

STRUCTURE FÉDÉRATIVE DOSSIER D'AUTOÉVALUATION

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2018-2019
VAGUE E

1. INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

(dans la configuration prévue au 1^{er} janvier 2020)

Intitulé complet de la structure fédérative :

Responsable :

M./M ^{me}	Nom	Prénom	Corps	Établissement d'enseignement supérieur d'affectation ou organisme d'appartenance
M.	Fribourg	Laurent	DR	CNRS

Type de demande :

<input checked="" type="checkbox"/> <u>Renouvellement</u> *	<input type="checkbox"/> Restructuration	<input type="checkbox"/> Création ex <i>nihilo</i>
---	--	--

En cas de renouvellement ou de restructuration, préciser les labels, n° et intitulés des structures en 2020 :

Établissement(s) de rattachement de la structure (tutelles)

Établissement(s) d'enseignement supérieur et de recherche Établissement : ENS Paris-Saclay	organisme(s) de recherche organisme : CNRS département ou commission de rattachement : INSIS
--	---

Préciser l'établissement ou organisme responsable du dépôt du dossier :

ENS Paris-Saclay

Préciser le cas échéant le délégataire unique de gestion :

Autres partenaires de la structure :

Établissement(s) d'enseignement supérieur et de recherche :

Organisme(s) de recherche : CNRS

Entreprise(s) :

Autres :

Classement thématique

Domaine(s) scientifique(s)

Indiquer, en début de ligne, "P" pour le domaine scientifique principal, "S" pour le(s) domaine(s) scientifique(s) secondaire(s) éventuel(s).

- 1. Sciences humaines et sociales (SHS)
- 2. **P** Sciences et technologies (ST)
- 3. Sciences de la vie et de l'environnement (SVE)

Sous-domaines scientifiques et panels disciplinaires Hcéres

Indiquer, à gauche du sigle, "P" pour le domaine scientifique principal, "S" pour le(s) domaines scientifiques secondaires éventuels.

Domaine scientifique ST

- Sous-domaine scientifique **ST1** : **S** Mathématiques
 - Panel disciplinaire **ST1.1** : Mathématiques pures
 - Panel disciplinaire **ST1.2** : **P** Mathématiques appliquées
- Sous-domaine scientifique **ST5** : **P** Sciences pour l'ingénieur
 - Panel disciplinaire **ST5.1** : **S** Mécanique du solide
 - Panel disciplinaire **ST5.2** : **S** Génie des procédés
 - Panel disciplinaire **ST5.3** : **S** Mécanique des fluides
 - Panel disciplinaire **ST5.4** : **S** Énergie, thermique
- Sous-domaine scientifique **ST6** : **S** Sciences et technologies de l'information et de la communication
 - Panel disciplinaire **ST6.1** : **S** Informatique
 - Panel disciplinaire **ST6.2** : **S** Électronique
 - Panel disciplinaire **ST6.3** : **S** Automatique, signal, image

Mots-clés

Libres : Modélisation ; Simulation ; Validation ; Ingénierie Systèmes

Domaine applicatif, le cas échéant

Indiquer, en début de ligne, "P" pour le domaine principal, "S" pour le(s) domaine(s) applicatif(s) secondaire(s) éventuel(s).

- S**anté humaine et animale
- A**limentation, agriculture, pêche, agroalimentaire et biotechnologies
- N**anosciences, nanotechnologies, matériaux et procédés **S**
- T**echnologies de l'information et de la communication **S**
- P**roduction de biens et de services et nouvelles technologies de production
- É**nergie nucléaire

N ouvelles technologies pour l'énergie	S
E nvironnement (dont changement climatique)	
E space	
A ménagement, ville et urbanisme	
T ransport (dont aéronautique) et logistique	S
C ultures et société	
É conomie, organisation du travail	
S écurité	S
A utre	

Coordonnées de la structure fédérative

Localisation et établissement : avenue du Président Wilson
 Numéro, voie : 61
 Boîte postale :
 Code postal et ville : 94230 Cachan
 Téléphone : 01 47 40 20 00
 Adresse électronique : dir@farman.ens-paris-saclay.fr
 Site web : http://farman.ens-paris-saclay.fr/

Unités membres de la structure fédérative au 1er janvier 2020

Label et n°	Intitulé de l'unité	Responsable	Établissement de rattachement support	Domaine scientifique HCERES principal (cf. nomenclature)	Unité porteuse / unité associée (*)
UMR8536	CMLA [changement de nom et de périmètre pressenti pour le CMLA]	N. Vayatis	ENS Paris-Saclay	ST1	Unité associée
UMR8535	LMT	P.-A. Boucard	ENS Paris-Saclay	ST5	Unité porteuse
UMR8643	LSV [changement de nom et de périmètre pressenti pour le LSV]	P. Bouyer-Decitre	ENS Paris-Saclay	ST6	Unité associée
EA1385	LURPA	O. Bruneau	ENS Paris-Saclay	ST5	Unité associée
UMR8029	SATIE	F. Costa	ENS Paris-Saclay	ST6	Unité associée

(*) Unité porteuse : plus du tiers des ETP de l'unité intervient dans la structure fédérative

Liste des personnels affectés en propre à la structure fédérative

Nom	Prénom	H/F	Année de naissance	Fonction au sein de la structure fédérative	Établissement ou organisme d'appartenance

Surfaces recherche prévues spécifiquement pour la structure fédérative au 1er janvier 2020

Hors surfaces occupées par les unités de recherche membres de la structure

Établissement(s) d'enseignement supérieur et/ou organisme(s) prenant en charge les coûts d'infrastructure « recherche » de la structure	Ventilation des surfaces (m ²)
Établissement de rattachement support : ENS Paris-Saclay	200 m ²
Établissement de rattachement :	
Établissement de rattachement :	
Organisme de recherche :	
Organisme de recherche :	
Autres (hôpitaux, CHU, CHR, autre à préciser) :	
TOTAL des surfaces	200 m ²

2. DOSSIER SCIENTIFIQUE

Rapport scientifique

SOMMAIRE DU RAPPORT SCIENTIFIQUE

1. INTRODUCTION	7
2. EFFECTIFS	8
3. BUDGET	9
4. PILOTAGE	9
5. POLITIQUE SCIENTIFIQUE	10
5.1 PROJETS	10
5.2 EQUIPEMENTS	11
5.3 ECHANGES SCIENTIFIQUES	13
6. REALISATIONS	15
6.1. CINQ PROJETS REPRESENTATIFS	15
6.2. FAITS MARQUANTS	18
6.3. PUBLICATIONS	18
6.4. THESES	22
6.5. CONFERENCE INTERNATIONALE NCMIP	23

1. INTRODUCTION

L'Institut Farman (FR CNRS 3311) fédère les compétences des 5 laboratoires en sciences pour l'ingénieur de l'Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay (CMLA, LMT, LSV, LURPA, SATIE) dans le domaine de la *modélisation*, de la *simulation* et de la *validation des systèmes complexes*.

Il constitue le trait d'union entre ces laboratoires — dont la figure 1 rappelle les principaux domaines de compétences — là où traditionnellement ceux-ci traitent de problématiques connexes avec des outils d'analyse différents mais souvent complémentaires.

Sa vocation est de favoriser l'avancement des recherches sur ces sujets d'intérêt commun en encourageant les interactions disciplinaires au croisement des *mathématiques*, de l'*informatique*, de la *mécanique*, de l'*electrical engineering* et du *smart manufacturing*.

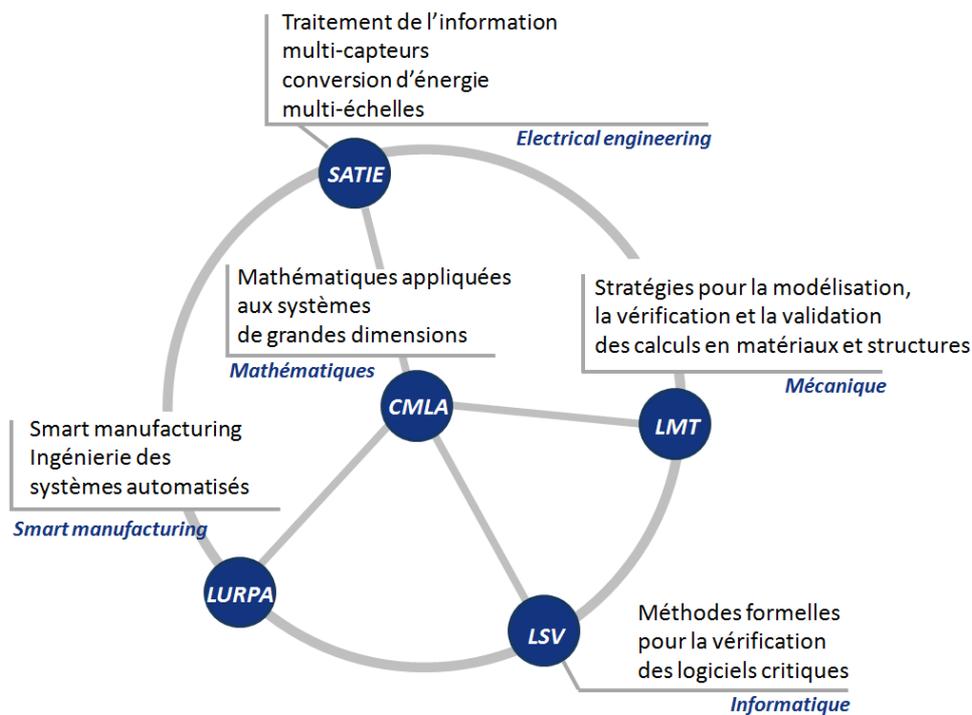


Figure 1 : Principales compétences des laboratoires de l'Institut Farman.

Au premier rang des problèmes traités, situés aux interfaces scientifiques et technologiques des systèmes complexes, figurent

- le traitement de ces systèmes qu'ils soient physiques, logiciels ou hybrides,
- leur modélisation mathématique,
- leur validation,
- leur contrôle et leur optimisation.

De manière plus exhaustive les principaux sujets traités s'attachent aux mots-clés suivants :

apprentissage - sûreté et sécurité - modélisation informatique - modélisation multi-échelle
 problème inverse - vérification et validation - calcul formel - calcul haute-performance -
 traitement du signal - acquisition et analyse de données - mesures instrumentation -
 caractérisation de matériaux - calcul d'erreur - réduction de modèles - bio-mécanique - bio-
 informatique.

La force de l'Institut repose essentiellement sur les chercheurs et enseignants-chercheurs répartis dans les différents laboratoires. L'institut bénéficie des apports récurrents de ses tutelles (ENS Paris-Saclay et CNRS) ainsi que de ressources provenant de projets financés par l'État ou la Région : CPER (mutualisation du cluster FUSION avec Centrale-Supelec), Equipex Digiscope (mur d'images SHIVA), IRS de l'IDEX Paris-Saclay (palteforme de fabrication additive FAPS).

Pour favoriser les interactions disciplinaires dans le domaine de la *modélisation*, de la *simulation* et de la *validation des systèmes complexes*, l'institut met en œuvre les moyens d'action suivants :

- appel annuel à projets de recherche pluridisciplinaires.
- mise à disposition de moyens expérimentaux de calcul et de simulation d'intérêt commun.
- organisation de journées thématiques, séminaires, conférences scientifiques

Tous ces points sont explicités dans les sections suivantes.

2. EFFECTIFS

Notre structure fédérative représente environ 500 personnes : chercheurs et enseignants-chercheurs, doctorants, personnels technique et administratif aux compétences complémentaires. Environ 60 personnes collaborent en continu aux projets de recherche Farman. Il est à noter que l'institut Farman ne possède aucun personnel en propre.

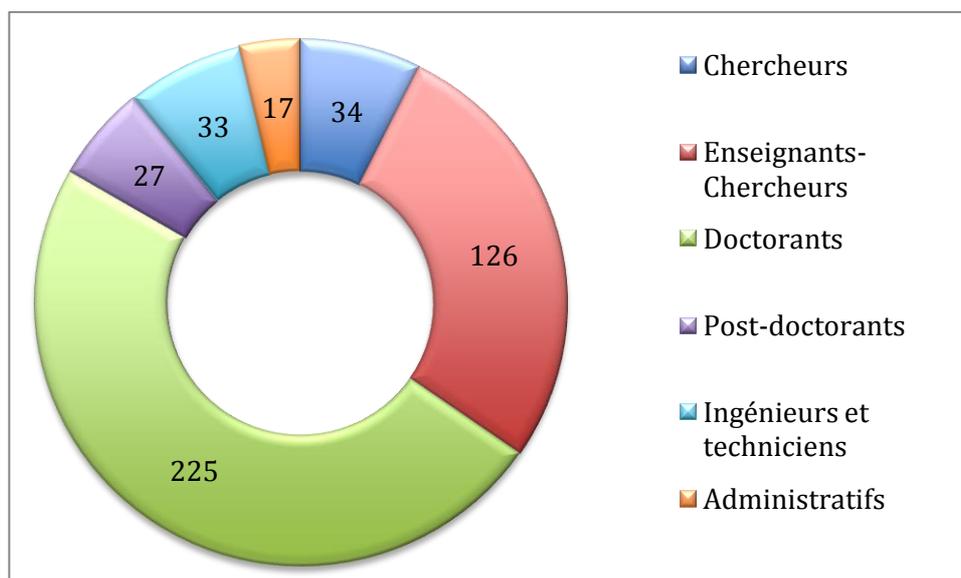


Figure 2 : Répartition globale des ressources humaines cumulées des laboratoires de l'Institut Farman.

3. BUDGET

A l'exception de subventions occasionnelles et marginales obtenues pour l'organisation de certains événements (conférence NCMIP : § 6.5), les fonds dont dispose l'Institut Farman proviennent de l'ENS Paris-Saclay et du CNRS (Tableau 1). Ces dernières années, leur montant global annuel avoisine les 60 k€. Il est à noter qu'en 2015 la dotation de l'ENS Paris-Saclay a subi une diminution de 20% par rapport aux années précédentes. Ceci correspond un arbitrage de l'école consistant à diminuer de ce pourcentage la dotation à ses laboratoires et instituts afin d'alimenter un fonds destiné à financer le renouvellement de certains équipements scientifiques lié au déménagement sur le plateau de Saclay à l'horizon 2020.

Années	2014	2015	2016	2017
ENS Paris-Saclay (k€)	72	57	57	57
CNRS (k€)	10	9	7	4

Tableau 1 : Budget annuel global de l'Institut Farman sur la période 2014-2017.

Globalement, les fonds de l'institut sont consacrés à 80% au financement des projets de recherche, et à 20% à celui d'événements scientifiques. Ainsi en 2017, 48k€ ont été alloués aux projets et 13k€ aux manifestations scientifiques.

4. PILOTAGE

Créé en 2006, l'institut Farman a pour tutelles l'ENS Paris-Saclay et le CNRS dont il constitue depuis 2010 une fédération de recherche (FR 3311) rattachée à l'INSIS.

Sa gouvernance est assurée par un comité de direction constitué du directeur, du directeur adjoint chargé de l'animation scientifique et des directeurs des 5 laboratoires membres. Ce comité de direction, qui se réunit à tous les deux mois, a en charge la définition, l'initiation, l'organisation et l'animation de la politique scientifique de l'institut. A ce titre il planifie et coordonne les actions suivantes :

- La mise en place et suivi de projets de recherche (soumission d'un appel à projet annuel, évaluation par des experts externes, sélection).
- Le développement et la mutualisation de moyens expérimentaux de calcul et de simulation.
- Des manifestations scientifiques : journée Farman, séminaire Farman, conférence NCMIP...
- Les relations avec l'environnement institutionnel et industriel.

5. POLITIQUE SCIENTIFIQUE

5.1. PROJETS

L'Institut Farman, qui ne dispose pas en propre de locaux ni de personnel mais s'appuie sur les ressources humaines et les moyens de ses cinq laboratoires membres, a coutume de se présenter comme un hôtel à projets. En effet, ainsi qu'évoqué en introduction, les projets de recherche constituent, au même titre que le soutien aux équipements mutualisés et que l'organisation de manifestations scientifiques, l'un des trois piliers de sa politique.

Ainsi, pour inciter les recherches interdisciplinaires sur les systèmes complexes, un *appel à projets annuel* a-t-il été institué. L'institut y consacre de l'ordre de 50 k€ par an, soit environ 80% de sa dotation récurrente issue de l'ENS Paris-Saclay et du CNRS.

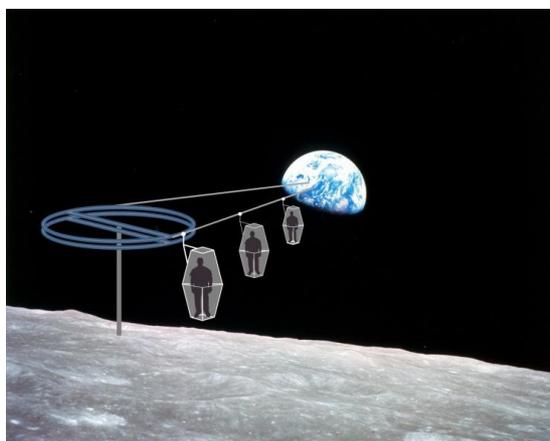


Figure 3 : Image illustrant l'appel à projets de l'Institut Farman sur le site web : <http://farman.ens-paris-saclay.fr/>.

L'appel à projets (AAP) est lancé en décembre ou janvier, selon des modalités et un calendrier qui, par souci de transparence, sont détaillés sur le site web (<http://farman.ens-paris-saclay.fr/>). Après évaluation par des experts extérieurs (l'avis de deux experts est sollicité pour chaque projet soumis), de l'ordre de 5 à 6 projets réunissant au moins deux laboratoires reçoivent un soutien financier pour une durée de 2 ans. Les décisions et arbitrages concernant l'AAP sont pris par le comité directeur de l'institut.

Sur la période 2013-2019, l'Institut Farman a soutenu 31 projets de recherche. Au cours de la même période, 9 thèses se sont appuyées sur certains de ces projets (§ 6.4.).

Années	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Nb de projets	5	7	5	9	8	7
Budget global (k€)	57	57	57	57	48	50

Tableau 1 : Nombre annuel de projets soutenus par l'Institut Farman sur la période 2013-2019.

Afin d'illustrer les réalisations des recherches de l'institut, cinq projets représentatifs sont décrits en § 6.1. La liste des thèses est fournie en § 6.4. Soulignons que l'Institut Farman a souhaité ouvrir son AAP aux laboratoires de l'Institut d'Alembert (FR 3242), également hébergé par l'ENS Paris-Saclay, pour favoriser des recherches en bio-informatique et bio-mécanique (cf. § 6.1).

Depuis 2017, l'institut a également ouvert son AAP aux laboratoires de l'Université Paris-Saclay. Les projets réunissant un laboratoire de l'institut et un partenaire de Saclay sont ainsi éligibles : 7 projets répondant à ces critères sont actuellement en cours.

5.2. EQUIPEMENTS

Pour mener des recherches pluridisciplinaires en sciences pour l'ingénieur, et plus précisément sur la simulation, la modélisation et la validation des systèmes complexes, comme c'est la vocation de l'Institut Farman, il est nécessaire de disposer de moyens expérimentaux et de simulation adaptés.

L'institut s'appuie naturellement sur les moyens importants dont disposent ses laboratoires, qu'il s'agisse de plateformes d'expérimentation :

- centre d'essais mécaniques (LMT) ;
- plateforme de fabrication additive FAPS (LURPA) ;
- systèmes d'instrumentation et imagerie (SATIE) ;
- systèmes d'énergie électrique (SATIE) ;
- tomographe à rayons X (LMT) ;

ou qu'il s'agisse de moyens de calcul et outils de simulation :

- mur d'images SHIVA (CMLA)
- cluster de calcul FUSION (LMT)
- cellule "logiciels" (LMT)

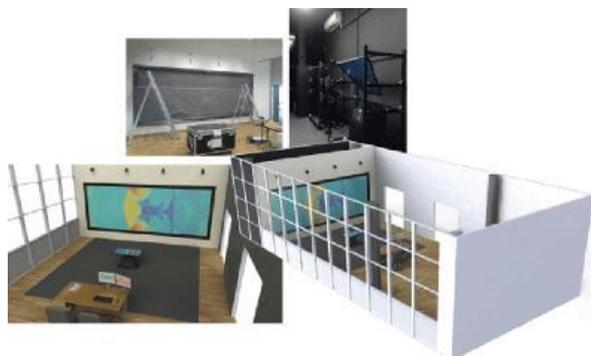


Figure 4 : Tomographe à rayons X du LMT. Mur d'images SHIVA du CMLA.

L'Institut, c'est le second pilier de sa politique scientifique, s'attache à soutenir les actions de ses laboratoires concernant le développement d'équipements d'intérêt commun. Ce soutien consiste à apporter sa caution au dépôt de certains projets d'équipements collectifs dans le cadre de programmes institutionnels (généralement dans le cadre de l'Université Paris-Saclay), à contribuer à la gestion des équipements, et enfin au développement de projets de recherche via ses appels à projets ou des journées thématiques.

A ce titre, trois équipements sont au cœur des actions menées par l'institut au cours du quinquennat : le mur d'images SHIVA, la plateforme de fabrication additive FAPS et le cluster de calcul FUSION.

Mur d'images SHIVA

Il s'agit d'un outil de visualisation dont l'intérêt est de permettre l'analyse et la manipulation de données massives et complexes et de faciliter le travail collaboratif. Ses applications potentielles sont vastes : dynamique moléculaire (travaux de Luba Tchertanov (CMLA)), modélisation de tsunamis (travaux de Florian De Vuyst et Serge Guillas (CMLA)), analyse de la mécanique des structures ou encore traitement des données textuelles et iconographiques en sciences humaines et sociales, pour ne citer que quelques exemples d'actions en cours ou possibles.

Le mur d'images SHIVA, installé dans les locaux de l'ENS Paris-Saclay fait partie de l'Equipex scope (lié à l'Université Paris-Saclay) coordonné par Michel Beaudouin-Lafon (LRI). SHIVA fonctionne notamment grâce à un ingénieur de l'ENS Paris-Saclay (Atman Kendira (CMLA)).

L'institut Farman a joué un rôle d'animation scientifique relativement à SHIVA en soutenant les projets TOPDYN, ICAR et REVIDYM des laboratoires CMLA/LBPA (détails en § 5). Il a également organisé en juin 2014 et juin 2018 des journées d'échanges sur les murs d'images. Il est par ailleurs à souligner le rôle essentiel joué par Florian De Vuyst, porteur du projet SHIVA, et directeur de l'Institut Farman de 2013 à 2017.

Plateforme de fabrication additive FAPS

Depuis avril 2018 les laboratoires membres de l'Institut Farman ont accès à une plateforme de Fabrication Additive métallique par fusion laser sur lit de poudre co-financée par l'Université Paris-Saclay et l'ENS Paris-Saclay (1250k€). La plateforme permettra d'optimiser ce procédé de fabrication complexe au travers de travaux de recherche portant sur des problématiques liées à la caractérisation mécanique et géométrique des pièces produites, au pilotage du système, à l'instrumentation in-situ, au contrôle non destructif et à l'apprentissage statistique.

FAPS est le projet le plus récent d'équipement mutualisé intéressant les laboratoires de l'institut auquel celui-ci s'est associé. Il est à noter que le projet est piloté par Christophe Tournier (directeur du LURPA) et qu'à l'instar de SHIVA, l'ENS Paris-Saclay a affecté un ingénieur à FAPS (Nicolas Muller (LURPA)). L'inauguration de FAPS et sa présentation se sont tenues en juin 2018, avec notamment pour objectif de susciter des projets potentiels lors de notre prochain AAP.

L'Institut Farman, en tant que FR CNRS, héberge administrativement la gestion des crédits du projet PSPC « SOFIA » (Solution pour la Fabrication Industrielle Additive métallique) financé par Bpifrance auquel participe le LURPA.

Cluster de Calcul FUSION

Il s'agit en particulier de répondre à de nouvelles problématiques issues du *big data* et de l'intelligence artificielle qui se développent dans de nombreuses disciplines, ce qui implique un investissement sur des plateformes GPGPU ou KNL (Knights Landing : deuxième génération de processeurs Intel® Xeon Phi) qui peuvent aussi répondre à d'autres applications, mais aussi augmenter l'espace de stockage, étendre la capacité de visualisation à distance, et enfin augmenter les nœuds de calcul massivement parallèle.

FUSION représente un outil de calcul puissant sur lequel de nombreux projets de l'Institut Farman ont vocation à s'appuyer. A ce titre il a fait l'objet d'une présentation lors de la journée grands équipements scientifiques que nous avons organisée le 18 juin 2018.

5.3. ECHANGES SCIENTIFIQUES

Avec les appels à projets, le soutien d'équipements scientifiques d'intérêt collectif, les échanges scientifiques constituent le troisième pilier de la politique de l'Institut Farman.

Lieu d'échanges, d'interaction et d'ouverture, l'institut anime différents événements. La *journée Farman* et le *séminaire Farman*, qui se tiennent respectivement à l'automne et au printemps, en sont les deux manifestations emblématiques.

La journée Farman fait le point sur l'avancement des projets en cours. Elle est l'occasion de fructueux échanges entre les acteurs des projets et les chercheurs de l'institut. Ce qui favorise l'émergence de nouveaux projets sur les systèmes complexes et vient nourrir les réflexions sur les questions scientifiques les concernant.

Le séminaire Farman met quant à lui généralement à l'honneur une nouvelle thématique scientifique en présence de spécialistes du monde académique et industriel. Il a une vocation didactique, puisqu'il s'agit de donner la parole à des experts invités à exposer les outils théoriques, les techniques et les questions qui entrent comme élément dans la recherche sur les systèmes complexes. Cette journée peut aussi être mise à profit pour présenter les grands équipements et moyens de calcul ou de simulation — faisant notamment partie d'Equipex ou autres programmes collectifs (tels l'IRS Paris-Saclay) — accueillis par nos laboratoires et soutenus par l'institut (§ 5.2). Il s'agit dans ce cas de mieux faire connaître aux chercheurs les potentialités offertes par ces équipements, et, là encore, de susciter des échanges et favoriser l'émergence de futurs travaux.

- 2018 : *Journée grands équipements scientifiques* : mur d'images et plateforme de fabrication additive
- 2017 : *Célébration des 10 ans* de l'Institut Farman
- 2016 : *Fluides en ingénierie et ingénierie des fluides*
- 2015 : *Divers aspects des Big Data*
- 2014 : *Visualisation de données*
- 2013 : *Réduction de modèle*

L'animation scientifique de l'institut passe également par la contribution à la conférence internationale NCMIP (New Computational Methods on Inverse Problems), consacrée à la résolution des problèmes inverses, et qui, depuis 2012, se tient annuellement sur le campus de l'ENS Cachan (§ 6.5).



Figure 5 : Présentation de l'Institut Farman lors des 8èmes rencontres du CSIS le 20 mars 2014 (<https://csissaclay.wordpress.com/8eme-rencontre-du-csis/>).

6. REALISATIONS

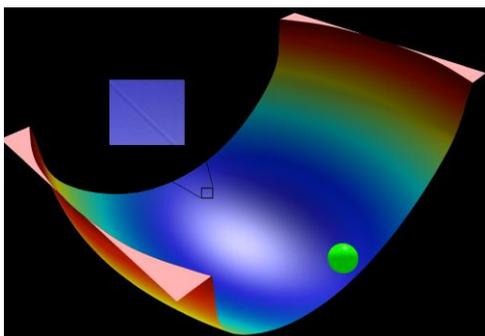
6.1. CINQ PROJETS REPRESENTATIFS

- SWITCHDESIGN - CMLA/LMT/LSV : Synthèse et application de commande à commutation pour les systèmes dynamiques variables décrits par des EDP, 2015-2016.



Le but de ce projet est de synthétiser automatiquement, pour un système dynamique, une commande garantissant que le système satisfasse de bonnes propriétés comme la stabilité et la robustesse aux perturbations extérieures. L'originalité de la démarche consiste à calculer les solutions des équations différentielles régissant le système en partant non d'un état initial unique, mais de tout un ensemble dense d'états initiaux. Le calcul d'intégration se fait alors de façon "symbolique" (ou "ensembliste") en construisant non pas une trajectoire unique, mais tout un *tube* des trajectoires partant d'un point quelconque de l'ensemble initial. Le projet a porté sur des méthodes nouvelles d'intégration symbolique ainsi que sur l'étude de structures de données efficaces pour représenter et manipuler les états sous forme ensembliste. Parmi les applications réussies de ce projet, figure la synthèse d'une commande garantie pour l'ouverture/fermeture de valves de conduites d'eau chauffant le sol d'un immeuble à 11 pièces afin de maintenir de façon économique le confort des habitants, en fonction de leur occupation des lieux et les variations de la température extérieure.

- SIMSURF1&2 – LURPA/LMT : Simulation numérique temps réel sur GPU d'état de surface pour l'usinage 2013-2015.



Ce projet vise à *raccourcir le cycle de développement de pièces usinées* en s'appuyant sur la simulation de l'évolution des écarts géométriques des surfaces tout au long d'un processus de fabrication. Il s'appuie sur l'expertise du laboratoire LURPA. Le modèle proposé exécute pour chaque opération d'usinage des centaines de millions d'intersections entre un réseau de droites et des primitives 3D, de type sphères, tores ou facettes triangulaires, pour déterminer les traces laissées par un outil

couplant ou un abrasif sur une surface. Le projet SIMSURF 1 (2012-2014), mené en collaboration avec le LMT, a montré qu'il était possible de *tirer parti des processeurs graphiques Nvidia pour accélérer les calculs de simulation d'usinage* de manière significative par rapport à une configuration CPU multi-cœurs : diminution d'un facteur 10 de temps de calcul observés en simple précision (32 bits) et d'un facteur 3 en double précision (64 bits). Toutefois, d'après de premiers essais, la simulation cinématique de l'enlèvement de matière par abrasion restait hors de portée. Pour passer un nouveau cap dans la réduction des temps de calcul, le projet SIMSURF 2 a exploré deux voies complémentaires :

- Utiliser le moteur de rendu par « ray tracing » OptiX développé par NVIDIA, lequel permet d'accélérer les calculs d'intersection entre des droites et des primitives 3D.
- Exploiter plusieurs cartes de type NVIDIA GeForce en mode 32 bit.

Un troisième point a également été abordé dans l'étude :

- Le développement de modèles d'érosion de maillage pour la prise en compte de l'usure des abrasifs.

Faits marquants : *Le logiciel SIMSURF a été déposé à l'APP [Logiciel SIMSURF : SIMulation réaliste des états de SURface (SIMSURF), dépôt logiciel auprès de l'Agence pour la Protection des Programmes, logiciel version 1.0 du 1 septembre 2014]. Ce logiciel permet d'effectuer une simulation réaliste et rapide de la géométrie d'une surface générée par enlèvement matière (usinage, abrasion...). Répartition des parts créatives entre les auteurs F. Abecassis 35%, S. Lavernhe 35%, C. Tournier 20%, P-A. Boucard 10%. Dans le cadre du projet Simsurf2, la société NVIDIA a fourni une carte graphique de calcul GPGPU (Tesla K40) dans le cadre du NVIDIA Hardware Grant Program. Félix Abecassis, stagiaire de M2 de l'EPITA ayant développé le logiciel, a ensuite été recruté par NVIDIA US en 2013.*

- TOPDYN, ICAR & REVIDYM – CMLA/LBPA : Transition conformationnelle des protéines : topologie dynamique, 2013-2017.

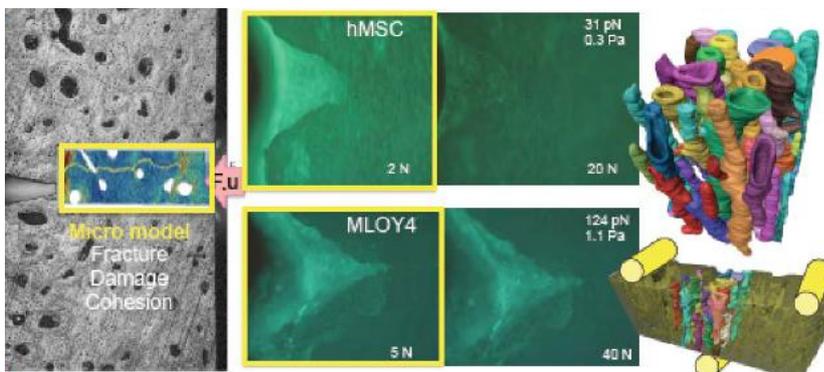


Ces projets étudient la dynamique moléculaire à l'aide d'outils de bio-informatique, lesquels offrent des moyens de caractériser les propriétés dynamiques et énergétiques des protéines en accédant à des échelles de temps et d'espace difficiles à sonder expérimentalement. Combinés aux données expérimentales, les outils bio-informatiques aident à mieux comprendre les processus physiologiques intracellulaires. Les projets TOPDYN, ICAR et REVIDYM reposent sur des simulations mettant en œuvre des approches géométriques et statistiques dont le CMLA possède l'expertise. Le LBPA apporte quant à lui son expertise dans le domaine de l'analyse biologique. De plus, ces simulations sont exploitées avec des moyens de visualisation immersive 3D grâce au mur d'images SHIVA. Le projet REVIDYM va plus loin encore en les couplant à un dispositif à retour d'effort (implémenté à l'aide d'un bras haptique) permettant de manipuler les molécules et protéines simulées et d'en explorer les interactions. La connaissance de ces

interactions est en effet une clé dans le développement de nouvelles molécules médicamenteuses.

Faits marquants : *First Prize of The Royal Chemical Society* at “Molecular Simulation and Visualisations, Faraday Discussion” for the method and results presented in [1] (Nottingham, UK, 2014) — The method developed has been recognized by *International Innovation* (<http://www.internationalinnovation.com>) as “an important contribution to the innovative strategy of clinical and therapeutic interest” (2015) — Invited lecture (A. Trouvé). Local equilibriums in simulations of Molecular Dynamics: Should we believe that we see? Mini-Symposium Formal Methods in the eyes of biological data. Congress SMAI. (6 Juin 2017).

- BONELABS, BIOTININ, BonOnThemov - LMT/LBPA/SATIE : Bone Osteocyte Natural Environment in Live Allograft Biological Systems etc. 2016 -2019



Des pathologies osseuses liées à des pertes osseuses substantielles apparaissent chez des patients à la suite de résections, de cancers ou de traumatismes sur des os ostéoporotiques. Parce les ostéocytes régulent ce renouvellement osseux, il est essentiel de quantifier in situ les

relations entre les stimulations mécaniques, la réponse biologique cellulaire et les interactions électriques liées aux variations de concentrations chimiques produites par les cellules et à la réponse piézoélectrique du tissu. Ce projet porte sur l'étude de ces interactions multi-physiques afin d'identifier des facteurs mécaniques, électriques et chimiques influant sur les capacités réparatrices osseuses en vue de nouveaux traitements. Il étudie notamment les effets de stimulations mécaniques sur la réponse biologique, la différenciation cellulaire et la formation de la matrice extra cellulaire par les cellules stromales osseuses humaines dans des systèmes multi-tissulaires 3D avec des conditions in situ uniques. Ces recherches reposent sur des synergies entre expérience et simulations numériques.

- HYDEM, CVERT – SATIE/LMT : Développement de méthodes d'instrumentation électromagnétique pour les matériaux du génie civil et du bâtiment, 2016-2019.



Les divers bétons et mortiers utilisés dans les bâtiments et les ouvrages de génie civil sont des matériaux hétérogènes et poreux dont les propriétés mécaniques dépendent fortement des caractéristiques hydriques. Les projets HYDEM et CVERT portent sur le développement de méthodes électromagnétiques de caractérisation hydromécanique de ce type de matériaux. Plus précisément, il s'agit de méthode de caractérisation diélectrique. En effet, la permittivité diélectrique des

bétons et mortiers dépend de leur degré d'hydratation, puisque l'eau présente un fort contraste de permittivité avec les autres constituants de ces matériaux. Par ailleurs, la permittivité diélectrique de

ces milieux dépend de la fréquence, c'est pourquoi les méthodes développées sont des méthodes large bande (du MHz à quelques GHz).

Le projet *HYDEM* a porté sur *le suivi de mortiers* au cours du temps durant leurs phases de prise, d'hydratation et de séchage. Les méthodes électromagnétiques mises en œuvre ont permis de mettre effectivement en évidence ces trois phases successives et de les corrélérer à une évolution de la permittivité diélectrique du milieu cohérente avec les phénomènes hydriques mis en jeu. Le projet *CVERT*, initié en 2018 s'attache, quant à lui, à la *caractérisation hydrique de matériaux bio-sourcés* (i.e. à base de fibres végétales) tels que les bétons de chanvre, de bois, de lin, ainsi que ceux à base de matériaux de récupération (papier, pneus...). Ces bétons ont vocation, de par leurs propriétés, à jouer un rôle dans l'isolation thermique et la régulation hydrique des futurs bâtiments. Leur utilisation s'inscrit dans une optique d'efficacité énergétique des bâtiments tout en respectant le cycle d'une économie circulaire grâce aux matériaux recyclés. La caractérisation hydrique et thermique (HT) de ces matériaux poreux est nécessaire du point de vue fonctionnel et demande de développer des méthodes d'instrumentation adaptées. La spectroscopie diélectrique est de ce point de vue une bonne candidate, d'autant qu'elle permet d'envisager des approches non invasives reposant sur l'utilisation de capteurs fonctionnant en réflexion, i.e. placés en contact du milieu et conçus pour permettre la mesure de coefficient de réflexion de électromagnétique sur le milieu.

6.2. FAITS MARQUANTS

Pour la période 2013 – 2018 nous citerons trois faits marquants de l'institut corrélés à des projets cités plus haut (§ 6.2.) :

- *Accélération significative des calculs de simulation d'usinage (collaboration LMT-LURPA).*
- *Labélisation CUDA Research Center (collaboration CMLA-LMT).*
- *Compréhension de modes de communication intramoléculaire (collaboration CMLA-LBPA).*

6.3. PUBLICATIONS (avec aux moins deux co-auteurs de laboratoires différents)

Projet HYDEM(SATIE/LMT) :

A. El Fellahi, M. Ferhat, T. Bore, K. Abahri, F. Benboudjema, E. Vourc'h, "Moisture Measurement for Green Civil Engineering Materials Using Dielectric spectroscopy", 12th International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation, paper 77, Saclay, France, 2017.

Projet INVERSYM (LSV/SATIE) :

C. Cai, T. Bore, F. Delaine, N. Gasnier, R. Soulat and E. Vourc'h ,
 "3D reconstruction of surface cracks using bi-frequency eddy current images and a direct semi-analytic model"
 Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing , Volume 904, 2017

E. Vourc'h, T. Bore, C. Cai, C., and R. Soulat.

“Surface crack reconstruction from eddy current images using a direct semi-analytic model”.
Journal of Physics: Conference Series, Vol. 657, No. 1, IOP Publishing, 2015.

C. Cai, T. Bore, F. Delaine, N. Gasnier, R. Soulat, E. Vourc'h.

“3D reconstruction of surface cracks using bi-frequency eddy current images and a direct semi-analytic model”.
Conference on New Computational Methods for Inverse Problems, NCMIP 2017, Cachan.

E. Vourc'h, T. Bore, C. Cai, and R. Soulat.

“Surface crack reconstruction from eddy current images using a direct semi-analytic model”.
Workshop on New Computational Methods for Inverse Problems, NCMIP2015, Cachan.

Projet IDEFIX (LMT/SATIE) :

M. Daro Fall, O. Hubert, F. Mazaleyrat, K. Lavernhe-Taillard, A. Pasko.

“A Multi-scale Modeling of Magnetic Shape Memory Alloys: Application to NiMnGa Single Crystal”.

IEEE Transactions on Magnetics, Institute of Electrical and Electronics Engineers 52, pp.1-4, 2016.

Projet SWITCHDESIGN (CMLA/LMT/LSV) :

A. Le Coënt, J. Alexandre dit Sandretto, A. Chapoutot and L. Fribourg. “An improved algorithm for the control of nonlinear sampled switched systems”. Formal Methods in System Design, To appear.

A. Le Coënt, L.Fribourg, N. Markey, F. De Vuyst and L. Chamoin. “Compositional synthesis of state-dependent switching control”. Theoretical Computer Science. To appear.

A. Le Coënt, L.Fribourg and J. Vacher. “Control Synthesis for Stochastic Switched Systems using the Tamed Euler Method”. In ADHS'18, IFAC-PapersOnLine. Elsevier Science Publishers. To appear.

A. Le Coent, F. De Vuyst, C. Rey, L. Chamoin, L. Fribourg. “Control of mechanical systems using set based methods”. International Journal of Dynamics and Control, 5(3):496-512, 2017.

F. De Vuyst, A. Le Coent, L. Chamoin, L. Fribourg. “Guaranteed stability control synthesis of coupled ODE-PDE switched systems”. 3rd International Conference on Multiscale Computational Methods for Solids and Fluids, 2017

A. Le Coent, F. De Vuyst, L. Chamoin, L. Fribourg. “Guaranteed control synthesis of nonlinear switched systems using Euler method”. 3rd International Workshop on Symbolic and Numerical Methods for Reachability Analysis, 2017

A. Le Coënt, J. Alexandre dit Sandretto, A. Chapoutot and L. Fribourg. « Control of Non Linear Switched Systems ». In SNR'16, pages 1-6. IEEE Computer Society Press, 2016.

A. Le Coent, L. Fribourg, N. Markey, F. De Vuyst, L. Chamoin, “Distributed synthesis of state-dependent switching control”. Reachability Problems (RP 2016), Lecture Notes in Computer Sciences, Springer 9899, 119-133, 2016.

A. Le Coent, F. De Vuyst, C. Rey, L. Chamoin, L. Fribourg. "Guaranteed control of switched control systems using model order reduction and state-space bisection". Open Access Series in Informatics, 44:32-46,2015.

Projet SIMSURF (LURPA/LMT) :

M. Jachym, S. Lavernhe, C. Tournier, C. Euzenat, P.-A. Boucard, "Evaluation of the OptiX ray tracing engine for machining simulation" CAD'17, Okayama (Japan), pp. 138-142, 2017.

F. Abecassis, S. Lavernhe, C. Tournier, P.-A. Boucard
"Performance evaluation of CUDA programming for 5-axis machining multi-scale simulation". Computers in Industry, 71, pp. 1-9, 2015.

F. Abecassis, S. Lavernhe, C. Tournier, P.-A. Boucard
"Performance Evaluation of CUDA programming for machining simulation". International Conference on Graphics Engineering, Madrid (Spain), 2013.

Projet MOSTRA (LMT/LURPA) :

L. Dubreuil, J.-E. Dufour, Y. Quinsat, F. Hild.
"Mesh-Based Shape Measurements with Stereocorrelation". Experimental Mechanics 56 (7), 1231-1242

Projet MIOA (LMT/SATIE) :

M. Ruellan, H. Park, N. Martaj, R. Bennacer, E. Monmasson. "Modeling of a Building System and its Parameter Identification". Journal of Electrical Engineering and Technology, 8 (5), pp.975-983,2013.

M. Ruellan, H. Park, N. Martaj, R. Bennacer, E. Monmasson.
"Generic thermal model of electrical appliances in thermal building: Application to the case of a refrigerator". Energy and Buildings 62, Elsevier, pp.335-342, 2013.

Projet BONELABS (LMT/LBPA) :

E. Budyn, M. Bensidhoum, N. Gaci, B. Cinquin, P. Tauc, E. Deprez, H. Petite.
"Bone-on-chip to study mechanotransduction and ECM formation".
European Cell and Materials Conference, TCES, vol. 32, Suppl. 4, p. 32, 2016.

E. Budyn, M. Bensidhoum, S. Sanders, E. Schmidt, P. Tauc, E. Deprez, H. Petite.
"Stem cell derived osteocytes in situ characterization in bone-on-chip".
European Cell and Materials conferences, Manchester, UK, 2015.

E. Budyn, M. Bensidhoum, T. Marsan, F. Mainnemaire, P. Tauc, E. Deprez, H. Petite.
"How the morphology of progenitor and mature osteocytes contributes to their mechanotransduction".
6th International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering, pp.566-575, 2015.

E. Budyn, M. Bensidhoum, T. Marsan, F. Mainnemare, P. Tauc, S. Sasnouski, E. Schmidt, E. Deprez, H. Petite.

“Mechano-Transduction of Osteocytes in Live Allograft Bone Systems (LABS).”
Proceeding CMBE 2015, ZetaComputational Resources Ltd., vol. 1, p. 124-127, 2015.

E. Budyn, M. Bensidhoum, S. Sanders, S. Sasnouski, P. Tauc, E. Schmidt, N. Roubier, D. Aubry, E. Deprez, H. Petite.

“Live allograft bone systems to quantify osteocyte calcium response to mechanical load at successive differentiation stages”.
Medical Engineering Centres Annual Meeting and Bioengineering15, Vol. 1, p. 180, 2015.

E. Budyn, Patrick Tauc, Morad Bensidhoum, Herve Petite, Eric Deprez.

“Back to life: fresh osteocytes spreading their processes for optimum mechanotransduction near microdamage in dead bone”.
Medical Engineering Centres Annual Meeting and Bioengineering14, 1, pp.63-64, 2014.

Projet TOPDYN (CMLA/LBPA) :

A. Allain, I.Chauvot de Beauchêne, F. Langenfeld, Y. Guarracino, E. Laine, and L.Tchertanov.
“Allosteric Pathway Identification through Network Analysis from Molecular Dynamics Simulations to Interactive 2D and 3D Graphs”. *FaradayDisc.,DOI:10.1039/C4FD00024B.169, pp1-18, 2014.*

Chauvot de Beauchêne, A. Alain, N.Panel , E.Laine , A.Trouvé , P. Dubreuil and L.Tchertanov.
“Oncogenic mutations of KIT receptor differentially modulate tyrosine kinase activity and drug susceptibility”. *PLOS Comput. Biol.;10(7), 2014.*

F. Langenfeld , Y. Guarracino, M. Arock, A. Trouvé and L.Tchertanov.

“How intrinsic molecular dynamics controls intramolecular communication in Signal Transducers and Activators of Transcription Factor STAT5”. *PLOS ONE. 2015.*

Projet BOOST (LSV/SATIE) :

G. Feld, L. Fribourg, D. Labrousse, B. Revol and R. Soulat. “Correct-by-design Control Synthesis for Multilevel Converters using State Space Decomposition“. *In FSFMA'14, Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science 156, pp 5-16, 2014.*

R. Soulat, G. Hérault, D. Labrousse, B. Revol, G. Feld, S. Lefebvre, L. Fribourg. “Use of a full wave correct-by-design command to control a multilevel modular converter”.

Proc. 15th European Conf. on Power Electronics and Applications, Lille, France. IEEE Power Electronics Society, 2013.

6.4. THESES

Sur la période 2013-2019, 9 thèses se sont appuyées sur des projets soutenus par l'Institut Farman.

Thèse	Période	Projets Farman	Laboratoires
<u>Mehdi Ferhat</u> : « Développement de méthodes de caractérisation diélectrique pour les matériaux du génie civil et du bâtiment ».	2017-2020	Hydem, CVERT	SATIE/LMT
<u>Kevin Viard</u> : "Modeling and recognition of Human activities of daily living in smart home"	2015-2018	CARNAVAL	CMLA/LURPA
<u>Daro Fall</u> : « Mesure et modélisation multiéchelle du comportement thermo-magnéto-mécanique des alliages à mémoire de forme »	Soutenue en 2017	IDEFIX	LMT/SATIE
<u>Nolan Chatron</u> : « VKORC1 et résistance aux antivitamines K : Etude par modélisation moléculaire ».	Soutenue en 2017	REVIDYM	CMLA/BIOCIS, Univ. Paris Sud
<u>Adrien Le Coent</u> : "Synthèse de contrôle garanti pour les systèmes dynamiques espace-temps".	Soutenue en 2017	SWITCHDESIGN2	CMLA/LMT/LSV
<u>Thi Huyen Trang Nguyen</u> : « Identification du canal de propagation UHF pour la sécurisation dynamique des réseaux sans fil ».	Soutenue en 2015	DECORR	SATIE/LSV
<u>Florent Langenfeld</u> : « Rôle de STAT5 dans la signalisation de BCR/ABL ou de KIT au cours de certaines hémopathies malignes : Etude par modélisation et recherche in silico de molécules à visée thérapeutique ».	Soutenue en 2015	TopDyn, ICAR	CMLA/LBPA
<u>Isaure Chauvot de Beauchene</u> : « Etude par modélisation et dynamique moléculaire des mécanismes d'activation et de résistance du récepteur tyrosine kinase KIT sauvage et mutant ».	Soutenue en 2013	TopDyn	CMLA/LBPA
<u>Herie Park</u> : « Modélisation dynamique des apports thermiques dus aux appareils électriques en vue d'une meilleure gestion de l'énergie au sein de bâtiments à basse consommation ».	Soutenue en 2013	MIOA	LMT/SATIE

6.5. CONFERENCE INTERNATIONALE NCMIP

L'Institut Farman organise depuis 2012 une conférence sur les problèmes inverses, un sujet situé à la croisée de ses thématiques scientifiques : NCMIP (International Conference on New Computational Methods for Inverse Problems). Il s'agit d'une conférence internationale avec comité de lecture dont les actes sont publiés dans un numéro spécial de *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing [vol. 542 (2014), 657 (2015), 756 (2016), 904 (2017)]. NCMIP se tient sur une journée, au mois de mai, et a lieu dans les locaux de l'ENS Paris-Saclay. La conférence compte en moyenne une quinzaine d'exposés ou posters réguliers ainsi que 3 conférences invitées. Une soixantaine de chercheurs y participent chaque année. [http://complement.farman.ens-cachan.fr/NCMIP_2018.html]

L'Institut Farman assure l'organisation le financement et la logistique de la conférence. Eric Vourc'h (ENS Paris-Saclay/lab. SATIE), directeur-adjoint de l'Institut Farman, en est l'organisateur (conference chair) depuis 2014. Il a succédé dans cette responsabilité à Pierre-Yves Joubert (Univ. Paris-Sud / Lab. C2N) et Laure Blanc-Féraud (CNRS/ Lab. I3S).

NCMIP est une manifestation internationale en anglais ayant pour vocation d'offrir aux chercheurs l'opportunité de mettre au jour et de partager de nouvelles techniques et résultats concernant les problèmes inverses. A ce titre elle bénéficie du parrainage de différents groupes de recherche (GDRs ONDES, ISIS, MIA, MOA).

Le comité scientifique de NCMIP compte notamment des chercheurs appartenant aux principaux laboratoires franciliens concernés par la thématique des problèmes inverses et fortement investis dans l'animation de la manifestation (CMAP, Ceremade, ENSTA, ParisTech, IEF, L2S, LMT, SATIE).

NCMIP est devenu, depuis sa création en 2011, un rendez-vous reconnu par la communauté scientifique, et permet d'augmenter la visibilité de l'Institut dans le domaine des problèmes inverses.

Projet scientifique pour la période 2020-2024

SOMMAIRE DU PROJET SCIENTIFIQUE

1. FAVORISER L'INTERDISCIPLINARITE	25
2. AXES DE RECHERCHE PRIVILEGIÉS	25
3. OUVERTURE AUX PARTENARIATS SUR LE PLATEAU DE SACLAY	28
4. CONCLUSION	29

1. FAVORISER L'INTERDISCIPLINARITE

Durant le prochain quinquennat nous entendons continuer d'exercer la mission première de l'institut, à savoir favoriser l'interdisciplinarité dans le domaine de la modélisation, de la simulation et de la validation des systèmes complexes. Nos principaux modes d'action en matière d'animation scientifiques restent les appels à projets (AAP), l'organisation de journées thématiques et d'échanges et le soutien aux équipements mutualisés.

2. AXES DE RECHERCHE PRIVILÉGIÉS : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, APPLICATIONS À LA BIOLOGIE, APPLICATIONS À L'USINE DU FUTUR ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Sur le plan scientifique, nous comptons mettre l'accent sur trois axes de recherche identifiés. Le premier est *l'application de l'intelligence artificielle (IA) aux méthodes de modélisation et de validation des grands systèmes*. En effet, comme le montre le tableau 1, trois de nos laboratoires, le CMLA, le LSV et le SATIE, développent des recherches touchant à l'IA. Si des synergies sont possibles, l'Institut Farman a vocation à les favoriser, toujours par le biais de ses AAP et par l'organisation d'échanges scientifiques. Cette incitation sera bien sûr coordonnée avec la mission IA que l'ENS Paris-Saclay a confiée en mai 2018 à Nicolas Vayatis, directeur du CMLA.

Laboratoire Farman	Domaine d'expertise	Méthodes	Applications
CMLA	Apprentissage statistique et données massives	Apprentissage automatisé (deep learning, réseaux de neurones), machine learning pour des séries temporelles multi-variées, théorie de l'apprentissage, modélisation prédictive et inférence à partir des données issues de graphes réels. Optimisation de critères, vectorisation de données structurées complexes.	Vision et reconnaissance de formes, e-marketing, énergie, finance et économie, santé et domaine biomédical, réseaux de capteurs...
LSV	Méthodes formelles	IA symbolique (par opposition à IA cognitive) : spécification formelle d'une propriétés sous forme de formule logiques et vérification de la propriété dans le modèle par des méthodes de démonstration automatique	Model checking, synthèse de contrôle correct par construction, vérification de programmes et de modèles de systèmes informatiques.

SATIE	Traitement du signal	Théorie de l'estimation, traitement d'image robuste vis-à-vis des aberrations, fusion de données, combinaison d'informations basée des fonctions de croyance.	Localisation de signaux, traitement d'antennes, analyse de mouvements de foule, reconnaissance de formes...
-------	----------------------	---	---

Tableau 1 : Principales compétences des laboratoires de l'Institut Farman touchant à l'IA.

Le second axe de recherche que nous comptons promouvoir est celui des applications à la *biologie*. Il s'inscrit dans la lignée des travaux actuels de Luba Tchertanov (CMLA), de ceux récemment engagés par Bastien Vincke (SATIE) ou encore par Matthias Függer (LSV) ainsi que de ceux d'Elisa Budyn (LMT) (voir Tableau 2). Les projets existants témoignent de la dynamique actuelle de ce thème de recherche qui se développe grâce à des interactions entre l'Institut Farman et différents partenaires : LBPA (Institut d'Alembert), LIMSI et LRI (Univ. Paris-Sud). Compte tenu des résultats mentionnés dans le bilan (voir rubrique *projets représentatifs et faits marquants*), c'est une dynamique qu'il nous paraît important de soutenir. Nous le ferons de concert avec l'Institut d'Alembert avec lequel, d'une manière générale, nous comptons renforcer la coopération (journées scientifiques communes, ouverture réciproque de nos appels à projets respectifs...).

Laboratoire	Domaine d'expertise	Exemples de travaux
CMLA (Institut Farman) LBPA (Institut d'Alembert)	Géométrie et statistiques Analyse biologique	Etude de la dynamique moléculaire par simulation et visualisation 3D basées sur des approches géométriques et statistiques. <u>Objectif</u> : Comprendre les processus physiologiques intracellulaires en vue de développer de nouvelles molécules médicamenteuses. <u>Projets</u> : TOPDYN, ICAR, REVIDYM
SATIE (Institut Farman) LIMSI (CNRS/ Univ. Paris-Sud)	Multi-capteurs et instrumentation embarquée Interaction homme/machine et biologie moléculaire	Conception d'interfaces homme/machine instrumentées pour la manipulation 3D d'objets moléculaires déformables. <u>Objectif</u> : Observer les interactions entre une molécule manipulée via l'interface homme/machine et son environnement biomoléculaire. Ceci afin d'aider à la compréhension du fonctionnement des protéines et à l'expression du génome. <u>Projet</u> : BIOTININ.

LSV (Institut Farman)	Validation algorithmique et méthodes formelles	Développement d'une approche algorithmique de bactéries de synthèse vues comme des processus distribués à l'intérieur d'un graphe de communication/influence fortement dynamique. <u>Objectif</u> : Valider cette approche à partir de données expérimentales et appliquer les résultats à l'élaboration de nouvelles solutions algorithmiques en vue de synthétiser des médicaments.
LRI (CNRS/Univ. Paris-Sud)	Bio-informatique	<u>Projet</u> : DICIMUS.
LMT (Institut Farman)	Mécanique	Etude des effets des stimulations mécaniques sur la réponse biologique de tissus osseux à partir d'expériences et de simulations numériques.
LBPA (Institut d'Alembert)	Biologie	<u>Objectif</u> : Identifier des facteurs mécaniques, électriques et chimiques influant sur les capacités réparatrices osseuses en vue de nouveaux traitements. <u>Projets</u> : BONELABS, BonOnThemov.

Tableau 2 : Principales compétences des laboratoires de l'Institut Farman touchant à la *biologie* et exemples de collaborations pluridisciplinaires faisant l'objet de projets Farman.

Le troisième axe de recherche que l'institut entend soutenir concerne les *applications de la maîtrise des systèmes complexes à l'usine du futur et à la transition énergétique*. On exploitera en particulier les retombées liées au procédé de *fabrication additive*, mentionné précédemment, qui permet de fabriquer de manière automatisée des pièces mécaniques en polymère ou en métal, par dépôt de couches de matériau. Ce procédé est porteur de perspectives industrielles, notamment en raison de son potentiel en matière de forme et de précision des pièces réalisées. C'est aussi une source de problématiques de recherche. Optimiser un tel procédé demande en effet de traiter des questions liées à la caractérisation mécanique et géométrique des pièces produites, au pilotage du système, à l'instrumentation in-situ, au contrôle non destructif et à l'apprentissage statistique, tous sujets qui touchent aux compétences de l'Institut Farman et notamment du LURPA du LMT et du SATIE, comme l'illustre le tableau 3. Le LURPA, fort de son expertise en *smart manufacturing*, est bien sûr concerné au premier chef. Depuis 2018, il héberge une plate-forme répondant au nom de FAPS (Fabrication Additive Paris-Saclay) basée sur le dépôt de couches de poudre métallique et sur la fusion laser. Cet équipement lié à un projet soutenu par l'Université Paris-Saclay est coordonné par Christophe Tournier (directeur du LURPA) et il fonctionne notamment grâce à un ingénieur de l'ENS Paris-Saclay, Nicolas Muller (LURPA).

Plus généralement, l'institut favorisera toutes les initiatives visant à progresser dans la direction de l'*usine du futur* et de la *transition énergétique*, c'est-à-dire toutes les innovations visant à modifier les modes de production et de consommation de l'énergie de notre société. La conception et mise en œuvre de telles innovations reposent aujourd'hui sur la maîtrise et l'optimisation des *systèmes complexes*, et nécessitent la coopération de compétences multiples (mathématiques, informatique, sciences de l'ingénieur) au sein d'établissements interdisciplinaires dont l'Institut Farman veut être un exemple.

Laboratoire	Domaine d'expertise	Exemples de travaux
LURPA (Institut Farman)	Contrôle des procédés, usinage intelligent	Développement de modèles de simulation réalistes d'états de surfaces usinées exploitant des processeurs graphiques Nvidia. Objectif : Accélérer les calculs de simulation d'usinage.
LMT (Institut Farman)	Structures et systèmes mécaniques, calcul haute performance	<u>Projets</u> : SIMSURF1&2.
SATIE (Institut Farman)	Traitement d'images Contrôle non destructif	Développement de méthodes de recalage 3D pour l'analyse de matériaux issus de fabrication additive, à partir de techniques d'optimisation de placement issues de la robotique et de méthodes de corrélation d'images couplées à des modélisations éléments finis. <u>Objectif</u> : Etudier les structures sans recourir à un marquage speckle. <u>Projets</u> : REDEMA, INVERSYM, HYDEM, CVERT.

Tableau 3 : Compétences des laboratoires de l'Institut Farman sur des problématiques pouvant concerner l'usine du futur et la transition énergétique, et exemples de projets Farman liés à ces problématiques.

3. OUVERTURE AUX PARTENARIATS SUR LE PLATEAU DE SACLAY

Au-delà de nos 5 laboratoires membres, le plateau de Saclay, où l'ENS Paris-Saclay déménagera fin 2019 ou début 2020, offre des complémentarités scientifiques dont il est intéressant de tirer parti. C'est pourquoi nous allons poursuivre l'ouverture de nos appels à projets en direction des laboratoires académiques et des industriels du plateau, amorcée en 2017. Les projets réunissant un laboratoire de l'institut et un partenaire de Saclay seront ainsi éligibles à nos appels à projets, avec pour règle que le financement attribué soit versé au laboratoire membre de l'institut. Cette démarche vise à aider nos chercheurs à tisser les liens qui leur semblent les plus opportuns pour mener à bien des recherches interdisciplinaires entrant dans le champ que nous nous sommes fixé. Il conviendra d'étudier, notamment au regard des collaborations qui s'ensuivront, s'il y a lieu de

mettre en place des coopérations renforcées avec certains laboratoires et établissements de Saclay. L'élargissement du périmètre de l'Institut Farman est une option à laquelle nous sommes ouverts, tout en restant attachés à une structure agile et non technocratique.

Sans préjuger des collaborations qui se mettront en place à l'avenir, sept projets sont déjà en cours avec différents laboratoires du plateau (Tableau 4) dont trois avec le LIMSI (Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur, CNRS-UPR3251/Univ. Paris-Sud).

Projet	Période	Laboratoire Farman	Partenaire Paris-Saclay
ANIGLoC	2018-2019	LMT	MIPS (Centrale Supélec)
AREVIR	2018-2019	CMLA	Thorax Innovation Inserm U999 (Univ. Paris-Sud)
DICIMUS	2018-2019	LSV	LRI (Univ. Paris-Sud)
CAT	2017-2018	SATIE	LIMSI (CNRS/ Univ. Paris-Sud)
BIOTININ	2017-2018	SATIE	LIMSI (CNRS/ Univ. Paris-Sud)
REDEMA	2017-2018	SATIE	LMS (Ecole Polytechnique)
OpEnMaRE	2017-2018	LMT	LIMSI (CNRS/ Univ. Paris-Sud)

Tableau 4 : Projets Institut Farman réalisés en collaboration avec des partenaires du plateau de Saclay sur la période 2017-2019.

4. CONCLUSION

La simulation occupe une place prépondérante dans les sciences. Pour les sciences pour l'ingénieur en particulier elle constitue un outil autant qu'un objet de recherche qui évolue à mesure que se développent les moyens numériques. C'est donc comme une évidence qu'est apparu l'intérêt de fédérer les recherches des cinq laboratoires en sciences pour l'ingénieur de l'ENS Paris-Saclay autour de ce dénominateur commun. En outre, en sciences pour l'ingénieur les systèmes développés sont désormais complexes, au sens notamment qu'ils combinent différentes disciplines. Aussi, l'intérêt de l'interdisciplinarité constituait-il un second motif de rapprochement pour cinq laboratoires œuvrant au développement de tels systèmes. Telles sont les raisons qui ont présidé à la création en 2006 de l'Institut Farman qui depuis lors œuvre à favoriser l'interdisciplinarité dans le domaine de la modélisation, de la simulation et de la validation des systèmes complexes. Institut fédératif hors murs, nous nous fixons une mission d'animation scientifique. Nous disposons pour ce faire essentiellement de deux moyens d'action : l'organisation d'appels à projets et les journées thématiques et d'échanges.

Notre politique est de laisser aux chercheurs une grande latitude quant aux sujets interdisciplinaires qu'ils souhaitent développer, tout en encourageant certains axes spécifiques vers lesquels convergent les forces de nos laboratoires. Forces qui reposent sur des compétences mais également sur des équipements d'intérêt commun (mur d'image, tomographe à rayons X, cluster FUSION, plateforme de fabrication additive FAPS). Notre méthode d'incitation consiste à organiser des

journées thématiques afin, par les contacts et d'échanges qu'elles suscitent, de poser les ferments de futurs projets. Comme exposé plus haut, durant le prochain quinquennat trois axes seront au cœur de nos actions d'animation : la *bio-informatique*, l'*intelligence artificielle* et la *fabrication additive*.

Par ailleurs, l'Institut Farman poursuivra sa *politique d'ouverture*, d'une part *vers l'Institut d'Alembert* (ouverture réciproque d'appels à projets, journées thématiques communes) afin en particulier de développer l'axe bio-informatique, et d'autre part *vers les laboratoires et partenaires du plateau de Saclay* afin de tirer le meilleur parti des complémentarités scientifiques offertes sur place en vue du développement de thématiques de recherche forcément fédératrices au-delà de l'institut.

Au regard des collaborations qui s'ensuivront, il conviendra d'étudier s'il y a lieu de mettre en place des coopérations renforcées avec certains laboratoires et établissements de Saclay. L'élargissement du périmètre de l'Institut Farman est une option à laquelle nous sommes ouverts, tout en restant attachés à un mode de fonctionnement qui conserve son agilité et continue de représenter une facilité pour les chercheurs en sciences pour l'ingénieur ; leur offrant une grande liberté d'action, l'accès à des équipements d'intérêt commun, quelques moyens et l'opportunité d'échanges scientifiques interdisciplinaires.

Date et signature du responsable de la structure

Cachan, le 22 août 2018

