe à la rédaction de la norme IEEE-1788 sur l'arithmétique par intervalles et un autre participe à la commission nationale de normalisation quantique. Quatre brevets (notamment pour une méthode de synchronisation d'horloges sur un réseau avionique AFDX) ont pour co-inventeurs des membres de l'unité.

Un membre du LMF est particulièrement actif dans l'interface avec le grand public (rédaction d'une pièce de théâtre, chronique régulière dans une revue scientifique, écriture de chapitres de livres sur l'informatique et la société). Il est de plus membre du Comité national français d'histoire et philosophie des sciences et des techniques, du Conseil national du numérique, du Conseil supérieur des programmes et du Conseil national pilote d'éthique du numérique.

La présidence du jury d'agrégation en informatique est assurée par un membre du LMF et plusieurs membres de l'unité ont contribué à des ouvrages pédagogiques à destination des lycéens suivant la spécialité NSI ainsi qu'à des étudiants de CPGE.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les interventions de médiation scientifique de l'unité ne reposent que sur peu de personnes.

# ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

## Contexte

Le LMF a été créé au 1er janvier 2021 dans le cadre de la restructuration de la recherche en informatique au sein de l'université Paris-Saclay impactant les unités LRI, LIMSI et LSV. Le LMF est issu de la fusion LSV et de l'équipe VALS du LRI tandis que les autres équipes du LRI et le LIMSI ont donné naissance au LISN à cette même date.

Le périmètre scientifique du LMF, les méthodes formelles, est clairement défini et couvre très largement ce thème en les abordant sous de multiples facettes : vérification de modèles, preuves de programmes, concurrence et distribué, test, preuves mécanisées, langages de programmation. À ces thématiques au cœur des méthodes formelles s'ajoutent des thématiques à leurs interfaces avec d'autres disciplines comme la biologie synthétique, le quantique et l'intelligence artificielle.

La création du LMF s'est réalisée dans de mauvaises conditions liées notamment au déménagement du LSV et ce, durant la période COVID, à un faible soutien des tutelles concernant les fonctions supports, à des tensions au sein du LRI pour des divergences de vue sur les projets, puis entre les deux laboratoires nouvellement créés,

Cependant la direction actuelle du laboratoire aidée par différents groupes de travail a su créer des conditions favorables pour la recherche notamment par la mise en place d'une structure de recherche souple permettant le décroisement, de plusieurs outils d'échanges et de discussion (conseil de laboratoire, conseil de pôle, ComDis) impliquant largement les membres de l'unité ainsi que d'une communication interne régulière permettant un accès de tous à l'information.

## Analyse de la trajectoire

Le LMF est une jeune unité, et si un travail important de construction a été effectué, que le comité tient à saluer, celui-ci n'a pas atteint une situation stable. La trajectoire proposée détaille de manière convaincante tout particulièrement le travail qui restera à accomplir par les membres de l'unité et la nouvelle équipe de direction d'ores et déjà constituée.

La trajectoire mentionne également, déclinée selon différents aspects, l'importance pour les membres du LMF actuels et futurs de se sentir appartenir à la même structure de recherche, ce qui semble effectivement crucial pour l'avenir compte tenu de la situation (bi-localisation, thématiques restant attachées aux anciennes unités, composantes d'enseignements différentes pour les enseignants-chercheurs).

Si la structuration souple du laboratoire sous la forme de thématiques « ouvertes » est propice à la science, elle est peu lisible d'un point de vue extérieur ; l'unité en est consciente et la structuration qui s'est construite au cours de la période évaluée est maintenue pour le prochain contrat. Le LMF souhaite continuer de s'appuyer sur la structure de deux pôles cœurs entourés de thèmes d'ouverture vers d'autres disciplines.

Concernant les aspects scientifiques, le LMF continuera de mettre en avant l'excellence de la recherche et la qualité de sa production scientifique autant sous la forme de publications que de développement logiciel.

Il compte s'appuyer sur sa structuration pour laisser les pôles développer leurs activités de recherche et sur le conseil scientifique pour la réflexion sur l'émergence de nouvelles thématiques en son sein. L'importance des recrutements futurs est mentionnée pour ces développements tenant compte du fait que certaines thématiques existantes sont à faible effectif et qu'un nombre important de départ en retraite (chercheurs comme enseignants-chercheurs) est attendu au cours de la prochaine période.

Des groupes de travail portant les nouveaux enjeux de la recherche (la parité égalité et le développement durable) ont été mis en place. L'unité prévoit leur indispensable montée en puissance.

## Avis du comité sur la trajectoire

Le LMF présente un projet scientifique ambitieux avec le souhait de maintenir sa recherche d'excellent niveau sur ses thèmes phares et sur les thématiques émergentes à la frontière d'autres disciplines. Il se propose également de développer ou d'effectuer une veille sur de nouvelles thématiques à mettre en avant pour la prochaine période comme, par exemple, la théorie des jeux. La période qui vient de s'écouler permet d'affirmer que ce projet est très réaliste au regard de la qualité des activités de recherche menées au LMF et de son potentiel. Néanmoins, afin de soutenir au mieux ce projet, l'unité doit travailler avec ses tutelles pour faire face au départ en retraite d'un certain nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs et maintenir des recrutements de qualité. Il en va de même pour la résolution des problèmes de gestion qui pourrait être abordée lors de la sortie de l'EPE de l'UPSaclay.

Sur le plan de la vie du laboratoire, les outils proposés pour renforcer le sentiment d'appartenance sont très bons mais il est certain qu'une mono-localisation ou qu'une plus grande mixité dans les locaux serait encore plus bénéfique. La structuration de l'unité devrait également contribuer à cette trajectoire, en étant de plus cohérente avec les objectifs fixés.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

### *Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité*

Certaines thématiques de recherche n'impliquent qu'un nombre très réduit de chercheurs ou enseignants-chercheurs. Le comité recommande à l'unité de réfléchir au devenir de ces thématiques.

Le développement des collaborations entre les membres de l'ex-LSV et de VALS@LRI est encore timide. Le comité recommande à l'unité de les encourager de manière plus volontariste en favorisant par exemple le co-encadrement de stage ou de thèse sur des sujets à la frontière des thématiques.

Le comité encourage l'unité à maintenir le séminaire des doctorants qui renforce le sentiment d'appartenance à une même unité chez les jeunes chercheurs.

Le comité encourage la poursuite des réflexions et des actions de l'unité dans le domaine du développement durable, notamment dans le cadre du GDR Labos 1point5.

Les conséquences de la politique du CNRS quant au non-renouvellement du personnel du service administratif de l'unité doivent être anticipées par l'unité afin de ne pas mettre en difficulté ce service dans l'éventualité d'un départ de l'un de ses personnels.

L'unité doit s'assurer de la pérennisation de son infrastructure informatique. Pour cela, le recrutement d'un deuxième personnel d'appui à la recherche en BAP E est recommandé.

Un lieu pérenne de convivialité est important dans le bâtiment ENS. Comme évoqué lors des entretiens avec les différents personnels de l'unité, le LMF doit continuer à œuvrer à sa mono-localisation.

### *Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité*

L'investissement des membres de l'unité dans l'organisation de conférences internationales se doit d'être plus fort.

Le comité conseille à l'unité une vigilance accrue sur la durée des thèses de doctorat.

Le rayonnement, l'attractivité et la qualité de la recherche menée au sein de l'unité devraient conduire à une participation beaucoup plus importante dans des projets européens ou internationaux.

### *Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique*

Le comité encourage le LMF à poursuivre l'excellence de sa production scientifique aussi bien dans le domaine des publications de recherche que dans celui du développement logiciel.

Le comité recommande à l'unité de se doter d'une cellule « logiciel » qui permettrait la promotion et la mise en place d'une politique de détection de valorisation du logiciel et l'élaboration d'un processus permettant la pérennisation de l'ensemble des logiciels développés au sein de l'unité.

### *Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société*

Le comité recommande que l'implication de l'unité dans la médiation scientifique soit plus importante et plus partagée.

# ÉVALUATION PAR UNITÉ D'ÉVALUATION (UE)

UE1 : Preuves, Langages, Topologie, Sécurité (PLTS)

Nom du responsable : M. Jean-Christophe Filliâtre

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION

L'UE1 « Preuves, Langages, Topologie, Sécurité » couvre un spectre de recherche très large, allant des fondements théoriques des méthodes formelles aux applications pratiques sous forme de logiciels. Elle inclut notamment deux équipes-projets Inria Toccata et Deducteam. Elle se divise en six thèmes de taille variable, allant d'un seul permanent à quinze permanents impliqués. Les membres de l'UE1 peuvent émarger à plusieurs thèmes. Les six thèmes sont « calcul, langages et compilation », « preuve de programmes », « arithmétique des ordinateurs », « preuve mécanisée », « topologie et informatique », « méthodes formelles pour la sécurité ».

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les membres de l'UE1 ont bien pris en compte les recommandations du précédent rapport.

[LSV] « Le comité recommande également de renforcer le développement de relations scientifiques avec le monde socio-économique au travers, de la participation à des conférences et manifestations scientifiques regroupant des industriels. La négociation de conventions Cifre comme moyen d'initialisation de telles relations constitue un autre levier qui pourrait être activé pour promouvoir le transfert vers le monde socio-économique et diversifier les sources de financement du laboratoire. Le comité encourage les membres du laboratoire à cibler des applications pratiques, allant au-delà des études de cas de ces travaux, en vue de définir une chaîne complète de travaux allant des fondements aux applications. »

[LSV] « Toujours dans le cadre du développement de relations avec le monde socio-économique, la valorisation de l'importante suite d'outils présente au sein de l'unité constitue un facteur important pour la mise en place de ce type de relations. Ces outils devraient faire l'objet d'une valorisation et d'un transfert. Il faudra identifier ceux qui pourraient faire l'objet d'un transfert et ceux qui nécessitent encore de rester au stade d'un développement expérimental de nature académique. Auparavant, la gestion et l'administration de ces outils devraient être renforcées avec la mise en place de processus permettant leur pérennisation (par exemple, la mise en place de forges logicielles de l'ESR, la mention du laboratoire ou de ses tutelles dans les codes sources des logiciels libres produits ou la sensibilisation des développeurs de logiciels). »

L'UE1 a de nombreuses collaborations industrielles, notamment avec TrustInSoft, MERCE (Mitsubishi Electric R&D), Tarides et OCamlPro, certaines établies dans le cadre de six contrats Cifre. Elle est de plus impliquée significativement dans l'IRT SystemX. Les tâches de développement logiciel sont maintenant en partie assurées par des ingénieurs, financés grâce au soutien d'Inria et des collaborations industrielles du LMF.

[LSV] « La poursuite des travaux et leur maintien au niveau d'excellence atteint constituent la première recommandation du comité. Le laboratoire est très bien positionné dans le thème des méthodes formelles avec un choix de domaines d'applications pertinents. Dans le cadre du projet présenté, les actions scientifiques du laboratoire doivent être préservées, consolidées et renforcées pour conserver le niveau d'excellence atteint.

[VALS] Les activités contractuelles et de développement de logiciels et de bibliothèques sont centrales dans l'équipe VALS et participent à la production scientifique de grande qualité et à la reconnaissance internationale de ses travaux. Il est toutefois recommandé de rester vigilant sur le maintien d'un bon équilibre entre la recherche théorique (nouveaux concepts, nouvelles méthodes) et les réalisations logicielles.

Dans ce contexte, l'équipe devrait pouvoir avoir un meilleur support en ingénieurs et ses membres, aussi très impliqués dans des responsabilités et activités administratives et pédagogiques, doivent pouvoir se focaliser sur la recherche fondamentale et la production scientifique. Même si celle-ci est de qualité et conséquente, les publications dans les journaux majeurs ouverts aux méthodes formelles et aux thèmes de l'équipe pourraient être plus nombreuses. »

Les tâches de développement logiciel sont maintenant en partie assurées par des ingénieurs, financés grâce au soutien d'Inria et des collaborations industrielles du LMF. L'UE1 a veillé à assurer un bon équilibre entre recherche et développement, avec quelques variations entre les thèmes. La production scientifique est abondante et d'excellent niveau ainsi que la production logicielle.

[LSV] « Dans la continuité des actions mises en place actuellement, des actions incitatives pourraient être mises en place pour attirer des doctorants au meilleur niveau. Les relations internationales établies, le déménagement sur le plateau de Saclay et la proximité avec des établissements de recherche et d'enseignement supérieur autres que l'ENS Paris-Saclay et l'université Paris-Sud devraient favoriser l'accueil de stagiaires et les co-

encadrements. Par exemple, effectuer des enseignements ou proposer des projets dans les formations rattachées à ces établissements, en utilisant les relais présents au laboratoire, permet de faire connaître le laboratoire et les activités qui y sont menées. »

[VALS] « Une réflexion sur les sujets de recherche proposés et la manière d'attirer des doctorants de qualité pourrait être utile. »

L'élargissement du vivier de doctorants potentiels se concrétise, notamment suite à la création de la licence double diplôme Mathématiques-Informatique et d'un parcours de M1 conduisant au Master MPRI pour la faculté des sciences.

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

| Catégories de personnel                                          | Effectifs |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Professeurs et assimilés                                         | 6         |
| Maîtres de conférences et assimilés                              | 8         |
| Directeurs de recherche et assimilés                             | 8         |
| Chargés de recherche et assimilés                                | 5         |
| Personnels d'appui à la recherche                                | 0         |
| <b>Sous-total personnels permanents en activité</b>              | <b>27</b> |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 0         |
| Personnels d'appui non permanents                                | 3         |
| Post-doctorants                                                  | 2         |
| Doctorants                                                       | 26        |
| <b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>          | <b>31</b> |
| <b>Total personnels</b>                                          | <b>58</b> |

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'unité d'évaluation

La visibilité de l'UE1 est excellente au niveau mondial, ce qui est notamment attesté par des prix internationaux comme un test-of-time award de la conférence LICS et le prix Alonzo Church de l'EATCS. Elle anime au niveau européen le réseau de l'action COST EuroProofNet. Des résultats marquants de niveau international ont été appréciés par le comité, par exemple les développements de l'outil Creusot pour la vérification déductive de programmes Rust et de la plateforme Dedukti pour l'interopérabilité des systèmes de preuves et les méthodes d'attaquant calculatoirement complet qui ont permis notamment de découvrir une faille d'un protocole 5G. L'UE1 a une production scientifique abondante, d'excellent niveau, voire exceptionnel dans les thèmes « preuves de programmes », « preuve mécanisée », « topologie et informatique » et « sécurité ». Les doctorants sont très impliqués dans la production scientifique de l'UE1. L'UE1 produit également de nombreux logiciels, largement distribués et utilisés hors du laboratoire. Elle valorise ses activités au moyen de nombreux contrats industriels, y compris des thèses financées par le dispositif Cifre. L'implication de l'UE1 dans les actions science-société est excellente.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'UE1 a produit des résultats majeurs, à fort impact et de niveau international. On peut citer notamment les développements de l'outil Creusot pour la vérification déductive de programmes Rust et de la plateforme Dedukti pour l'interopérabilité des systèmes de preuves et les méthodes d'attaquant calculatoirement complet qui ont permis notamment de découvrir une faille d'un protocole 5G.

La visibilité de l'UE1 est excellente au niveau mondial. L'UE1 est reconnue internationalement, à la fois pour ses recherches théoriques sur les méthodes formelles ainsi que pour les logiciels qu'elle développe (Creusot, Why3,

Dedukti, Squirrel). Chaque thème est visible sur la scène internationale, comme en atteste notamment les exposés invités à International Joint Conference on Automated Reasoning (IJCAR), Integrated Formal Methods (iFM), Interactive Theorem Proving (ITP) ainsi que les nombreux prix et distinctions obtenus notamment par des membres des thèmes 2, 4 et 6, notamment l'ACM Software System Award, le test-of-time award de la conférence LICS, le prix Alonzo Church de l'EATCS, le Grand Prix Inria Académie des Sciences. Plusieurs membres de l'UE1 ont été (co-)présidents de comité de programme de conférences reconnues du domaine, notamment FoSSaCS, CSL et SAS.

La production scientifique de l'UE1 est conséquente et de très bon niveau (2/ETP/an), dans des conférences (1,3/ETP/an) et des revues prestigieuses et reconnues (0,7/ETP/an), notamment *Journal of Automated Reasoning* (JAR), *Journal of Functional Programming* (JFP), *Logical Methods in Computer Science* (LMCS), *Principles of Programming Languages* (POPL), *Logic in Computer Science* (LICS), *International Conference on Functional Programming* (ICFP) et *Programming Language Design and Implementation* (PLDI). Le comité observe néanmoins des disparités entre les thèmes, qui s'équilibrent généralement avec la production de logiciels. Les thèmes les plus théoriques (notamment le thème 5) ont un nombre de publications significativement plus important que les autres. Les chercheurs non-permanents sont très impliqués dans la production scientifique de l'UE1 et les publications sont disponibles en libre accès sur HAL. L'équilibre entre publications et développement logiciel est atteint au niveau de l'UE1. L'UE1 développe une vingtaine de logiciels, notamment Dedukti, Why3, Creusot, Squirrel, Alt-Ergo ainsi que de nombreuses extensions du système Coq. Le développement logiciel est maintenant soutenu par des ingénieurs.

Au niveau DR/PR, les recrutements ont permis de maintenir le taux d'encadrement doctoral. Au niveau CR/MCF, les recrutements ont uniquement compensé les promotions (qu'elles soient internes ou externes) en tant que DR/PR. Au total, la capacité de recherche de l'UE1 s'est maintenue et le nombre de permanents est resté stable au cours de la période.

Le succès aux appels à projets nationaux est excellent. L'UE1 est régulièrement lauréate de projets, notamment financés par l'ANR (16 au cours de la période), mais aussi par des dispositifs régionaux en Ile-de-France. Elle collabore avec de nombreux industriels, au travers de trois contrats bilatéraux, de neuf prestations d'expertise et de six thèses financées par le dispositif Cifre, principalement dans le cadre du thème 2.

L'attractivité de l'UE1 est excellente, voire exceptionnelle pour ses thèmes historiques (1, 2, 3 et 4), qui sont les plus très dynamiques. De nombreux recrutements de qualité ont été réalisés pour les personnels permanents dans l'UE1, notamment chez Inria. La montée en puissance du PEPR cybersécurité est une opportunité à saisir pour renforcer le thème Sécurité. L'UE1 est attractive pour les doctorants (31 thèses soutenues au cours de la période) et a contribué à l'élargissement de son vivier de candidats, notamment par le développement d'un double diplôme mathématiques-informatique à la faculté des sciences.

L'implication des membres de l'UE1 dans les relations avec la société est excellente. Les membres de l'UE1 sont impliqués dans la société savante SIF (Société Informatique de France). Ils ont un investissement pédagogique fort au niveau national (présidence du jury de l'agrégation d'informatique, participation au conseil supérieur des programmes, rédaction d'ouvrages sur l'enseignement de l'informatique aux lycéens et dans les classes préparatoires). Les outils de vérification déductive développés dans l'équipe sont utilisés pour vérifier formellement certains aspects du code source de Parcoursup. L'équipe participe également à la rédaction de la norme IEEE 1788 sur l'arithmétique par intervalles.

## Points faibles et risques liés au contexte

Les thèmes de l'UE1 sont de taille très variable (allant de 1 à 15 permanents impliqués). En dépit de l'organisation très flexible en thèmes, les interactions entre certains thèmes (notamment le thème 5 ou encore le thème 6) avec les autres sont faibles, voire inexistantes. Les thèmes 1, 2 et 4 sont significativement plus grands que les autres.

Les thèmes 5 et 6 méritent une attention particulière, notamment à l'égard de leur taille très modeste. Le thème 6 Sécurité est affaibli par le départ de deux de ses membres (retraite et promotion externe) au cours de la période.

Malgré un succès significatif aux appels à projets notamment nationaux et régionaux, aucun membre de l'UE1 ne porte de projet européen ERC (un seul projet COST : EuroProofNet au cours de la période). De plus, suite à un départ en retraite, l'UE1 ne comporte plus de membre de l'IUF.

Aucun recrutement de chargé de recherche au CNRS n'a eu lieu au cours de la période.

La durée des thèses (soutenues) est en moyenne de 42 mois, avec des durées significativement plus longues (supérieures à 48 mois) dans neuf cas spécifiques, à mettre en regard avec le nombre de thèses soutenues au cours de la période (31).

## Analyse de la trajectoire de l'unité d'évaluation

La trajectoire de l'UE1 est décrite thème par thème. Elle s'inscrit dans la continuité de chacun des thèmes de recherche, en proposant d'approfondir et de poursuivre les travaux de recherche réalisés au cours de la période d'évaluation. Pour chaque thème, le projet est parfaitement défini et les personnels de l'UE1 ont une vision claire et structurée de leurs objectifs de recherche. Le comité peut néanmoins regretter que la présentation de cette trajectoire ne fasse pas l'objet d'un traitement plus global.

Les interactions et les complémentarités entre les différents thèmes, pour la plupart très proches les uns des autres, ne sont pas explicitées. La présentation de la trajectoire du thème 6 laisse simplement entrevoir la perspective d'une collaboration à propos des données entre le thème 1 (calcul, langages et compilation) et le thème 6 (sécurité).

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ D'ÉVALUATION

Le comité recommande à l'UE1 de renforcer les interactions entre ses thèmes et notamment de soutenir les thèmes ayant moins de permanents (5 et 6) en créant des synergies avec d'autres thèmes et en favorisant le recrutement de nouveaux personnels permanents ou temporaires dans ces deux thèmes. La montée en puissance du PEPR cybersécurité est une opportunité à saisir pour renforcer le thème Sécurité.

Le comité recommande d'œuvrer afin d'assurer que la durée des thèses soit de l'ordre de 36 mois.

Le comité recommande que l'activité de valorisation de la recherche à travers des contrats industriels et des thèses financées par le dispositif Cifre doit être maintenue.

Le comité attire également l'attention de l'UE1 sur l'importance de maintenir un bon équilibre entre développement logiciel et recherche fondamentale.

Le comité recommande à l'UE1 de se montrer vigilante et d'adapter ses ressources, notamment humaines, avec des ingénieurs afin de pouvoir développer et diffuser des logiciels de qualité tout en maintenant une activité de recherche académique au plus haut niveau.

Concernant les financements sur projets, le comité recommande à l'UE1 de renforcer sa participation aux appels européens et notamment aux projets de type ERC.

Le comité recommande de développer et de renforcer les collaborations entre thèmes, notamment les thèmes 6 et 2.

**UE2 :** Modèles, Biologie, Intelligence Artificielle (MBIA)

Nom du responsable : M. Dietmar Berwanger

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION

L'UE2 « Modèles, biologie, intelligence artificielle » se donne comme objectif scientifique « la construction et l'analyse de modèles computationnels ». Cette ambition se décline selon cinq thématiques scientifiques : Model-checking and synthesis MCS ; Distributed Computing DC ; Critical Systems SystCrit ; Artificial Intelligence AI ; Synthetic Biology.

Si les thématiques historiques MCS, DC et SystCrit sont bien établies, l'UE2 a également initié pendant la période d'évaluation deux thématiques émergentes – AI et BIO - qui représentent « un prolongement naturel » de ses recherches fondamentales. L'une est à l'interface avec la biologie synthétique, et l'autre est au croisement de l'IA avec les méthodes formelles. Par ailleurs, l'UE2 a également initié des travaux à l'interface avec les sciences cognitives, où on étudie des changements scientifiques et sociétaux, ce qui est une démarche originale en méthodes formelles dans le paysage national.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les membres de l'UE2 ont globalement veillé à prendre en compte des recommandations du précédent rapport.

*« Plus d'homogénéité ou la définition d'une hiérarchie dans le développement des objectifs et des thèmes dans le dossier d'autoévaluation auraient augmenté sa lisibilité indépendamment de la production scientifique dont la qualité n'est en rien remise en cause... »*

*Les résultats théoriques de grande qualité produits dans l'axe gagneraient à être confrontés à des systèmes réels, ou inspirés de systèmes réels. »*

La présentation des activités de l'UE2 dans le DAE répond aux recommandations sur la structuration, et la présentation des résultats par thématique apporte des éléments de réponse sur des systèmes réels et des applications concrètes, notamment au niveau des thématiques émergentes AI et BIO, ainsi que par la thématique historique SystCrit.

*« Compte tenu des thématiques de recherche nombreuses affichées au sein de l'axe, le comité recommande une plus forte implication dans des projets de recherche collaborative au niveau national et européen... Cela pourrait passer par des projets collaboratifs avec des partenaires, issus de monde socio-économique, plus proches de la pratique. »*

Les membres de l'UE2 sont impliqués dans des projets de recherche collaboratifs. La prise en compte des recommandations est partielle en termes de partenariats et de collaborations de recherche socio-économiques.

*« Des interventions plus soutenues dans les enseignements de niveau master, ou l'accueil de stagiaires de niveau master, pourraient permettre d'attirer plus d'étudiants en thèse. Un recours aux conventions Cifre pourrait quand le besoin s'en fait sentir renforcer les financements de thèse sur projets et ouvrir de nouveaux débouchés aux diplômés. »*

La recommandation sur des leviers pour améliorer l'attractivité reste d'actualité, notamment en ce qui concerne l'accueil des stagiaires de niveau master et les conventions Cifre.

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

| Catégories de personnel                             | Effectifs |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Professeurs et assimilés                            | 7         |
| Maîtres de conférences et assimilés                 | 7         |
| Directeurs de recherche et assimilés                | 6         |
| Chargés de recherche et assimilés                   | 2         |
| Personnels d'appui à la recherche                   | 0         |
| <b>Sous-total personnels permanents en activité</b> | <b>22</b> |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 2         |
| Personnels d'appui non permanents                                | 0         |
| Post-doctorants                                                  | 1         |
| Doctorants                                                       | 12        |
| <b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>          | <b>15</b> |
| <b>Total personnels</b>                                          | <b>37</b> |

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'unité d'évaluation

L'UE2 a un excellent rayonnement scientifique au niveau international, démontré par exemple par trois nominations à l'IUF au cours de la période et un prix « Test-of-Time Award » à la conférence LICS. Elle a obtenu des résultats majeurs au niveau international sur différents sujets comme par exemple : simulation par zone des automates temporisés ; lien entre logique du premier ordre avec antécédence et automates communicants ; résolution du problème du consensus majoritaire distribué dans une population de bactéries en croissance continue.

La production scientifique est d'excellent niveau, voire exceptionnelle dans les thématiques MCS et DC. Il est remarquable que les quatre brevets de l'unité impliquent des inventeurs de l'UE2. Issu des thématiques émergentes BIO et IA, le logiciel estimAI est en valorisation par la start-up Innatologic en cours de création. Le comité souligne le caractère unique de l'intégration au sein d'un laboratoire de recherche en informatique d'un wetlab permettant des expérimentations du calcul distribué à base de bactéries. L'accueil de post-doctorants ou d'ingénieurs sur projets est en retrait par rapport au potentiel d'encadrement.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les thématiques de l'UE2 autour de la construction et de l'analyse de modèles computationnels sont proches les unes des autres et très complémentaires. Cela est attesté par la participation de plusieurs membres de l'unité à plusieurs des thématiques portées par l'UE y compris dans les thèmes en interaction autour de l'intelligence artificielle et de la biologie synthétique.

La visibilité de l'UE est excellente et attestée par de résultats au meilleur niveau mondial : la définition d'une relation de simulation entre zones des automates temporisés, garantissant la terminaison du calcul, plus efficace que toutes les approches précédentes ; la démonstration que chaque propriété du premier ordre utilisant une relation d'antécédence est réalisable par un réseau d'automates finis communiquant via des canaux FIFO qui répond à une question de recherche ouverte depuis fin des années 1970 ; des jeux paramétrés en nombre de joueurs constituant une extension nécessaire pour le diagnostic actif de systèmes complexes ; les fondations logiques ALT, ALT+ et SL contribuant de manière importante au raisonnement stratégique en IA ; la résolution du problème du consensus majoritaire distribué dans une population de bactéries en croissance continue, avec une validation des résultats au sein d'un laboratoire unique en France à l'interface de l'informatique et de la biologie.

La production scientifique est d'excellent niveau, voire du niveau exceptionnel dans les thématiques MCS et DC. L'excellence internationale est attestée par des résultats distingués par des prix dans des conférences majeures du domaine CONCUR (2), FM, IJCAR, JELIA, DISC, MFCS et ICALP. Avec 1,47/ETP/AN et 2,69/ETP/AN respectivement pour des articles de revues et de conférences (4,16/ETP/AN), la production est parmi les meilleures au niveau national. Les personnels contribuent à différentes thématiques selon les sujets abordés ou les centres de gravité des conférences/revues-cibles. Les doctorants participent activement à la production scientifique : ils sont co-auteurs de 36,45 % des articles de revues internationales et de 45,87 % d'articles de conférences internationales. En termes des logiciels développés, les membres de l'UE2 capitalisent sur les logiciels déjà reconnus comme Cubicle, et développent de nouveaux logiciels originaux. À titre d'exemple, citons estimAI, un nouveau logiciel visant une identification automatique de modèles du type réseau de réactions chimiques (CRN) à partir d'un nombre limité de séries temporelles pour des simulations bio-chimiques. La production logicielle au sein de l'UE2 est très bonne, correspondant à un tiers de celle du LMF.

L'UE2 a un excellent rayonnement scientifique. Au niveau national, l'excellence est attestée par trois reconnaissances IUF (1 Senior et 2 juniors) sur les quatre du LMF. Au niveau international, les travaux ont été notamment distingués par le prix prestigieux « Test-of-Time Award » lors de l'édition LICS 2022 pour le résultat sur les logiques temporelles avec du passé impactant la recherche dans le domaine de la logique informatique sur les vingt dernières années, des prix de thèse nationaux et internationaux, et des « Best paper awards » des conférences majeures qui sont obtenus aussi bien par des permanents que par des doctorants. De très nombreuses publications avec des co-auteurs renommés tant au niveau national qu'international contribuent au rayonnement de l'UE2.

Des invitations dans des institutions académiques ou des congrès internationaux sont très nombreuses, tout comme la participation aux comités scientifiques des meilleures conférences internationales. Plus précisément, neuf séjours invités sont effectués dans des établissements étrangers, dont six en Inde. Les membres de l'UE2 ont donné des exposés invités dans des conférences internationales majeures, parmi lesquelles CONCUR, FSTTCS et Highlights, ATVA et TIME. En tout au cours de la période, 25 exposés invités à des conférences du domaine ont été effectués.

L'attractivité de l'UE2 est bonne au niveau des enseignants-chercheurs et chercheurs. L'UE2 est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques développées au sein du Wet lab - un laboratoire unique en France à l'interface de l'informatique et de la biologie.

Le succès aux appels à projets compétitifs est reflété par huit projets ANR dont un projet en tant que coordinateur. Ces projets ANR et la participation au PEPR IA apportent à l'UE2 des ressources propres régulières allant de 165 k€ (min en 2019) à 437 k€ (max en 2023). Notons des ressources disponibles d'un projet ERC obtenu en 2013, et des ressources des huit projets dans le cadre des appels internes du labex DigiCosme.

Il est remarquable que des permanents de l'UE2 soient associés aux quatre brevets du LMF au cours de la période d'évaluation, dont trois brevets internationaux (Europe, USA, Chine) impliquant des permanents de l'UE2 uniquement. La start-up Innatologic est issue des activités de la thématique émergente BIO. Par ailleurs, un dépôt auprès de l'APP est effectué en 2022 concernant le logiciel estimAI en valorisation par la start-up Innatologic.

Les membres de l'UE2 participent à six comités éditoriaux de revues majeures, comme TheoretiCS et Fundamenta Informaticae. La présidence du comité des prix de thèse Gilles Kahn et six participations aux autres comités des prix prestigieux dont deux au CONCUR Test-of-Time Award, contribuent au rayonnement de l'UE2. Les personnels de l'UE2 sont également très impliqués dans les conférences internationales, que ce soit les dix comités de pilotage dont ASYNC, ETAPS, FSTTCS, LICS, STACS, les neuf (co-)présidences de comités de programmes dont CONCUR, CSL, FoSSaCS, FSTTCS, LICS, STACS, ou les comités de programmes (53 participations).

## Points faibles et risques liés au contexte

Tout en ayant un excellent rayonnement national et international, des membres de l'UE2 ont participé à l'organisation d'un seul grand congrès majeur – ETAPS 2023 à Paris. Par ailleurs, les responsabilités d'animation de sociétés savantes sont très peu nombreuses même si celle du conseil EATCS est très prestigieuse et nécessite un grand investissement.

Concernant les post-doctorants et ingénieurs, l'attractivité ne correspond pas au potentiel d'encadrement en recherche. En effet, l'UE2 a accueilli un seul post-doctorant, et aucun personnel d'appui non-permanent.

Le portage d'une ERC Starting Grant obtenue lors de la période d'évaluation est le seul projet européen ou international de l'UE2, ce qui est faible au regard du rayonnement et de la qualité scientifique des membres de l'UE.

Les relations avec des partenaires non-académiques pourraient être plus développées : l'UE2 n'a accueilli que trois doctorants financés par le dispositif Cifre (sur 11 au LMF) et deux doctorants sur d'autres financements non-académiques sur les 51 doctorants de l'UE ; elle a participé aux deux prestations d'expertise auprès de System X, en collaboration avec l'UE1. Les thématiques SysCrit, AI et BIO visent des défis de société, cependant leur rôle pro-actif pour des collaborations et partenariats reste à développer.

Les liens science/société sont très faibles : deux participations à la fête de la science sont indiquées au cours de la période, ce qui soulève des questions du potentiel versus la disponibilité et l'implication.

Parmi les risques liés au contexte, le comité note que 87 % des ressources propres sont des financements publics et 10 % sont liés à la valorisation et aux collaborations industrielles qui sont peu nombreuses.

La production en termes de logiciels correspond à un tiers de ceux du LMF (12 sur 36), et la réflexion sur leur potentiel à moyen et long termes et sur leur pérennisation n'est pas présentée.

Le projet de création de la start-up Innatelogic et l'implication potentielle des personnels dans des projets en relation avec cette start-up pourraient impacter les thématiques DC et surtout BIO.

## Analyse de la trajectoire de l'unité d'évaluation

La trajectoire envisagée de l'UE2 consiste à :

1. *Préserver les acquis et les compétences en recherche fondamentale dans le contexte du renouvellement des permanents seniors.*
2. *Renforcer la recherche exploratoire pour soutenir le développement des thématiques IA, BIO et SystCrit. Il s'agit notamment de « réorienter les efforts qui étaient dédiés à la recherche fondamentale vers les domaines d'application ».*
3. *Créer une thématique sur la théorie des jeux qui fédérerait les thématiques actuelles et contribuerait à l'attractivité de l'UE2.*

D'un côté, si le point 2) est en phase avec des recommandations précédentes et se situe dans la continuité des efforts et des actions entreprises pendant la période d'évaluation, l'intention de « réorienter des efforts dédiés à la recherche fondamentale vers des domaines d'application » pourrait être orthogonale à l'intention de « préserver les acquis en recherche fondamentale » du point 1). De l'autre côté, le départ des permanents seniors pourrait fragiliser non seulement les thématiques-« métiers » historiques de l'UE2 mais aussi le groupe en théorie des jeux qui a tout juste acquis la masse critique. Par conséquent, le point 3) de la trajectoire deviendrait incertain en termes de faisabilité et soutenabilité.

L'UE2 indique également l'intention de développer la direction émergente de la psychologie cognitive. Tout comme pour le point 3), cette direction pourrait contribuer à l'attractivité. Cependant, la soutenabilité en termes du potentiel de recherche (ETP) est incertaine à moyen terme.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ D'ÉVALUATION

Le comité recommande que les thématiques SystCrit, AI et BIO visant des enjeux de société et de technologie initient davantage de contrats de collaboration recherche et renforcent l'accueil de doctorants sur des fonds non-académiques.

Aussi, le comité suggère d'évaluer le potentiel valorisable des sept logiciels issus des projets ANR et de veiller à la pérennisation de l'ensemble des logiciels.

Le comité recommande d'intensifier les actions science-société au sein de l'UE2. Les sujets des thématiques SystCrit, AI et BIO sont propices à ces actions.

Le comité invite à veiller à la préservation du potentiel recherche des thématiques DC et surtout BIO qui pourraient être impactées par l'implication du personnel dans des projets avec la start-up Innatelogic.

Le comité recommande d'évaluer la soutenabilité en termes du potentiel recherche (ETP) avant de créer deux nouvelles thématiques - La Théorie des jeux et La psychologie cognitive.

UE3 : Quantique (Quant)

Nom du responsable : M. Benoît Valiron

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION

Les thèmes abordés par l'équipe traitent de l'informatique quantique, et plus particulièrement de la modélisation et des langages de programmation quantiques. Ils sont regroupés en trois ensembles thématiques (axes de l'équipe) : modélisation et simulation ; sémantique de langages ; langages graphiques et réécriture. Ces axes s'appuient aussi sur trois concepts mathématiques communs : la linéarité (le fait que les calculs quantiques interdisent la duplication des informations) ; la spatialité (le fait que les données doivent être réparties sur le support matériel d'un calculateur quantique, bien que l'information ne soit pas localisée) ; la causalité (le fait que les calculs quantiques sont contraints par des dépendances temporelles).

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport, qui portait sur l'évaluation des précédents laboratoires LSV et LRI, ne fait pas mention du thème quantique. Cette UE a été créée au cours du mandat ; elle se superpose à l'EPC Inria QuaCS depuis sa création en 2022.

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ D'ÉVALUATION : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

| Catégories de personnel                                          | Effectifs |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Professeurs et assimilés                                         | 0         |
| Maîtres de conférences et assimilés                              | 1         |
| Directeurs de recherche et assimilés                             | 1         |
| Chargés de recherche et assimilés                                | 4         |
| Personnels d'appui à la recherche                                | 0         |
| <b>Sous-total personnels permanents en activité</b>              | <b>6</b>  |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 1         |
| Personnels d'appui non permanents                                | 3         |
| Post-doctorants                                                  | 2         |
| Doctorants                                                       | 7         |
| <b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>          | <b>13</b> |
| <b>Total personnels</b>                                          | <b>19</b> |

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'unité d'évaluation

La visibilité est excellente, au niveau mondial (présidence et organisation de la conférence QPL, comité éditorial de LMCS, etc.). La production scientifique est très importante en volume (3,2/ETP/an) et d'excellente qualité dans les meilleures conférences (1,7/ETP/an), comme LICS, ICALP, MFCS, et revues du domaine (1,5/ETP/an) comme ACM J. TQC. L'équipe a obtenu trois projets ANR, dont deux en tant que porteur au cours de la période.

Les relations industrielles de l'équipe sont remarquables notamment au regard des aspects théoriques des recherches qui y sont menées. L'équipe ne compte qu'un seul HDR à la fin de la période.

## Points forts et possibilités liées au contexte

La visibilité est excellente, au niveau mondial (présidence et organisation de la conférence QPL, comité éditorial de LMCS, etc.). L'équipe a obtenu des résultats au meilleur niveau international dans le domaine de la simulation quantique d'interactions électrons-photons et la complétude de la réduction dans le ZX-calcul.

Les membres de l'UE3 participent de manière significative au développement de l'informatique quantique sur le plateau de Paris-Saclay. La production scientifique est très importante en volume (3,2/ETP/an) et d'excellente qualité dans les meilleurs conférences et revues du domaine. Beaucoup de publications apparaissent dans les revues et conférences phares du domaine mais aussi généraliste (comme LICS, ICALP, MFCS, ACM J. TQC) avec des avancées significatives (comme reprises dans le portfolio). La production scientifique (qui se concentre sur des publications) se distribue de manière équilibrée selon les membres permanents.

Malgré le petit effectif de l'équipe, le comité note des participations à des responsabilités liées à l'animation de recherche au niveau national (GT IQ GDR IFM, CoNRS), et international (société savante IFIP TC1/TC2 Working Group on Foundations of Quantum Computation, éditeurs LMCS et TCS).

L'attractivité de l'UE3 est excellente : initialement constituée de deux membres, elle compte désormais sept permanents, cinq d'entre eux ayant intégré le monde académique et l'UE3 au cours de la période.

L'encadrement doctoral est excellent : l'UE3 a accueilli treize doctorants et six ont soutenu leur thèse.

L'activité contractuelle est excellente et très importante au niveau national, avec notamment trois projets ANR (dont deux en tant que porteur) et les participations au projet PIA « HQI » et à l'action EPIQ du PEPR Quantique.

Les relations industrielles de l'équipe sont remarquables notamment avec l'entreprise Quandela et le CEA (thèses Cifre), Alice&Bob et Thalès (projet BPI QUANTEX).

Les membres permanents se répartissent à des degrés variables sur les trois axes de l'équipe (un seul se déclare sur les trois). Le comité note beaucoup de cohérence au niveau thématique qui s'appuie sur des concepts mathématiques communs, et une très bonne communication favorisée par un faible effectif et un rapprochement géographique – certes au détriment d'une séparation en partie du reste du laboratoire réparti sur deux bâtiments. Il y a un séminaire plus ou moins régulier selon les visites externes et les invitations de collaborateurs étrangers.

## Points faibles et risques liés au contexte

Indéniablement, il y a une faiblesse au niveau de l'encadrement (beaucoup de non permanents relativement à l'effectif total) et du nombre d'HDR, limitant le développement de l'équipe.

Le comité observe une durée de certaines thèses anormalement élevée (50 mois par exemple).

Le comité relève une faiblesse également sur le manque d'EC de l'équipe (0 PR et 1 MCF) limitant à moyen terme l'impact de l'équipe sur la formation malgré des efforts visibles de formation, en particulier le Master QDCS et la participation à la création du DU ARTeQ sur les thématiques de l'équipe.

L'activité contractuelle importante (relativement à l'effectif) peut impacter à moyen la disponibilité des permanents.

L'UE3 ne participe qu'à un unique projet européen ou international, le projet HPCQS de l'« European High Performance Computing Joint Undertaking ».

## Analyse de la trajectoire de l'unité d'évaluation

La trajectoire de l'UE3 s'organise selon deux axes :

- 1) Une meilleure compréhension du monde quantique.
- 2) La mise en œuvre d'applications, allant du hardware à l'optimisation des programmes quantiques.

Le point 1) a pour objectif de reformuler et de traduire le formalisme issu de la physique quantique vers celui de l'informatique, et ce en vue des applications visées par le point 2). Pour cela les futurs projets autour des automates cellulaires quantiques, pour la modélisation de phénomènes physiques, ou autour de la causalité et de la « déquantisation » (par simulation classique) sont autant de pistes très prometteuses. Le point 2) se décline en une collection importante de projets, dont certains s'appuient sur des partenariats industriels déjà établis.

Certains projets sont transverses à l'UE3, comme les langages de description des algorithmes quantiques, d'autres sont plus spécifiques comme la certification et l'optimisation des programmes quantiques via les langages graphiques. Globalement les projets proposés sont thématiquement proches et forment un ensemble cohérent et fédérateur pour l'UE.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ D'ÉVALUATION

Le comité recommande d'être vigilant au potentiel en termes d'encadrement et de formation en encourageant notamment le passage d'HDR.

Le comité recommande d'œuvrer afin d'assurer que la durée des thèses soit ramenée à la moyenne théorique de l'ordre de 36 mois.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 3 décembre 2024 à 8 h 15

**Fin :** 4 décembre 2024 à 16 h

**Entretiens réalisés : en présentiel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

#### **Mardi 3 décembre 2024**

|             |                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08h15-08h45 | Huis clos du comité                                                                             |
| 08h45-10h15 | Bilan et trajectoire de l'unité (20 min bilan, 20 min trajectoire, 50 min échanges/discussions) |
| 10h15-10h45 | Pause                                                                                           |
| 10h45-11h45 | Bilan, flash scientifique, trajectoire de l'UE2 (10 min x3 + 30 min échanges/discussions)       |
| 11h45-13h30 | Déjeuner buffet autour des posters (issus du portfolio)                                         |
| 13h30-14h00 | Visite et démo au wetlab                                                                        |
| 14h00-14h45 | Huis clos du comité                                                                             |
| 14h45-15h30 | Bilan, flash scientifique, trajectoire de l'UE3 (7/8 min x3 + 21/24 min échanges/discussions)   |
| 15h30-16h30 | Bilan, flash scientifique, trajectoire de l'UE1 (10 min x3 + 30 min échanges/discussions)       |
| 16h30-17h30 | Pause avec démos de quelques logiciels développés au LMF                                        |
| 17h30-18h15 | Rencontre avec les (post-)doctorants                                                            |
| 18h15-19h00 | Huis clos du comité                                                                             |

#### **Mercredi 4 décembre 2024**

|             |                                                                |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| 08h15-08h45 | Huis clos du comité                                            |
| 08h45-09h30 | Rencontre avec les BIATSS/ITA                                  |
| 09h30-10h15 | Rencontre avec les (enseignants-)chercheurs                    |
| 10h15-10h45 | Pause                                                          |
| 10h45-11h30 | Rencontre avec les tutelles                                    |
| 11h30-12h15 | Rencontre avec la direction et future direction du laboratoire |
| 12h15-14h00 | Déjeuner buffet autour des posters (issus du portfolio)        |
| 14h00-16h00 | Huis clos du comité                                            |

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Nathalie CARRASCO  
*Présidente de l'ENS Paris-Saclay*

4 avenue des Sciences  
91190 Gif-sur-Yvette  
+33 (0)1 81 87 48 04  
presidence@ens-paris-saclay.fr

**Haut conseil de l'évaluation de la  
recherche et de l'enseignement  
supérieure**

A l'attention de Monsieur le Président  
2 Rue Albert Einstein  
75013 Paris

Gif-sur-Yvette, le 25 mars 2025

Objet : Observations de portée générale sur le rapport d'évaluation, DER-PUR260025197- LMF - Laboratoire méthodes formelles.

L'Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay a pris connaissance du rapport d'évaluation du Laboratoire méthodes formelles (LMF) et remercie vivement le comité d'évaluation pour le travail d'analyse et les recommandations faites à cette UMR créée en 2021.

L'ENS Paris-Saclay partage donc pleinement les recommandations du comité de travailler la cohésion de l'unité, répartie sur deux sites, notamment en développant le co-encadrement de stages ou de thèse. L'école se réjouit également de la volonté du LMF d'ouverture vers d'autres disciplines (biologie, sciences cognitives, mathématiques, physique) ce qui s'inscrit dans notre stratégie de soutien à l'interdisciplinarité. L'ENS Paris-Saclay est régulièrement sollicitée par des partenaires sur la Cybersécurité, et veillera à ce que cette thématique puisse se développer au LMF.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes salutations les plus cordiales.

Nathalie CARRASCO



Nathalie CARRASCO  
*Présidente de l'ENS Paris-Saclay*

4 avenue des Sciences  
91190 Gif-sur-Yvette  
+33 (0)1 81 87 48 04  
presidence@ens-paris-saclay.fr

**Haut conseil de l'évaluation de la  
recherche et de l'enseignement  
supérieure**

A l'attention de Monsieur le Président  
2 Rue Albert Einstein  
75013 Paris

Gif-sur-Yvette, le 25 mars 2025

Objet : Demande de corrections d'erreurs factuelles sur le rapport d'évaluation, DER-PUR260025197- LMF  
- Laboratoire méthodes formelles.

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint le courrier de la direction du LMF.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes salutations les plus cordiales.

Nathalie CARRASCO

Patricia Bouyer-Decitre

Laboratoire Méthodes Formelles  
Université Paris-Saclay, CNRS, ENS Paris-Saclay  
4 avenue des Sciences  
91190 Gif-sur-Yvette, France

Tél : (+33) 1 81 84 54 34

Mél : [bouyer@lmf.cnrs.fr](mailto:bouyer@lmf.cnrs.fr)

Web: <https://lmf.cnrs.fr/PatriciaBouyer/>



Laboratoire  
Méthodes  
Formelles

À Gif-sur-Yvette, le 20/03/2025

**Objet :** Observations sur le rapport HCERES

Nous tenons à remercier les membres du comité HCERES qui a évalué le LMF pour la qualité du travail réalisé ainsi que la pertinence de leurs recommandations.

Les remarques concernant notre activité de développement logiciel nous touchent particulièrement. C'est en effet une part cruciale de l'activité de notre laboratoire, dont nous connaissons les enjeux, notamment en matière de science ouverte et de souveraineté. Ainsi, bâtir une infrastructure informatique adaptée à nos besoins a été l'une de nos priorités dès le début du processus de création du laboratoire, et un sujet récurrent de demandes lors de toutes les discussions avec nos tutelles. Malheureusement, le calendrier et les circonstances de la genèse du LMF ont retardé la construction de cette infrastructure, dont la mise en place ne date que de mars 2023, soit plus de deux ans après sa création.

Durant cette période, nous ne maîtrisons pas les offres de plateformes de contrôle de version (Gitlab, SVN, etc.) dont nous disposions au niveau institutionnel (LRI, LSV, CNRS, Université) et elles se sont montrées soit inadaptées soit instables. Ceci nous a amenés à disperser les sources de nos logiciels sur des plateformes diverses parfois non institutionnelles (comme GitHub) -- alors que la stabilité aurait été essentielle.

Par ailleurs, nous sommes bien conscients que la visibilité donnée par le laboratoire aux logiciels développés par ses membres est largement insuffisante au regard de l'importance qu'ils représentent dans les produits de nos recherches.

L'accompagnement du développement logiciel dans toutes ses dimensions (en particulier hébergement des sources, promotion, valorisation) constitue donc un chantier prioritaire pour le laboratoire.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long, sweeping stroke extending to the right.

Patricia Bouyer-Decitre  
Directrice du Laboratoire Méthodes Formelles

Les rapports d'évaluation du Hcéres  
sont consultables en ligne : [www.hceres.fr](http://www.hceres.fr)

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



19 rue Poissonnière  
75002 Paris, France  
+33 1 89 97 44 00

