

# GREYCY

Laboratoire de recherche en sciences du numérique

## Rapport pour l'évaluation HCERES du laboratoire GREYCY

Période 2015-2020

Version du 15 octobre 2020



Normandie Université



UNIVERSITÉ  
CAEN  
NORMANDIE



ÉCOLE PUBLIQUE D'INGÉNIEURS  
CENTRE DE RECHERCHE



## **Préambule**

*Ce rapport est le document d'auto-évaluation du laboratoire GREYC sur la période 2015-2020 en vue de son évaluation par l'HCERES.*

Comité de rédaction : G. Bonnet, C. Charrier, J. Clément, B. Crémilleux, B. Cuissart, G. Dias, P. Dorbec, E. Giguët, O. Lézoray, L. Méchin, C. Rosenberger, M. Spaniol, D. Tschumperlé, B. Zanuttini.

Copyright © 2020 GREYC UMR 6072 du CNRS, ENSICAEN, UNICAEN

PUBLICATION DU LABORATOIRE GREYC

*Octobre 2020*



## Table des matières

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Bilan de l'unité</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Présentation de l'unité</b>                                   | <b>7</b>  |
| 1.1.1      | Structuration scientifique du laboratoire                        | 7         |
| 1.1.2      | Politique scientifique   | 8         |
| 1.1.3      | Prise en compte des recommandations de l'HCERES                  | 10        |
| 1.1.4      | Profil d'activités de l'unité                                    | 11        |
| <b>1.2</b> | <b>Insertion dans l'écosystème du site</b>                       | <b>11</b> |
| 1.2.1      | Politique scientifique régionale                                 | 11        |
| 1.2.2      | Interactions avec l'environnement social, économique et culturel | 12        |
| 1.2.3      | Investissement du GREYC dans la formation                        | 13        |
| 1.2.4      | Implication dans la vie des structures                           | 16        |
| <b>1.3</b> | <b>Produits et activités de la recherche</b>                     | <b>17</b> |
| 1.3.1      | Production scientifique  | 17        |
| 1.3.2      | Ressources financières   | 18        |
| 1.3.3      | Rayonnement et attractivité académique                           | 19        |
| 1.3.4      | Faits marquants  | 20        |
| <b>1.4</b> | <b>Organisation et vie de l'unité</b>                            | <b>20</b> |
| 1.4.1      | Gouvernance  | 21        |
| 1.4.2      | Les ressources humaines  | 23        |
| 1.4.3      | Animation scientifique   | 28        |
| 1.4.4      | Fonctionnement interne   | 29        |
| <b>1.5</b> | <b>Conclusion</b>  | <b>31</b> |
| <b>2</b>   | <b>Bilan des équipes de recherche</b>                            | <b>33</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Équipe AmacC</b>  | <b>33</b> |
| 2.1.1      | Présentation de l'équipe   | 33        |
| 2.1.2      | Produits et activités de la recherche                            | 36        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>2.2</b> | <b>Équipe CoDaG</b>                            | <b>39</b>  |
| 2.2.1      | Présentation de l'équipe                       | 39         |
| 2.2.2      | Produits et activités de la recherche          | 44         |
| <b>2.3</b> | <b>Équipe MAD</b>                              | <b>46</b>  |
| 2.3.1      | Présentation de l'équipe                       | 46         |
| 2.3.2      | Produits et activités de la recherche          | 51         |
| <b>2.4</b> | <b>Équipe HULTECH</b>                          | <b>53</b>  |
| 2.4.1      | Présentation de l'équipe                       | 53         |
| 2.4.2      | Produits et activités de la recherche          | 58         |
| <b>2.5</b> | <b>Équipe MONEBIOM</b>                         | <b>59</b>  |
| 2.5.1      | Présentation de l'équipe                       | 59         |
| 2.5.2      | Produits et activités de la recherche          | 64         |
| <b>2.6</b> | <b>Équipe IMAGE</b>                            | <b>66</b>  |
| 2.6.1      | Présentation de l'équipe                       | 66         |
| 2.6.2      | Produits et activités de la recherche          | 70         |
| <b>2.7</b> | <b>Équipe ELEC</b>                             | <b>72</b>  |
| 2.7.1      | Présentation de l'équipe                       | 72         |
| 2.7.2      | Produits et activités de la recherche          | 77         |
| <b>3</b>   | <b>Stratégie et perspectives scientifiques</b> | <b>79</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Unité de recherche</b>                      | <b>79</b>  |
| 3.1.1      | Auto-évaluation                                | 79         |
| 3.1.2      | Gouvernance                                    | 82         |
| 3.1.3      | Politique scientifique                         | 83         |
| 3.1.4      | Ressources humaines                            | 86         |
| 3.1.5      | Formations par la recherche                    | 87         |
| 3.1.6      | Politique régionale                            | 87         |
| 3.1.7      | Relations partenariales                        | 87         |
| 3.1.8      | Communication et médiation scientifique        | 89         |
| 3.1.9      | Relations internationales                      | 90         |
| <b>3.2</b> | <b>Équipe AMACC</b>                            | <b>91</b>  |
| 3.2.1      | Analyse SWOT                                   | 91         |
| 3.2.2      | Perspectives scientifiques                     | 92         |
| <b>3.3</b> | <b>Équipe CODAG</b>                            | <b>93</b>  |
| 3.3.1      | Analyse SWOT                                   | 93         |
| 3.3.2      | Perspectives scientifiques                     | 96         |
| <b>3.4</b> | <b>Équipe MAD</b>                              | <b>101</b> |
| 3.4.1      | Analyse SWOT                                   | 101        |
| 3.4.2      | Perspectives scientifiques                     | 102        |
| <b>3.5</b> | <b>Équipe SAFE</b>                             | <b>105</b> |
| 3.5.1      | Analyse SWOT                                   | 105        |
| 3.5.2      | Perspectives scientifiques                     | 106        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>3.6</b> | <b>Équipe IMAGE</b>                                       | <b>110</b> |
| 3.6.1      | Analyse SWOT  | 110        |
| 3.6.2      | Perspectives scientifiques                                | 111        |
| <b>3.7</b> | <b>Équipe ELEC</b>  | <b>113</b> |
| 3.7.1      | Analyse SWOT  | 113        |
| 3.7.2      | Perspectives scientifiques                                | 114        |
| <b>4</b>   | <b>Annexes</b>  | <b>119</b> |
| <b>A</b>   | <b>Lettre d'engagement</b>                                | <b>119</b> |
| <b>B</b>   | <b>Organigramme</b>                                       | <b>120</b> |
| <b>C</b>   | <b>Actions de médiation scientifique</b>                  | <b>121</b> |
| <b>D</b>   | <b>Liste des réalisations et produits de la recherche</b> | <b>123</b> |
| D.1        | Unité GREYC   | 123        |
| D.2        | Equipe AmacC  | 226        |
| D.3        | Equipe CODAG  | 239        |
| D.4        | Equipe MAD  | 261        |
| D.5        | Equipe HULTECH  | 276        |
| D.6        | Equipe MONEBIOM   | 290        |
| D.7        | Equipe IMAGE  | 312        |
| D.8        | Equipe ELEC   | 350        |
| <b>E</b>   | <b>Document unique</b>                                    | <b>381</b> |
| <b>F</b>   | <b>Responsabilités au sein du GREYC</b>                   | <b>389</b> |





# 1. Bilan de l'unité

## 1.1 Présentation de l'unité

Le Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen (GREYC) est une unité de recherche mixte associée au CNRS (à titre principal à l'INS2I et à titre secondaire à l'INSIS), à l'Université de Caen Normandie (UNICAEN) et à l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen (ENSICAEN). Il a été fondé en 1995 (UMR CNRS depuis 2000) par la fusion de plusieurs équipes de recherche en informatique et électronique. Le laboratoire est composé de 160 membres avec 81 chercheurs et enseignants-chercheurs et 19 ITA-BIATSS. Le GREYC effectue des recherches fondamentales, méthodologiques et appliquées sur des problématiques relevant des sciences du numérique. Il est reconnu par des contributions originales, des réalisations matérielles et logicielles, des validations expérimentales et des collaborations pluridisciplinaires aussi bien dans le domaine des Sciences Humaines et Sociales (SHS) ou de la Santé.

Le laboratoire GREYC est hébergé par ses tutelles universitaires principalement sur le site du campus 2 de Caen (UFR des Sciences et ENSICAEN) et quelques sites délocalisés (dont Cherbourg). La recherche est principalement effectuée au sein de ses équipes qui jouent un rôle important dans le paysage scientifique régional, national et international. Le périmètre des équipes a été stable lors du dernier quinquennat hormis le départ de l'équipe Automatique du laboratoire, nos collègues font désormais partie du LAC (Laboratoire d'Automatique de Caen - EA 7478). La recherche est faite par des chercheurs et enseignants-chercheurs motivés et soutenus par des personnels techniques et administratifs de qualité qui ont des projets communs et qui disposent d'un espace viable et de moyens appropriés pour les réaliser.

### 1.1.1 Structuration scientifique du laboratoire

Durant ce quinquennat, le GREYC était composé de 7 équipes :

- L'équipe *Algorithmique, Modèles de Calcul, Aléa, Cryptographie, Complexité (AmacC)*
- L'équipe *Contraintes, Data mining, Graphes (CoDaG)*
- L'équipe *Modèles, Agents et Décision (MAD)*
- L'équipe *Technologies du Language Humain (HulTech)*
- L'équipe *Image*
- L'équipe *Monétique & Biométrie (MoneBiom)*

— L'équipe *Electronique (Elec)*

Les activités de recherche du laboratoire peuvent se décliner en trois thématiques scientifiques. Cette structuration a uniquement pour objectif d'accroître la lisibilité de nos recherches (une équipe peut élargir dans 2 thématiques) :

- Le thème *Algorithmes et Intelligence Artificielle* concerne les activités sur la modélisation (aléa et incertitude, automates cellulaires, processus décisionnels, systèmes dynamiques, systèmes multi-agents, modèles de raisonnement, extraction d'information,...), les outils formels (logique, complexité, graphes, probabilités,...), et les méthodes algorithmiques (algorithmique de l'approximation, algorithmique probabiliste, optimisation déterministe ou stochastique, programmation linéaire, programmation dynamique,...). Cette culture se distingue par une approche spécifique "Modéliser, Formaliser, Analyser" des problèmes ou des données.
- Le thème *Science des données* englobe le traitement de l'information allant des modèles et des outils de modélisation et de représentation de l'information jusqu'aux méthodes algorithmiques qui en découlent. Les recherches qui y sont développées portent sur le traitement des données (signal, image, vidéo, document, texte), la recherche d'information (texte, document, image, multimédia), la reconnaissance de formes, la sécurité numérique (protection de la vie privée, biométrie).
- Le thème *Capteurs et instruments* vise à répondre aux défis d'une instrumentation à haute valeur ajoutée via un traitement approprié des données et des rétroactions adéquates. Ces enjeux peuvent être relevés en exploitant judicieusement les compétences de l'équipe électronique sur l'analyse, la réalisation et la mise en oeuvre de capteurs physiques.

Un effort important a été consenti pour définir clairement le périmètre de chaque équipe, identifier les thèmes de recherche fédérateurs et les compétences du laboratoire.

### 1.1.2 Politique scientifique

La politique scientifique du GREYC a été définie à partir de son projet scientifique et de ses ambitions, compte tenu de sa politique scientifique interne et des opportunités offertes aux niveaux régional, national et international. Les ambitions du GREYC sont conformes au développement des sciences du numérique à savoir contribuer aux transformations numériques de la société. Elles consistent à conforter l'originalité de sa recherche fondamentale et à développer sa recherche méthodologique dans une ambiance scientifique favorable aux interactions entre ses équipes notamment grâce aux séminaires et la fédération NormaStic (FR 3638) avec le LITIS (EA 4108). Dans chaque équipe, la recherche est structurée en thèmes qui constituent un projet de recherche cohérent accompagné d'une stratégie appropriée pour sa réalisation.

#### Politique scientifique interne

La politique scientifique interne du laboratoire est détaillée dans les bilans des équipes au chapitre suivant. Cette politique scientifique a été définie au sein du comité de direction du laboratoire et votée lors d'un conseil du laboratoire spécifique. Nous nous focalisons ici sur les actions fortes qui ont été menées pour la réalisation de notre politique scientifique.

- L'équipe Automatique ne fait plus partie du GREYC, les membres font désormais partie du LAC (Laboratoire d'Automatique de Caen - EA 7478) malgré les efforts conséquents de l'équipe de direction du GREYC à soutenir sa pérennité. Les nombreux problèmes internes au sein de cette équipe ont été jugés par les tutelles comme présentant un risque trop important pour le laboratoire.
- Une stabilisation du périmètre des équipes d'informatique au cours du dernier quinquennat : ceci a été accompagné par une politique d'emploi audacieuse par rapport à la dynamique

du renouvellement du potentiel scientifique du GREYC dans un contexte d'excellence par un recrutement ouvert vers l'extérieur. 7 recrutements sur les 10 effectués sur ce quinquennat sont extérieurs (avec 2 promotions internes en tant que PR et 1 recrutement MCF après mobilité en post-doc). La politique d'emploi est détaillée dans la section dédiée aux ressources humaines.

- Une forte volonté de valoriser notre production scientifique à travers des publications dans les revues phares de nos domaines de recherche. Si l'on se réfère au dernier quinquennat, le taux moyen des publications dans des revues internationales est quasi stable (passé de 3.76 à 3.59) et le ratio des publications dans des revues internationales par rapport aux communications dans des conférences internationales a nettement progressé (passé de 50.2% à 61.2%).
- Un encouragement soutenu aux activités contractuelles et à la valorisation industrielle : l'activité contractuelle réalisée par les équipes sur ce quinquennat témoigne de cette volonté : 13 projets avec les tutelles, 6 projets avec l'état, 15 projets ANR, 25 projets régionaux, 5 projets européens, 7 projets internationaux et 54 contrats industriels. 7 entreprises innovantes ont été créées avec un soutien conséquent du laboratoire autour d'une ingénierie des systèmes à haute valeur ajoutée.
- Une politique incitative aux soutenances des HdR : la formation par la recherche occupe une part importante des activités du GREYC qui est soucieux de son potentiel doctoral et du devenir de ses doctorants. La politique d'incitation à l'encadrement est maintenue pour préserver et accroître notre potentiel d'encadrement de la recherche (9 HdR sur le quinquennat). Les membres du laboratoire qui ont une activité de recherche suffisamment mature pour soutenir une HdR sont invités à rédiger leur mémoire HdR. Ce mémoire est ensuite envoyé à une personnalité extérieure, choisie par le responsable d'équipe en accord avec la direction, pour une expertise reposant sur les critères utilisés pour la qualification des professeurs des universités. Dans le cas d'une expertise positive, la direction donne un avis favorable pour une inscription HdR. La rédaction d'une HdR est un atout pour le soutien de la direction du GREYC aux demandes de délégations CNRS et/ou INRIA et de CRCT. Des allocations des établissements sont accordées prioritairement aux jeunes HdR pour développer leur activité de recherche.
- Le laboratoire a créé en 2014 le service de Développement et Déploiement d'Applications (DDA) pour faciliter la conception de plateformes logicielles du laboratoire. Il est chargé de mettre en place un socle organisationnel commun aux différents logiciels. Ce service est composé de 4 personnes consacrant de 20% à 100% de leur temps à ces différentes missions, soit 2.2 équivalent temps plein. Ses activités sont réalisées en étroite collaboration avec le service ASR<sup>1</sup> autour des objectifs suivants :
  - Pérennisation et valorisation des développements logiciels du GREYC via la mise en production de la vitrine de promotion du savoir-faire des chercheurs du laboratoire. Un site Web a été conçu afin de valoriser les logiciels développés au GREYC (dont beaucoup avec l'appui du service DDA)<sup>2</sup>.
  - Contribution à la finalisation d'outils logiciels issus des activités de recherche des chercheurs et personnels contractuels amenés à développer eux-mêmes des produits logiciels.
  - Un séminaire commun aux services ASR et DDA a été mis en place et des formations ont été suivies dans le domaine de la gestion de projets. Un guide des bonnes pratiques du développement logiciel a été rédigé et diffusé au sein du laboratoire. Une journée thématique sur la pratique du logiciel libre et des outils associés à la diffusion de

---

1. Administration Systèmes et Réseaux

2. <https://valorisation.greyc.fr/catalog/>

logiciels dans l'enseignement supérieur et la recherche a été organisée pour informer sur les types de licences sous lesquelles un logiciel peut être diffusé.

### Politique scientifique nationale et internationale

Au niveau national, le GREYC s'inscrit dans la politique scientifique de ses instituts de rattachement, en l'occurrence l'INS2I et l'INSIS, et répond aux appels à projet de l'ANR et du Plan d'Investissement d'Avenir (PIA). Plusieurs actions ont été menées conformément aux recommandations du CNRS :

- Répondre à des appels structurants (EUR Minmacs non retenu mais très bien évalué, ANR Chaire IA avec Frédéric Jurie comme lauréat, ANR thèses IA retenu porté par la COMUE Normandie).
- Proposer des candidats aux distinctions nationales et inciter des candidatures à l'IUF. Jalal Fadili a été nommé membre junior de l'IUF de 2013 à 2017.
- Répondre aux différents appels à projets du CNRS : nous avons eu 5 projets PEPS sur ce quinquennat et 1 défis Mastodons coordonné par le GREYC.
- Inciter à la participation et montage de projets européens : 3 projets d'ampleur sur le quinquennat (2 H2020, 1 ANR CHIST-ERA).
- Une forte implication dans le fonctionnement des GDR ISIS, MIA, IM, OXYFUN, Robotique, MADICS et Sécurité. Outre une participation scientifique active à ces GDR, des membres du GREYC sont impliqués dans l'animation scientifique de ces GDR.
- Organiser des manifestations scientifiques soutenues par le CNRS (PFIA'2017, STACS'2018, CyberWorlds'2020 ...).
- Inciter de très bonnes candidatures pour le concours de chercheurs du CNRS (26 sur le quinquennat avec le GREYC comme potentiel laboratoire d'accueil) donnant lieu au recrutement d'un CR (Yvain Queau) et à une promotion DR (Laurence Méchin).

Au niveau international, le GREYC est visible par les actions suivantes :

- Des expertises réalisées pour des agences de financement de la recherche à l'international par des membres du laboratoire (Canada, Suisse, Italie, Pays-Bas, Roumanie, Hong-Kong, Belgique, République Tchèque...),
- Des collaborations scientifiques fructueuses, notamment avec l'Amérique Latine dans le cadre du projet CNRS STIC-AMSUD qui se sont concrétisées et renforcées par la création d'une nouvelle équipe à l'intérieur du Laboratoire International Associé INFINIS à Buenos Aires. On peut citer également les collaborations avec la Norvège ayant permis au GREYC de s'insérer dans le réseau européen P4C sur le thème de la cybersécurité.
- L'organisation de colloques internationaux : 9 conférences (2 en Normandie), 7 workshops et 1 école d'été ont été organisés par des membres du GREYC sur le quinquennat,
- Les thèses préparées en co-tutelle : 9 thèses ont été préparées dans ce contexte sur ce quinquennat.

### 1.1.3 Prise en compte des recommandations de l'HCERES

Le précédent comité de visite HCERES mentionnait trois recommandations :

- La résolution des problèmes au sein de l'équipe Automatique : l'équipe Automatique ne fait plus partie du GREYC et a donné lieu à la création du LAC (Laboratoire d'Automatique de Caen - EA 7478) depuis 2017 suite à une décision des tutelles.
- La poursuite de la politique de recrutement de qualité avec la volonté de recruter à l'extérieur : nous avons adopté la politique suivante de recrutement au sein du GREYC. Un candidat local sur un poste de MCF est un doctorant ayant fait sa thèse sous la (co)-direction d'un membre du GREYC. Le laboratoire GREYC ne souhaite pas recruter un candidat local s'il n'a pas fait au minimum une année pleine de mobilité après sa thèse. Un

candidat local pour un poste de PR est soit un MCF soit un chercheur CNRS du GREYC. Pour tout recrutement (MCF ou PR), à candidat équivalent, le laboratoire préfère recruter un candidat externe. Sur le quinquennat, 7 des 10 recrutements d'enseignant-chercheurs sont externes (avec 2 promotions internes en PR), tous les recrutements respectent cette politique.

- Le soutien des jeunes enseignants-chercheurs par décharge d'enseignement : l'UNICAEN a mis en place une décharge d'enseignement pour les nouveaux recrutés (32h éq. TD la première année). Ce n'est pas le cas à l'ENSICAEN, pour l'instant. La nomination d'un chargé de mission "Carrières" au sein du laboratoire en 2019 a notamment pour objectif de soutenir et aider les nouveaux collègues dans leur intégration.

#### 1.1.4 Profil d'activités de l'unité

Nous avons établi les profils d'activités en considérant que les contributions du laboratoire à la recherche académique, à l'interaction avec l'environnement (projets de recherche publics et contrats industriels) et à la formation par la recherche (doctorants et stagiaires) sont respectivement de l'ordre de 35 %, 35 % et 30 %. Les profils d'activités des équipes ont été déterminés à partir d'une modulation des profils du laboratoire par les taux de publication, d'encadrement et de participation à l'interaction avec l'environnement. Cette modulation permet d'identifier les contributions des équipes au laboratoire. En ce qui concerne les personnels ITA et BIATSS du laboratoire, nous avons considéré qu'ils contribuent pour environ 10% à la recherche académique, 10 % à la formation par la recherche et donc 80% en appui à la recherche et l'interaction avec l'environnement.

## 1.2 Insertion dans l'écosystème du site

### 1.2.1 Politique scientifique régionale

Notre forte collaboration avec le laboratoire LITIS (EA 4108) basée à Rouen avait déjà permis en 2014 la création de la fédération NormaSTIC (FR 3638). Cette structure a pour objectif de promouvoir les synergies scientifiques dans le domaine des STIC en Normandie. L'animation de la recherche au sein de NormaSTIC est structurée en quatre axes, en l'occurrence Algorithmique et combinatoire, Systèmes complexes, Analyse et traitement d'images, Données - Apprentissage - Connaissances. Trois instruments d'animation scientifique ont été retenus sur ce quinquennat : l'organisation de journées thématiques communes, le financement de stages de Master communs entre des équipes du GREYC et du LITIS, le soutien des colloques scientifiques en Normandie.

Normandie Université est la COMUE Normande créée en 2015. Le site Normand a été structuré en 5 pôles stratégiques de formation et de recherche. Le GREYC est un acteur majeur du pôle "Sciences du Numérique" (SN). Tous les laboratoires du pôle SN font partie de l'École Doctorale "Mathématiques, Information, Ingénierie des Systèmes" (MIIS) - ED 590. Cette structuration a été très bénéfique au GREYC car elle a permis de renforcer nos liens avec les unités de recherche Normandes en mathématiques, informatique et sciences de l'ingénieur. Cette structuration régionale nous a aussi permis de candidater à plusieurs appels nationaux avec une taille critique (PIA EUR, ANR chaire IA, ANR thèse IA).

La Région Normandie créée au 1er janvier 2016 a repris la structuration de Normandie Université sur l'enseignement supérieur via 5 Réseaux d'Intérêt Normands (RIN). Le périmètre du pôle SN est équivalent au RIN Normandie Digitale de la Région. La région Normandie soutient fortement l'ESR Normand par différents appels à projet :

- RIN Doctorants : ce sont des allocations de thèse 100% ou 50% (co-financées par un organisme extérieur). En 2019, à titre d'exemple, 56 allocations 100% (dont 1 pour le



Figure 1.1 – Structuration scientifique régionale au sein de Normandie Université.

- GREYC) et 46 allocations à 50% (dont 1 pour le GREYC) ont été financées,
- RIN Plateformes de recherche, Labels d'excellence, Chaires d'excellence : un label d'excellence est un projet de recherche normand labellisé de très grande qualité scientifique et de taille significative pour la discipline considérée (ex : Labex). Une plateforme de recherche est une infrastructure ou un dispositif assurant au meilleur niveau technologique, une mission de service (prestations, collaborations) pour une ou plusieurs communautés scientifiques du domaine public ou privé. Une chaire d'excellence a pour objectif d'attirer en Normandie des chercheurs français ou étrangers de haut niveau. Pour 2019, la Région Normandie a financé des plateformes (8.7M€), quelques chaires (1.9M€), et des labels d'excellence (2.9M€). Le GREYC a bénéficié de 150K€ en 2019 à titre d'exemple pour un projet avec l'unité comme partenaire,
  - RIN projets Emergents et Tremplin : un projet Emergent concerne le soutien pour 2 ans maximum, pour un chercheur ou une équipe souhaitant développer un projet précurseur ou souhaitant développer une nouvelle thématique. Un projet Tremplin est un projet de recherche à fort potentiel et à haut niveau d'ambition scientifique, projetant d'aboutir à une labellisation d'excellence, à une collaboration internationale ou permettant une valorisation socio-économique. Pour 2019, la Région a financé des projets émergents (2.5M€) et tremplin (6.9M€). Le GREYC a bénéficié de 152K€ en 2019 à titre d'exemple pour deux projets où le GREYC est impliqué.

L'expertise scientifique est pilotée par le pôle SN de Normandie Université. Jusqu'en 2019, des experts extérieurs étaient mandatés par le pôle SN pour évaluer les projets déposés. Depuis 2019, cette évaluation est réalisée par l'ANR. Grâce au soutien fort de la Région Normandie (en considérant le financement et la confiance dans l'expertise réalisée par le pôle SN), les unités de recherche Normandes dont le GREYC ont largement bénéficié de financements permettant de pallier le faible taux de succès à l'ANR.

### 1.2.2 Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Le GREYC a un rôle moteur dans le domaine des sciences du numérique en Normandie. Ce rôle est attesté par une activité pédagogique de qualité, une activité de recherche soutenue avec l'ensemble des forces vives inscrites dans le développement régional et des initiatives vigoureuses de structuration du potentiel de recherche normand comme en témoignent les faits suivants :

- Forte implication dans la formation par la recherche, au bénéfice des étudiants et du laboratoire.
- Acteur de nombreuses formations attractives avec de bonnes perspectives d'emploi offertes à nos étudiants, qui sont aussi initiés au monde de la recherche par les enseignements de qualité de nos Masters.
- Une structuration de la recherche Normande en science du numérique permettant de répondre à des appels d'ampleur.
- Une activité de recherche soutenue avec les collectivités territoriales avec une attitude positive à toutes les sollicitations (rencontres organisées par l'agence de développement de Normandie (ADN), filières et pôles de compétitivités normands, . . .).
- Une relation privilégiée avec les industriels locaux (Orange, FIME, Groupe Hamelin, Itekube, . . .).
- Une recherche interdisciplinaire avec la MRS<sup>3</sup> à partir des projets CPER et CPIER dans le domaine du document numérique.
- Une participation active à la RIS<sup>4</sup> dans la région Normandie.
- Une forte implication dans la diffusion de la culture scientifique par une participation active à la Fête de la Science et au FÊNO (Festival de l'excellence normande), une collaboration soutenue avec le Relais d'enseignants (détachement d'un de nos enseignants-chercheurs en médiation scientifique pendant 2 ans).
- Une activité d'essai remarquable à partir d'une ingénierie des systèmes à haute valeur ajoutée (Le GREYC est classé en 3<sup>ème</sup> position parmi l'ensemble des laboratoires du CNRS en nombre de création de start-ups innovantes). Le GREYC a plusieurs actions visant à soutenir des startups Normandes en science du numérique (apport d'expertise, stages, collaboration recherche, thèse CIFRE. . .).

### 1.2.3 Investissement du GREYC dans la formation

#### Formations au niveau Master

Le GREYC porte deux Masters, l'un en Informatique et l'autre en Électronique, Énergie Électrique, Automatique (EEEA). L'organisation de ces masters repose essentiellement sur les membres du GREYC. Sur le quinquennat, le *Master Informatique* comporte quatre parcours :

- **Décision et Optimisation (DOP).** Le parcours DOP est axé sur une démarche de modélisation, de formalisation et d'analyse, pour les domaines spécifiques de la fouille de données, de l'optimisation et de l'intelligence artificielle. Il est principalement porté par les équipes CoDaG et MAD et attire en moyenne entre 25 et 30 étudiants chaque année.
- **Sécurité des Systèmes Informatiques (SSI).** Le but du Master informatique parcours SSI est de former des apprenants ayant une vision et une compréhension en profondeur des mécanismes de sécurité et les capacités à les mettre en application. Les équipes MoneBiom et AmacC sont principalement impliquées dans ce parcours accueillant en moyenne 20 étudiants chaque année.
- **Internet, Données & Connaissances (IDC).** Le parcours IDC s'intéresse à l'analyse de données et à l'extraction de connaissances tout particulièrement en lien avec l'internet. De ce point de vue, il regroupe dans un même cursus, des savoirs en algorithmique, en apprentissage, en traitement automatique des langues allant jusqu'à l'extraction de connaissances. Ces savoirs sont complétés par des compétences dans les technologies émergentes de l'internet, sur la programmation et sur la méthodologie de gestion de projets en milieu professionnel. Les équipes HulTech et CoDaG sont principalement impliquées dans ce parcours accueillant en moyenne 16 étudiants chaque année.

3. Maison de la Recherche en Sciences Humaines

4. Research Innovation Strategies for Smart Specialisation

- **Image & Données Multimédia (IDM).** Le parcours IDM a pour objectif de former des femmes et des hommes aux métiers d'ingénieurs et de chercheurs dans les carrières scientifiques liés aux sciences des données, à l'apprentissage statistique et/ou utilisant des techniques d'imagerie et d'analyse numérique de données multimédia. Le parcours s'articule autour de deux thématiques complémentaires : le traitement du signal et les méthodes d'apprentissage automatique, c'est-à-dire en partant de l'étude et du traitement bas-niveau de l'information (images 2D, 3D, sons, graphe...) jusqu'à son traitement haut-niveau par des techniques d'intelligence artificielle telles que les réseaux de neurones. Certains cours sont communs avec l'ENSICAEN. L'équipe Image supporte ce parcours du Master accueillant en moyenne 14 étudiants chaque année.

Les différentes responsabilités pédagogiques sont occupées par des membres de l'unité. Les enseignants universitaires, appartenant tous au GREYC, sont épaulés par des vacataires venant de l'industrie. Mis à part ces enseignements assurés par des vacataires extérieurs, tous les enseignements de ces quatre parcours ont été construits par des membres du laboratoire. Les membres du laboratoire proposent chaque année des projets/stages liés aux activités de recherche en M1 et M2. Les élèves ingénieurs en informatique peuvent suivre les parcours E-Secure et IDM en double cursus (en moyenne 20 étudiants chaque année). Les étudiants de M2 constituent un bon vivier de recrutement de doctorants au sein du GREYC en informatique.

Le *Master mention Electronique, Energie Electrique, Automatique* comporte un seul parcours. Il permet d'acquérir des connaissances approfondies dans les domaines de l'instrumentation avancée et à faible bruit, embarquée et du contrôle, de l'étude et de la commande de systèmes "complexes". Cette expertise forte et reconnue est portée principalement en région par le GREYC. L'équipe ELEC propose chaque année des projets/stages liés aux activités de recherche en M1 et M2 en électronique et le LAC en automatique. Depuis 2017, cette formation n'a pas ouvert. En effet, les contraintes de seuil d'effectif imposées par l'université (+ de 12) et la faible qualité des étudiants, notamment issus de la licence Sciences pour l'Ingénieur mention EEEA et souhaitant poursuivre en Master, n'a pas permis d'assurer/garantir les flux d'entrants et de sortants. Peu d'étudiant de l'ENSICAEN ont préparé ce Master depuis les années 2005. La non-ouverture du Master EEEA apparaît comme une difficulté pour l'équipe Elec dans la recherche de candidats à une thèse.

### Implication dans la formation doctorale

Le GREYC a réalisé un encadrement doctoral de qualité (25% des doctorants ont obtenu un poste d'enseignant-chercheur après leur thèse, durée des thèses de 38 mois en moyenne), reposant sur ses 43 HdR. 60 thèses ont été commencées sur la période 2015-2019, en dépit d'un contexte plus difficile que celui du dernier quinquennat, où le nombre de thèses commencées sur la période 2010-2014 était de 74. Le vivier des doctorants du GREYC n'est pas essentiellement constitué par les étudiants issus de nos propres formations. De plus, de nombreuses thèses sont co-encadrées avec des partenaires à Caen, en France, en Afrique, en Asie ou en Europe. Enfin, notons que tous nos doctorants ont publié dans des conférences et/ou dans des revues reconnues de leur domaine durant leur thèse.

Le GREYC est rattaché à la formation doctorale au travers de l'Ecole Doctorale ED 590 - Mathématiques, Information, Ingénierie des Systèmes (MIIS) depuis janvier 2017. Avant cette date, le laboratoire faisait partie de l'école doctorale ED 181 SIMEM (Structures, Informations, MatiEre et Matériaux). L'ED MIIS regroupe, au sein de Normandie Université, 170 doctorants de formations diverses (mathématiques, informatique, instrumentation, automatique, sciences de l'ingénieur) constituant un large éventail de domaines scientifiques aux multiples interfaces. L'Ecole Doctorale est en phase avec les pôles de compétitivité ou d'excellence fortement soutenus

que sont le Pôle Transactions Electroniques Sécurisées (TES)<sup>5</sup>, le Pôle Mov'eo<sup>6</sup> ou encore le Pôle Nucléopolis<sup>7</sup>. Elle a donc également, à ce titre, un lien fort avec la plupart des forces vives du secteur industriel local et régional. L'ED s'appuie en amont sur un réseau de Masters régionaux en phase avec les priorités de ses unités d'accueil. Cette proximité permet un lien fort entre les permanents des différents laboratoires et les futurs doctorants, et l'organisation sur le site d'un très grand nombre de formations scientifiques de haut niveau pouvant être offertes aux doctorants de l'ED.

Cette ED est très soucieuse de la qualité de la formation par la recherche et du devenir des doctorants comme l'indiquent ses diverses activités, e.g. formation complémentaire, accompagnement des doctorants, journées scientifiques, etc. La répartition des contrats doctoraux des établissements et régionaux est faite au sein du Conseil de l'ED dans une ambiance très sereine en fonction du potentiel d'encadrement des laboratoires, de la valeur scientifique des sujets de thèse et de la qualité du parcours de formation des candidats. Le GREYC est fortement investi dans la formation doctorale dans le contexte de l'Ecole Doctorale MIIS :

- L'ED MIIS a toujours été dirigée par un membre du GREYC pendant ce quinquennat (Jalal Fadili puis Bruno Zanuttini).
- Le directeur et le directeur-adjoint du GREYC sont membres du bureau de l'ED, au sein duquel ils participent à la définition et à la mise en place de mesures permettant un meilleur déroulement des thèses, une meilleure formation des doctorants et une meilleure insertion professionnelle.
- Arielle Perrette a été membre du conseil de l'ED MIIS de 2017 à 2019.
- Mathieu Valois (doctorant au GREYC) a fait partie du bureau de l'ED MIIS comme représentant des doctorants.
- La mise en place du comité de suivi de thèse (obligatoire depuis 2017) composé d'au moins un membre extérieur à l'école doctorale, a permis l'amélioration du suivi des thèses et une limitation de la durée des thèses (38 mois sur ce quinquennat).
- La politique visant à confier les missions d'enseignement prioritairement aux doctorants en première et deuxième année a permis de réduire la durée des thèses. Le fait d'attribuer les postes d'ATER prioritairement aux doctorants ayant soutenu ou ayant un manuscrit rédigé a aussi contribué à réduire la durée des thèses.
- Depuis plusieurs années, le GREYC veille à ce que toutes les fins de thèse soient financées. Les demandes de dérogation pour des quatrième années de thèse ne sont validées que si un financement est prévu pour l'ensemble de la fin de thèse.

### **L'implication du GREYC dans les autres formations du site caennais**

En plus des Masters, le GREYC est fortement impliqué dans plusieurs formations du site Caennais. Le taux d'encadrement en informatique et électronique est relativement faible et la plupart des enseignants-chercheurs du GREYC ont des responsabilités pédagogiques importantes aussi bien dans les UFR (Sciences, Sciences Humaines et Sociales, Langues Vivantes Étrangères), l'ESIX (École Supérieure d'Ingénieurs de l'Université de Caen Normandie), l'IUT Grand Ouest Normandie de l'UNICAEN, qu'à l'ENSICAEN. Ces lourdes charges et responsabilités pédagogiques, nécessaires pour le bon déroulement des enseignements, sont parfois réalisées par certains enseignants-chercheurs au détriment de leur activité de recherche. La direction du GREYC milite pour une répartition des responsabilités collectives entre tous les membres. Nous donnons ci-dessous la liste des formations où interviennent les enseignants-chercheurs, chercheurs et ITA/BIATSS du GREYC.

---

5. [www.pole-tes.com](http://www.pole-tes.com)

6. [www.pole-moveo.org](http://www.pole-moveo.org)

7. [www.nucleopolis.com](http://www.nucleopolis.com)

**ENSICAEN**

- Spécialité Electronique et Physique Appliquée : Tronc commun et Majeure "Capteurs et systèmes de mesures" ;
- Spécialité Informatique : Tronc commun, Majeure "E-Paiement & Cybersécurité" et Majeure "Intelligence artificielle, image & son" ;
- Mastère spécialisé "Expert(e) en Monétique et Transactions Sécurisées".

**UNICAEN**

- DUT Mesures Physiques à Caen ;
- DUT Informatique à Caen ;
- DUT Réseaux et Télécommunications à Caen ;
- DUT Génie Mécanique et Productique Alençon ;
- DUT Hygiène, Sécurité, Environnement à Vire ;
- DUT Métiers du Multimédia et de l'Internet à Saint-Lô ;
- DUT Statistique et Informatique Décisionnelle à Lisieux ;
- Licence professionnelle Métiers de l'Informatique : Administration & Sécurité des Systèmes et des Réseaux - parcours Audit et Sécurité des Réseaux & des Systèmes d'Information à Caen ;
- Licence professionnelle Métiers de l'Electronique : Communication, Systèmes Embarqués - parcours Cartes à Puce et Objets Communicants et Intelligents à Caen ;
- Licence professionnelle Sécurité des biens et des personnes : Gestion des risques en entreprise à Vire ;
- Licence Électronique, énergie électrique, automatique (EEEA) ;
- Licence Informatique ;
- ESIX formation d'Ingénieurs, spécialité Systèmes Embarqués - Mécatronique et Systèmes nomades.

Le laboratoire participe à la formation par la recherche des étudiants en accueillant des stagiaires issus des écoles d'ingénieurs en seconde année et en PFE<sup>8</sup> ainsi que dans le cadre des filières universitaires.

**1.2.4 Implication dans la vie des structures**

Au cours de ce quinquennat, de nombreux collègues du GREYC ont eu des responsabilités importantes au niveau national et local.

**Au niveau national**

- J. Fadili est chargé de mission Images au sein de l'INS2I depuis 2017,
- F. Jurie et A-I. Mouaddib sont des membres de comités scientifiques de l'ANR,
- G. Bonnet a été membre élu au CNU 27 de 2016 à 2019,
- C. Rosenberger est membre nommé du CNU 27 depuis 2018,
- J. Fadili a été membre IUF junior de 2013 à 2017,
- J. Fadili a été membre du comité national CNRS section 7 de 2015 à 2017,
- B. Crémilleux est directeur-adjoint du GDR Madics, J. Fadili est membre du comité scientifique du GDR MIA, B. Vallée est membre du comité de direction du GDR IM,
- Plusieurs membres du laboratoire ont participé à des comités de visite HCERES durant le quinquennat : B. Crémilleux (I3S 2016, LIP6 2018, LIG 2019), E. Grandjean (LACL 2019), F. Jurie (ED 482 2015, ED 173 2015, ED 467 2016, IBISC 2019), A. Lallouet (LERIA 2017), O. Lézoray (XLIM 2018, LHC 2020), L. Méchin (INL 2019), A. Mouaddib (LIPADE 2019), C. Rosenberger (LISSI 2019, LISTIC 2019), B. Vallée (LORIA 2018,

---

8. Projets de Fin d'Etudes

DIENS 2019, LACL 2019).

#### Au niveau local

Nous mentionnons ici les responsabilités en 2020 :

- B. Zanuttini est le directeur de l'école doctorale MIIS,
- L. Brun est le directeur de la fédération NormaSTIC,
- F. Maurel est le co-directeur du département "Informatique et Mathématiques" de l'Université de Caen Normandie,
- R. Clouard est le responsable de la spécialité Informatique de l'ENSICAEN,
- S. Flament est le responsable de la spécialité électronique et physique appliquée de l'ENSICAEN,
- S. Saez est directeur du département "Mécatronique et systèmes nomades" de l'ESIX,
- M. Bouzid-Mouaddib est la responsable du Master en Informatique,
- J.M Le Bars et C. Charrier sont les deux co-responsables du parcours "Sécurité des Systèmes Informatiques" du Master informatique,
- M. Spaniol est le responsable du parcours "Internet, données et connaissances" du Master informatique,
- B. Crémilleux est le responsable du parcours "Décision et optimisation" du Master informatique,
- A. Lechervy est le responsable du parcours "Image & données multimédia" du Master informatique,
- C. Dolabdjian a été le responsable du Master EEEA,
- C. Jorel a été le directeur des études 1ère année du Master EEEA,
- C. Cordier a été le directeur des études 2ème année du Master EEEA,
- A. Widlöcher est le co-responsable de la licence "Humanités Numériques" de l'UFR Humanités et Sciences Sociales,
- A. Niveau est le responsable de la licence "Informatique",
- B. Guillet est le responsable de la licence "Licence Électronique, énergie électrique, automatique (EEEA)",
- P. Dorbec est le responsable du département "Informatique" de l'IUT GON,
- O. Lézoray est le responsable du département "Métiers du Multimédia et de l'Internet" de l'IUT GON,
- C. Dolabdjian est le responsable de la licence professionnelle "Cartes à Puce et Objets Communicants et Intelligents" de l'IUT GON,
- O. Lézoray et A. Akhavi sont les coordinateurs de l'Assemblée de Section 27 de l'Université de Caen Normandie,
- C. Dolabdjian est le coordinateur de l'Assemblée de Section 63 de l'Université de Caen Normandie.

Nous listons dans les annexes F toutes les responsabilités occupées au GREYC par des membres du laboratoire.

### 1.3 Produits et activités de la recherche

Les réalisations de l'unité sont principalement celles de ses équipes puisque la recherche au GREYC est principalement faite dans les équipes ; elles sont donc détaillées dans les bilans des équipes au chapitre suivant.

#### 1.3.1 Production scientifique

Le tableau 1.1 synthétise la production scientifique du GREYC. RI et RN désignent respectivement les revues internationales et nationales, CI et CN désignent respectivement les

communications internationales et nationales, ODOCO désigne les ouvrages, directions d'ouvrages et chapitres d'ouvrages et BL désigne les brevets et logiciels.

|              | Effectif | ETPR | RI  | RN | CI  | CN  | ODOCO     | BL     |
|--------------|----------|------|-----|----|-----|-----|-----------|--------|
| <b>Total</b> | 77       | 39.4 | 272 | 17 | 444 | 117 | (8,21,24) | (7,20) |
| AmacC        | 8        | 4.3  | 24  | 1  | 32  | 0   | (2,0,1)   | (0,2)  |
| CoDaG        | 9        | 4.5  | 36  | 3  | 42  | 18  | (0,5,5)   | (0,2)  |
| MAD          | 9        | 4    | 14  | 8  | 49  | 20  | (0,4,1)   | (0,0)  |
| HulTech      | 8        | 4.5  | 14  | 3  | 43  | 2   | (2,9,2)   | (0,0)  |
| MoneBiom     | 6        | 2.75 | 21  | 1  | 82  | 27  | (1,0,5)   | (2,3)  |
| Image        | 18       | 10   | 87  | 1  | 117 | 44  | (3,2,7)   | (2,8)  |
| Elec         | 19       | 9.3  | 76  | 0  | 79  | 6   | (0,1,3)   | (3,5)  |

Tableau 1.1 – Bilan des publications du GREYC sur la période 2015-2020 (effectif au 1er juin 2020), ETPR correspond au nombre d'emploi temps plein recherche (prenant en compte le statut des membres et les temps partiels).

La production scientifique du GREYC est importante avec près de 50 revues internationales et 82 conférences internationales par an. On peut noter que 85% des publications sont réalisées dans des conférences et journaux internationaux. Concernant la qualité, 75% des publications en revue sont réalisées dans des journaux Q1 ou Q2 au JCR. Le nombre moyen de publication en revue internationale est de l'ordre de 3.58 par ETP. On peut remarquer que toutes les équipes contribuent de façon homogène à ce résultat (même si la répartition journal/conférence peut différer suivant les disciplines).

### 1.3.2 Ressources financières

Le tableau 1.2 décrit l'évolution de la dotation annuelle de nos tutelles sur la période 2015 à 2019. La baisse de l'UNICAEN à partir de 2018 s'explique par le reversement directement (après une situation transitoire) à l'équipe Automatique devenue le Laboratoire d'Automatique de Caen (LAC). Les fluctuations du financement du CNRS sont dues à des subventions supplémentaires accordées (type équipement, soutien jeune recruté ou organisation de colloques). Le soutien des tutelles est conséquent et il faut ajouter à cela les frais d'hébergement. La dotation des tutelles représente 12.3% du budget de l'unité sur ce quinquennat mettant en évidence notre capacité à financer nos recherches.

|          | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Total       |
|----------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| UNICAEN  | 126  | 122  | 128  | 103  | 97   | 100  | 676         |
| ENSICAEN | 40   | 30   | 30   | 24   | 44   | 42   | 210         |
| CNRS     | 110  | 88   | 102  | 95   | 100  | 113  | 608         |
| Total    | 276  | 240  | 260  | 222  | 241  | 255  | <b>1239</b> |

Tableau 1.2 – Dotation des tutelles du GREYC en K€

Le tableau 1.3 détaille la répartition des contrats et projets par équipe avec les montants associés (en K€) sur ce quinquennat. Il permet de faire un constat global sur les activités contractuelles du laboratoire :

- Le montant total des activités contractuelles dépasse les 8.8 millions d'euros sur le quinquennat. Ceci est très proche du montant du dernier quinquennat malgré l'absence de

l'équipe Automatique. Le dynamisme des membres du GREYC et les financements régionaux ont contribué largement à ce résultat ;

- Une très grande part de l'activité contractuelle du laboratoire (environ 40%) provient de financements régionaux (incluant du FEDER). Les financements de l'ANR, de l'Europe et de l'industrie représentent 46% de nos ressources contractuelles répartis de façon équilibrée. Ceci démontre la capacité du laboratoire à diversifier ses sources de financement. Il est vrai que cette répartition est différente pour les équipes du laboratoire compte tenu de leurs thématiques de recherche et culture. Ceci est une richesse et contribue à un équilibre global entre recherche fondamentale et finalisée de l'unité.
- Le budget total du GREYC sur le quinquennat (hors salaire permanents) atteint les 10 millions d'euros.

| Equipes      | Effectif  | Tutelles   | Etat       | Région      | ANR         | Europe      | International | Industrie   | Total       |
|--------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| AmacC        | 8         | 28         |            | 105         | 185         |             | 5             | 20          | 343         |
| CoDaG        | 9         | 45         | 125        | 162         |             |             |               | 75          | 407         |
| MAD          | 9         | 2          |            | 871         | 149         |             |               | 66          | 1088        |
| HulTech      | 8         |            | 308        | 90          |             |             |               | 103         | 501         |
| MoneBiom     | 6         |            | 242        | 374         | 167         | 90          | 100           | 483         | 1456        |
| Image        | 18        | 20         | 258        | 1366        | 900         | 90          |               | 468         | 3102        |
| Elec         | 19        | 69         |            | 555         |             | 1161        | 5             | 132         | 1922        |
| <b>Total</b> | <b>77</b> | <b>164</b> | <b>933</b> | <b>3523</b> | <b>1401</b> | <b>1341</b> | <b>110</b>    | <b>1347</b> | <b>8819</b> |

Tableau 1.3 – Répartition globale par équipe des contrats et projets en K€ signés sur la période 2015-2020 (effectifs au 1er juin 2020). Les financements régionaux incluent du FEDER.

### 1.3.3 Rayonnement et attractivité académique

Le rayonnement et l'attractivité académique des membres du laboratoire sont détaillés dans les bilans des équipes à partir de plusieurs informations.

- Le GREYC est fortement impliqué dans de nombreuses manifestations scientifiques, présidence de comités scientifiques, comités scientifiques, comités d'organisation, conférences plénières, conférences invitées, édition scientifique au sens large : revues et ouvrages.
- Des collègues ont des responsabilités dans des groupes de recherche ou des sociétés savantes : membres de bureaux (e.g. AFIA), de comités techniques, de comité de pilotage et de conseils scientifiques.
- Des prix obtenus lors de conférences internationales ou par des sociétés savantes, e.g. Sentinel of Science Award'2016, NVIDIA Academic Hardware Grant Scheme'2017, prix de la meilleure contribution scientifique aux conférences COSI'2015, ICGVIP'2016, CyberWorlds'2018, AI Test'2019, entre autres.
- Une forte implication dans la diffusion de la culture scientifique avec une participation active à la Fête de la Science, une forte implication dans l'enseignement de l'informatique dans les lycées et l'organisation de journées de la culture numérique. Cette diffusion est faite autour des réalisations logicielles du GREYC, e.g. G'MIC. Le GREYC a été lauréat du Prix Musée Schlumberger (médiation scientifique) en 2017 pour le projet CyberCrypt (équipe AmacC & Orange Labs).
- Organisation d'un nombre important de manifestations scientifiques : journées, écoles, ateliers et colloques dédiés et des conférences nationales et internationales, notamment ICISP'2016-2018-2020, ICCOPT'2016, IHP'2014-2016-2020 ICL'2016, TempWeb'2015

à 2020, WWSSS'2020, CORESA'2017, Journée de la biométrie'2017, ArCoCrypt'2018 à 2020, JNM'2019, EUROSOI'2020, ORASIS'2017, STACS'2019, Ethique & IA'2015, EDIA'2016, PFIA'2017.

- Une activité contractuelle plurielle et soutenue : projets avec les tutelles, les collectivités territoriales et l'état, projets ANR, actions européennes et internationales.
- Des prix de l'innovation qui permettent de mettre en valeur les liens entre recherche académique et innovation industrielle, e.g. 2 lauréats de projets de maturation (équipe Image et MAD) de Normandie Valorisation, accompagnement et création de plusieurs startups (VITA, BG2, NORM3D, EasyId, EVUP, Malkyrs, Idinity).
- Des distinctions prestigieuses. J. Fadili a été nommé Membre Junior de l'IUF de 2013 à 2017. Il est depuis 2017 chargé de mission pour l'INS2I.
- 26 candidats au concours CNRS ont proposé le GREYC comme laboratoire de rattachement sur le quinquennat.
- Des responsabilités nationales importantes : F. Jurie et A-I. Mouaddib sont membres de comités scientifiques de l'ANR.
- Le GREYC est fortement impliqué dans des actions d'expertise auprès des régions, des CoS, de l'ANR, de l'HCERES, du CNU, des comités de programme, des agences de financement de la recherche à l'international (Canada, Italie, Suisse, Pays-Bas, Chili, Roumanie, Hong Kong).
- 13 professeurs invités sur le quinquennat sont venus travailler avec des membres du GREYC.

### 1.3.4 Faits marquants

Hormis les résultats scientifiques des équipes, nous avons souhaité mettre en avant les aspects suivants :

- Une structuration régionale cohérente et efficiente au sein de la ComUE Normandie Université nous permettant une collaboration accrue avec les unités Normandes en sciences du numérique pour la réponse aux appels PIA et ANR d'envergure. Ceci est un fait majeur pour le GREYC sur ce quinquennat.
- F. Jurie a été lauréat de la chaire de recherche et d'enseignement en intelligence artificielle en 2020 (40 lauréats sur 173 candidatures au niveau national). Le projet s'articule autour de l'explicabilité du deep learning pour la vision. Le partenaire industriel de la chaire est le groupe SAFRAN pour un montant total d'1 million d'euros.
- B. Zanuttini est le porteur avec succès de la réponse Normande à l'Appel "contrats doctoraux en intelligence artificielle" en 2019. Le projet scientifique concerne la collaboration entre humains et les machines pour la prise de décision. 10 allocations doctorales cofinancées par la région Normande ont été obtenues pour le pôle Science du Numérique de Normandie Université. Ceci est un résultat très concret du bénéfice pour l'unité de la structuration Normande et du soutien de la Région.
- Une interaction vigoureuse avec l'environnement, attestée par un partenariat industriel de qualité (26 thèses CIFRE et plus de 50 collaborations industrielles sur le quinquennat) et une ouverture européenne avec un projet H2020 phare sur le thème de l'instrumentation pour la santé.
- Une forte implication dans la création et l'accompagnement de 7 entreprises innovantes.

## 1.4 Organisation et vie de l'unité

Le laboratoire est composé de 7 équipes et sa gouvernance est assurée par un bureau de direction, un comité de direction et un conseil de laboratoire. Les services communs offrent

un soutien à la recherche aux niveaux technique et administratif (voir figure 1.2 décrivant l'organigramme du GREYC en janvier 2019). Depuis cette date, trois chargés de mission sont venus renforcer l'aide au pilotage du laboratoire. Ils pilotent chacun une cellule en interaction avec le service administration, gestion, finances.

Deux équipes de direction du laboratoire se sont succédées pendant ce quinquennat. Le laboratoire a été dirigé par F. Jurie avec C. Dolabdjian et C. Rosenberger comme directeurs-adjoints à partir de janvier 2016. Suite à la démission de F. Jurie en décembre 2018 puis de C. Dolabdjian en janvier 2019, C. Rosenberger est devenu directeur (tout d'abord, par intérim jusqu'en juillet 2019) avec G. Dias comme directeur-adjoint.

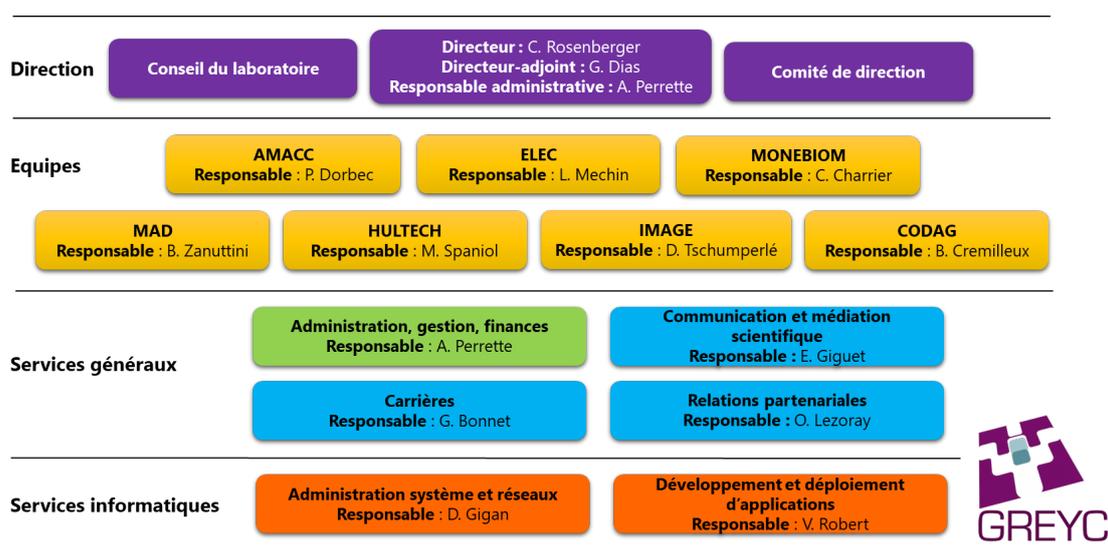


Figure 1.2 – Organisation du laboratoire (situation au 1er janvier 2019).

### 1.4.1 Gouvernance

Les organes décisionnels du laboratoire sont le bureau de direction, le comité de direction et le conseil du laboratoire.

- Le *bureau de direction* est une réunion hebdomadaire avec le directeur, les deux directeurs-adjoints (un depuis janvier 2019) et la responsable administrative du laboratoire. Le bureau prépare et organise les réunions du comité de direction et du conseil du laboratoire, conforte la visibilité et la culture du laboratoire, assure la gestion quotidienne des sites du laboratoire, veille au suivi des carrières des personnels ITA-BIATSS, organise des rencontres avec les tutelles, la région et les pôles de compétitivité et prend des décisions rapides si besoin. Cette réunion du lundi permet également de rencontrer tous les membres désireux de voir la direction du laboratoire (problème, demande particulière, ...). Depuis janvier 2019, trois chargés de mission ont été nommés pour travailler sur des actions transversales dont la "communication & médiation scientifique", "les relations partenariales" et "les carrières" du personnel du laboratoire. Toutes les 6 semaines en moyenne, le bureau de direction est étendu avec les chargés de mission pour faire un point d'avancement sur les actions définies dans la politique du laboratoire validée en conseil de laboratoire.
- Le *comité de direction* est le lieu privilégié pour traiter les diverses questions relatives à la politique scientifique, la gestion des ressources, l'organisation et le fonctionnement du laboratoire. Sont membres de ce comité, les 7 responsables d'équipe et la direction (directeur, directeur(s)-adjoint(s) et responsable administrative). Le comité de direction

se réunit mensuellement (de mars à juillet 2020 de façon hebdomadaire en raison de la pandémie) pour étudier des sujets définis à l'avance sur la base d'un calendrier précis adapté à nos échéances (demandes de moyens, classement des sujets de thèses et des demandes d'allocations de thèses, élaboration de la politique d'emploi, préparation de rencontres avec les tutelles, . . .).

- Le *conseil du laboratoire* est l'organe statutaire du laboratoire. Il est consulté par la direction du laboratoire une fois par trimestre sur les diverses questions relatives à la politique scientifique, la gestion des ressources, l'organisation et le fonctionnement du laboratoire qui ont été préalablement étudiés au comité de direction. Tous les avis sont soumis à des votes. Il est composé de 17 membres : le directeur et directeur-adjoint (2 membres), des représentants du collège A (3 membres), du collège B (3 membres), des BIATSS (2 membres), des doctorants et post-doctorants (3 membres) et de 4 membres nommés par la direction avec l'accord du comité de direction. Toutes les décisions du comité de direction sont validées par le conseil du laboratoire qui est aussi un lieu privilégié pour échanger sur les orientations nationales de la recherche. Les réunions du conseil du laboratoire sont ouvertes à tous les membres du laboratoire.

Un planning des réunions du comité de direction et du conseil du laboratoire est élaboré chaque année en septembre et diffusé aux membres du laboratoire. Les ordres du jour des réunions du comité de direction et du conseil du laboratoire sont envoyés à tous les membres du laboratoire. Les compte rendus de ces réunions sont rédigés par la responsable administrative et diffusés au laboratoire après relecture. Les assemblées générales du laboratoire sont essentiellement organisées à la suite d'événements importants (LPPR, direction par intérim du laboratoire) qui nécessitent une adhésion de l'ensemble du laboratoire. Cinq assemblées générales ont été organisées au cours de ce quinquennat.

### Répartition de la dotation

Le budget du laboratoire (en moyenne 240K€/an) est élaboré par la direction à partir des bilans des recettes et des dépenses et de nos prévisions budgétaires. Le budget traduit de façon opérationnelle la politique scientifique du laboratoire et se décline en 4 parties :

- Fonctionnement des équipes (50%) : Le budget alloué aux équipes est déterminé à partir d'une procédure consistant à attribuer des points à chaque équipe (1 point par enseignant-chercheur titulaire, 1.5 point par chercheur et 0.5 point par doctorant, postdoc, ATER ou ingénieur contractuel). Le responsable de chaque équipe est en charge de ce budget.
- Animation scientifique (5%) : Un budget est alloué pour l'organisation des séminaires du laboratoire (frais de déplacement des orateurs) et le soutien à l'organisation de colloques internationaux.
- Appui à la recherche (40%) : Il comprend des frais de fonctionnement mutualisés du laboratoire (jurys de thèse, fournitures, affranchissement, téléphonie, . . .), le financement des services informatiques du laboratoire (serveurs, PCs fixes et portables, missions, . . .), les dépenses des cellules du laboratoire (supports de communication, missions, repas du laboratoire) et les dépenses de la direction.
- Soutien aux projets (5%) : Une enveloppe est prévue pour étudier au fil de l'eau les demandes de financement de projets des membres du laboratoire. Ces demandes (stage M2, équipement, mission, . . .) sont présentées systématiquement au comité de direction pour avis.

### A propos des plateformes

Plusieurs plateformes matérielles et logicielles ont été créées et enrichies au sein du laboratoire durant le quinquennat. La plateforme Sécurité de l'équipe MoneBiom (maintenue grâce aux contrats industriels) est particulièrement utilisée pour des démonstrations et pour les activités de

recherche sur l'évaluation de systèmes biométriques (visage, dynamique de frappe au clavier et empreinte digitale). La salle blanche est une plateforme matérielle très importante dans les activités de l'équipe Elec. Elle a bénéficié du soutien de l'INS2I par le financement d'un IGE contractuel puis permanent sur le quinquennat. Enfin, Gmic est une plateforme logicielle primordiale pour l'équipe Image. Elle permet de démontrer le savoir-faire du GREYC en traitement d'images et est largement connue du grand public (400 téléchargements par jour).

### 1.4.2 Les ressources humaines

La politique des ressources humaines du GREYC est faite en partenariat avec nos tutelles : le CNRS à travers l'INS2I, l'UNICAEN et l'ENSICAEN. Le tableau 1.4 montre l'évolution des effectifs du GREYC sur la période janvier 2015 - juin 2020 faisant apparaître clairement que le GREYC est essentiellement un laboratoire d'enseignants-chercheurs sous doté en personnels ITA-BIATSS sur certaines activités (instrumentation, robotique). On note une baisse des effectifs de doctorants qui s'explique par la baisse des financements, e.g. notamment les allocations des établissements et les projets ANR, ainsi que par la baisse du vivier de doctorants motivés par la recherche fondamentale compte tenu du contexte national actuel. L'augmentation de post-doctorants s'explique par l'obtention de nombreux financements de projets régionaux permettant leurs recrutements (avant 2020, il n'était pas possible de financer des doctorants). Ne sont pas mentionnés dans ce tableau, les membres associés du laboratoire (chercheurs étrangers, industriels avec une forte collaboration avec le laboratoire...).

| Année                  | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Rentrée 2020 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Professeurs            | 21   | 21   | 22   | 22   | 23   | 21   | 23           |
| Maîtres de conférences | 53   | 54   | 52   | 51   | 50   | 51   | 53           |
| Chercheurs             | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5            |
| PR et DR Emérites      | 3    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3            |
| ITA-BIATSS             | 18   | 19   | 18   | 17   | 19   | 19   | 19           |
| PRAG                   | 2    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0            |
| PAST                   | 2    | 2    | 2    | 2    | 1    | 1    | 2            |
| ATER                   | 6    | 6    | 5    | 6    | 4    | 5    | 5            |
| Doctorants             | 40   | 42   | 36   | 35   | 35   | 34   | 34           |
| Post-doctorants        | 3    | 1    | 7    | 11   | 9    | 8    | 8            |
| Chercheurs CDD-CNRS    | 2    | 3    | 2    | 3    | 1    | 1    | 1            |
| Ingénieurs CDD         | 9    | 7    | 10   | 9    | 10   | 8    | 8            |
| Ingénieurs CDI         | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2            |
| Total                  | 166  | 167  | 168  | 169  | 162  | 158  | 161          |

Tableau 1.4 – Evolution des effectifs du GREYC (au 1er janvier de l'année)

#### Les chercheurs

Le nombre de chercheurs du GREYC est passé de 6 (1DR et 5CR) à 5 (1DR et 4CR) au cours de ce quinquennat : une arrivée d'un chargé de recherche (Yvain Queau), la retraite d'une chargée de recherche (Nadine Lucas) et la mise en disponibilité d'une chargée de recherche (Stéphanie Jehan-Besson). On peut noter à la fois un effort conséquent du GREYC pour attirer de bons candidats au concours CNRS conformément à ses ambitions d'excellence (1 candidat DR et 6 candidats CR avec affectation au GREYC au concours 2020, 26 candidatures sur le quinquennat) et un soutien notable du CNRS (le GREYC apparaissait dans le fléchage d'un CR

sur le concours 2020).

### Les enseignants-chercheurs

Le laboratoire GREYC avait deux enseignants-chercheurs en moins en janvier 2020 par rapport à 2015 comme le montre le tableau 1.4 mais trois recrutements sont prévus en septembre 2020 (2 PR et 1 MCF). Il est à noter que trois enseignants-chercheur nous ont rejoint dans ce quinquennat (ils étaient auparavant membres du LUSAC - EA 4253). Le tableau 1.5 donne le mouvement des enseignants-chercheurs et des chercheurs durant ce quinquennat. Il est à noter la démission de 3 PR sur le quinquennat. Il s'agit de membres ayant réalisé un détachement (2 dans le privé, 1 dans une université étrangère) et dont nous avons donné un avis défavorable pour leur demande de renouvellement (pression enseignement trop forte à l'UFR des Sciences à l'UNICAEN). La politique de recrutement introduite au précédent quinquennat a été poursuivie. Elle a permis de faire un recrutement ouvert vers l'extérieur tout en étant juste envers les candidats locaux conformément à nos ambitions d'excellence.

| Mouvement                  | 2015       | 2016            | 2017     | 2018     | 2019      | 2020       | Total |
|----------------------------|------------|-----------------|----------|----------|-----------|------------|-------|
| Retraite                   | 1DR        | 2MC             | 1MC      | 1CR, 1PR | 1PR, 1 MC |            | 8     |
| Mutation/promotion externe |            |                 |          | 1PR      |           | 1MC        | 2     |
| Démission                  |            |                 |          | 1PR      | 2PR       |            | 3     |
| Total départs              | 1          | 2               | 1        | 4        | 4         | 1          | 13    |
| Détachement                | 1PR        | 1PR             | 1PR      | 1PR      | 1PR       | 1PR        | 6     |
| Disponibilité              | 2.5PR, 1CR | 2.5PR, 1MC, 1CR | 2PR, 1MC | 1PR, 1MC | 1CR       | 1CR        | 15    |
| Total années hors du GREYC | 4,5        | 5,5             | 4        | 3        | 2         | 2          | 21    |
| Recrutement interne        |            |                 |          |          | 1MC       |            | 1     |
| Recrutement externe        | 1MC        |                 | 2 MC     | 1CR, 1PR |           | 1 MC, 2 PR | 8     |
| Retour de disponibilité    |            |                 | 1CR      |          |           |            | 1     |
| Mutation interne           |            |                 | 2 MC     |          |           | 1 MC       | 3     |
| Total des arrivées         | 1          | 0               | 5        | 2        | 1         | 4          | 13    |
| Promotion interne          | 1PR        |                 |          |          | 1PR       |            | 2     |

Tableau 1.5 – Mouvement des enseignants-chercheurs et chercheurs titulaires à la rentrée chaque année.

La politique d'emploi du GREYC repose sur une position audacieuse qui consiste à affecter les postes à un projet scientifique et non à une équipe pour remplacer un départ. Elle a été adoptée en plusieurs étapes données ci-dessous.

- Une présentation des bilans des équipes qui permet de mieux apprécier leurs forces, faiblesses, opportunités et risques en accordant une attention particulière aux besoins requis pour la réalisation de leurs projets scientifiques.
- Définition des objectifs de la politique d'emploi à partir de l'analyse effectuée à l'étape précédente. Les objectifs suivants ont été retenus pour ce quinquennat.
  - Ø1. Soutien des équipes fragilisées par des départs,
  - Ø2. Soutien et attraction de l'excellence,
  - Ø3. Soutien des projets inter-équipes du laboratoire,
  - Ø4. Soutien des activités dynamiques e.g. projets novateurs et encadrement de la recherche.
- Répartition des postes disponibles compte tenu des objectifs Ø1 à Ø4 et des besoins des équipes.
- Rédaction des profils des postes à partir de la répartition effectuée à l'étape précédente et des besoins en enseignement en concertation avec nos tutelles. Une attention particulière

est accordée à la définition des priorités des équipes sur un poste donné. Les profils des postes PR sont volontairement larges pour le bénéfice du laboratoire.

- Constitution des comités de sélection avec des collègues reconnus dans nos disciplines et souvent fortement impliqués dans des responsabilités collectives d'animation et d'évaluation de la recherche. Deux recommandations principales sont données aux commissions de spécialistes pour la constitution des CoS, en l'occurrence

*R1* Strictement plus de la moitié des membres de chaque CoS sont des membres extérieurs.

*R2* Le président de chaque CoS est une personnalité extérieure qui est ou a été éventuellement impliquée dans des responsabilités nationales.

| Recrutement | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Total |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Interne     | 1    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 3     |
| Externe     | 1    | 0    | 2    | 1    | 0    | 3    | 7     |
| Total       | 2    | 0    | 2    | 2    | 1    | 3    | 10    |

Tableau 1.6 – Recrutement des enseignants-chercheurs

Cette politique d'emploi, qui a été validée par le conseil du laboratoire, s'est avérée très efficace pour attirer les meilleures candidatures dans un contexte national d'excellence. Le tableau 1.7 donne les équipes qui en ont bénéficié. 7 sur les 10 recrutements effectués sur la période sont extérieurs. Le tableau 1.6 donne les recrutements effectués durant ce quinquennat à partir de viviers de candidatures de très bonne qualité. Cette attractivité du GREYC est le résultat d'un investissement soutenu de collègues reconnus dans la communauté des sciences du numérique aussi bien sur le plan national qu'international.

| Année    | 2015   | 2016 | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|----------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| AmacC    |        |      | 1MC 27 | 1PR 27 |        | 1PR 27 |
| CoDaG    | 1MC 27 |      |        |        | 1MC 27 | 1MC 27 |
| MAD      |        |      |        | 1PR 27 |        |        |
| HulTech  |        |      | 1MC 27 |        |        |        |
| MoneBiom |        |      |        |        |        | 1PR 27 |
| Image    |        |      |        | 1CR 07 |        |        |
| Elec     | 1PR 63 |      |        |        |        |        |

Tableau 1.7 – Répartition des recrutements d'enseignants-chercheurs et chercheurs sur le quinquennat (situation au 1er septembre de l'année)

### Les doctorants

La politique d'accompagnement des doctorants est élaborée au sein des équipes du laboratoire sous la responsabilité scientifique du directeur de thèse et d'un comité de suivi du doctorant. Tous les doctorants accueillis au GREYC ont un financement. Ce dernier est issu des allocations doctorales obtenues auprès de l'ED MIIS (Région ou établissements), des contrats du laboratoire ou des universités étrangères. Tous les doctorants publient leurs travaux dans des conférences et des revues (avec une exigence de qualité) avec leurs encadrants et sont souvent en première position sur les publications (sauf domaines où l'ordre alphabétique des auteurs est de rigueur). C'est le fruit d'une incitation permanente à la publication conformément à la politique scientifique

du laboratoire. Les frais de mission des doctorants sont pris en charge par leur équipe, alors que les frais de déplacement des jurys de thèse sont pris en charge par le laboratoire à hauteur de 1000 euros. Sur la période, 58 thèses de doctorat ont été soutenues au sein du laboratoire soit 10.5 soutenances en moyenne par an. La durée moyenne des thèses est de 38 mois (contre 40.5 au quinquennat précédent). Pour les thèses de doctorat débutées à partir de 2015, il est à noter 9 abandons de thèse pour des raisons très différentes sans lien significatif avec l'encadrement (emploi dans le privé, mal du pays, inscription 5ème année refusée par l'ED ...).

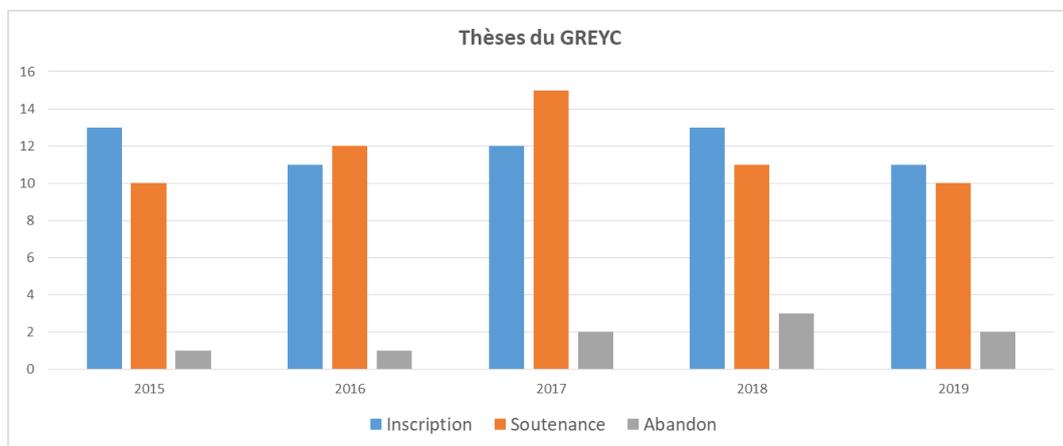


Figure 1.3 – Suivi des doctorants sur le quinquennat.

La figure 1.4 donne la répartition des financements de nos doctorants. La première source est les allocations établissements (CDE et CD) à hauteur de 35%, puis les contrats CIFRE (27%) et les allocations de la région Normandie (14%). Nous présentons également une répartition du devenir de nos doctorants (à partir d'informations issues de 41 doctorants sur 58). Une majorité est en poste dans le privé, environ 25% ont obtenu un poste d'enseignant-chercheur ou de chercheur dans le public (en France ou à l'étranger).

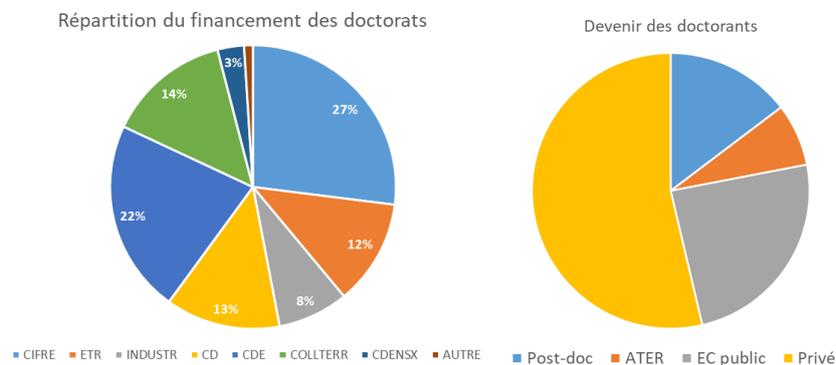


Figure 1.4 – Répartition des sources de financement des doctorants et leur devenir.

### Les personnels d'accompagnement de la recherche

Les personnels ITA-BIATSS offrent un soutien efficace (comme le démontre les avis exprimés à notre questionnaire en mai 2019) à la recherche au travers de 3 services communs et 2 équipes (ELEC et MONEBIOM) :

- Le *service administration, gestion, finances* assure la gestion administrative du laboratoire et le lien avec les tutelles. Il assure également la gestion du budget des projets, de contrats, de commandes et des recrutements de personnels contractuels.
- Le *service administration système et réseaux* assure la gestion, l'installation, la maintenance, la mise en place d'outils collaboratifs et la sécurité du parc informatique du laboratoire.
- Le *service développement et déploiement d'applications* réalise un soutien aux chercheurs pour le développement de logiciels scientifiques.

| Service/équipe  | Noms   |
|---|--|
| Service "Administration, gestion, finance"            | Virginie Desnos-Carreau (UNICAEN - 95%), Corinne Mahaut (UNICAEN - 65%), Edwige Orange (UNICAEN - 65%), Arielle Perrette (CNRS - 100%), Gaëlle Picquenot (ENSICAEN - 100%), Sophie Rastello (CNRS - 100%), Agnès Zannier (CNRS - 100%) |
| Service "Administration, système et réseaux"          | Pierre Blondeau (UNICAEN - 50%), Davy Gigan (UNICAEN - 30%), Philippe Poupard (CNRS - 100%), Renaud Rabeil (UNICAEN - 50%), Véronique Robert (CNRS - 100%)   |
| Service "Développement et déploiement d'applications" | Christophe Couronne (CNRS - 100%), Davy Gigan (UNICAEN - 20%), Jean-Luc Manguin (CNRS - 100%)  |
| Equipe ELEC   | Julien Gasnier (ENSICAEN - 100%), Sylvain Lebargy (UNICAEN - 100%), Victor Pierron (CNRS - 100%)   |
| Equipe MONEBIOM                                       | Joan Reynaud (ENSICAEN - 50%), Sylvain Vernois (ENSICAEN - 50%)  |

Tableau 1.8 – Répartition des membres ITA/BIATSS du laboratoire GREYC (situation au 1er juin 2020).

Ces trois services fonctionnent actuellement avec 19 ITA-BIATSS (voir Tableau 1.8) répartis sur les deux principaux sites du GREYC au campus 2 (10 sur le site UFR Sciences et 9 sur le site ENSICAEN). Compte tenu du fait que certaines personnes ne sont pas affectées à 100% au laboratoire, le nombre de postes plein temps des ITA-BIATSS est de 16.75. L'efficacité des services communs est principalement due à une meilleure mutualisation des services et aux compétences des personnels et leur indéniable implication. Par ailleurs, l'équipe informatique participe activement à RESINFO<sup>9</sup> pour pouvoir communiquer, échanger les compétences et mutualiser les expériences avec tous les ASR.

La direction du GREYC est consciente du dévouement des personnels ITA-BIATSS qu'elle apprécie pleinement lors des entretiens annuels, et regrette que nos tutelles (notamment universitaires) n'aient pas toujours les moyens pour les promouvoir régulièrement. Sur le quinquennat, 3 ont été promus (changement de corps de 2 membres au CNRS et 1 à l'UNICAEN). Pour pallier cette situation, qui résulte d'une forte pression dans les BAP de nos personnels, nous les incitons à passer des concours internes. Une attention particulière est alors réservée à la formation permanente pour permettre à nos personnels de préparer des concours compte tenu que les promotions au choix sont relativement exceptionnelles dans le contexte actuel. Le correspondant de la formation permanente recueille périodiquement les besoins de chacun, informe des opportunités, anticipe certains besoins et établit des priorités avec la direction. Il établit ainsi

9. Fédération des réseaux métiers d'administrateurs systèmes et réseaux soutenue par la Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires (MITI)

une feuille de route des formations conformément aux plans de formation de nos 3 tutelles qui sont désormais ouverts à tous nos personnels indépendamment de leurs statuts.

### Evolution des ressources humaines

La figure 1.5 présente la pyramide des âges des chercheurs/enseignants-chercheurs et les personnels ITA et BIATSS du GREYC en 2015 et 2020. On constate que 40% des personnels du GREYC ont au moins 50 ans, ce qui nous amène à élaborer une politique prospective des renouvellements des départs à la retraite prévus dans les prochaines années (sans garantie de conserver ces supports).

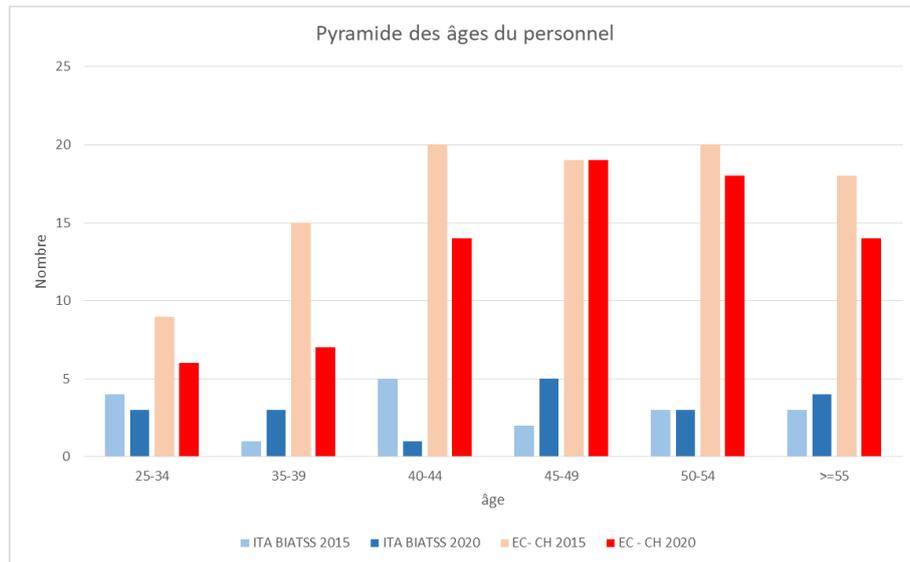


Figure 1.5 – Pyramide des âges du laboratoire

Les problèmes cruciaux de nos personnels relèvent des besoins d'évaluation des carrières et/ou de reconnaissance dans un contexte contraint. Les personnels ITA-BIATSS dans nos tutelles universitaires ont de faibles perspectives d'évolution de carrière. Les perspectives de passage local de MCF vers PR sont également plutôt faibles. C'est pourquoi, nous incitons fortement nos collègues à passer une HdR pour avoir une indépendance scientifique et pouvoir ainsi saisir les opportunités. Quant aux chercheurs, qui conservent la possibilité de passer CR à DR sans mobilité, la difficulté essentielle relève de la réduction du nombre des postes au niveau national.

### 1.4.3 Animation scientifique

L'animation scientifique au GREYC est faite au sein des équipes ou dans le cadre du laboratoire en utilisant des outils appropriés.

#### L'animation scientifique au sein des équipes

Elle est faite au gré de la vie scientifique des équipes par l'organisation de journées thématiques, de séminaires ou encore de réunions de travail régulières. Les réunions de travail d'une équipe sont généralement organisées de façon régulière avec des rythmes différents suivant les équipes (hebdomadaire, tous les 15 jours, mensuel). Les séminaires sont organisés par une ou plusieurs équipes à partir d'un agenda bien défini. Le GREYC organise 4 séminaires : le séminaire Algorithmique de l'équipe AmacC, le séminaire Cryptologie & Sécurité co-organisé par les équipes MoneBiom et AmacC, le LMNO<sup>10</sup> et Orange Labs, le séminaire Image de l'équipe

10. Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme

Image et le séminaire ELEC. Ces séminaires sont généralement donnés par des conférenciers externes invités par les organisateurs.

#### **L'animation scientifique au nom du laboratoire**

Plusieurs manifestations scientifiques ont été organisées par les équipes du laboratoire, qui se différencient de par leurs objectifs : synthèses sur nos thématiques de recherche pour l'élaboration de la prospective scientifique du laboratoire, organisation d'écoles thématiques pour les jeunes chercheurs, hommage à des pionniers de notre communauté pour l'originalité de leurs contributions, organisation de conférences donnant une meilleure visibilité de notre potentiel universitaire. Nous distinguons donc trois types de manifestations :

- Des manifestations locales : FÊNO'2019, Fêtes de la science, CAEN'2018, ArCo-Crypt'2018 et 2019.
- Des manifestations nationales :
  - Ecole Jeunes Chercheurs : ALEA Young'2019.
  - Conférences nationales : Éthique et IA'2015, ORASIS'2017, CORESA'2017, Journées nationales 2018 du GDR OXYFUN, PFIA'2017.
- Les manifestations internationales :
  - Ecoles thématiques : IHP'2016-2018-2019, École d'été CNRS graphSIP'2018, WWSSS'2020.
  - Les conférences internationales : ICCOPT'2016, STACS'2018, EUROSIOI'2020, CyberWorlds'2020, TempWeb'2015 à 2020, ICWL'2016, EDIA'2016, Metaconc'2019.

#### **La diffusion et la vulgarisation de la culture scientifique**

Elles consistent principalement en cinq opérations. La première est une participation active à la Fête de la Science où plusieurs réalisations du GREYC sont présentées d'une manière ludique, que ce soit des logiciels de traitement d'image, la reconnaissance biométrique, le dispositif Capttil, . . . Le GREYC a été lauréat du prix musée Schlumberger (médiation scientifique) pendant le quinquennat. La deuxième opération est une participation aux diverses manifestations organisées par nos tutelles académiques dont typiquement les portes ouvertes. La troisième opération est la participation au FÊNO (fête de l'excellence Normande organisée par la Région Normandie). La quatrième action concerne des opérations de médiation scientifique dans les lycées (conférence, manifestation DECLICS, . . .). Enfin, nous accueillons beaucoup de stagiaires de 3ème ou 2nde au laboratoire (en moyenne 15 par an, 43 sur le quinquennat) afin de leur faire découvrir nos réalisations en recherche. L'annexe C développe notre participation en médiation scientifique.

#### **1.4.4 Fonctionnement interne**

Un laboratoire de recherche pour fonctionner correctement doit respecter un certain nombre de réglementations et veiller à l'ambiance générale en son sein.

##### **Évènements de cohésion**

Le laboratoire comprenant 160 personnes, il est nécessaire d'organiser des évènements internes pour que les membres puissent se rencontrer et échanger de façon informelle pour faciliter les interactions professionnelles. Depuis 2017, nous organisons la journée du laboratoire avec des présentations courtes de membres du laboratoire (5 à 10 minutes) pour illustrer le savoir-faire du GREYC en interne et à l'externe. Depuis 2017, un repas du laboratoire est organisé en juillet pour tous les membres du laboratoire et des membres de services des tutelles en interaction avec le GREYC (valorisation, communication, ressources humaines). La direction invite également chaque année le comité de direction et l'ensemble des membres ITA-BIATSS du GREYC à un repas de Noël pour les remercier de leurs implications au service du laboratoire. La direction organise une fois par an depuis 2020 un petit déjeuner avec l'ensemble des membres

ITA-BIATSS pour un échange informel (actualités, amélioration des services en appui à la recherche, ...). Enfin, depuis octobre 2019, une journée d'accueil des nouveaux membres du laboratoire est organisée afin de fournir les informations essentielles.

### **Hygiène et sécurité**

Le laboratoire est tenu de respecter des règles spécifiques d'hygiène, de sécurité et d'amélioration des conditions de travail en faveur de ses membres. Nous avons 2 assistants de prévention au sein du laboratoire. Le document unique (DU) recense les risques et actions correctrices associées aux activités du laboratoire à mettre en place. Le GREYC a validé en juillet 2019 une mise à jour importante du document unique (42 risques identifiés) par le conseil du laboratoire après validation par les référents des tutelles (voir annexes E). L'évolution du DU est examinée chaque année avec les référents des tutelles (suivi, mise à jour et visite de vérification des actions correctrices). Des actions de prévention ont également été mises en place (registre hygiène et sécurité, consignes de sécurité, journée d'accueil des nouveaux). Un questionnaire sur les risques psychosociaux a été mis en place en avril 2020 pour compléter la mise à jour du DU. Une gestionnaire du laboratoire est en contact avec les tutelles concernant le ménage pour l'hygiène des locaux à l'ENSICAEN.

### **Parité homme-femme**

La parité au sein du GREYC n'est pas très bonne : les femmes sont sous-représentées : 17% des MCF ou CR (contre 26% au CNU 27), 9% des PR ou DR (contre 19.5% au CNU 27), 42% des ITA/BMATSS (contre 64% dans l'ESR). Consciente du problème, la direction a souhaité mettre en place des actions sur le sujet. Une réunion sur le sujet a été organisée en juin 2019 pour initier notre réflexion. Un groupe de membres du laboratoire composé de 6 personnes (2 hommes et 4 femmes) a travaillé sur des propositions depuis cette date. Une référente parité a été nommée en juin 2020 et la politique du laboratoire sur le sujet est en cours de finalisation. Il est à noter que nous avons recruté 2 femmes sur nos 10 nouveaux enseignants-chercheurs sur ce quinquennat.

### **Éthique et intégrité scientifique**

L'intégrité scientifique et l'éthique sont très importantes au sein d'un laboratoire de recherche. A l'heure actuelle, la seule action de la direction a été de mettre à disposition sur le cloud du laboratoire le "Code de conduite européen pour l'intégrité en recherche" rédigée par ALLEA (Fédération européenne des académies nationales des sciences et des humanités). Un référent éthique et intégrité scientifique a été nommé en septembre 2020 pour mettre en place des actions de sensibilisation sur le sujet. Il sera le point de contact en cas de suspicion de manquement à l'éthique et organisera chaque année une sensibilisation sous la forme d'un café Info.

### **Protection des données à caractère personnel**

Le laboratoire a subi un incident de perte de données personnelles en janvier 2019 (clé usb contenant des informations des doctorants du laboratoire) et retrouvées en juillet 2019. Afin de respecter la réglementation européenne sur la protection des données personnelles (RGPD), en mars 2019, deux relais informatique et libertés (RIL) ont été nommés au laboratoire pour tracer tous les traitements de données à caractère personnel (pour les données administratives et recherche) en coordination avec le référent de l'UNICAEN. Une gestionnaire a également été nommée référente "archives" pour mettre en place la politique d'archivage du laboratoire en mars 2019.

### **Développement durable**

Le développement durable est une préoccupation des membres du laboratoire GREYC. Elle se traduit par des actions de bon sens : privilégier les visio-conférences, réaliser un tri sélectif

des déchets du laboratoire, privilégier les prestataires locaux, . . . . Un référent "soutenabilité" a été nommé au sein du GREYC pour sensibiliser les membres de l'unité et proposer une politique au laboratoire. Il est chargé de mener une réflexion globale sur le sujet et de sensibiliser les membres à cette problématique (par exemple s'interroger sur l'opportunité de réaliser des calculs coûteux en énergie pour améliorer de façon non significative des résultats scientifiques).

#### **Propriété intellectuelle et intelligence économique**

Le service DDA du laboratoire, en lien avec les cellules de valorisation de nos tutelles veille à la protection intellectuelle des produits des activités de recherche du GREYC notamment par 1) la mise à disposition d'une forge interne (pour éviter tout dépôt public) pour les logiciels développés au sein de l'unité, 2) le choix de la licence logicielle adaptée, 3) la sensibilisation des membres à la protection intellectuelle des travaux du laboratoire (avec l'organisation d'un café info annuel).

#### **Sécurité du Système d'Information**

Le laboratoire dispose d'un Chargé de la Sécurité du Système d'Information (CSSI) nommé depuis 2012. Avec les RSSI du CNRS, de l'UNICAEN, de l'ENSICAEN et avec l'appui de la Direction du GREYC, il coordonne les actions pour mettre en œuvre la Politique de Sécurité des Systèmes d'Information du laboratoire (bonnes pratiques, sensibilisation à l'intelligence économique, chiffrement). Il s'appuie notamment sur la technologie innovante Network Trusted Boot développée par le service ASR du GREYC pour le chiffrement. Il assure une veille technologique sur la sécurité en assistant à des formations et conférences (Journées RESeaux RENATER), et en participant activement au réseau des CSSI de l'UNICAEN. Au sein du GREYC, le CSSI travaille également en étroite relation avec les deux RIL pour le respect de la RGPD, ainsi qu'avec le service DDA pour les questions de Propriété Intellectuelle.

## **1.5 Conclusion**

Les résultats obtenus lors de ce quinquennat sont probants sur l'ensemble de nos activités de recherche : des contributions fondamentales de qualité dans les revues et conférences phares des sciences du numérique avec une participation indéniable à l'animation scientifique, une importante activité contractuelle et de valorisation industrielle, une implication vigoureuse en matière de formation par la recherche et en médiation scientifique. Ces résultats ont été très favorables à l'attractivité du GREYC.





## 2. Bilan des équipes de recherche

### 2.1 Équipe Amacc

#### 2.1.1 Présentation de l'équipe

L'équipe « *Algorithmique, Modèles de calcul, Aléa, Combinatoire, Complexité* » (AMACC) travaille dans les domaines de l'*Informatique Mathématique*. L'équipe s'inscrit dans un triangle, comme illustré dans la figure 2.1) dont les trois sommets —la donnée, le problème, et l'algorithme— représentent trois objets fondamentaux de l'informatique. La spécificité de l'équipe est de considérer ces trois piliers comme des objets d'étude, et à l'aide d'outils mathématiques, de mettre en évidence leurs relations.

Le responsable de l'équipe AMACC a été Julien Clément sur la période mai 2014 à novembre 2019, puis Paul Dorbec depuis décembre 2019.

Au 1er septembre 2020, l'équipe compte 9 membres permanents (2 PR, 1 CR CNRS, et 6 MC), 4 émérites ou retraités associés et 1 chercheur extérieur associé (Orange Labs).

#### A) Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

L'équipe a connu des changements pendant la période 2015-2020 comme illustré dans la table 2.1.

Parmi les fonctions administratives des membres de l'équipe, Loïck Lhote est vice président au numérique de la Comue Normandie Université, et Paul Dorbec responsable de département à l'IUT Grand Ouest Normandie.

#### B) Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs :

Nous avons accueilli 5 doctorants sur la période (voir la table 2.2). Un doctorant a choisi d'arrêter sa thèse pour travailler comme ingénieur à Orange (Rennes) dans le domaine de la sécurité. Trois thèses ont été soutenues pendant la période, et une dernière va l'être d'ici décembre 2020. Parmi les doctorants de l'équipe, deux en fin de thèse ont bénéficié d'un poste d'ATER : Nicolas Bacquey (oct. 2015–août 2016) et Théo Grete (sept. 2020–août 2021).

Nous avons accueilli 3 personnels contractuels, en plus de nos doctorants (voir la table 2.3).

#### C) Thèmes scientifiques :

L'organisation de l'équipe a évolué au cours du quinquennat selon deux phases.

**Première période.** Jusqu'au milieu du quinquennat, l'équipe s'articule autour de trois thèmes.

| Prénom et nom                  | Fonction                      | HDR | Date d'entrée | Date de sortie ou de changement de statut |
|--------------------------------|-------------------------------|-----|---------------|---|
| Ali Akhavi                     | MC UFR Sciences               |     | 2000          | –   |
| Julien Clément                 | CR CNRS                       | ✓   | 2005          | –   |
| Julien Courtiel                | MC UFR                        |     | 2017          | –   |
| Paul Dorbec                    | PR IUT Caen                   | ✓   | 2018          | –   |
| Loïck Lhote                    | MC ENSICAEN                   | ✓   | 2007          | –   |
| Ionona Ranaivoson              | MC UFR Sciences               |     | 1991          | –   |
| Gaétan Richard                 | MC UFR Sciences               |     | 2009          | –   |
| Véronique Terrier              | MC UFR Sciences               | ✓   | 1991          | –   |
| Pascal Vanier                  | PR UFR Sciences               | ✓   | 2020          | –   |
| Sébastien Canard               | Ing. rech. Orange Labs (Caen) | ✓   | –             | associé depuis 2010                       |
| Etienne Grandjean              | PR UFR Sciences               | ✓   | 1985          | émérite depuis 2018                       |
| Jerzy Karczmarczuk             | MC UFR Sciences               |     | 1988          | associé depuis 2016                       |
| Jacques Madelaine              | MC UFR Sciences               |     | 1985          | associé depuis 2014                       |
| Brigitte Vallée <sup>a</sup>   | DR CNRS                       | ✓   | 1990          | émérite depuis 2018                       |
| Thomas Largillier <sup>b</sup> | MC IUT Caen                   |     | 2013          | 2016                                      |
| Florent Madelaine <sup>c</sup> | MC UFR Sciences               | ✓   | 2015          | 2017                                      |

■ Nouveaux membres

■ Émérites, retraités associés, membres associés

■ Membres ayant quitté l'équipe au cours du quinquennat

<sup>a</sup> Également membre associée à l'IRIF.

<sup>b</sup> En délégation depuis 2016 chez ix-labs, à Rouen.

<sup>c</sup> Mis à disposition par l'université de Clermont-Ferrand (devenu PR à l'IUT de Fontainebleau en 2019).

Tableau 2.1 – Récapitulatif permanents

| Prénom et nom              | Financement | Période              | Situation actuelle ou prévue         |
|----------------------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|
| Nicolas Bacquey            | CNRS-Région | oct. 2012–déc. 2015  | conseil en dév. informatique (Paris) |
| Jean Creusefond            | Minist.     | oct. 2013–oct. 2016  | Data scientist (Delight)             |
| Dimitri Darthenay          | Minist.     | oct. 2015–oct. 2017  | ing. dév. (Orange Rennes)            |
| Théo Grente                | 100% Région | oct. 2017–sept. 2020 | ATER GREYC Caen                      |
| Pablo Rotondo <sup>a</sup> | ANR Dyna3S  | oct. 2015–sept. 2018 | ATER LIGM Paris Est                  |

<sup>a</sup> Administrativement en co-tutelle entre Paris 7 et Universidad de la República (Montevideo), avec également co-encadrement au GREYC.

Tableau 2.2 – Récapitulatif doctorants

| Prénom et nom | Statut         | Période               | Situation actuelle        |
|---------------|----------------|-----------------------|---------------------------|
| Henri Derycke | ATER           | sept. 2019–sept. 2020 | ATER LaBRI Bordeaux       |
| Matthieu Dien | ATER           | sept. 2018–août 2019  | –                         |
| Kaoutar Ghazi | Postdoc Région | sept. 2019–oct. 2020  | Postdoc Région GREYC Caen |
|               | ATER           | sept. 2017–août 2018  | Postdoc (Orange Lannion)  |

Tableau 2.3 – Récapitulatif postdoctorants extérieurs

- le thème *modèle de calcul*, étudie les modèles de calcul et la notion de complexité, dans le pire des cas, via les classes de complexité ;
- le thème *alea*, travaille dans un cadre aléatoire, avec des modèles probabilistes, définis en vue de l'analyse de complexité en moyenne ;
- enfin le thème *protection et traitement de l'information*, où l'équipe s'ouvre à des approches plus appliquées via notamment des travaux en amont de la protection de l'information.

À ce moment-là, les membres de l'équipe travaillant au cœur du thème *protection et traitement de l'information* partent, et l'équipe effectue deux recrutements (1 PR et un MC) qui l'incitent à se diriger plus résolument vers deux aspects de la combinatoire, la combinatoire des

graphes et la combinatoire des structures. Par ailleurs, l'organisation, autour des deux thèmes restant, apparaît comme trop cloisonnante et mal adaptée à la nouvelle configuration de l'équipe.

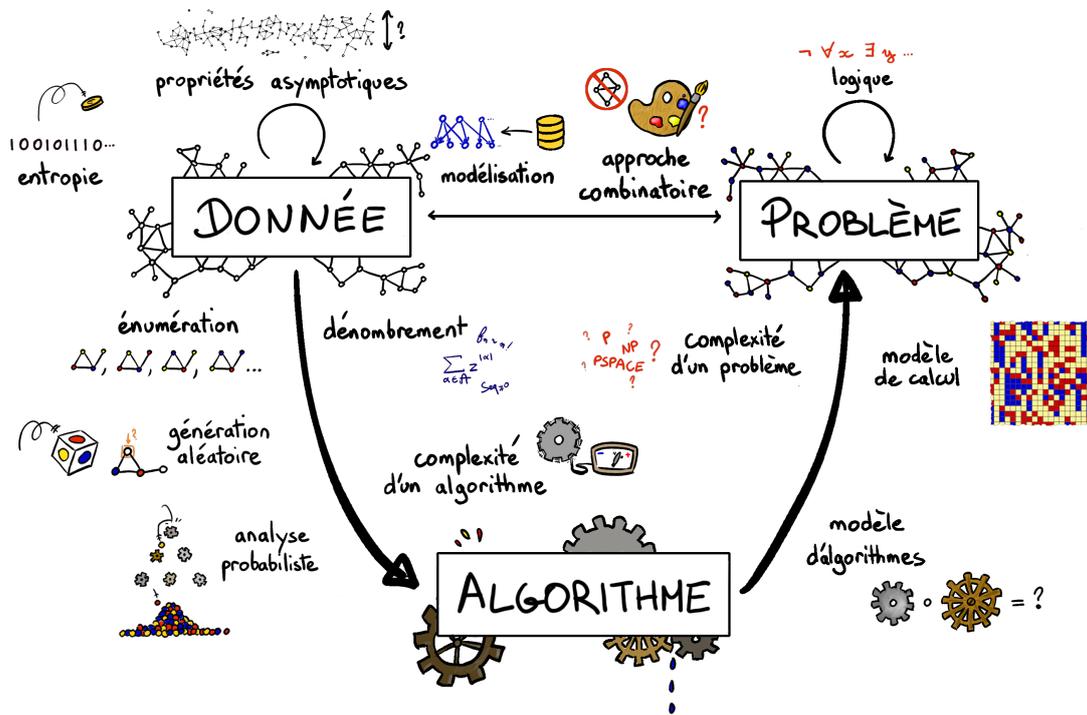


Figure 2.1 – Description schématique du périmètre de l'équipe

**Période actuelle.** Depuis le milieu du quinquennat, les activités de l'équipe se définissent mieux à l'intérieur d'un triangle, avec trois sommets qui représentent les trois piliers —la donnée, le problème, et l'algorithme— et trois arêtes qui représentent les liens entre ces piliers (voir la figure 2.1). Cette description permet de décrire plus précisément le point de vue original de l'équipe et les spécificités des questions abordées.

- *L'algorithme* est étudié via sa complexité —dans le pire des cas ou en moyenne—, qui permet de relier précisément l'efficacité de l'algorithme à la taille de la structure sur laquelle il travaille. L'équipe s'attache d'abord à le modéliser, en le reliant notamment à des systèmes dynamiques, ou encore à mettre en évidence de manière précise les structures combinatoires et les paramètres déterminant la complexité en temps ou en espace. Ensuite quand l'étude est faite *en moyenne*, elle nécessite de définir un modèle probabiliste adéquat tenant compte du cadre d'utilisation de l'algorithme. Les méthodes de combinatoire analytique sont très présentes dans les travaux de l'équipe.
- *Le problème* est étudié également via sa complexité, au sens de la théorie de la complexité. C'est une étude du problème au regard de l'ensemble des algorithmes qui peuvent le résoudre. L'équipe étudie les différentes classes de complexité des problèmes (notamment les plus réputées d'entre elles, comme les classes P et NP ou encore les classe de petite complexité), indépendamment de la spécificité de chaque algorithme. Elle fait appel à des modèles de calcul variés, notamment les automates cellulaires. Elle cherche à relier la complexité du problème et la complexité de sa description logique.
- L'équipe étudie les principales *structures de données* —mots, arbres, graphes, et dans une moindre mesure, nombres— vues comme des objets combinatoires, et s'intéresse

à leurs propriétés structurelles —dénombrement, génération aléatoire— et à la quantité d'information qu'elles véhiculent, modélisée par exemple par leur entropie.

### Exemples de travaux

*Combinatoire et physique.* Il s'agit d'une collaboration [?], entre un membre de l'équipe et une physicienne-combinatoriste, à la multidisciplinarité inédite. Ici, les méthodes de combinatoire analytique permettent d'obtenir des résultats surprenants en théorie quantique des champs, notamment sur des équations fondamentales du domaine, les équations de *Dyson-Schwinger*. La collaboration met en évidence une dichotomie entre les différentes théories quantiques, selon un paramètre qui n'a pas encore reçu d'explication purement physique.

*Complexité et logique.* Dans le cadre d'une thèse co-encadrée, l'équipe définit des outils génériques de programmation basés sur la logique [?, ?]. Plus précisément, trois variantes de logique caractérisent les trois classes standard de complexité minimale des automates cellulaires (AC). Ces logiques agissent comme langage intermédiaire ; elles facilitent la programmation des AC en permettant la transformation automatique d'un algorithme décrit géométriquement en terme de signaux en un programme d'AC. C'est la première méthode générique connue qui automatise en partie la construction des automates.

*Systèmes dynamiques et analyse d'algorithmes.* L'équipe analyse les algorithmes du pgcd [?, ?] en les voyant comme un système dynamique. Elle utilise, en le détournant de son utilisation classique, l'opérateur de transfert comme un opérateur générateur, qui génère les séries génératrices. Elle étend la méthode, déjà fructueuse en petite dimension, et analyse deux types distincts d'algorithmes du pgcd en grande dimension. Elle analyse aussi les algorithmes de tri et de recherche [?, ?] quand ils agissent sur des données produites par une source dynamique. Les résultats dépendent alors du comportement d'une série génératrice mixte mélangeant la source et l'algorithme.

### D) Vie de l'équipe

Le *séminaire Algo* est un élément-clé de la vie de l'équipe, qui assure sa cohésion. C'est un séminaire hebdomadaire, régulier, où l'équipe se retrouve le plus souvent dans son intégralité.

On notera la création en 2018 d'un *groupe de lecture et de travail* (GLT), qui permet de discuter de sujets scientifiques dans un cadre moins formel que le séminaire. Les sujets du GLT sont proposés par les membres de l'équipe. Chaque GLT s'étale sur 3 ou 4 séances, par exemple sous la forme d'une lecture d'article ou d'un mini cours sur un sujet.

D'une manière encore plus informelle, l'équipe a pris l'habitude d'échanger régulièrement que ce soit durant les pauses à la machine à café, ou les repas pris ensemble quotidiennement.

Pour les aspects organisationnels de la vie de l'équipe, des réunions sont organisées lorsqu'un besoin se fait sentir, sans que la régularité des réunions soit imposée.

### E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

L'évaluation HCERES stipulait pour l'équipe AMACC :

*On peut recommander à la direction du laboratoire et aux tutelles de soutenir très fortement le recrutement d'au moins un professeur et un maître de conférences pour cette équipe.*

La direction du laboratoire a suivi cette recommandation et a effectué trois recrutements sur la période. Julien Courtiel a été recruté MC en 2017 à l'UFR de Science, Paul Dorbec comme PR à l'IUT en 2018 et Pascal Vanier a été recruté en 2020 sur un poste de PR à l'UFR de Sciences. Au 1er septembre 2020, il y a donc deux rangs A dans l'équipe.

## 2.1.2 Produits et activités de la recherche

Les trois tableaux suivant décrivent la production de l'équipe sur le quinquennat 2015-2020.

| Publications                | Nombre |
|-----------------------------|--------|
| Revue Internationale        | 24     |
| Revue Nationale             | 1      |
| Conférences Internationales | 32     |
| Chapitres d'ouvrage         | 1      |
| Directions d'ouvrages       | 2      |
| Thèses                      | 2 (+1) |
| HDR                         | 1      |
| Brevets et logiciels        | 0+2    |

|   | Nombre |
|---|--------|
| Conférences invitées                    | 5      |
| Comité de rédaction et éditeurs invités | 2      |
| Comité de pilotage de conférences       | 0      |
| Comité de programme de conférences      | 5      |
| Organisation de conférences, d'ateliers | 5      |
| Évaluation et expertise                 | 11     |
| Responsabilités scientifiques           | 10     |
| Jurys thèse et HDRhors équipe           | 17 + 7 |

| Contrats et projets        | Nombre             | Montant total  |
|----------------------------|--------------------|----------------|
| Contrats industriels       | 1                  | 10 k€          |
| Projets FUI                | 0                  |                |
| Projets ANR                | 2 (porteur)        | 176 k€         |
|                            | + 6 (partenaire)   |                |
|                            | + 4 (indiv.)       | 18 k€          |
| Projets nationaux (autres) | 3 (PEPS) + 1 (RIN) | 24 k€ + 105 k€ |
| Projets Européens          | 0                  |                |
| Projets internationaux     | 3                  | 13 k€          |

### A) Rayonnement et attractivité académiques

L'équipe a soutenu 18 candidatures sur les concours CNRS (entre 2 à 5 chaque année) ce qui témoigne de l'attractivité et la reconnaissance de l'équipe. Même si ces candidatures n'ont finalement pas abouti, elles témoignent de l'attractivité et de la reconnaissance de l'équipe. Sur la période, l'équipe AMACC a accueilli 11 chercheurs invités pour un séjour d'au moins 1 semaine.

#### International.

- En Amérique du Sud, l'équipe maintient de forts liens avec l'Argentine et l'Uruguay. Une grande partie des membres de l'équipe appartient à l'équipe RAOFA du laboratoire LIA (puis IRP) INFINIS puis SINFIN (France-Argentine) à Buenos Aires, ainsi qu'à l'axe Informatique du Laboratoire IRL IFUMI (France-Uruguay). L'équipe a répondu avec succès à plusieurs appels à projets du CNRS : RAPA2 (STIC AMSUD). Elle a été soutenue par l'INS2I dans son projet CARGLAS-IN-SINFIN.
- Le Steering Committee de STACS (Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science) choisit chaque année un site parmi les principaux sites de recherche en Informatique Mathématique de France et d'Allemagne, et lui confie la tâche d'organisation (à la fois scientifique et technique). L'équipe AMACC du GREYC a été choisie par le Steering Committee pour organiser l'édition 2018 à Caen. L'équipe y a associé l'équipe CA du LITIS. Un membre de l'équipe a été deux fois co-chair de STACS et co-responsable éditorial des numéros spéciaux des conférences de 2017 et 2018.

#### National.

- *GdR IM*. L'équipe s'implique fortement dans l'animation du GdR Informatique Mathématique (via le comité de direction ou la cellule de communication). Plus scientifiquement, les membres de l'équipe participent tous à l'un ou plusieurs des groupes de travail du GdR.
- *Autres Collaborations*. Via le GdR ou les nombreuses ANR auxquelles elle participe (porteur, co-porteur ou membre individuel), l'équipe noue de nombreuses collaborations avec d'autres équipes nationales.

#### Régional.

- *Fédérations*. Au sein de l'axe « Algorithmes et combinatoire » de la Fédération Normande Normastic, et en collaboration avec la fédération NormaMath, elle organise des échanges (séminaires, réunions de travail) avec d'autres membres des laboratoires LITIS (Rouen-Le Havre) et LMRS (Mathématiques, Rouen).

- *Projets RIN (Réseaux d'Intérêts Normands)*. L'équipe porte deux projets RIN en cours : ALENOR (ALEa en NORMandie) avec le LITIS et le LMRS, et DYnNet (Dynamic Networks) avec le LITIS.

### B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

- *Médiation*. CYBERCRYPT est un dispositif de médiation visant à faire découvrir, de manière ludique, les principes de la cryptographie. Il a été proposé conjointement par le laboratoire GREYC et par Orange Labs, et a été lauréat de l'édition 2017 du concours « Têtes chercheuses », financé par la Fondation Musée Schlumberger et organisé par Relais d'sciences. Ce dispositif est maintenant utilisé dans des lycées ou lors de diverses fêtes de la Science.  
L'équipe intervient dans les collèges et lycées via un membre impliqué dans l'association Maths.en.Jeans.
- *Égalité Femmes-hommes*. Organisation de conférences pour les étudiant-e-s de M1 et les professeur-e-s du secondaire.
- *Activité logicielle*. L'équipe développe deux logiciels : un logiciel de cartographie dédié à des utilisateurs géographes et un logiciel de génération aléatoire fondé sur le principe des générateurs de Boltzmann.

### C) Implication dans la formation par la recherche

**Thèses.** L'équipe a accueilli pendant la période un nombre faible de doctorants (cinq) et l'un d'eux a abandonné. Malgré la bonne insertion de l'équipe au niveau national et international, il reste difficile de recruter sur des thématiques d'informatique mathématique.

L'équipe incite ses doctorants à participer à des écoles de chercheurs, comme celle du GdR IM qui a lieu chaque année. Elle cherche aussi à les impliquer dans les événements qu'elle organise (par exemple, la conférence STACS en 2018).

**Ouvrages pédagogiques.** Deux ouvrages pédagogiques sont parus, l'un en 2018 et l'autre en 2020. Le premier [?] traite d'algorithmique et vise un public de niveau master scientifique ou en dernière année d'école d'ingénieurs avec un cursus préalable en informatique ou en mathématiques. Le deuxième [919] présente les techniques de programmation avancées dans le contexte numérique, ainsi que dans les domaines de visualisation et traitement d'images, pour des lecteurs ayant des notions avancées de programmation.

**Responsabilités pédagogiques.** Plusieurs membres de l'équipe ont été impliqués jusqu'à récemment dans les filières pédagogiques via la responsabilité du M1 Informatique (2013-2018), du M2 SSI—anciennement ESECURE— (2014-2018). Des membres de l'équipe ont participé à la rédaction du projet d'EUR Minmacs. Ce projet, bien noté mais non retenu, sera mis en place via un financement régional.

#### Enseignement de l'informatique au second degré.

- *Spécialité ISN (Informatique et sciences du numérique)* : animation et organisation de la formation des enseignants du secondaire pour la spécialité ISN en collaboration avec le rectorat jusqu'à 2018 ;
- *DiU (Enseigner l'Informatique au Lycée)* : formation des enseignants de la région Basse-Normandie de la spécialité NSI du nouveau bac (2018-2020).

#### Cours.

- Cours à l'étranger : 3 écoles dans le cadre du CIMPA, une école au Japon et un cours intégré dans le cursus de l'université de Buenos Aires ;
- Cours aux journées Aléa, école thématique du CNRS (une centaine de participants) ;
- Organisation d'une école jeunes chercheurs « Alea Young » durant une semaine près de Caen en 2019 (une trentaine de participants venant d'Europe, actuels doctorants ou venant de soutenir leur thèse).

## 2.2 Équipe CoDaG

### 2.2.1 Présentation de l'équipe

L'équipe "Contraintes, Data mining, Graphes" (CoDaG) étudie et propose des méthodes de résolution de contraintes, d'optimisation et de fouille de données afin d'améliorer la chaîne de prise de décision dans un continuum allant de la compréhension des données à la décision en s'appuyant sur l'extraction de connaissances dans les données.

Une spécificité de l'équipe est de rassembler des compétences complémentaires pour se positionner sur des thématiques "hybrides" et prometteuses telles que les apports mutuels entre programmation par contraintes et fouille de données, le traitement de l'information chimique et biologique, la fouille de données du sport, la fouille de données textuelles associée à des techniques de traitement automatique des langues. Ces domaines d'applications nécessitent d'inscrire notre travail dans une démarche pluridisciplinaire et interactive caractéristique de la sciences des données ; ils sont aussi une source d'identification de verrous scientifiques suscitant de vrais problèmes de recherche fondamentale.

Le responsable de l'équipe est Bruno CRÉMILLEUX sur la période 2015-2020, Bertrand CUISSART va assurer cette responsabilité à partir de 2021. Au 1er juin 2020, l'équipe comprend 9 membres permanents, tous enseignants-chercheurs (3 PR et 6 MC dont 2 HDR).

#### A) Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

Le tableau 2.4 indique les permanents de l'équipe (départs en rouge, arrivées en vert).

| Prénom et nom        | Fonction         | HDR | Contraintes | Data Mining | Graphes | Date entrée/sortie |
|----------------------|------------------|-----|-------------|-------------|---------|--------------------|
| Patrice BOIZUMAULT   | PR UFR Sciences  | ✓   | ✓           | ✓           |         | 2001               |
| Alain BRETTO         | PR UFR Sciences  | ✓   |             | ✓           | ✓       | 2002               |
| Bruno CRÉMILLEUX     | PR UFR Sciences  | ✓   |             | ✓           |         | 1991               |
| Bertrand CUISSART    | MC IUT (Lisieux) |     |             | ✓           | ✓       | 2005               |
| Jean-Jacques HÉBRARD | MC UFR Sciences  |     |             |             | ✓       | 1985 - 2016        |
| Arnaud LALLOUET      | PR UFR Sciences  | ✓   | ✓           |             |         | 2008 - 2015        |
| Samir LOUDNI         | MC IUT (Ifs)     | ✓   | ✓           | ✓           |         | 2003               |
| Abdelkader OUALI     | MC UFR Sciences  |     | ✓           | ✓           |         | 2019               |
| François RIOULT      | MC UFR Sciences  | ✓   |             | ✓           |         | 2006               |
| Antoine WIDLÖCHER    | MC UFR LVE       |     |             | ✓           |         | 2009               |
| Albrecht ZIMMERMANN  | MC IUT (Ifs)     |     |             | ✓           |         | 2015               |

Tableau 2.4 – Liste des permanents de l'équipe CoDaG, sur la période 2015-2020.

Les effectifs sont restés stables sur le quinquennat avec les mouvements suivants :

- départ d'Arnaud LALLOUET (PR) en septembre 2015 pour un détachement dans le secteur privé pour mener une activité de recherche. Arnaud LALLOUET est resté membre associé<sup>1</sup> au GREYC jusqu'à l'automne 2019 où il a démissionné de son poste de PR ;
- recrutement d'Albrecht ZIMMERMANN (MC) en septembre 2015 ;
- départ (retraite) de Jean-Jacques HÉBRARD (MC) en septembre 2016 ;

1. Outre Arnaud LALLOUET, l'équipe a comporté deux autres membres associés : Thierry CHARNOIS (PR 27 à l'Université Paris 13) qui était dans l'équipe CoDaG jusqu'en 2013 et avec lequel nous avons gardé des collaborations sur la fouille de données textuelles et, jusqu'en 2018, Alban LEPAILLEUR (MC HDR au Centre d'Etudes et de Recherche sur le Médicament de Normandie - Caen) (en 2018 Alban LEPAILLEUR est devenu vice-président de la Commission de la Formation et de la Vie Universitaire).

— recrutement d'Abdelkader OUALI (MC) en septembre 2019.

L'équipe évolue de façon notable en septembre 2020 (cf. section 3.3) avec le départ de Samir LOUDNI promu PR à l'IMT Atlantique, l'arrivée de Justine REYNAUD recrutée sur un poste MC 27 avec enseignement à l'UFR Humanités et Sciences Sociales et 3 collègues (Céline ALEC, Pierre BEUST et Yann MATHET) venant de l'équipe Hultech.

Sur les 9 membres permanents de l'équipe, 4 effectuent leurs enseignements sur des sites distincts de celui où sont situés les locaux du GREYC : 3 sont à l'IUT Grand Ouest Normandie (2 sur le site d'Ifs qui est à l'autre extrémité de l'agglomération caennaise et 1 à Lisieux) et 1 autre effectue son enseignement à l'UFR LVE, au centre-ville de Caen.

Les membres permanents assurent des responsabilités collectives parfois lourdes : directions de département d'enseignement ; responsables de formation ; membres de conseils centraux, de conseils de composantes et du CNESER ; responsabilités en recherche au niveau régional et nationale (la liste est donnée en annexe à la section D.3 à partir de la page 251).

### B) Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs :

Cinq thèses ont été soutenues pendant la période, 4 sont en cours en juin 2020 (avec 2 soutenances au second semestre 2020, cf. ci-dessous), 1 doctorant a abandonné en cours de thèse. La durée moyenne d'une thèse est de 38 mois.

- Mohamad BADAoui, 2014-18, co-tutelle Liban, actuellement MC au Liban
- Anaëlle BALEDEnt, avec équipe Hultech, depuis octobre 2019, allocation doctorale
- David BATISTA SOARES, 2016-20 (soutenance le 12.11.20), allocation "normalien"
- Arnold HIEN, depuis novembre 2018, allocation région
- Bamba KANE, 2013-17, allocation doctorale, ingénieur secteur privé
- Maksim KOPTILOV, 2017-20 (soutenance le 30.9.20), allocation région, post-doc
- Rafic NADER, 2016-19, co-tutelle Liban, post-doc
- Abdelkader OUALI, 2014-17, co-tutelle Algérie, MC au GREYC après post-doc au LORIA
- Anthony PALMIERI, 2016-19, cifre Huawei, ingénieur et chercheur chez Huawei

Grâce au soutien de projets collaboratifs, l'équipe a accueilli 6 post-doctorants (dont 5 n'étaient pas issus du GREYC), 3 ingénieurs de recherche, 2 chercheurs invités pour des séjours de 1 mois (financement Université de Caen) ainsi que 4 doctorants d'autres universités pour des séjours allant de 3 semaines à 3 mois (cf. liste en annexe à la section D.3 à la page 257).

### C) Thèmes scientifiques :

L'équipe est structurée en trois "cœurs de métiers" : les contraintes, la fouille de données et les graphes qui donnent naissance à des hybridations variées entre eux et avec les champs d'applications. Ces hybridations forment une des spécificités de l'équipe. C'est pourquoi nos travaux s'organisent aussi autour de thèmes transverses : apports mutuels entre contraintes et fouille de données, fouille et données du sport, chémoinformatique et chémogénomique, fouille de données textuelles.

#### Contraintes

Notre travail sur ce cœur de métier s'est décliné autour des *Constraint Games* et la résolution de problèmes d'optimisation sous contraintes. En se situant à l'intersection de la théorie des jeux et de la programmation par contraintes, A. PALMIERI a dans sa thèse formulé comment résoudre un Constraint Game en terme de propagation par contraintes [1010]. Il a proposé une modélisation multi-agent pour les réseaux définis par logiciel (Software Defined Networks) [1040]. Le solveur obtenu, appelé CONGA, diffusé en code source ouvert, est en 2020 un solveur "état de l'art" pour les équilibres de Nash purs. Il dépasse en performances les solveurs existants d'un facteur 100. Il est le premier à pouvoir résoudre optimalement des jeux à plus de 2000 joueurs. Dans sa thèse, A. OUALI a proposé des stratégies de parallélisation de DGVNS (Decomposition Guided

Variable Neighborhood Search) pour traiter des problèmes de grande taille. Cette thématique s'est poursuivie avec des chercheurs de l'INRAE Toulouse avec lesquels nous avons proposé un cadre unifié pour la recherche DGVNS. Celui-ci offre un contrôle du compromis entre la preuve d'optimalité et le comportement anytime [956]. À notre connaissance, c'est la première approche de type recherche locale offrant un tel compromis. Une expérimentation dédiée à la conception de protéines a été réalisée pour traiter d'instances non encore résolues comportant entre 100 et 300 acides aminés. Au cours de la période, de façon générale, les activités de ce thème se sont rapprochées de la fouille de données.

### Fouille de données

La spécialité de l'équipe est le *pattern mining*, c'est-à-dire la découverte de motifs. C'est un domaine où nous sommes actifs au niveau international (comité de rédaction de revues, responsabilités dans la conférence ECML/PKDD, etc.).

Nous avons contribué à mieux comprendre la qualité d'une méthode de fouille de données en explicitant d'un point de vue formel le comportement observé de nombreuses méthodes de fouille [1013]. Ce travail pose un nouveau regard sur la notion d'intérêt d'un motif et ouvre de nouvelles perspectives sur l'évaluation de méthodes de fouille de données en considérant une fouille véritablement dirigée par les données. D'autre part, nous avons proposé une méthode fondée sur le MDL (Minimal Description Length) pour l'extraction de motifs périodiques [1019] (article écrit avec 2 chercheurs en Finlande) et qui s'inscrit, nous pensons, dans un axe de recherche prometteur pour les "pattern sets" car le MDL est capable d'apporter une information sur un *ensemble* de motifs. Nous utilisons la génération de données pour traiter le défi de l'évaluation des méthodes non supervisées pour lesquelles il n'est pas possible d'utiliser les étiquettes. Dans [989], nous générons des données artificielles dont nous connaissons les vrais motifs afin d'évaluer différentes mesures de qualité. L'état de l'art que nous avons dressé [991] montre que la plupart des méthodes existantes n'ont pas été évaluées sur des jeux de données variés et nous générons des jeux de données caractérisés par des propriétés diverses pour résoudre ce problème.

### Graphes

Nous avons obtenu de nouveaux résultats sur les propriétés définie positive et semi-définie trois-positive de certaines matrices de similarité qui ont une importance particulière en raison de leur capacité à définir des distances métriques [985]. Nous avons élaboré de nouvelles familles expansives de G-graphes qui sont eux-mêmes une généralisation des graphes de Cayley [979]. Nous avons ramené la conjecture de Erdős-Faber-Lovász à trois types de graphes [961], ce qui nous paraît un pas décisif pour prouver cette conjecture. Au niveau applicatif, nous travaillons sur l'analyse d'images (collaboration avec Telecom Paris) et la finance (thèse de D. BATISTA SOARES avec AgroParisTech et l'université de Saclay).

### Apports mutuels entre contraintes et fouille de données

Les apports mutuels entre contraintes et fouille de données forment un domaine de recherche où depuis 2008 nous avons mené des travaux pionniers. Sur la période 2015-2020, cette activité s'est étendue via des collaborations avec des chercheurs de plusieurs laboratoires <sup>2</sup>.

Les notions de préférence utilisateur et d'optimisation multi-critère sont encore peu présentes en fouille de données alors qu'elles permettent à l'utilisateur d'exprimer plus facilement des requêtes tout en produisant les meilleures solutions par rapport à plusieurs critères. Dans un travail collectif, nous avons proposé la notion de motifs Pareto-optimaux (ou *skypatterns*) [965]. La recherche de motifs dominants en fouille de données est maintenant une voie développée

---

2. CERMN, IRISA, LIFAT, LIPN, LIRIS, LORIA, Université d'Oran (Algérie), Peruvian University of Applied Sciences (Pérou).

par plusieurs autres chercheurs. Ces travaux ont bénéficié des collaborations menées dans le cadre d'un PEPS et d'un Mastodons CNRS que nous avons coordonnés. D'autre part, nous avons proposé une approche hybride combinant la Programmation Linéaire en Nombre Entiers et la fouille de concepts pour le clustering conceptuel sous contraintes [1009]. Puis, nous avons introduit la notion d'équité dans le clustering conceptuel [1022] en exploitant l'opérateur d'agrégation OWA. Enfin, nous avons conçu de nouvelles contraintes globales pour l'extraction de motifs séquentiels sous contraintes [967] et pour l'extraction de motifs ensemblistes fréquents fermés [1038]. Un résultat notable est que ces approches déclaratives et génériques concurrencent et même surpassent dans certains cas les algorithmes spécialisés de l'état de l'art. Ces travaux ont contribué à repenser la manière dont les approches fondées sur la programmation par contraintes (PPC) pouvaient tirer bénéfice des méthodes de fouille dans le but d'améliorer les encodages utilisés en PPC.

### Fouille et données du sport

Nos travaux sur le sport réel concernent le tennis où nous avons analysé les caractéristiques du service à partir de 5 ans de données HawkEye contenant les trajectoires de balles pour les tournois majeurs des circuits professionnels hommes et femmes. Grâce à une reconstruction de l'effet Magnus, nous avons pu examiner les angles et vitesses de rotation de la balle, afin de fournir des préconisations stratégiques [977]. Nous avons comparé les prédictions possibles pour les compétitions de basket universitaires et professionnels afin d'identifier des différences pertinentes pour la prédiction de résultats [990]. Cette thématique est aussi visible via la co-organisation du workshop annuel MLSA<sup>3</sup> par A. ZIMMERMANN qui est aussi en charge de cette thématique au niveau de l'editorial board de la revue *Data Mining and Knowledge Discovery*.

### Chémoinformatique et chémogénomique

Notre activité en chémoinformatique et chémogénomique s'inscrit dans le contexte d'une collaboration menée depuis plusieurs années avec le CERMN<sup>4</sup> sur des domaines applicatifs réels comme la découverte de structures d'alertes liées au caractère mutagène de molécules ou l'étude de l'interaction entre ligands et protéines. Pour le premier exemple, en se plaçant dans le cadre de l'analyse formelle de concepts, nous avons associé, autour d'un motif central, un ensemble de motifs aux variations minimales. Cette méthode produit des résultats de taille raisonnable, pointant des motifs clés et robustes aux variations du jeu de données analysé [963]. Nous avons appliqué ces travaux méthodologiques à une description originale des molécules sous la forme de plusieurs conformations spatiales coexistantes [971]. La thèse de M. KOPELOV a porté sur la prédiction des interactions entre médicaments et cibles thérapeutiques modélisée par un réseau multi-couche afin de prendre en compte des informations additionnelles, p. ex. les similarités moléculaires [1035]. D'autre part, nos travaux sur l'identification de PAINS (Pan Assay Interference Compounds) – des molécules promiscues qui ne conduiront pas à des médicaments car pouvant présenter une certaine toxicité – ont conduit au développement d'un outil logiciel (PREPEP) et a été l'occasion de communiquer les différentes facettes de ce travail sous la forme d'articles "démo" [1028] et "applied data science" [1014].

### Fouille de données textuelles

Dans le projet ANR NarECA, nous avons dû faire face à des actes de dialogues, annotés manuellement par des psychologues, en quantité insuffisante pour un apprentissage à base de descente de gradient. Nous avons recodé ces actes selon des motifs séquentiels issus de la fouille de données afin de construire un modèle de l'interaction valorisable par un agent conversationnel [1011]. Dans le projet FUI REUs, face à la faible quantité de corpus annoté,

3. Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics

4. Centre d'Études et de Recherche sur le Médicament de Normandie, Université de Caen Normandie.

nous avons aussi exploité des motifs séquentiels combinés à un système de vote pour détecter des zones de prise de décision dans des transcriptions de réunions de travail. En lien avec l'équipe Hultech, nous menons une réflexion sur l'évaluation de la qualité de données textuelles multi-annotées, préalable nécessaire à l'estimation de la qualité des connaissances qui peuvent être extraites. Nos travaux autour de la mesure  $\gamma$  [1193] relèvent de cette volonté d'interroger la valeur des données qui seront utilisées pour l'entraînement ou l'évaluation des systèmes.

#### D) Vie de l'équipe

La vie de l'équipe est structurée autour d'un "groupe de travail" bi-mensuel. Nous tenons à cette régularité "formelle" car 4 membres permanents sur 9 effectuent leurs enseignements sur des sites distants et il n'est pas toujours possible de compter sur le hasard pour se rencontrer. Ce groupe de travail est un lieu informel d'échange scientifique, de pistes de recherche et de partage d'information. Les stagiaires de l'équipe (L3, M2) y participent et y présentent leurs travaux. Certaines séances sont remplacées par des réunions entre permanents lorsque le contenu le justifie (classement de sujets de thèse, demandes de projets, ...). Les décisions se veulent le plus collégial possible, dans le respect des avis de chacun, ce qui n'interdit pas d'avoir des points de vue différents. De façon générale, nos choix collectifs sont en faveur des "jeunes" recrutés et au soutien du passage d'une HDR. Par exemple, tous les sujets de thèse présentés depuis 2015 pour une allocation associaient un "jeune" ou un membre proche de l'HDR.

Sur la période 2015-2020, les membres permanents ont été uniquement des hommes<sup>5</sup>. L'équipe déplore ce net déséquilibre et se réjouit de l'évolution positive amorcée avec l'arrivée de deux femmes MC en 2020 (Justine REYNAUD suite à un recrutement et Céline ALEC suite à l'évolution des équipes du GREYC). D'autre part, nous avons recruté 1 doctorante en 2019 (et 1 autre à l'automne 2020), 3 de nos post-doctorants ont été des post-doctorantes et nous avons accueilli 3 doctorantes pour des séjours d'au moins 1 mois.

Nous sensibilisons nos étudiants au mieux de nos compétences à l'éthique, la protection des données et les données ouvertes. Nous sommes opposés à la multiplication d'articles au contenu peu différent et bien sûr à toute soumission dans une tribune de qualité douteuse.

#### E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

L'évaluation HCERES contenait deux recommandations :

1- *"Pour que l'équipe puisse continuer à mener une recherche, dirigée vers les applications, de qualité, il est important de veiller à l'équilibre entre les différents thèmes (contraintes, fouille, graphes) et à recruter, si possible, de nouvelles forces vives. Le recrutement de doctorants est un point sensible qui pourrait nécessiter une légère inflexion de la politique de projets."*

Le rapport d'évaluation du comité de visite HCERES a été rédigé fin 2015 et un seul recrutement a ensuite été effectué (poste MC en 2019). Ce recrutement (A. OUALI) a renforcé la thématique "Contraintes" affaiblie par le départ en septembre 2015 de A. LALLOUET. De plus, A. OUALI dispose d'une bonne culture en fouille de données tout en amenant un savoir faire en optimisation permettant un démarrage de nouveaux travaux sur l'optimisation en fouille de données.

Concernant les doctorants, outre le montage de projets avec demande de financements de thèse (2 projets ANR acceptés en 2020 vont apporter deux financements de thèse), nous avons développé nos échanges avec des partenaires industriels. Une convention cifre a été signée en 2016, une autre démarre en octobre 2020 avec Orange Labs et une autre devrait démarrer au printemps 2021.

2- *"Les nombreuses réalisations (logiciels, applications) pourraient être mises davantage en valeur."* : l'équipe a développé plusieurs prototypes, mais la rotation du personnel fait qu'il est

5. Soulignons aussi que, lors des deux concours MC 2015 et 2019 pour les postes destinés à l'équipe CoDaG, les comités de sélection ont classé en première position une femme. Les deux fois, c'est le candidat classé 2ème (un homme) qui est venu (ces candidatures, tout comme celles classées premières, étaient aussi excellentes).

difficile d'assurer leur diffusion dans la durée. Ainsi un travail de finalisation logicielle reste nécessaire pour diffuser à plus large échelle une réalisation logicielle majeure du quinquennat (Norns, cf. annexe D.3, page 247). Cependant, nous pouvons nous appuyer sur le service de développement d'applications du GREYC (comme pour le logiciel **PrepPeP**) ainsi que le CERTIC<sup>6</sup> (comme dans le cas du logiciel **Glozz**).

### 2.2.2 Produits et activités de la recherche

Les trois tableaux suivant décrivent la production de l'équipe sur le quinquennat 2015-2020. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux publications estimées importantes selon les classements (pour les revues : Q1-Q2 selon SJR ; pour les conférences : A\*-A-B selon CORE). La politique de publication de l'équipe est de viser les meilleures revues et conférences du domaine ainsi que les meilleures tribunes de nos domaines d'application. Parmi les 36 articles de revues internationales, 19 soit 52,8% sont Q1 et 9 soit 25% sont Q2. Sur les 42 articles de conférences internationales, 20 (soit 47,6%) sont A\* ou A, 12 sont B (soit 28,5%). Sur les 10 articles restants, 1 est publié à AI Test que nous considérons comme une très bonne conférence, 2 sont classés C, 5 correspondent à des workshops de bon niveau et 2 à des conférences spécialisées.

| Publications                | Nombre  |
|-----------------------------|---------|
| Revues Internationales      | 36 (28) |
| Revues Nationales           | 3       |
| Conférences Internationales | 42 (32) |
| Conférences Nationales      | 18      |
| Chapitres d'ouvrage         | 5       |
| Directions d'ouvrages       | 7       |
| Thèses                      | 5       |
| HDR                         | 2       |
| Brevets et logiciels        | 0+4     |

|   | Nombre          |
|---|-----------------|
| Conférences invitées                    | 4               |
| Comité de rédaction et éditeurs invités | 9               |
| Comité de pilotage de conférences       | 1               |
| Comité de programme de conférences      | 93 <sup>7</sup> |
| Organisation de conférences, d'ateliers | 1               |
| Évaluation et expertise                 | 11              |
| Responsabilités scientifiques           | 3               |
| Jurys thèse et HDR hors équipe          | 24 + 7          |

| Contrats et projets        | Nombre  | Montant total        |
|----------------------------|---|----------------------|
| Contrats industriels       | 2   | 83,2K€               |
| Projets FUI                | 1   | 124,8K€              |
| Projets ANR                | 0 (porteur)<br>+ 2 (partenaire)<br>+ 0 (indiv.) | 242,5K€              |
| Projets nationaux (autres) | 2 + 5   | 581,9K€ <sup>8</sup> |
| Projets Européens          | -   | -                    |
| Projets internationaux     | 1   | Bourse Eiffel        |

#### A) Rayonnement et attractivité académiques

**Publications :** Un résultat que nous apprécions est que tous les membres permanents de l'équipe ont publié dans une revue Q1 et tous les docteurs dans une revue Q1 et/ou une conférence de rang A<sup>9</sup>. Nos collaborations en chémoinformatique ont donné lieu à plusieurs publications dans des revues Q1 : *J. of Chemical Information and Modeling*, *J. of Proteome Research*, *J. of Medicinal Chemistry*. Nous avons publié à *J. of Biomedical Semantics* (Q1) sur l'apport de la fouille de données textuelles à la découverte de relations entre gènes. Nous visons les publications dans les conférences très sélectives : IJCAI (×3), UAI, KDD, ECML/PKDD (×4), CP (×4), PAKDD (×3), IDA (×3), Interspeech, toutes ces conférences étant classées A\* ou A selon CORE. Nous

6. Centre de Ressources Technologiques pour les TIC de l'Université de Caen-Normandie

7. Nombre de comités de programme *uniquement* de conférences internationales de rang A\*, A et B.

8. auxquels sont à ajouter 2 ans de post-doc (80K€) du CPER Nummie géré à la MRSH de Caen.

9. À titre d'exemple : 3 publications à *Artificial Intelligence Journal*, 2 à *Data Mining and Knowledge Discovery*, 1 à *Machine Learning*, 1 à *Computational Linguistics*, 1 à *Discrete Mathematics*, 2 à *Theoretical Computer Science*.

communiquons aussi nos travaux dans la communauté francophone (notamment JFPC, EGC, TALN) afin que les doctorants et post-doc tissent des liens avec celle-ci.

**Responsabilités éditoriales, comités de programme, présidence de conférences et workshops :** plusieurs membres sont éditeurs associés (7 revues), 2 appartiennent à l'editorial board de *Data Mining and Knowledge Discovery* et 1 autre à celui de *Machine Learning Journal* qui sont des revues de référence. Nous sommes particulièrement présents dans les comités de programme de conférences classées A\* ou A : IJCAI, AAAI, ECAI, ACL, KDD, ECML/PKDD, SDM, ICDM, PAKDD, CIKM, CP, IDA. Nous avons été président du comité de programme d'EGC 2016 et co-chairs de workshops associés à ECML/PKDD ainsi que de "special tracks" à ICTAI.

**Prix du meilleur article :** deux articles ont été primés (conférences AI Test 2019 et COSI 2015).

**Invitations :** nous sommes invités à des workshops sur invitation seulement : Dagstuhl (avril 2020), Spring Workshop on Mining and Learning (Allemagne, 2016, 2018, 2020). Un membre est régulièrement sollicité par la communauté ECML/PKDD pour assurer des responsabilités dans l'organisation de ECML/PKDD (workshop co-chair, tutorial co-chair, publicity co-chair). Un membre a donné 4 conférences invitées dans des conférences internationales.

**Animation de la recherche et insertion régionale :** un membre est directeur-adjoint du GDR MaDICS (Masses de Données, Informations et Connaissances en Sciences), un autre est élu au conseil d'administration et trésorier de l'AFPC (Association Française pour la Programmation par Contraintes). Nous sommes investis dans l'animation de structures régionales : présidence du comité scientifique du pôle Sciences du Numérique normand, représentant du GREYC au groupe de travail de la plateforme Normandie DataLab, membre de la commission projets du pôle Nov@log, co-animation de l'axe "Données, Apprentissage, Connaissance" de la fédération NormaSTIC. Deux membres de l'équipe appartiennent au comité de pilotage du CPER Numnie (2015-2020) en lien étroit avec la MRSH de Caen et nous sommes fortement investis dans les activités du pôle document numérique de la MRSH. L'équipe a 3 projets labélisés avec le LITIS (Rouen) illustrant notre intégration scientifique dans le paysage régional.

**Coordination de projets CNRS :** nous avons porté un PEPS (Préfute) et un Mastodons (Decade) qui, au-delà des avancées scientifiques (10 publications associant au moins 2 partenaires), a accru nos collaborations et notre visibilité y compris à l'étranger via l'organisation de "mini-symposium" rassemblant à chaque fois une cinquantaine de participants avec plusieurs invités.

**Evaluation de la recherche :** un membre est au Conseil National de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Plusieurs membres participent à l'évaluation de projets (ANR, ANRT) y compris à l'international (Belgique, Pays-Bas, République Tchèque) ou d'unités (HCERES).

**Attractivité :** L'équipe est régulièrement sollicitée pour des jurys de thèse et d'HDR (31 sur la période). Elle est attractive pour la formation des jeunes chercheurs (9 doctorants sur 10 n'étaient pas issus de formations locales et 5 post-doctorants sur 6 ne provenaient pas du GREYC). Nous avons accueilli deux chercheurs invités pour un mois chacun (USA, Algérie) et 1 chercheur en délégation CNRS (séjour non réalisé suite à la crise sanitaire de 2020). L'attractivité aux concours de chercheurs CNRS est plus modeste (2 candidatures CR et 1 candidature DR).

## **B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel**

Par rapport au quinquennat précédent, l'équipe a accru ses relations avec le tissu économique : 1 projet FUI, 2 projets avec des industriels finançant des post-doc, 1 convention Cifre, 1 prestation de service sur la période 2015-2020. Une nouvelle convention Cifre démarre en octobre 2020.

Nos activités liées aux applications comme la chémoinformatique ont souvent un impact sociétal : les techniques de fouille de données permettent de cribler, prévoir et nous espérons contribuer à synthétiser les molécules qui constitueront les médicaments de demain. Nos travaux sur l'analyse de données du sport ainsi que ceux portant sur les relations entre structures textuelles et idéologie s'inscrivent directement dans l'environnement social.

L'équipe participe de façon régulière à la fête de la science et plus généralement aux activités de médiation scientifique (accueil d'élèves de 3ème, conférences de vulgarisation scientifique).

### C) Implication dans la formation par la recherche

L'équipe est très présente dans les unités d'enseignement (UE) du master informatique et assume des responsabilités de formation comme le parcours "Décision et optimisation" du master informatique<sup>10</sup> qui est une formation aux thématiques adossées à celles des équipes CoDaG et MAD. Nous enseignons dès la licence dans les UEs de sensibilisation aux thématiques de l'équipe et, de façon naturelle, dans l'UE de master de préparation à la recherche associée à l'équipe (y compris les membres qui ne sont pas en poste à l'UFR des Sciences afin que les étudiants puissent connaître tous les membres de l'équipe).

Chaque année, l'équipe propose plusieurs stages et projets aux étudiants de licence et master (14 stages de M2 sur la période 2015-2020). Nous avons renforcé notre collaboration avec le LITIS (Rouen) : 5 de ces stages ont été co-encadrés GREYC/LITIS (un stage a donné lieu à une thèse conjointe avec le LITIS, un autre à un projet ANR accepté pour le second tour de l'AAPG 2020 mais finalement non retenu). Un membre de l'équipe a co-dirigé le groupe de travail "formation" du projet d'EUR Minmacs. Bien qu'évalué positivement, ce projet n'a pas été retenu mais son implémentation a démarré à la rentrée 2020 comme *Graduate school* normande.

## 2.3 Équipe MAD

### 2.3.1 Présentation de l'équipe

L'équipe « Modèles, Agents, Décision » du laboratoire GREYC réalise des travaux de recherche en intelligence artificielle, plus particulièrement concernant les agents autonomes. Il s'agit de :

*« Permettre à un ou plusieurs agents artificiels, évoluant dans un environnement dynamique, incertain, et en interaction avec l'homme, d'apprendre, de raisonner et de prendre des décisions pour réaliser une mission ou un service. »*

Les travaux menés portent ainsi sur le raisonnement, en particulier en logique formelle (thème « Modèles »), sur les systèmes multi-agents, en particulier sur des questions de confiance (thème « Agents »), et sur la planification automatique (thème « Décision »). Ces travaux sont essentiellement menés avec une approche de modélisation de problèmes réels et des questions algorithmiques, et sont illustrés avec des applications en robotique, entre autres.

Le responsable de l'équipe sur le contrat 2015–2020 est Bruno Zanuttini. L'équipe comprend 9 membres permanents, tous enseignants-chercheurs : 4 PR et 5 MC, dont un HDR.

#### A) Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

L'équipe n'a pas connu de changements pendant la période 2015–2020, à l'exception d'une promotion de MC à PR, et l'obtention de l'HDR en informatique par Grégory Bonnet en 2018.

10. depuis septembre 2017.

| Prénom et nom        | Fonction  | HDR | Modèles | Agents | Décision | Date d'entrée/sortie |
|----------------------|---|-----|---------|--------|----------|----------------------|
| Grégory Bonnet       | MC UFR Sciences   | ✓   | ✓       | ✓      |          | 2010                 |
| François Bourdon     | PR IUT Caen   | ✓   |         | ✓      |          | 2002                 |
| Maroua Bouzid        | PR UFR des Sciences   | ✓   | ✓       |        | ✓        | 2002                 |
| Laurent Jeanpierre   | MC IUT Caen   |     |         |        | ✓        | 2005                 |
| Bruno Mermet         | MC UFR Sciences<br>et Techniques de<br>l'Université Le<br>Havre Normandie |     |         | ✓      |          | 2006                 |
| Abdel-Allah Mouaddib | PR UFR des Sciences   | ✓   |         |        | ✓        | 2002                 |
| Alexandre Niveau     | MC UFR Sciences   |     | ✓       |        |          | 2013                 |
| Gaële Simon          | MC IUT Le Havre   | ✓   |         | ✓      |          | 2006                 |
| Bruno Zanuttini      | PR UFR des Sciences   | ✓   | ✓       |        | ✓        | 2004                 |

De façon notable, l'équipe comprend deux membres enseignants-chercheurs de l'Université Le Havre Normandie, qui effectuent donc leurs enseignements au Havre mais sont rattachés au GREYC. Elle comprend également deux membres enseignant à l'IUT de Caen, les autres membres étant rattachés à l'UFR des Sciences de l'Université de Caen Normandie.

Les membres permanents de l'équipe ont assuré et assurent des responsabilités collectives importantes et diverses aux niveaux local et national :

- G. Bonnet a été membre élu de la section 27 du CNU (2016–2019),
- G. Bonnet est membre élu du CA de l'AFIA (Association Française pour l'Intelligence Artificielle) pour 3 ans, depuis janvier 2020,
- M. Bouzid est membre élue de la commission de la recherche du conseil académique de l'Université de Caen Normandie depuis 2016,
- J. Everwyn (doctorant de l'équipe) a été vice-président étudiant du conseil académique de Normandie Université (mars 2016–mars 2017),
- B. Zanuttini est directeur de l'école doctorale « Mathématiques, Information, Ingénierie des Systèmes » (MIIS) de Normandie Université depuis le janvier 2018,
- M. Bouzid a été coanimatrice de l'axe « Systèmes Complexes » de Norm@STIC sur toute la période,
- A. Niveau est responsable de la licence d'informatique et M. Bouzid du master d'informatique à l'UFR des sciences depuis 2015,
- B. Mermet a été directeur des études de 2e année à l'IUT du Havre (2016–2019),
- A. Niveau est responsable de la L3 informatique (env. 150 étudiants) depuis 2018, G. Bonnet du M1 informatique (env. 70 étudiants) depuis 2017, F. Bourdon de la licence professionnelle ARSSI de l'IUT jusqu'en 2018.

Il faut également noter environ deux ans cumulés d'arrêts de travail, tous longs, sur la période, concentrés sur le thème « Agents », avec un impact important sur la disponibilité pour la recherche, au-delà des périodes d'arrêt proprement dites.

#### B) Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs :

Dix thèses ont été soutenues sur la période : 3 dans le thème « Modèles », 2 dans le thème « Agents », et 5 dans le thème « Décision » ; 3 étaient financées par des contrats CIFRE (tous avec Airbus Defence & Space), 3 par des projets collaboratifs, 2 par des financements académiques, et 1,5 sur ressources propres (1 cofinancée par l'U. Cracovie). Il y a par ailleurs 6 thèses en cours : Jacques Everwyn (CIFRE Airbus Defence & Space, dir. Mouaddib/Zanuttini), Sébastien Gamblin (région 100 %, dir. Bouzid/Niveau), Romain Chatel (région 50 %/DGA, dir. Mouaddib), Josselin Guéneron (établissement, dir. Bonnet), Sergej Scheck (projet ANR PING/ACK, dir. Zanuttini/Niveau), Junkang Li (CIFRE NukkAI, dir. Zanuttini).

Sur la période, l'équipe a accueilli pas moins de 8 post-doctorants, grâce à de nombreux projets collaboratifs<sup>11</sup>. Cela a permis d'apporter de nombreuses compétences complémentaires, les post-doctorants venant d'horizons très divers :

- apprentissage (Xuan Son Nguyen, Lise-Marie Veillon, Abdelkader Ouali),
- aspects sociaux et facteurs humains pour les systèmes multi-agents (Thibaut Vallée, Loïs Vanhée),
- représentations de l'incertain (Salma Ben Dhaou).

On note une très bonne attractivité de l'équipe, notamment internationale, pour les post-doctorats comme pour les thèses : Mriganka Biswas (Inde), Salma Ben Dhaou (Tunisie), Sergej Scheck (Allemagne), Krystian Jobczyk (Pologne), Fabio Valerio Ferrari (Italie).

### C) Thèmes scientifiques :

La présentation de l'équipe est structurée en trois thèmes : modèles, agents, et décision. Cette structuration est toutefois essentiellement utilisée pour l'affichage des thématiques de recherche, car les fertilisations croisées entre ces thèmes sont très nombreuses : utilisation de la logique (Modèles) pour la résolution de problèmes de planification (Décision) [Saffidine et al., AAAI 2018, thèse S. Gamblin] ou pour la modélisation de la confiance dans les systèmes multi-agents (Agents) [thèse C. Leturc], cadre multi-agents (Agents) pour la planification (Décision), etc.

#### • *Thème 1 : Modèles*

Dans ce thème, nous nous intéressons aux modèles formels et aux algorithmes pour le raisonnement. Les langages étudiés sont des langages logiques, avec le point de vue de l'algorithmique et de la complexité calculatoire. Deux réalisations importantes de la période sont :

- la proposition de mécanismes de raisonnement multi-échelles pour le temps et l'espace, via des formalismes qualitatifs (algébriques), travail réalisé dans le cadre de la thèse de Quentin Cohen-Solal, encadrée par M. Bouzid et A. Niveau [Cohen-Solal et al. IJCAI 2015, IJCAI 2017, AAAI 2017] ;
- l'étude des logiques épistémiques (permettant de raisonner sur les connaissances), sous deux aspects : les représentations efficaces pour des formules de ces logiques (Niveau & Zanuttini IJCAI 2016), et leur utilisation pour la planification [Lang & Zanuttini IJCAI 2015, Saffidine et al. AAAI 2018, thèse S. Gamblin].

Les premiers travaux s'inscrivent naturellement dans le point « systèmes hétérogènes » du projet proposé par l'équipe en 2015.

Quant aux logiques épistémiques, elles constituent un thème nouveau dans l'équipe, qui a permis de nouer des relations avec de nouveaux partenaires, en particulier l'IRISA (F. Schwarzen-truber). Pour l'aspect « représentations efficaces », l'équipe participe au projet ANR PING/ACK, avec notamment une thèse financée sur le projet [thèse S. Scheck, débutée en janvier 2020]. Ce projet est l'opportunité de renforcer nos travaux sur la compilation de connaissances, même si les collaborations avec les partenaires du projet ne sont pas nouvelles. C'est par ailleurs l'opportunité pour l'équipe de tisser des liens avec l'équipe AmacC sur des problématiques de complexité calculatoire et de combinatoire analytique, puisque É. Grandjean et J. Clément participent également à ce projet.

Dans ce thème, l'équipe est active dans le groupe de travail national IAF (coanimé de 2014 à 2018 par B. Zanuttini) et dans le groupe de travail MAFTEC du GdR IA. Ce dernier, qui rassemble essentiellement des chercheurs dans le domaine de la planification et des chercheurs dans le domaine de la logique modale, correspond parfaitement aux orientations de l'équipe et est une source de collaborations très importante. Par ailleurs, une collaboration suivie avec

11. Les choix politiques nationaux visant à multiplier ce type de postes non-permanents n'y sont pas étrangers non plus.

Antoni Ligeza, de l'Université de Cracovie (Pologne), s'est traduite par une thèse codirigée avec M. Bouzid portant sur des aspects logiques [thèse K. Jobczyk].

Enfin, les travaux de la thèse de Christopher Leturc, décrits ci-après avec le thème « Agents », sont clairement à l'interface avec ce thème « Modèles », puisqu'ils se situent en logique modale.

- *Thème 2 : Agents*

Dans ce thème, nous nous intéressons aux systèmes multi-agents (SMA). L'accent est mis sur la confiance : en la sûreté, *via* les modèles formels pour la spécification et la vérification [Mermet & Simon ICAART 2019], et en l'honnêteté ou la fiabilité, *via* les systèmes de réputation et la modélisation de la confiance. L'équipe a par ailleurs abordé une problématique nouvelle, celle de l'éthique, à l'occasion d'un projet ANR porté par G. Bonnet et visant la mécanisation du raisonnement sur l'éthique [ETHICAA]. Trois réalisations importantes de ce thème sur la période sont :

- la mise en œuvre logicielle de la plateforme de spécification et de vérification de SMA GDT4MAS, dont la théorie a été développée précédemment dans l'équipe ; ce développement logiciel se fait grâce à l'appui précieux du service DDA du GREYC ; la plateforme est prête à être diffusée en logiciel libre dans une première version, diffusion actuellement en attente de validation par les tutelles ;
- l'étude de la problématique de l'éthique dans les SMA, notamment dans le cadre du projet ETHICAA et de la thèse de Nicolas Cointe (à l'EMSE, codirigée par G. Bonnet), ainsi que dans le cadre du post-doctorat de Thibaut Vallée ; ce projet a été l'occasion de nouer des contacts pluridisciplinaires, notamment avec des philosophes et des juristes, et d'assurer une importante visibilité de l'équipe sur ce thème, à la fois en termes de publications [Cointe et al. AAMAS 2016] et d'interventions dans les médias ;
- la proposition de logiques modales pour modéliser la manipulation et la confiance, dans le cadre de la thèse de Christopher Leturc [Leturc & Bonnet AAMAS 2018, 2019].

Comme pour le thème « Modèles », le travail en logique modale est une orientation nouvelle, et fructueuse, de l'équipe sur la période. La thèse de Christopher Leturc, notamment, ouvre des perspectives de collaborations avec de nouveaux partenaires : au LIG — Carole Adam —, à l'IRIT — Emiliano Lorini, Andreas Herzig —, au LIS — Nicola Olivetti. Par ailleurs, Grégory Bonnet a soutenu son HDR sur la période, sur le thème de la confiance dans les SMA, et une thèse a débuté sous sa direction à l'automne 2019 [thèse J. Guéron].

Dans la communauté française, l'équipe est particulièrement impliquée dans la communauté des JFSMA, via son comité de programme.

- *Thème 3 : Décision*

Dans ce thème, nous nous intéressons à la prise de décision séquentielle sous incertitude, en particulier sous observabilité partielle et pour des systèmes multi-agents collaboratifs. Le modèle formel de choix pour de telles situations est celui des processus décisionnels de Markov décentralisés et partiellement observables (Dec-POMDP). De façon plus générale, l'étude des processus décisionnels de Markov (MDP) et de leurs variantes constitue un cœur de métier historique de l'équipe, et lui assure une très grande visibilité.

Sur la période, conformément au projet établi en 2015, l'équipe s'est intéressée particulièrement aux systèmes *ouverts*, c'est-à-dire dans lesquels des agents peuvent entrer et sortir, et *hétérogènes*, notamment parce qu'ils impliquent l'être humain. Trois réalisations importantes sont :

- la proposition du modèle des Open-Dec-POMDPs, pour la planification de systèmes d'agents dans lesquels des agents peuvent quitter ou rejoindre le système [thèse J. Cohen] ;
- l'étude de la problématique de l'autonomie ajustable, c'est-à-dire des agents autonomes devant ou pouvant décider, dans certaines situations, de passer le contrôle total ou partiel à l'être humain ; c'est une problématique née en partie des applications, notamment militaires

(projet GARDES); elle se décline en l'étude de l'autonomie ajustable à proprement parler, mais aussi en des études sur la problématique de la recommandation dans les MDP, sur l'anxiété (de l'humain, induite par les décisions prises ou recommandées par un agent), etc.

- le développement d'applications réelles dans la robotique de service, à travers le projet européen COACHES porté par A.-I. Mouaddib; ce projet a obtenu une grande visibilité, notamment régionale, grâce à des essais en environnement réel.

Pour ce thème de la décision séquentielle, thème particulièrement mature de l'équipe, la période a donc vu une mise en œuvre, que ce soit au travers de projets ou d'applications réelles. Le projet de start-up VITA en constitue l'aboutissement : le projet est porté par Abdel-illah Mouaddib et concerne la robotique de service; il est actuellement en cours de montage avec Normandie Valorisation.

Bien entendu, l'ingénierie nécessaire aux applications est très demandeuse de temps. Le thème n'en délaisse pas moins les travaux de nature fondamentale, à l'image de la proposition des Open-Dec-POMDPs ou de modèles pour l'autonomie ajustable.

Il est aussi important de noter que ce thème met des forces importantes sur des thèmes précis, bien qu'il repose seulement sur deux permanents depuis la création de l'équipe. Pour les systèmes hétérogènes, en particulier sur l'autonomie ajustable et la prise en compte des émotions, les travaux de L. Vanhée, R. Chatel, A.-I. Mouaddib, L. Jeanpierre, M. Lelerre, F. Ferrari rentrent tous dans ce cadre.

Au niveau national, l'équipe est particulièrement impliquée dans la communauté JFPDA, qui rassemble les chercheurs français autour de la planification.

- *Travaux inter-thèmes*

Au-delà des travaux cités précédemment, de nombreux travaux de l'équipe prennent place sur plusieurs thèmes.

C'est notamment le cas pour une collaboration suivie avec Airbus Defence & Space, autour de thèses CIFRE. Les problématiques, notamment de renseignement, donnent naturellement lieu à des travaux à l'interface entre le thème « Modèles » (pour les problématiques de représentation des connaissances) et le thème « Décision » (pour les algorithmes permettant d'apprendre de telles connaissances, ou de décider avec elles). L'équipe a ainsi encadré la thèse d'Esther Nicart (problèmes de décision pour l'optimisation d'une chaîne de traitement d'événements dans le renseignement) et encadre celle de Jacques Everwyn (problèmes de prédiction pour des événements et des informations représentées par des graphes de connaissances).

Un autre travail important à l'interface entre les trois thèmes est celui mené dans le cadre du projet régional SICoPaD. Ce projet, en collaboration avec le LITIS (équipe MIND, Rouen) et le LMI (INSA Rouen) et financé par la région Normandie, concerne le suivi de patients à domicile à l'aide d'objets connectés. L'équipe s'est positionnée sur la prise de décision dans l'incertain (lever des alertes en direction du personnel médical, en particulier), ainsi que sur l'apprentissage des règles et normes à respecter. Ce travail insère l'équipe dans le paysage régional, via une première collaboration formalisée avec d'autres laboratoires normands, et fédère effectivement les trois thèmes (prise de décision dans l'incertain, problématiques éthiques et déontiques, raisonnement sur des normes logiques). Il permet par ailleurs d'apporter des compétences nouvelles dans l'équipe, grâce au post-doctorat de Salma Ben Dhaou (théorie de Dempster-Schafer).

## D) Vie de l'équipe

La vie de l'équipe est organisée autour du groupe de travail hebdomadaire. À chaque réunion, un membre de l'équipe présente un résultat, une piste de recherche, ou encore un travail en cours, de façon souvent informelle, au tableau. Un programme est établi quelques semaines en avance, et autant que possible, tous les membres de l'équipe y assistent. C'est un lieu d'échange très

fructueux, permettant d'échanger des idées, des pointeurs vers la littérature, et un regard critique, et permettant à tous les membres de connaître le travail de tous. Les étudiants du M2 DOP de l'Université y sont conviés ; en général, trois ou quatre d'entre eux y assistent de façon très régulière sur la première moitié de l'année (avant leur départ en stage) ; c'est ainsi un élément d'attractivité très important pour l'équipe. Les stagiaires de l'équipe (L3, M2, DUT) y participent également de façon très active, et y présentent leurs travaux au moins une fois.

Lorsque c'est justifié, ce groupe de travail est remplacé par une réunion d'équipe, à laquelle sont, sauf exception, conviés tous les membres, permanents ou non. Les ordres du jour justifiant ces réunions sont la rentrée scolaire (mise au point des enseignements sur les thèmes de l'équipe, sujets de thèse à proposer dans l'année, reprise des groupes de travail, etc.), la sélection d'étudiants pour des stages dans l'équipe, la préparation d'un document pour le Hcéres, etc. Elles ont typiquement lieu 3 ou 4 fois dans l'année.

De façon générale, la taille de l'équipe permet de prendre les décisions importantes (sujets de thèse, programme des enseignements, etc.) de façon consensuelle. Là aussi, les non-permanents sont associés aux réflexions (les décisions les concernant — candidatures, postes par exemple — restant prises entre permanents). Des comptes-rendus sont ensuite diffusés à toute l'équipe.

Du fait de l'implication des membres dans la vie de l'université et du laboratoire (chargé de mission « carrières », ancien directeur-adjoint du laboratoire, membre de la commission recherche, directeur d'école doctorale...), les membres permanents de l'équipe ont dans leur ensemble un point de vue éclairé sur la structuration de la recherche et sur les enjeux politiques, ce qui facilite la prise de décision.

L'équipe tient également à sa « journée verte », une soirée conviviale organisée deux fois par an chez l'un ou l'autre membre, et permettant de mieux se connaître et de faciliter l'intégration des nouveaux membres.

### **E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015**

La principale recommandation était de publier davantage dans les revues de référence du domaine. Il faut reconnaître que sur ce point, l'équipe n'a pas vraiment progressé sur la période. Nous attribuons ce point aux pratiques du domaine (une publication à IJCAI ou à AAMAS est autant valorisée qu'une publication en revue, et assure une visibilité plus rapide aux travaux menés, notamment pour les doctorants) ainsi qu'à un manque de temps, les membres permanents de l'équipe ayant globalement des responsabilités nombreuses et importantes.

Toutefois, sur les conseils de l'équipe MoneBiom du laboratoire, nous avons essayé de recenser les travaux de l'équipe qui ont été publiés ou valorisés, mais jamais finalisés sous la forme d'une publication importante (p.ex. à AIJ ou JAIR). Les principaux travaux identifiés dans un premier temps ont été :

- les recommandations dans les MDP (travaux de N. Côté, L. Vanhée, A.-I. Mouaddib, L. Jeanpierre, M. Bouzid, B. Zanuttini, F. Benavent),
- l'autonomie ajustable (travaux de L. Vanhée, L. Jeanpierre, M. Lelerre, A.-I. Mouaddib),
- le modèle GDT4MAS (travaux d'H. Merciol, G. Simon, B. Mermet).

Un travail d'unification des résultats et de finalisation a été commencé sur le premier thème, sous la responsabilité de Loïs Vanhée et Bruno Zanuttini, mais à ce jour ce travail peine à avancer, faute de temps (et suite au départ de Loïs Vanhée).

### **2.3.2 Produits et activités de la recherche**

La politique de l'équipe vise les conférences très sélectives de ses domaines (IJCAI, AAAI, ECAI, AAMAS, ICAPS, UAI...), quitte à publier moins ; ceci assure une vraie visibilité aux travaux. Nous publions également nos travaux de façon très régulière dans la communauté francophone (par exemple dans les conférences de la PFIA), car cela permet notamment aux

doctorants de rencontrer une communauté accessible. En revanche, l'équipe ne publie quasiment pas dans des conférences ou revues généralistes peu sélectives.

Sur la période, on note une baisse significative du nombre de publications par rapport à la période précédente, en particulier en conférences internationales (baisse de moitié environ). Ceci est à attribuer aux responsabilités prises par les membres de l'équipe, mais également à l'orientation de certains travaux vers des aspects applicatifs ou de développement (décision pour l'interaction homme-robot, développement de la plateforme GDT4MAS). Ceci assure également une visibilité importante aux travaux de l'équipe, et nourrit le travail scientifique, mais est plus difficile à valoriser par des publications.

### A) Rayonnement et attractivité académiques

L'équipe est très fortement impliquée dans l'animation de la recherche au niveau national (AFIA, PFIA, JFSMA, IAF. . .). Elle est très régulièrement sollicitée pour des jurys de thèses et d'HDR et au niveau international, pour les comités de programme des conférences majeures du domaine. On note en revanche un manque d'attractivité pour les concours du CNRS (seulement deux candidatures CR sur la période, dont une interne).

### B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Ce sont des points sur lesquelles l'équipe a énormément progressé sur la période, en particulier sur les points suivants :

- la médiation scientifique, notamment autour des questions éthiques et de la robotique de service, mais aussi via l'accueil de stagiaires de 3<sup>e</sup>,
- les collaborations industrielles, avec le maintien de la collaboration forte avec Airbus, mais également de nouvelles collaborations (projet ONE4YOU, CIFRE NukkAI),
- la visibilité/l'insertion régionale : interactions avec le LITIS (projets SICoPad et ONE4YOU) et la région (présentations de COACHES), en particulier.

Dans toutes ces collaborations, industrielles en particulier, l'équipe cherche à maintenir son identité et à ne pas agir en tant que prestataire de service, en se positionnant sur des *work packages* dédiés à la recherche fondamentale (par exemple, en décision multi-agents pour le projet ONE4YOU, par ailleurs très appliqué).

### C) Implication dans la formation par la recherche

L'équipe est particulièrement impliquée dans la filière M de l'UFR des Sciences de l'Unicaen : Bruno Zanuttini a été coresponsable du M2 DOP (anciennement DECIM) jusqu'en 2017, Grégory Bonnet est responsable du M1 informatique depuis 2017, Maroua Bouzid est responsable du master dans son ensemble depuis 2017. Les emplois du temps du M2 DOP sont par ailleurs aménagés pour permettre aux étudiants d'assister aux groupes de travail de l'équipe (cf. supra).

À tous les niveaux, l'équipe propose de nombreux stages, projets, etc., avec une politique d'équipe pour les stages (choix des sujets et des candidats, gratification même lorsque ce n'est pas obligatoire). Au niveau L, Alexandre Niveau est responsable de la licence dans son ensemble, ainsi que de la L3. Lors de la construction des maquettes pour le contrat 2017–2022, l'équipe a par ailleurs suscité la création d'unités destinées à la préparation aux thématiques de master et, au-delà, à la recherche, dès le L2 et le L3 ; concernant l'équipe, il s'agit des unités « sécurité et aide à la décision » du L2 et « aide à la décision et intelligence artificielle » du L3. Cette logique se poursuit en M2 DOP, qui est un master indifférencié professionnel/recherche, avec une unité intitulée « intelligence artificielle » et dédiée aux thématiques de l'équipe, comme une préparation à la recherche. Ces unités, et l'implication que les membres de l'équipe y investissent, donnent une très grande visibilité de nos travaux aux étudiants, dès la L2.

Concernant le doctorat, Bruno Zanuttini est directeur de l'école doctorale MIIS depuis janvier 2018. De façon générale, l'équipe encadre un nombre important de thèses, avec une grande

diversité de financements. Les doctorants sont intégrés pleinement à l'équipe dès le début de leur thèse, et dès le début de leur stage de M2, le cas échéant. Ils sont encouragés à participer aux événements nationaux de la communauté et aux écoles d'été, qu'ils y présentent leurs résultats ou non. À titre d'exemple, Josselin Guénéron et Romain Chatel ont participé à la plate-forme IA à Toulouse en 2019 lors de leur stage de M2, avant même la confirmation de leur financement de thèse.

Enfin, l'équipe s'investit dans la formation doctorale au niveau international. Loïs Vanhée a monté avec une collègue britannique le projet ITN CRAFT, consistant en la formation par la recherche de 15 doctorants à travers l'Europe, projet non accepté en 2019 mais resoumis en 2020.

## 2.4 Équipe HULTECH

### 2.4.1 Présentation de l'équipe

Le traitement automatique des langues (TAL) et la recherche d'information (RI) sont deux thématiques historiques du GREYC. En particulier, une approche différentielle du langage naturel sert de fil rouge, et consiste à définir des modèles qui soient (le plus possible) indépendants de la langue, du genre ou du domaine utilisés. Ainsi, ces modèles peuvent être développés dans le cadre d'applications réelles multilingues sans que de nouveaux paramétrages ou apprentissages spécifiques à la langue soient nécessaires. Les membres du GREYC traitent des données hétérogènes et multilingues du Web, et portent un intérêt particulier aux applications de la santé et du handicap. Ainsi, les techniques d'apprentissage supervisé, non-supervisé, semi-supervisé, par renforcement, profond sont au cœur des activités de recherche en TAL et RI du GREYC.

#### A) Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

L'équipe HULTECH, dirigée par Marc Spaniol, a regroupé jusqu'à 11 membres permanents pendant ce quinquennat mais n'en compte plus que 8 depuis Septembre 2019 (4 départs en retraite pour 1 entrée). Leurs principales activités de recherche sont décrites dans le Tableau 2.5.

| Prénom et nom     | Fonction           | HDR | T1 : Temporalité | T2 : Sémantique | T3 : Informatique de la société | Date d'entrée/sortie |
|-------------------|--------------------|-----|------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|
| Céline Alec       | MC UNICAEN         |     | ✓                | ✓               |                                 | entrée 2017          |
| Emmanuel Giguet   | CR CNRS            | ✓   |                  | ✓               | ✓                               |                      |
| Enjalbert Patrice | PR UNICAEN         | ✓   |                  | ✓               | ✓                               | sortie 2017          |
| Fabrice Maurel    | MC UNICAEN         |     | ✓                | ✓               | ✓                               |                      |
| Gaël Dias         | PR UNICAEN         | ✓   | ✓                | ✓               | ✓                               |                      |
| Hervé Le Crosnier | MC UNICAEN         | ✓   |                  |                 | ✓                               | sortie 2017          |
| Marc Spaniol      | PR UNICAEN         | ✓   | ✓                | ✓               | ✓                               |                      |
| Nadine Lucas      | CR CNRS            | ✓   |                  | ✓               | ✓                               | sortie 2018          |
| Pierre Beust      | MC UNICAEN         | ✓   |                  |                 | ✓                               |                      |
| Serge Mauger      | MC IUT GON UNICAEN |     |                  | ✓               | ✓                               | sortie 2019          |
| Stéphane Ferrari  | MC UNICAEN         | ✓   | ✓                | ✓               | ✓                               |                      |
| Yann Mathet       | MC UNICAEN         | ✓   |                  | ✓               | ✓                               |                      |

Tableau 2.5 – L'activité de recherche de l'équipe HULTECH en personnel permanent

Les membres permanents de l'équipe ont assuré et assurent des responsabilités collectives importantes et diverses aux niveaux local et national :

- P. Beust est membre du collège des conseillers scientifiques et pédagogiques de la Direction Générale de l'Enseignement Supérieur et de l'Insertion Professionnelle.
- G. Dias est membre du conseil d'administration de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle depuis janvier 2019.
- P. Beust est vice président délégué aux transformations pédagogiques de l'UNICAEN depuis décembre 2018.
- G. Dias est directeur adjoint du GREYC depuis juin 2019.

- F. Maurel est directeur du département mathématiques & informatique de l'UNICAEN depuis 2016.
- M. Spaniol est responsable du Master internet, données et connaissances de l'UNICAEN depuis 2016.
- P. Beust a été directeur du CEMU de l'UNICAEN entre 2015 et 2018.
- S. Ferrari a été directeur adjoint du département langues étrangères appliquées de l'UNICAEN entre 2015 et 2018.

### B) Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs :

L'équipe compte également, à la date de l'évaluation, 6 membres non permanents dont 1 post-doctorant, 1 ingénieur et 4 doctorants. 5 thèses ont été soutenues pendant le quinquennat, plus 2 à l'étranger (*Saarland University*, Allemagne). La liste des non-permanents du dernier quinquennat se trouve ci-dessous :

- A. Baledent (Doctorante) [10/2019-] : Thèse ministérielle conjointement avec l'équipe CODAG (dir. Y. Mathet).
- H. Akhmouch (Doctorant) [1/2019-] : Thèse CIFRE avec le Crédit Agricole Brie Picardie (dir. G. Dias).
- A. Kumar (Doctorant) [10/2018-] - Thèse ministérielle (dir. M. Spaniol).
- J-J. Andrew (Doctorante) [10/2017-] : Thèse ministérielle (dir. S. Ferrari).
- Govind (Doctorant) [11/2015-10/2018] : Thèse ministérielle (dir. M. Spaniol), post-doctorant au GREYC.
- W. Safi (Doctorant) [-8/2016] : Thèse ANR (dir. S. Ferrari), Maître de conférences à *Higher Institute for Applied Sciences and Technology* (Syrie).
- M. Hasanuzzaman (Doctorant) [-1/2016] : Thèse ministérielle (dir. S. Ferrari), Maître de Conférences à *Cork Institute of Technology* (Irlande).
- J. Moreno (Doctorant) [-8/2015] : Thèse ministérielle (dir. G. Dias), Maître de Conférences à l'Université Paul Sabatier Toulouse III, IRIT.
- P-Y. Buard (Doctorant) [-8/2015] : Thèse auto-financée (dir. H. Le Crosnier), Ingénieur R&D du pôle document numérique de l'UNICAEN.
- I. Nawrot (Doctorante) [-1/2015] : Thèse Marie Sklodowska-Curie (dir. A. Doucet).
- W. Safi (ATER) [9/2016-8/2017] : (resp. F. Maurel).
- C. Lecluze (ATER) [-8/2015] - Chef de projet à l'EPINEST (Courbevoie).
- Govind (Post-Doctorant) [1/2019-] : (resp. M. Spaniol).
- N. Yagmur Aydin (Ingénieure) [8/2019-] : (resp. F. Maurel), Thèse à l'Université de Innsbruck (Autriche).
- A. Baudrillart (Ingénieur) [9/2017-7/2019] : (resp. F. Maurel), Ingénieur à l'IMEC (Caen).
- E. Manishina (Ingénieure) [3/2018-6/2018] : (resp. F. Maurel), *Data Scientist* à Altran (Neuilly-sur-Seine).
- M. Dormeval (Ingénieur) [9/2017-12/2018] : (resp. F. Maurel), Développeur freelance.
- W. Safi (Ingénieur) [9/2017-12/2017] : (resp. F. Maurel).
- B. Chapusot (Ingénieur) [6-7/2017] : (resp. F. Maurel), Étudiant en Médecine (Caen).
- J-M. Lecarpentier (PRAG) [-1/2019]

### C) Thèmes scientifiques :

L'équipe HULTECH organise donc ses recherches à la confluence de **3 axes thématiques préférentiels** reliés aux technologies du langage humain qui correspondent aux domaines de compétences de ses membres. En particulier,

- Thème 1 : Temporalité
- Thème 2 : Sémantique
- Thème 3 : Informatique de la société

### (T1) Temporalité

Comprendre l'information du Web selon une acception dynamique correspond à étudier les évolutions des unités informationnelles participant au texte selon un axe temporel. Ces données longitudinales sont une mine d'or à exploiter par les sociologues, politologues, les analystes des médias et des marchés, ou encore les experts en propriété intellectuelle. Le domaine de l'analyse des données longitudinales — l'Internet du passé — introduit des défis importants en recherche qui n'ont pas encore reçu toute l'attention qu'ils méritent. La taille et la diversité des contenus de la Toile et de ses archives rendent son analyse intéressante pour de multiples domaines. L'archive Internet contient plus de 350 milliards de versions de pages Web, collectées depuis 1996. En effet, la conservation et l'organisation des données d'Internet ne permettent pas seulement d'écrire l'histoire des contenus numériques d'origine, mais aussi de capter l'air du temps de différentes périodes couvrant plus d'une décennie. L'étude de ces données longitudinales est communément appelée *Web analytique*.

L'hypothèse de recherche est que les événements (par ex. des nouveautés ou des changements dans l'opinion publique) sont interdépendants et se manifestent par certaines cooccurrences. Donc, pour pouvoir comprendre les dépendances entre le contenu du web et la connaissance sociale correspondante, il faut tracer et exploiter systématiquement les contenus produits par des communautés d'utilisateurs (même dans plusieurs langues) (HDR M. Spaniol). Dans ce cadre, les chercheurs d'HULTECH ont développé plusieurs systèmes qui permettent (1) de prédire l'évolution des taxonomies [Prytkova et al., WWW 2015], (2) d'aligner automatiquement des bases de connaissances structurées [Prytkova et al., WWW 2015], ou hétérogènes dans différentes langues [Baldyrev et al., Web Science 2017], (3) de prédire la diffusion d'un événement dans des communautés parlant une langue étrangère [Govind et Spaniol, WebSci 2017, thèse Govind], et (4) d'analyser des documents web en fonction des entités nommées qu'ils contiennent [Govind et al., Web Engineering 2018, thèse Govind, RIN ASTURIAS].

### (T2) Sémantique

Comprendre l'interaction entre les éléments constitutifs du langage pour en dégager du sens est une étape fondamentale pour la réussite des applications du TAL. Dans ce cadre, les chercheurs d'HULTECH proposent des modèles de représentation du sens du langage naturel. En particulier, trois axes principaux sont abordés : la sémantique dénotative, la sémantique connotative et la sémantique morpho-dispositionnelle.

La sémantique dénotative s'intéresse au sens fondamental et stable d'une unité lexicale ainsi que de ses relations avec les autres unités lexicales. Dans ce cadre, des travaux sur l'identification de relations lexico-sémantiques entre unités de sens par apprentissage profond [Bannour et al., ECIR 2019, Balikas et al., ECIR 2018, thèse H. Akhmouch] ont été proposés. Également, des modèles d'organisation des unités (poly-)lexicales en ressource sémantique (ou ontologie lexicale) ont été développés par couplage de la théorie de la prétopologie et de l'apprentissage semi-supervisé ou auto-supervisé [Cleuziou et Dias, ECML/PKDD 2015]. D'autres travaux se sont concentrés sur l'induction des différentes dimensions sémantiques des unités (poly-)lexicales polysémiques à partir de l'analyse conjointe du contenu et des informations structurelles du web dans un cadre d'optimisation multi-objectifs [Acharya et al., NLDB 2016].

Dans la sémantique connotative, l'intérêt ne porte pas sur le sens littéral d'une unité lexicale mais sur les éléments de sens qui peuvent s'ajouter à celle-ci. La temporalité est la connotation qu'HULTECH étudie en priorité. Ainsi, différentes méthodes de propagation par apprentissage semi-supervisé ont été proposées pour associer à chaque *synset* de WordNet sa connotation temporelle. Ces travaux ont donné lieu à la création d'une ressource langagière appelée TempoWordNet [Hasanuzzaman et al., ECAI 2016, thèse M. Hasanuzzaman], à partir de laquelle de nombreuses applications ont pu émerger [Hasanuzzaman et al., SIGIR 2015, Hasanuzzaman et al., ECAI 2016, thèse M. Hasanuzzaman].

En ce qui concerne la sémantique morpho-dispositionnelle, l'idée sous-jacente tient du fait que la mise en page participe à l'organisation sémantique des énoncés et qu'elle inclut une dimension sémantique supplémentaire à la compréhension du langage. Dans ce cadre, plusieurs modèles de transposition à l'oral de la sémantique morpho-dispositionnelle ont été proposés pour une intégration de la structure visuelle des textes dans les systèmes *Text-to-Speech* (TTS) [Lecarpentier et al., ASSETS 2016, BPI TAGTHUNDER].

Face à l'augmentation importante de l'information sur le web, il est crucial d'en comprendre l'essence pour n'en retranscrire que l'essentiel. Dans ce cadre, nous nous sommes donc intéressés au partitionnement éphémère et à l'enrichissement sémantique des textes en s'appuyant sur des modèles de sémantique textuelle.

Le partitionnement éphémère consiste à regrouper selon un ou plusieurs critères donnés (par ex. thématique, temporel, émotionnel) les documents récupérés par un moteur de recherche en réponse à une requête. Il permet ainsi de comprendre la diversité d'une collection de textes. Dans ce cadre, nous avons proposé un nouveau modèle de découverte et d'ordonnement de clusters dont l'originalité réside sur l'utilisation d'opérateurs vectoriels dans des espaces sémantiques latents [Moreno et Dias, NTCIR 2016, thèse J. Moreno]. Dans le cadre du partitionnement temporel, une mesure de similarité symétrique agrégative de troisième ordre a également été proposée pour évaluer la similitude entre une unité de sens et une expression temporelle [Campos et al., Information Retrieval 2017], qui a été utilisée pour définir des stratégies d'ordonnement temporel de clusters thématiques [Campos et al., IPM 2016].

Pour hisser l'analyse des textes au niveau sémantique, et non plus seulement opérer au niveau des mots-clefs, des modèles ont été proposés pour relier les entités nommées à leurs entités canoniques. Ainsi, les informations sur les entités peuvent ensuite être utilisées pour de nombreuses applications, comme par exemple la datation automatique de photographies [Martin et al., ESAIR@CIKM 2015], la représentation des contenus du web par *empreinte sémantique* [Govind et al., ICWE 2018] ou l'étude de la viralité de l'information [Govind et al., Web Engineering 2018].

Finalement, un focus particulier a été porté sur les techniques d'évaluation. L'évaluation est une discipline de recherche à part entière qui est trop souvent délaissée par ses acteurs. Ainsi, nous avons proposé de développer différentes méthodes d'évaluation dans le cadre de l'annotation et le partitionnement éphémère.

D'une part, alors que beaucoup de données annotées sont produites pour leur apprentissage et la mise à disposition ne devrait se faire que dans la mesure où leur consistance est établie. Cela est souvent fait en procédant à l'annotation multiple de mêmes données, et en observant dans quelle mesure les différents annotateurs sont d'accord, grâce aux classiques "mesures d'accord inter-annotateurs". Cependant, l'annotation en TAL se fait sur des structures continues (texte, audio, vidéo) sur lesquelles les annotateurs doivent par eux-mêmes identifier et positionner des "unités". Il est donc nécessaire de disposer de mesures d'accord prenant en compte cette spécificité, les mesures standard de type Kappa étant dédiées à l'annotation d'items prédéfinis, et donnant lieu dans de tels cas à des résultats biaisés. Notre équipe a donc conçu et développé les mesures Gamma [Mathet, Computational Linguistics 2017] qui s'appuient sur un processus unifié (i.e. simultané) d'alignement des annotations des différents annotateurs et du calcul de l'accord qui en résulte, ce qui permet d'obtenir des valeurs d'accord plus pertinentes (ce qui a été établi via des expériences spécifiques) [Mathet et Widlöcher, Revue Française de Linguistique Appliquée 2019].

D'autre part, l'évaluation du partitionnement est une tâche complexe pour laquelle plusieurs mesures de performance existent mais qui représentent toutes un biais particulier. Ainsi, étudier les performances d'un algorithme de partitionnement ne peut se faire que sous le prisme d'un ensemble de métriques. Dans ce cadre, nous avons proposé une nouvelle métrique qui permet de

prendre en compte le caractère non équilibré des classes découvertes [Moreno et Dias, SIGIR 2015].

### (T3) Informatique de la société

Les applications de l'équipe HULTECH se sont concentrées sur des problématiques propres à l'Informatique de la société et particulièrement autour du racisme sur les réseaux sociaux, du handicap visuel, et de la santé mentale. Dans le cadre de la détection de propos injurieux et notamment racistes sur le réseaux sociaux, nous avons proposé des modèles de classification faible (*weak supervision*) pour l'apprentissage d'espaces sémantiques latents prenant en compte des informations contextuelles telles que l'âge, la situation géographique et le genre des émetteurs d'injures. Les résultats ont montré des gains d'environ 6% en terme de F1-mesure en comparaison à des modèles ne prenant pas en compte les informations contextuelles [Hasanuzzaman et al., IJCNLP 2017].

Dans le cadre du handicap, les recherches se focalisent sur l'accès à l'information du web pour les déficients visuels. Ainsi, plusieurs dispositifs qui intègrent des modèles théoriques pour le balayage (*scanning*) ou le survol (*skimming*) d'une page web à partir de son partitionnement en clusters cohérents [Andrew et al., PACLING 2019, thèse J-J. Andrew, BPI TAGTHUNDER] ont été développés. En particulier, un dispositif haptique permet d'appréhender la structure d'un document à partir du toucher sur une tablette tactile [Safi et al., VRST 2017]. Parallèlement, un modèle de transposition orale de la structure visuelle des contenus textuels a été développé et intégré à une architecture TTS concurrente [Maurel et al., HDI@ICDAR 2019].

Dans le cadre de la santé mentale, plusieurs études ont été menées sur le diagnostic automatique de la dépression à partir de l'analyse d'entretiens patient-thérapeute. Ainsi, différents modèles de fusion précoce ont été proposés afin de mieux combiner les modalités visuelles, textuelles et acoustiques pour la régression du score PHQ-8. Ces modèles ont ensuite été améliorés par l'apport de différentes stratégies d'apprentissage multitâches, notamment par le couplage classification/régression [Qureshi et al., IEEE IS 2019] et le couplage régression/classification de la dépression/régression des émotions [Qureshi et al., IEEE CIM 2020].

### D) Vie de l'équipe

L'équipe pourrait être caractérisée par des personnes de divers horizons scientifiques par rapport aux technologies du langage humain (approches symboliques vs. approches statistiques). Ainsi, le cadre général de l'équipe HULTECH est assez hétérogène et il est parfois difficile de faire coexister les différentes sensibilités. Malgré tout, un effort notable a été entrepris pour faire de cette diversité un atout en visant des coopérations interdisciplinaires. Cela a été mené avec succès sur des projets tels que TAGTHUNDER, mais aussi sur diverses organisations de conférences, telles que TempWeb, ICWL ou la *Web Science Summer School*.

### E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

1) Il est recommandé de continuer sur la dynamique actuelle et de stabiliser une structuration thématique qui permette à chacun de trouver sa place.

→ Au cours de ces 5 dernières années, nous nous sommes évertués à garder la dynamique du quinquennat précédent. À ce titre, nous avons abordé les trois thèmes proposés dans le projet, i.e. temporalité, sémantique et informatique de la société. Néanmoins, en raison de problèmes liés à la santé et la prise de responsabilité de différents membres de l'équipe, ceux-ci ont dû se concentrer sur certains (sous-)sujets en raison du manque de ressources.

2) L'équipe doit faire un effort pour recruter des doctorants, sans doute à l'international si le vivier local ne fournit pas d'assez bons candidats.

→ Nous avons réussi à recruter cinq doctorants au cours de la dernière période de référence. Trois issus d'institutions françaises (A. Baledent - Université Paris-Sorbonne, H. Akhmouch -

| Publications                | Nombre    |   | Nombre |
|-----------------------------|-----------|---|--------|
| Revue Internationales       | 14 (7-4)  | Conférences invitées                    | 5      |
| Revue Nationales            | 3 (-1)    | Comité de rédaction et éditeurs invités | 2      |
| Conférences Internationales | 43 (19-6) | Comité de pilotage de conférences       | 2      |
| Chapitres d'ouvrage         | 2         | Comité de programme de conférences      | 52     |
| Directions d'ouvrages       | 9         | Organisation de conférences, d'ateliers | 11     |
| Thèses                      | 5         | Responsabilités scientifiques           | 5      |
| HDR                         | 1         | Jurys thèse et HDR hors équipe          | 17     |

Tableau 2.6 – Rayonnement de l'équipe HULTECH (entre parenthèses les conférences A/A\*-B, et revues Q1-Q2).

ISAE-SUPAERO, J-J. Andrew - Centrale Supélec) et deux d'établissements indiens (Govind - IIT-Patna, A. Kumar - IIT-Patna). Cela montre d'une part notre volonté de recruter des talents au niveau national, mais d'autre part notre intérêt pour l'ouverture culturelle d'excellence.

3) Il est important que l'équipe puisse recruter, au moins un maître de conférences pour renforcer ses effectifs à moyen terme.

→ Nous avons recruté une Maître de Conférences (C. Alec) en 2017 dans le domaine de la Science du Web, et plus particulièrement en sémantique du Web. La maître de conférences a généré une nouvelle dynamique dans la thématique de la sémantique et notamment en apportant ses connaissances pour le traitement des entités du Web.

4) En ce qui concerne les infrastructures nécessaires pour mener à bien les projets liés au « Big Data », outre les possibilités envisagées, l'équipe pourrait aussi rechercher des accords avec des universités disposant des infrastructures nécessaires.

→ Sur la base du projet RIN ASTURIAS récemment accepté, nous avons pu améliorer les infrastructures matérielles mutualisées du GREYC. Ainsi, en combinaison avec les infrastructures du CRIANN et éventuellement du supercalculateur Jean Zay du CNRS, nous disposons de toutes les ressources nécessaires pour mener à bien nos recherches sur les données du Web et textuelles.

## 2.4.2 Produits et activités de la recherche

### A) Rayonnement et attractivité académiques

L'équipe HULTECH montre un rayonnement et une attractivité importants tant au niveau régional, national qu'international. Pour en témoigner, nous présentons un bilan chiffré de quelques indicateurs majeurs dans le Tableau 2.6, e.g. publications, organisation d'événements, participation à des jurys de thèses. En particulier, 45.61% des publications internationales de l'équipe sont dans des conférences de rang A/A\* ou des revues Q1.

Au niveau régional, l'équipe HULTECH tient un rôle majeur dans le domaine du Document Numérique en pilotant cet axe de la fédération NormaStic et en participant au Pôle Document Numérique de la MRSH. Au niveau national, l'équipe organise régulièrement des manifestations dont la conférence TALN 2015. L'équipe participe à un nombre non négligeable de projets nationaux (RIN ASTURIAS - M. Spaniol, BPI TAGTHUNDER - F. Maurel, ANR ART-ADN - F. Maurel, HDH RIAC-COVID19 - G. Dias, PIA3 E-COVER - E. Giguet) avec des partenaires privilégiés (LITIS, IRIT, Health Data Hub). Elle prend également part au développement du Traitement Automatique des Langues en France à travers le comité de rédaction de la revue nationale TAL de rang A (G. Dias). C'est certainement à l'international que l'équipe a le rayonnement le plus important. Elle a co-publié plus de 10 communications avec des partenaires internationaux dont les Universités de Kyoto et Waseda (Japon), Porto (Portugal), l'Institut Max Planck (Allemagne), l'IIT-Patna (Inde), l'Université de Pennsylvanie (États Unis) et l'Institut de Technologie de Cork (Irlande). Elle organise régulièrement un nombre important d'ateliers

dont TempWeb en conjonction avec « The Web Conference » (tous les ans depuis 2015) (M. Spaniol), et HISTOINFORMATICS (2017,2019) dans le cadre des Humanités Numériques (G. Dias). L'équipe organise aussi l'école d'été « WSTNet Web Science Summer School 2020 » sur la thématique de la Science du Web (M. Spaniol), et est impliqué dans le projet FCT-MOVES avec le Portugal (G. Dias).

G. Dias est au conseil d'administration de l'AFIA (Association Française pour l'Intelligence Artificielle), et dans ce cadre est à l'origine de la création du collège sur les Technologies du Langage Humain (TLH) qui compte un comité de pilotage de 10 chercheurs. Il a également rédigé un dossier répertoriant 20 laboratoires académiques et entreprises travaillant dans le domaine des TLH. G. Dias est membre du comité de conseil du *Technology Innovation Hub* de l'IIT-Patna (Inde). Il est également membre du comité d'évaluation auprès du Fonds de Recherche du Québec (Canada), du *Dutch CLARIAH Program for Digital Arts and Humanities* (Pays-Bas) et de la *National Commission for Scientific and Technological Research* (Chili).

### **B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel**

Une part non négligeable de la recherche de l'équipe est transférée dans le tissu économique. Les projets PIA3 E-COVER (E. Giguet), BPI TAGTHUNDER (F. Maurel) et RIN ASTURIAS (M. Spaniol) sont liés aux besoins de la société en matière de numérisation. Une thèse CIFRE est également en cours avec le Crédit Agricole Brie Picardie (H. Akhmouch, dir. G. Dias). Un effort de divulgation autour du Document Numérique est également mené à travers des démonstrations aux Fêtes de la Science et relayé par C&F EDITIONS dirigée par H. Le Crosnier. De plus, l'équipe a contribué de manière significative aux Fêtes de l'Excellence Normande (FÊNO) avec des démonstrations de la TACTINET et du projet TAGTHUNDER par F. Maurel.

### **C) Implication dans la formation par la recherche**

L'équipe HULTECH a contribué de manière significative aux différents Masters du département Mathématiques & Informatique de l'UNICAEN, en particulier le Master DNR2i (resp. M. Spaniol), le Master IMALANG (resp. G. Dias) et le Master IDC (resp. M. Spaniol). L'équipe s'est impliqué fortement en intervenant de façon très significative dans l'élaboration des maquettes et en administrant un nombre non négligeable de modules dans ces formations. Particulièrement, le Master nouvellement conçu « Internet, Données et Connaissances » (IDC) couvre de nombreux domaines de recherche de l'équipe. G. Dias est responsable de l'organisation de l'école de printemps de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle (AFIA), dont la première édition est prévue en 2022.

## **2.5 Équipe MONEBIOM**

### **2.5.1 Présentation de l'équipe**

L'équipe Monétique & Biométrie (MONEBIOM) réalise des travaux de recherche en sécurité informatique suivant deux axes (la *biométrie* et la *confiance*) avec une continuité des aspects théoriques vers les applications, les deux s'enrichissant mutuellement. Les thèmes de recherche contribuent à la sécurité des systèmes informatiques et la protection des données personnelles en s'attaquant à différents verrous scientifiques en collaboration avec des académiques et industriels. L'application privilégiée des travaux de recherche est la sécurité du paiement. L'équipe est à ce titre un acteur académique incontournable aux niveaux national et international. Le responsable de l'équipe MONEBIOM a été Christophe Charrier (MCF HDR) sur le quinquennat 2015-2020. Cette équipe comprend 8 membres permanents avec 6 enseignants-chercheurs (au début du quinquennat, elle comptait 7 enseignant-chercheurs) :

- 1 collège A (1 PR),
- 5 collèges B (5 MCF dont 3 HDR),

- 2 ingénieurs de recherche en CDI,
- 8 doctorants (7 en CIFRE),
- 1 PAST (Orange Labs),
- 1 ingénieur d'étude,
- 1 post-doc,
- 2 ATER.

#### A) Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

L'équipe a connu de multiples changements pendant la période 2015-2020. Marc Pasquet (PR à l'ENSICAEN) et Mohammed Achemlal (PAST à l'ENSICAEN) ont fait valoir leurs droits à la retraite à la rentrée 2019. Parmi les permanents de l'équipe, il convient de souligner que quatre E/C sont titulaires de la PEDR ce qui dénote d'un niveau d'activité de recherche des membres de l'équipe reconnu par la CNU. L'un des E/C de l'équipe travaille à 60% pour des raisons de santé. Plusieurs titulaires occupent des fonctions administratives conséquentes :

- Christophe Rosenberger (PR) est directeur de l'Unité de Recherche GREYC depuis 2019. Entre 2015 et 2018, il a été directeur-adjoint du GREYC et Vice-Président en charge du numérique de la COMUE Normandie Université.
- Christophe Charrier (MCF) est directeur des études du département Métiers du Multimédia et de l'Internet (MMI) sur le site délocalisé de Saint-Lô de l'IUT Grand Ouest Normandie (GON) depuis 2012 et est co-responsable du Master 2 e-Secure de l'UFR des Sciences de l'Université de Caen Normandie depuis 2018,
- Jean-Marie Le Bars (MCF) est co-responsable du Master 2 e-Secure de l'UFR des Sciences de l'Université de Caen Normandie depuis 2018,
- Patrick Lacharme (MCF) a été co-responsable du Master 2 e-Secure de l'UFR des Sciences de l'Université de Caen Normandie entre 2014 et 2018.
- Estelle Cherrier (MCF) a été responsable de la majeure e-Payment et Cybersécurité de l'ENSICAEN entre 2015 et 2019. Morgan Barbier a pris cette responsabilité depuis 2019.
- Joan Reynaud (ING) est responsable de la formation d'ingénieur par apprentissage en Informatique à l'ENSICAEN depuis 2015.

| Prénom et nom                  | Fonction                     | HDR | T1 | T2 | Date d'entrée/sortie |
|--------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----------------------|
| Morgan Barbier                 | MC ENSICAEN                  |     |    | ✓  | 2013                 |
| Christophe Charrier            | MC IUT GON UNICAEN           | ✓   | ✓  |    | 2013                 |
| Estelle Cherrier               | MC ENSICAEN                  |     | ✓  | ✓  | 2011                 |
| Patrick Lacharme               | MC ENSICAEN                  | ✓   | ✓  | ✓  | 2010                 |
| Jean-Marie Le Bars             | MC UFR SCIENCES UNICAEN      | ✓   | ✓  | ✓  | 2014                 |
| Marc Pasquet                   | PR ENSICAEN                  | ✓   |    | ✓  | 2007-2019            |
| Joan Reynaud                   | IGR ENSICAEN                 |     |    | ✓  | 2007                 |
| Christophe Rosenberger         | PR ENSICAEN                  | ✓   | ✓  |    | 2007                 |
| Sylvain Vernois                | IGR ENSICAEN                 |     |    | ✓  | 2007                 |
| <b>Synthèse : 9 permanents</b> | 2 PR, 5 MC, 2 IGR dont 5 HDR | 5   | 5  | 7  |                      |

■ Membres ayant quitté l'équipe durant le quinquennat

#### B) Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs :

10 thèses ont été soutenues pendant la période (au sein de l'ED MIIS) : Zhigang Yao (Chine - 2015), Gemain Jolly (MESR - 2016), Anass Nouri (MESR - 2016), Benoît Vibert (projet - 2017), Thomas Gougeon (MESR - 2017), Julien Hatin (CIFRE Orange - 2017), Xinwei Liu (Co-tutelle avec NTNU, Norvège - 2018), Antoine Cabana (CIFRE ELITT - 2018), Denis Midgal (co-financement Région Normandie - 2019) et Mathieu Valois (Financement 100%

Région Normandie - 2019). 2 thèses co-dirigées (hors ED) ont également été soutenues : Rima Belguechi (Co-direction avec l'ESI, Algérie - 2015), Abir Mehni (Co-direction avec Tunisie - 2019). Parmi les docteurs qui ne sont plus post-doctorants, trois travaillent en entreprise, cinq sont enseignants-chercheurs et un est enseignant contractuel dans une école d'ingénieur. Nous avons également accueilli six personnels contractuels (en plus de nos doctorants) : trois post-doc (deux sont devenus MCF), trois ingénieurs et trois chercheurs invités.

### C) Thèmes scientifiques :

Les activités de recherche de l'équipe MONEBIOM se focalisent sur des enjeux scientifiques en sécurité informatique et la protection de la vie privée. Deux thèmes scientifiques sont donc traités dans cette équipe : la biométrie et la confiance. L'application majeure de nos travaux concerne la sécurité du paiement, spécificité reconnue au niveau national de la formation d'ingénieurs en informatique à l'ENSICAEN.

- *Thème T1 : Biométrie (Responsable : C. Charrier)*

La biométrie n'est pas vue ici comme une application mais comme un domaine à part entière nécessitant des compétences variées allant du traitement du signal et des images, l'apprentissage machine, à la théorie des codes, etc. L'équipe est reconnue aux niveaux national et international pour ses activités originales en biométrie (publications dans des revues Q1 et Q2 du domaine, dans des conférences majeures du domaine (BTAS, ICB, etc.), participation à des jurys de thèse et HDR, des comités de programme des conférences majeures en biométrie, etc.). La biométrie est un domaine de la sécurité informatique visant à identifier ou vérifier l'identité d'un individu à partir de ses traits morphologiques ou comportementaux, et ce, de manière automatique. L'équipe MONEBIOM s'attaque à différents verrous scientifiques dans ce domaine depuis 2007 en ciblant des thématiques permettant de se différencier des autres équipes nationales et internationales. Nous proposons des contributions originales sur les trois enjeux scientifiques majeurs de la biométrie.

Le premier verrou concerne la définition de nouveaux systèmes biométriques capables d'utiliser de nouveaux moyens d'acquisition de données biométriques comme les empreintes digitales sans contact (thèses de Xinwei Liu et Soumik Mallick), de prendre en compte le vieillissement de la référence biométrique de l'individu (thèse d'Abir Mehni), de modéliser de façon statistique les données biométriques pour améliorer la performance de reconnaissance (thèse de Denis Migdal), d'exploiter des données comportementales de l'individu pour envisager de nouveaux modes d'authentification (thèse de Julien Hatin) ou d'accélérer de façon algorithmique l'identification d'individus dans de grandes bases de données biométriques (thèse de Joannes Falade). Les modalités biométriques étudiées au sein de l'équipe sont variées allant de l'empreinte digitale, la dynamique de frappe au clavier, aux habitudes d'appel sur smartphone. Parmi les permanents de l'équipe du Thème 1, C. Charrier, E. Cherrier et C. Rosenberger ont été impliqués dans ses travaux de recherche.

Le second enjeu en biométrie auquel l'équipe contribue, est l'évaluation des systèmes biométriques. Cette problématique est importante pour la reproductibilité des résultats en recherche mais aussi pour les industriels habitués à se baser sur des certifications sécuritaires. Nous avons travaillé sur l'évaluation de systèmes biométriques avec les laboratoires de certification ELITT (thèse d'Antoine Cabana) et FIME (thèse d'Abdrahamane Wone). Des approches de deep learning ont permis de générer des bases synthétiques d'attaque pour des tests reproductibles. Nous avons proposé des contributions sur la détection d'attaques par présentation d'empreintes digitales (thèse de Joannes Falade). Dès lors que l'on aborde la notion d'identification ou de vérification d'identité, se pose la

question de la qualité des données acquises. Contrairement à la qualité des images, la qualité des données biométriques intègre nécessairement un volet qualité de l'image (issue du capteur optique) et un second volet abordant la notion de la qualité des caractéristiques biométriques extraites (thèse de Zhingang Yao se poursuivant avec la thèse de Xinwei Liu). La problématique de la qualité de maillages 3D a également été abordée, et notamment appliquée pour des visages 3D (thèse d'Anass Nouri) dans le cadre d'un co-encadrement entre O. Lézoray de l'équipe Image et C. Charrier. Parmi les permanents de l'équipe du Thème 1, C. Charrier et C. Rosenberger ont particulièrement été impliqués dans ses travaux de recherche.

Le troisième enjeu scientifique abordé concerne la protection des données biométriques. En effet, une donnée biométrique est en général non révocable. L'utilisation d'un chiffrement classique a de nombreuses limitations (une donnée biométrique est à protéger pendant une grande période !) et la comparaison nécessite un déchiffrement. Ce thème profite de l'expertise des membres du thème 2 de l'équipe (carte à puce, cryptographie, code correcteur d'erreurs). Une solution de protection est de stocker la référence biométrique sur un élément sécurisé (comme une carte à puce) et de faire le maximum de traitements en son sein. Dans ce cadre, il convient d'assurer la sécurité de telles solutions face à des attaques logicielles (thèse de Benoit Vibert). Une autre solution de protection des données biométriques est logicielle. Nous travaillons sur ce sujet depuis 2008, de nouveaux schémas de protection par des transformations non inversibles paramétrées par un secret ont été proposés (thèse de Rima Belguechi). Ce savoir-faire est exploité dans de nombreux travaux de l'équipe et applications industrielles. Parmi les permanents de l'équipe du Thème 1, C. Charrier, J-M. Le Bars, C. Rosenberger et S. Vernois ont été impliqués dans ses travaux de recherche.

Ces travaux trouvent des applications immédiates avec des industriels pour l'authentification d'individus pour des transactions bancaires (contrats avec Orange Labs, United Biometrics, VISA Europe, etc.), l'identification d'individus pour des applications régaliennes dans le cadre de la thèse de Joannes Falade (IN Groupe) ou la surveillance d'examens à distance dans le cadre de la thèse d'Amine Haytom (TestWe).

- *Thème T2 : Confiance (Responsable : P. Lacharme)*

Ce thème couvre plusieurs aspects de la sécurité informatique et de la protection de la vie privée. Il est étroitement lié au thème 1 sur les aspects de protection des données biométriques et watermarking.

Plusieurs travaux sur les codes correcteurs d'erreurs, la cryptographie et leurs applications ont été réalisés, notamment avec la venue de deux post-doctorants (Loubna Ghammam et Kevin Atighehchi encadrés par P. Lacharme et M. Barbier). Une étude sur les fonctions booléennes (utilisées en cryptographie symétrique) a été proposée à travers de leur transformée de Moebius. La mise en oeuvre efficace de primitives cryptographiques comme les couplages (choix de la courbe elliptique utilisée), les fonctions de hachage (parallélisme avec application à SHA-3), ou les signatures à bas coût ont aussi été développés. En parallèle, un état de l'art conséquent sur la cryptographie homomorphe (FUI ATELYN) et sur les blockchains (FUI ATELYN et PIA Id-Blockchain) ont aussi été réalisés durant ce quinquennat.

Des travaux sur la protection des données personnelles comme celles contenues dans la mémoire des cartes ou la sécurité des mots de passe ont été réalisés à travers deux thèses (thèses de Thomas Gougeon encadrée par C. Rosenberger et de Mathieu Valois encadrée par J-M. Le Bars et P. Lacharme), soutenues en 2017 et 2019. Ces deux thèses ont traité de sujets qui n'étaient pratiquement pas étudiés dans l'état de l'art et ont notamment utilisé

des techniques d'apprentissage automatique. Ces travaux ont consisté dans le premier cas à réaliser une analyse forensique de plusieurs types de données stockées dans la mémoire de cartes avec ou sans contact (données aléatoires ou textuelles, dates) et dans le second cas à analyser le comportement d'énumérateurs de mots de passe dans un contexte d'attaques sous des politiques de sécurité variées.

D'autres travaux en sécurité informatique ont aussi été réalisés comme la détection de malwares dans les fichiers PDF, la sécurité des CAPTCHAs (plus précisément une attaque sur l'un d'entre eux), la sécurité des systèmes embarqués, notamment en ce qui concerne les environnements d'exécution. Des travaux sur la sécurité de l'Internet des objets sont aussi en cours dans le cadre de la thèse CIFRE de Tanguy Godquin (encadré par J-M. Le Bars et M. Barbier), tandis que d'autres avaient été menés sur la sécurité d'applications logicielles sur des cartes à puce en début de quinquennat avec la thèse de Germain Jolly (encadrée par C. Rosenberger), soutenue en 2016.

La plupart de ces travaux ont été publiés dans des conférences spécialisées et reconnues du domaine de la sécurité informatique ou de la cryptographie (FSE, Indocrypt, ACNS, SEC, ARES, WIFS, Trustcom, Secrypt). Ils ont généralement donné lieu à la fois à une analyse théorique ou à une formalisation de l'approche utilisée et ont été mis en oeuvre sur des cas d'usage précis.

#### **D) Vie de l'équipe**

La vie de l'équipe est organisée autour de séminaires informels mensuels. À chacun de ces séminaires, un membre de l'équipe présente un résultat, une piste de recherche, ou encore un travail en cours. Le planning des présentations est établi idéalement en début de semestre et tous les membres de l'équipe sont invités à y assister. Ces séminaires étant programmés sur l'heure du repas, ce dernier est offert à tous les participants, ce qui permet d'avoir des discussions fructueuses sur les sujets abordés et d'enlever le côté solennel que revêtent habituellement les séminaires de recherche. Cette approche a pour avantage d'améliorer la convivialité et la cohésion de l'équipe. Tous les membres de l'équipe (permanents, doctorants, stagiaires, personnes invitées, etc.) participent à ces séminaires.

Parallèlement à ces séminaires informels, des réunions d'équipes sont organisées de manière bimestrielle, sauf si l'actualité nécessite d'avoir de telles réunions en dehors de celles programmées. Habituellement, tous les membres de l'équipe (permanents et non permanents) sont conviés, sauf exception. L'équipe MONEBIOM est une équipe comptant un effectif d'une vingtaine de personnes. Les décisions sont ainsi prises de manière collégiale entre tous les membres permanents de l'équipe sur des sujets délicats comme la sélection du sujet de thèse de l'équipe pour obtenir une allocation établissement par exemple. Deux fois par an (en général avant les congés de fin d'année et d'été), les réunions d'équipe sont réalisées en dehors du laboratoire et donnent lieu à des journées d'équipe. Le matin est habituellement consacré à la réunion scientifique. Après le déjeuner pris en commun, l'après-midi est réservé à des activités ludiques permettant ainsi d'apprendre à se connaître en dehors du cadre du travail. Afin de maintenir cette cohésion et de développer un cadre de travail serein, une salle de détente a été aménagée à l'étage où se situe l'équipe.

L'équipe participe activement au séminaire "Cryptologie & Sécurité" du laboratoire organisé conjointement avec le LMNO (UMR en mathématiques) et Orange Labs. Des groupes de travail ont été organisés autour d'une problématique intéressant plusieurs membres de l'équipe. Des publications ont été réalisées à la suite.

### E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

La principale recommandation concernait les résultats de production scientifique et contractuelle, en gardant le cap sur des sujets innovants de recherche appliquée, et en veillant à ce qu'ils gardent un caractère scientifique fort, impliquant tous les membres de l'équipe. Sur le quinquennat, nous n'avons pas réussi à maintenir le cap quantitatif des publications, mais nous avons axé notre politique de publication sur le côté qualitatif en cherchant notamment à publier dans des conférences au moins de rang B et des revues au moins de niveau Q2. Nous avons ainsi mis en place un processus en interne qui permet de recenser les travaux de l'équipe qui n'ont pas encore été publiés ou valorisés de manière à promouvoir nos travaux (notamment ceux issus de thèses CIFRE). Tous les travaux identifiés, notamment l'exploitation de résultats issus des thèses soutenues pour lesquelles les docteurs ont quitté le laboratoire, n'ont pas pu être tous exploités par manque de moyen humain et de temps. Le tableau ci-après, présente en pourcentage, les évolutions qualitatives des publications de l'équipe entre le précédent quinquennat et le quinquennat actuel.

| Publications     | 2010-2015 | 2015-2020 |
|------------------|-----------|-----------|
| Revue Q1         | 23 %      | 45 %      |
| Revue Q2         | 14 %      | 20 %      |
| Revue Q3         | 23 %      | 20 %      |
| Revue Q4 et +    | 40 %      | 0 %       |
| Conférences A-A* | 5 %       | 5 %       |
| Conférences B    | 16 %      | 27 %      |
| Conférences C    | 12 %      | 3 %       |

### 2.5.2 Produits et activités de la recherche

L'équipe s'est dotée d'une politique de publication sélective. Les trois tableaux suivants décrivent la production de l'équipe sur le quinquennat 2015-2020. Concernant la production scientifique, nous mettons en avant publications importantes entre parenthèses (Q1 et Q2 au JCR pour les revues internationales, A\*-A-B au CORE pour les conférences internationales).

| Publications                | Nombre  |
|-----------------------------|---------|
| Revue Internationales       | 21 (13) |
| Revue Nationales            | 1       |
| Conférences Internationales | 82 (35) |
| Chapitres d'ouvrage         | 5       |
| Directions d'ouvrages       | 1       |
| Thèses                      | 10+2    |
| HDR                         | 2       |
| Brevets et logiciels        | 5       |

|   | Nombre |
|---|--------|
| Conférences invitées                    | 13     |
| Comité de rédaction et éditeurs invités | 2      |
| Comité de pilotage de conférences       | 5      |
| Comité de programme de conférences      | 19     |
| Organisation de conférences, d'ateliers | 14     |
| Évaluation et expertise                 | 11     |
| Responsabilités scientifiques           | 6      |
| Jurys thèse et HDR hors équipe          | 27 + 3 |

| Contrats et projets        | Nombre | Montant total |
|----------------------------|--------|---------------|
| Contrats industriels       | 20     | 727 K€        |
| Projets FUI                | 2      | 225 k€        |
| Projets ANR                | 1      | 167 k€        |
| Projets nationaux (autres) | 1      | 109 k€        |
| Projets Européens          | 4      | 320 k€        |
| Projets internationaux     | 1      | 60K€          |

### A) Rayonnement et attractivité académiques

Plusieurs productions de l'équipe ont reçu des prix. On peut citer le prix du meilleur papier à la conférence internationale CyberWorlds en 2018 et le prix du meilleur poster à la conférence Se-Crypt en 2019. L'équipe a organisé ou co-organisé cinq conférences nationales et workshops dont CAEN 2019 (Caen), ArCoCrypt (éditions 2018 et 2019), la journée de la biométrie (Caen, 2017). L'équipe va également organiser la conférence CyberWorlds 2020 (Caen). Quatre invitations ont

été honorées par des membres de l'équipe, en France ou à l'étranger, pour des présentations dans des conférences internationales. Christophe Charrier est animateur d'un axe thématique du GdR-ISIS et fait également partie du bureau de la CIE division 8, pour le chapitre France. Christophe Rosenberger est nommé par le MESRI au CNU 27. Plusieurs membres font partie ou président des comités scientifiques, de programme ou de pilotage de conférences internationales (CyberWorld, IJCB, ICPR, ICB, ICPR etc.) ou de revues internationales (TIFS, Computer & security, JISA etc.). Plusieurs membres de l'équipe sont régulièrement sollicités pour évaluer des thèses et HDR (rapporteurs ou examinateurs) au niveau national, ou pour faire partie de comités de recrutement d'enseignants-chercheurs. Plusieurs membres participent à l'évaluation des projets ou d'unités de recherche au niveau national (ANR, HCERES, ANRT) et international (CINECA Italie, Suisse).

L'équipe est attractive aussi bien pour les doctorants que pour les post-doctorants. Plusieurs doctorants et post-doctorants proviennent d'autres établissements nationaux ou internationaux. Etant très active dans les formations Cybersécurité en Normandie (Majeure Cybersécurité et e-Paiement ENSICAEN et Master2 e-Secure UNICAEN), l'équipe attire en stage ou en thèse plusieurs étudiants issus de ces deux formations.

### **B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel**

L'équipe entretient des relations fortes et permanentes avec le tissu économique aux niveaux régional, national et international. Ceci se manifeste notamment par huit thèses CIFRE sur la période et de nombreux contrats industriels. Elle a une importante activité de valorisation et de transfert de technologies vers les industriels, tant sur l'accompagnement au démarrage de startups que sur des prestations des services à destination de sociétés nationales (FIME, ELIIT) et multinationales (Orange, VISA Europe). Sur la période, 26 projets financés ont été obtenus pour un volume financier de 1.5 M€. Parmi ces projets, on note trois projets de portée internationale (dont 1 projet EUROSTAR), 1 projet ANR, 2 projets FUI, 1 projet PIA et 1 projet financé par la région Normandie.

L'équipe est également très impliquée dans la diffusion de la culture scientifique et numérique auprès des collègues, lycées Normands et du grand public : participation régulière à la Fête de la Science et FÉNO, reportages radio-diffusés (Radio France culture), journaux papier (Le Figaro), podcasts (GRTgaz - Les podcasts Cybersécurité) ainsi que les journées portes ouvertes de l'ENSICAEN, de l'UNICAEN et de l'IUT Grand Ouest Normandie sur le site délocalisé de Saint-Lô (Manche) pendant lesquelles des démonstrateurs installés sur une borne interactive sont utilisés afin de sensibiliser les primo-étudiants aux activités de recherche de l'équipe.

### **C) Implication dans la formation par la recherche**

Les membres de l'équipe sont impliqués dans de nombreuses filières pédagogiques tant à l'UNICAEN qu'à l'ENSICAEN. Deux membres sont co-responsables du Master 2 e-Secure, un membre est responsable de la majeure Cybersécurité et e-Paiement de l'ENSICAEN, un membre est directeur des études d'un département sur un site délocalisé de l'IUT Grand Ouest Normandie.

A chaque année, l'équipe propose de plusieurs sujets stages, de projets pour les étudiants de L3 informatique et du Master Informatique (M1 et M2 de la mention e-Secure) avec une politique d'équipe pour les stages (choix des sujets financés, etc.). L'équipe est très active dans l'encadrement de doctorants (12 soutenances sur le quinquennat, 8 en cours dont 7 CIFRE). Sur les 12 docteurs de l'équipe du quinquennat, 6 d'entre eux sont enseignants-chercheurs ou équivalent. Sur le quinquennat, les membres de l'équipe ont participé à 27 jurys de thèse (dont 23 en qualité de rapporteur) et 3 jurys d'HdR (dont 2 en tant que rapporteur).

## 2.6 Équipe IMAGE

### 2.6.1 Présentation de l'équipe

Les activités de l'équipe IMAGE sont centrées sur le développement de méthodes mathématiques et d'algorithmes innovants pour le traitement et l'analyse de signaux, d'images et de vidéos. L'équipe est composée de membres d'origines variées (informatique, traitement du signal, mathématiques appliquées, intelligence artificielle) couvrant des thématiques de plusieurs sections du CNU (26, 27 et 61). Cette variété de compétences constitue l'un des atouts majeurs de l'équipe car cela lui permet d'aborder le traitement des données selon plusieurs points de vue ou paradigmes de modélisation complémentaires (approches continues ou discrètes, variationnelles et/ou non-locales, par apprentissage machine, etc.). Ces 15 dernières années, l'équipe s'est en particulier forgé une expertise internationalement reconnue en intelligence artificielle et apprentissage profond pour la vision par ordinateur et le traitement d'images. L'équipe se structure en deux thèmes scientifiques (T1 : *bas-niveau* et T2 : *haut-niveau*), détaillés en section 3.

#### 1 - Permanents, chercheurs et enseignants chercheurs :

En 2015, l'équipe comprenait 19 membres permanents (6 PR, 2 CR CNRS et 11 MC, pour un total de 8 HDR). En juin 2020, elle comprend 18 permanents (avec 1 CR qui a obtenu son HDR). Fin 2018, un nouveau CR a intégré l'équipe (*Y. Quéau*). En 2019, une CR a quitté le laboratoire (*S. Jehan-Besson*). Entre 2015 et 2017, le responsable d'équipe était *J. Fadili* (PR), remplacé en octobre 2017 par *D. Tschumperlé* (CR HDR), *J. Fadili* ayant pris la responsabilité de Chargé de Mission à l'INS2I. Le tableau 2.7 ci-dessous liste les permanents de l'équipe. L'équipe a connu peu de mouvements de permanents sur le quinquennat (en rouge/italique : les départs, en vert/gras : les arrivés).

| Prénom et nom                  | Fonction                 | HDR      | T1                  | T2                   | Entrée/sortie      |
|--------------------------------|--------------------------|----------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Sébastien Bougleux             | MC IUT à St Lô           |          | ✓                   |                      | 2008-              |
| Luc Brun                       | PR ENSICAEN              | ✓        |                     | ✓                    | 2004-              |
| Youssef Chahir                 | MC UFR Sciences          | ✓        |                     | ✓                    | 2000-              |
| Régis Clouard                  | MC ENSICAEN              | ✓        |                     | ✓                    | 1995-              |
| Abderrahim El Moataz           | PR UFR Sciences          | ✓        | ✓                   |                      | 2007-              |
| Jalal Fadili                   | PR ENSICAEN              | ✓        | ✓                   |                      | 2001-              |
| Sébastien Fourey               | MC ENSICAEN              |          |                     | ✓                    | 2001-              |
| <i>Stéphanie Jehan-Besson</i>  | CR CNRS                  |          | ✓                   |                      | <i>2012-2019 *</i> |
| Frédéric Jurie                 | PR UFR Sciences          | ✓        |                     | ✓                    | 2007-              |
| Olivier Lézoray                | PR IUT à St Lô           | ✓        | ✓                   |                      | 2007-              |
| Alexis Lechervy                | MC UFR Sciences          |          |                     | ✓                    | 2013-              |
| Amal Mahboubi                  | MC IUT à St Lô           |          |                     | ✓                    | 2008-              |
| Myriam Mokhtari-Brun           | MC ENSICAEN              |          |                     | ✓                    | 2005-              |
| Christine Porquet              | MC ENSICAEN              |          |                     | ✓                    | 1995-              |
| <b>Yvain Quéau</b>             | <b>CR CNRS</b>           |          | ✓                   |                      | <b>2018-</b>       |
| Julien Rabin                   | MC IUT                   |          | ✓                   |                      | 2011-              |
| <i>Marinette Revenu</i>        | PR <i>Emérite</i>        | ✓        |                     | ✓                    | <i>1995-2017</i> ⊙ |
| Sophie Schüpp                  | MC UFR Sciences          |          | ✓                   |                      | 2004-              |
| Loïc Simon                     | MC ENSICAEN              |          |                     | ✓                    | 2012-              |
| David Tschumperlé              | CR CNRS                  | ✓        | ✓                   |                      | 2004-              |
| <b>En 2020 : 18 permanents</b> | <b>5 PR, 2 CR, 11 MC</b> | <b>8</b> | <b>8</b><br>(4 HDR) | <b>10</b><br>(4 HDR) |                    |

\* : Congé longue maladie depuis 2017, puis mise en disponibilité en 2019. ⊙ : Départ à la retraite.

Tableau 2.7 – Liste des permanents de l'équipe IMAGE, sur la période 2015-2020.

### 2 - Doctorants, ATER, Post-Doctorants et Ingénieurs CDD :

Début 2015, l'équipe accueillait 15 doctorants, 2 ingénieurs CDD et 2 post-doctorants. Début 2020, elle accueille 11 doctorants, 3 ingénieurs CDD et 4 post-doctorants. 18 thèses ont été soutenues pendant cette période, pour 2 abandons. La durée moyenne des thèses dans l'équipe est de 37,7 mois. De 2015 à 2020, 15 post-doct., 3 ATERs et 14 ingénieurs ont été accueillis dans l'équipe, preuve de sa bonne attractivité et de sa capacité à financer le recrutement de CDDs sur contrats et projets.

### 3 - Thèmes scientifiques :

L'équipe IMAGE est structurée en deux thèmes scientifiques :

- **T1** : *Variationnel, EDPs et Statistiques pour le traitement des images*. C'est le thème de traitement *bas-niveau* des images, dont le socle scientifique commun repose sur les méthodes variationnelles et les problèmes inverses, l'optimisation, les EDPs et les signaux sur graphes, les nuages de points et la 3D, les statistiques en haute dimension pour l'image (estimation, décision, transport optimal), avec des applications en photographie computationnelle et en morphologie mathématique multivariée.
- **T2** : *Reconnaissance de formes et recherche d'information dans les images/vidéos*. C'est le thème *haut-niveau* dont le socle scientifique commun s'organise autour de la reconnaissance de formes, l'analyse des graphes et des chaînes, l'apprentissage de métriques, les descripteurs et l'apprentissage pour l'image et enfin l'ingénierie des connaissances pour la conception d'applications en traitement d'images.

Chaque permanent est affecté à l'un des deux thèmes, en fonction de ses activités de recherche principales. En pratique, ces thèmes ne fragmentent pas l'équipe : de nombreux travaux de recherche réalisés dans l'équipe impliquent des collaborations (publications, encadrements et projets) entre permanents de l'un ou l'autre des thèmes (voir Fig.2.2, section.5).

Voici les résultats les plus marquants obtenus dans ces différents thèmes entre 2015 et 2020 :

- **Optimisation et problèmes inverses (T1)** : Nous avons proposé un cadre unifié, basé sur le concept de régularisation de faible complexité, pour développer les garanties théoriques des méthodes (variationnelles et d'agrégation) de résolution des problèmes inverses linéaires : unicité et sélection de modèle, stabilité et robustesse, analyse de sensibilité et sélection automatique des paramètres. Nous avons par ailleurs proposé de nouveaux algorithmes d'éclatement proximaux pour résoudre les problèmes d'optimisation sous-jacents et en avons établi les propriétés de convergence (itérées, objectives, vitesse, identification en temps fini d'ensembles actifs, etc.).
- **EDPs sur Graphes et leurs limites continues (T1)** : Nous avons proposé une large classe d'EDPs Non locales sur graphes incluant et combinant le Laplacien, l'infini Laplacien, le Game-Laplacien et l'équation Eikonale sur Graphes. Nous avons montré que des équations elliptiques associées à ces opérateurs sont liées à une nouvelle classe de jeux stochastiques non locaux sur graphes. Nous avons également montré que ces équations constituent un cadre unifiant pour l'interpolation d'images, de nuages de points 3D ou de données définies sur des graphes de topologie arbitraires. Nous avons donné une interprétation rigoureuse et étudié la limite continue du problème du  $p$ -Laplacien discret sur graphes lorsque le nombre des nœuds du graphe tend vers l'infini.
- **Logiciels ouverts pour l'imagerie artistique (T1)** : Nous avons eu une activité soutenue de développement de logiciels libres, avec plusieurs réalisations d'envergure, diffusées à grande échelle et centrées sur la photographie computationnelle et l'imagerie artistique : Notre cadriciel G'MIC [LO1] pour le traitement d'images comptabilise plus de 500 téléchargements journaliers,

assure une diffusion large de certains de nos travaux de recherche, et participe au mouvement de la science ouverte et de la reproductibilité scientifique. Notons également le succès des bibliothèques CImg [LO2] et Pandore [LO3], utilisées massivement pour l'apprentissage du traitement d'images en C++ dans l'enseignement supérieur, en France et à l'étranger.

- **Images et nuages de points 3D pour la valorisation du patrimoine, Tapisserie de Bayeux (T1-T2)** : Nous nous sommes impliqués dans le projet "Tapisserie de Bayeux", du CPER interdisciplinaire NUMNIE 2015-2020 [COCT1]. Un panorama haute-résolution des 70 mètres de la tapisserie a été construit à partir d'images séparées prises lors d'une campagne d'acquisition. Celui-ci constitue aujourd'hui le repère de référence de la tapisserie. Nous avons travaillé sur les aspects liés à l'acquisition d'objets 3D pour l'art et l'architecture (traitement, recalage, analyse et visualisation) et sur la segmentation automatique d'objets, avec des applications d'analyse et de représentation augmentée de la tapisserie pour les historiens et le grand-public. L'objectif de ces travaux était de faciliter l'accessibilité à l'œuvre pour les conservateurs, les historiens et le grand public. La partie analyse et modélisation 3D pour l'impression concerne l'accès à la tapisserie pour les mal voyants [CO1A2, COCTs13].

- **Saillance des données sur graphes (T2)** : Nous avons proposé la prise en compte de la saillance pour le traitement de signaux sur graphes, reposant sur une analyse multi-échelle de la surface à l'aide d'un descripteur local adaptatif, et l'avons exploité pour différentes tâches de traitement d'images. Nous avons proposé des métriques d'évaluation de la qualité des maillages 3D. Nous avons exploité ceci dans le cadre de l'édition d'images ou de maillages colorés. Des méthodes de filtrages avec préservation de structure (à bases de formulations morphologiques ou variationnelles ont été étudiées avec des applications pour le rehaussement de détails.

- **Distance d'édition entre graphes (T2)** : Nous nous sommes intéressés à l'estimation du calcul de la distance d'édition entre graphes par des méthodes linéaires qui étendent l'algorithme Hongrois sans appariement systématique d'éléments, ou comme un problème d'affectation quadratique. Nous avons proposé plusieurs heuristiques de résolution, basées sur une relaxation initiale des matrices de permutation en des matrices bi-stochastiques. Les méthodes obtenues améliorent significativement le calcul approché de la distance, tout en conservant des temps de calcul permettant le traitement de grandes bases de données de graphes. Ce compromis temps/précision a été confirmé lors d'un challenge ICPR 2016.

- **Vision par ordinateur (T2)** : Nous avons obtenu des résultats novateurs dans le domaine de la reconnaissance visuelle lorsqu'aucune image d'entraînement n'est disponible pour certaines classes, en combinant apprentissage de métriques et modèles génératifs. Nous nous sommes intéressés à mesurer les capacités de généralisation des GANs, et avons proposé une nouvelle métrique pour l'évaluation de ces modèles. Nous avons aussi développé de nouvelles architectures de réseaux de neurones adaptées à la fusion multimodale, et avons travaillé sur la recherche d'architectures optimales. Nous avons construit la base d'images VEDAI, permettant l'entraînement et l'évaluation de détecteurs d'objets dans des images aériennes, devenue l'une des bases de référence du domaine.

#### **4 - Vie de l'équipe**

L'équipe IMAGE est la deuxième plus grosse équipe du GREYC, en nombre de permanents. Le responsable d'équipe gère les ressources (budget, locaux), les aspects logistiques (nouveaux arrivants, emploi du temps numérique partagé) et organise des événements de cohésion (petits-déjeuners mensuels, repas d'équipe) pour maximiser les échanges et les interactions scientifiques entre les membres. La politique scientifique de l'équipe est décidée de manière collégiale, lors de réunions d'équipe (a minima mensuelles) où les décisions importantes font l'objet d'un vote des permanents (par ex., classement des sujets de thèse prioritaires de l'équipe pour les demandes de bourses régionales/ministérielles). L'équipe incite à la participation commune des

permanents aux projets financés et favorise le co-encadrement de thèses, ce qui a permis un renforcement des collaborations internes sur le quinquennat. L'équipe possède un séminaire IMAGE actif, à fréquence variable suivant les périodes (d'hebdomadaire à bimensuel) avec des invités extérieurs diversifiés, pour la plupart doctorants, post-doctorants et/ou candidats CR/MC. La majorité des permanents intervenant dans des formations diverses (ENSICAEN, UFR Sciences, IUT GON) et géographiquement dispersées (Caen, St-Lô, Cherbourg), il est en pratique impossible de regrouper l'ensemble des permanents de l'équipe pour la participation à des événements ponctuels.

### 5 - Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

Lors de la dernière évaluation de l'équipe en 2015, l'HCERES avait mentionné quelques points de vigilance. Des efforts importants ont été fournis pour prendre en compte ces recommandations :

- *"Des productions individuelles très variables en qualité et quantité"* : La production individuelle reste variable en quantité. Globalement, le nombre de publications de l'équipe (87 revues inter., 117 conf. inter.) est à un bon niveau, malgré une baisse sensible par rapport au quinquennat précédent (-11% sur les revues, -26% sur les conf.), celui-ci ayant été cependant le plus productif de l'histoire de l'équipe (98 revues inter., 160 conf. inter.). Cette baisse s'explique aussi par la baisse du nombre de doctorants (41 doctorants accueillis sur la période 2010-2014, contre 31 sur 2015-2019). On note par contre que la proportion de publications de bonne qualité est en hausse sur la période 2015-2020, avec pas moins de 69% de revues Q1 et 88% de revues Q1+Q2 (+6% de Q1-Q2 par rapport au quinquennat précédent). L'équipe publie dans les journaux et conférences internationales de premier plan, en traitement d'image et vision par ordinateur.
- *"Continuer à accompagner les non-publiants"* : L'équipe a également connu une baisse notable (-50%) des non-publiants (4 en 2015, 2 en 2020), en partie grâce à l'amélioration des interactions internes entre permanents et une politique de mentorat scientifique. A plus long terme, nous souhaitons que chaque permanent non-publiant puisse s'intégrer de manière active à l'un des projets de recherche en cours de l'équipe.
- *"Les interactions internes restent limitées (notamment entre thèmes)"* : Les interactions internes se sont très nettement améliorées, comme le montre l'évolution du graphe de co-publications entre permanents (Fig.2.2). Le regroupement de l'équipe au sein d'un nouveau bâtiment Recherche de l'ENSICAEN (en 2016) a eu un effet bénéfique sur le renforcement des collaborations internes inter- et intra-thèmes.

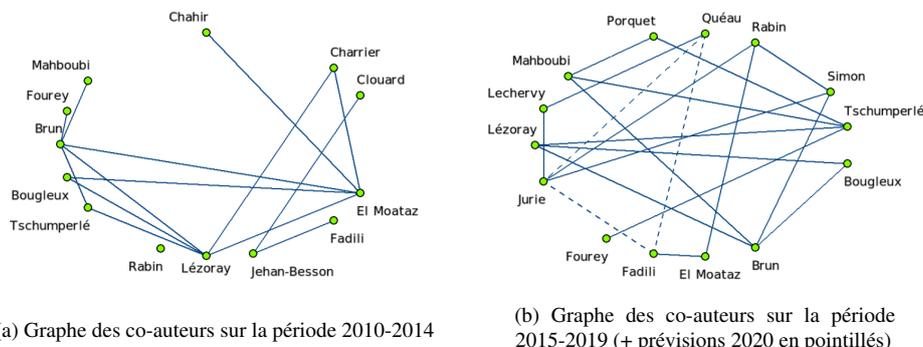


Figure 2.2 – Évolution des activités de co-publication entre membres permanents de l'équipe IMAGE (2010–2019). Les membres ne collaborant pas avec au moins un autre permanent sur le quinquennat ne sont pas affichés.

### 2.6.2 Produits et activités de la recherche

Les tableaux suivant décrivent la production de l'équipe sur le quinquennat 2015-2020. Nous mettons en avant les publications importantes entre parenthèses (Q1-Q2 au SJR pour les revues internationales, A\*-A-B au CORE pour les conférences internationales). L'équipe a une production scientifique de qualité : 69% de revues internationales Q1, 88% de revues Q1+Q2, seulement 9% de conférences internationales de rang C (53% sont de rang A\*-A-B et 41% sont des conférences non référencées par CORE, mais que nous considérons pourtant comme des workshops spécialisés de bon niveau).

| Publications                | Nombre   |
|-----------------------------|----------|
| Revue Internationale        | 87 (73)  |
| Revue Nationale             | 1 (0)    |
| Conférences Internationales | 117 (60) |
| Chapitres d'ouvrage         | 7        |
| Directions d'ouvrages       | 3        |
| Thèses                      | 18       |
| HDR                         | 1        |
| Brevets et logiciels        | 2 + 8    |

|   | Nombre |
|---|--------|
| Conférences invitées                    | 29     |
| Comité de rédaction et éditeurs invités | 12     |
| Comité de pilotage de conférences       | 2      |
| Comité de programme de conférences      | 43     |
| Organisation de conférences, d'ateliers | 10     |
| Évaluation et expertise                 | 24     |
| Responsabilités scientifiques           | 13     |
| Jurys thèse et HDR hors équipe          | 65 + 9 |

| Contrats et projets                             | Nombre | Montant total |
|---|--------|---------------|
| Autres projets                                  | 4      | 526K€         |
| Collectivités territoriales                     | 16     | 1187K€        |
| Subventions diverses d'associations et tutelles | 9      | 192K€         |
| Contrats industriels                            | 19     | 700K€         |
| Financements ANR                                | 9      | 1320K€        |
| Projets Européens                               | 7      | 842K€         |
| Total   | 64     | 4767k€        |

#### 1 - Rayonnement et attractivité académiques

● **Prix et distinctions** : *J. Fadili* a été membre junior de l'IUF de 2013 à 2018. *A. Elmoataz* a été lauréat en 2015 de l'appel à projets "Maturation de Normandie Valorisation" pour le projet M3P et lauréat en 2019 du concours d'entrée à l'Incubateur Normand pour la création de la start-up NORM3D. *O. Lézoray* a été nommé *IEEE Senior Member* en 2017, a reçu une distinction *Sentinel of Science Award* en 2016 (récompensant les meilleurs relecteurs de revues inter.) et a été lauréat du concours *NVIDIA Academic Hardware Grant Scheme* en 2017. Des productions issues de l'équipe ont reçu des distinctions : prix du deuxième meilleur papier 2015-2016 du journal *IMA Information and Inference*, prix du meilleur papier à la conférence *ICVGIP'2016* et deux papiers parmi les "top 10%" de la conférence internationale *IEEE ICIP 2015*.

● **Animation de la recherche** : *F. Jurie* a été directeur du laboratoire GREYC de 2015 à 2018. *L. Brun* est directeur de la fédération NormaSTIC (Féd. de recherche CNRS FR 3638). *J. Fadili* est dans le comité scientifique du GDR MIA, après l'avoir dirigé de 2013 à 2018. Des membres de l'équipe font partie de comités techniques ou de bureaux de sociétés savantes comme IFIP (TC7 WG 7.4 "Inverse Problems and Imaging"), IAPR (TC15 "Graph-based Representations"), AFRIF ou *IEEE Communications Society*. L'équipe a organisé ou co-organisé de nombreuses conférences nationales et internationales dont : *ACM ICM'2019* (Nice), *ICISP* (présidence et co-organisation des éditions 2016, 2018 et 2020), *JNCN 2018* (Cherbourg), Journée Nationale de la Culture numérique avec l'invitation exceptionnelle de Serge Haroche, Prix Nobel de Physique, un semestre thématique *Imaging in Paris* à l'IHP en 2019, la conférence *Mathematical Image Analysis* en 2016 (IHP) et 2018 (Berlin), un Workshop international "Nonlocal Models, PDEs and Applications" (à Caen en 2019), la conférence *ICCOPT'2016* (Tokyo), la conférence *ORASIS'2017* (Colleville sur Mer) et va organiser la conférence *SSVM'2021* (Cabourg). Les membres

de l'équipe ont co-organisé des sessions spéciales aux conférences *ISMP'2015*, *ICIAM'2015*, *ICPR'2016*, *ISMP'2018*, *ICIAM'2019*, ainsi qu'une école d'été CNRS en 2018 (Aussois).

- **Invitations** : On comptabilise une trentaine d'invitations des membres permanents de l'équipe, en France ou à l'étranger, pour des présentations dans des conférences et workshops nationaux et internationaux.

- **Projets et contrats** : Sur la période, 28 projets financés ont été obtenus, dont 4 projets internationaux (1 projet européen H2020), 6 ANR (dont 2 sont coordonnées par l'équipe) et 8 projets financés par la région Normandie. Deux membres ont été partenaires de projets nationaux financés dans le cadre du PIA.

- **Responsabilités éditoriales et comités** : Plusieurs membres de l'équipe sont éditeurs associés pour des revues internationales (dont IEEE Trans. Sig. Proc, SIAM J. Imaging Sciences, Computer Vision and Image Understanding), ou ont été éditeurs invités de numéros spéciaux (*JMIV* en 2016, 2018 et 2019, *SVIP* en 2016, *JEI* en 2017). Plusieurs membres font partie ou président des comités scientifiques, de programme ou de pilotage de conférences internationales.

- **Evaluation de la recherche** : Les membres de l'équipe sont régulièrement sollicités pour évaluer des thèses et HDR (rapporteurs ou examinateurs) au niveau national voire international (e.g. Inde, Chili, Italie, Espagne, KU Leuven), ou pour faire partie de comités de recrutement d'enseignants-chercheurs. Plusieurs membres participent à l'évaluation des projets ou d'unités de recherche au niveau national (ANR, HCERES, ANRT) et international (ERC, Computer Science group du NSERC Canada, SNSF Suisse, Académie des Sciences de Finlande). Un membre a été membre de la section 07 du Comité National du CNRS, de 2015 à 2018.

- **Attractivité académique** : L'équipe est attractive aussi bien pour les doctorants, post-doctorants que pour les chercheurs et les enseignants-chercheurs. Yvain Quéau a été recruté CR (2018) à l'extérieur durant la période. Tous les ans, l'équipe s'emploie à attirer de bons candidats au concours CR CNRS. Sur la période 2015-2020, trois candidats ont été classés et un a rejoint le laboratoire. Plusieurs doctorants et post-doctorants proviennent d'autres établissements nationaux (e.g. Telecom SudParis, Orsay-Paris Sud) ou internationaux. Etant très active dans les formations Image en Basse-Normandie (Majeure Image ENSICAEN et Master2 IDM UNICAEN), l'équipe attire plusieurs étudiants en stage ou en thèse de ces deux formations.

## **2 - Interactions avec l'environnement social, économique et culturel**

L'équipe entretient des relations fortes et suivies avec le tissu économique au niveau régional et national. Ceci se manifeste notamment par 6 thèses CIFRE sur la période, 2 brevets et des contrats industriels. L'équipe IMAGE est très bien implantée au niveau régional avec de nombreuses collaborations avec les établissements hospitaliers de Basse-Normandie, notamment le CHU de Caen et le CHPC de Cherbourg. Entre 2015 et 2020, elle a obtenu 2 bourses de thèse 100% région et une thèse co-financée par l'Association Coeur-Cancer-Région. Elle a une importante activité de valorisation et de transfert de technologies puisque des membres de l'équipe ont fondé plusieurs start-up (DATEXIM en 2011, EasyID en 2017 et Norm3D en 2020), dont certaines récompensées par des prix d'innovation. L'équipe est très impliquée dans la diffusion de logiciels libres (e.g. G'MIC, plus de 3.5 millions de téléchargements depuis 2008) et dans la diffusion de la culture scientifique et numérique auprès des collèves, lycées bas-normands et du grand public (participation régulière à la Fête de la Science et FÉNO). Deux membres de l'équipe sont co-fondateurs et vice-présidents de l'association NOVIMAGE pour la promotion de l'imagerie et la réalité virtuelle dans la région.

## **3 - Implication dans la formation par la recherche**

En majorité, les permanents de l'équipe interviennent dans des formations en relation avec leurs activités de recherche et ont de nombreuses responsabilités en enseignement : responsabilité du Master2 IDM (Image et Données Multimédia) et du Master2 IMALANG (devenu IDM) de l'UNICAEN, de la majeure Image, Son & Intelligence Artificielle de l'ENSICAEN, de la spécialité Informatique à l'ENSICAEN, du Département Métiers du Multimédia et de l'Internet à l'IUT Grand-Ouest Normandie, du Mastère spécialisé en Analyse et Traitement d'Image (ATRIVM) à l'ENSICAEN, etc. Deux membres ont été anciens directeurs et créateurs de l'école doctorale MIIS (anciennement SIMEM). Sur le quinquennat, les membres de l'équipe ont participé à 65 jurys de thèses (41 fois rapporteurs) et 8 jurys d'HDR (7 fois rapporteurs). Plus d'une dizaine d'unités d'enseignements sont dispensés par les permanents de l'équipe au niveau M2. L'enseignement de l'apprentissage machine sur le campus universitaire caennais repose presque entièrement sur des membres de l'équipe. Un permanent de l'équipe a été par ailleurs porteur d'un projet d'EUR (*MinMacs*), qui a été évalué très positivement, mais finalement non retenu. Il sera implémenté très probablement sous une autre forme (*Graduate School* normande).

## 2.7 Équipe ELEC

### 2.7.1 Présentation de l'équipe

L'équipe Electronique développe des activités de recherche sur les composants électroniques avancés et les capteurs à haute sensibilité, qui s'étendent des matériaux jusqu'aux dispositifs et aux systèmes. Parmi les grandeurs mesurées, on peut citer le champ magnétique, le champ électrique, le rayonnement infrarouge et X, la température, et le gaz. Les compétences en ingénierie de mesure de l'équipe peuvent répondre à différents enjeux scientifiques, sociétaux, industriels ou culturels dans les domaines de la santé, l'environnement, le contrôle non destructif ou la physique des composants.

A côté des sujets développés depuis une vingtaine d'années et reconnus au niveau national et international : *bruit à basse fréquence dans les composants avancés, capteurs à base de couches minces d'oxydes fonctionnels, capteurs magnétiques*, de nouveaux sujets sont apparus. Ils constituent une plus grande richesse pour l'équipe : le développement de *capteurs électriques et de gaz*, le développement de *techniques originales pour la mesure de température interne de transistors par spectroscopie Raman, la spectroscopie de niveaux profonds*.

#### A) Permanents : Chercheurs, Enseignants-chercheurs et Personnels d'Appui à la Recherche

Depuis le 1er janvier 2016, la responsable de l'équipe Electronique est Laurence Méchin. L'équipe comprend 1 chercheuse (CNRS 08) et 18 enseignants-chercheurs (CNU 63) : 7 collègues A (6 PR et 1 DR), 12 collègues B (12 MC dont 3 HDR), ce qui représente 10 HDR et 9,3 ETPR (*Equivalent Temps Plein Recherche*). 2 enseignants-chercheurs localisés à Cherbourg ont rejoint l'équipe en janvier 2017. 3 personnels d'appui à la recherche sont également membres permanents de l'équipe : 2 ingénieurs d'étude (un recrutement et une promotion en 2019) et 1 technicien. L'équipe est principalement hébergée dans des locaux de l'ENSICAEN à Caen et 4 membres de l'équipe sont localisés dans des antennes de l'université de Caen Normandie (Alençon, Cherbourg et Vire).

Plusieurs membres ont assumé de nombreuses responsabilités (Membres de la commission recherche de l'UNICAEN, du conseil de l'UFR sciences, et du conseil d'administration de l'ENSICAEN, Directeur du département "Mécatronique et systèmes nomades" de l'ESIX, Responsables de la spécialité "Electronique et Physique appliquée" de l'ENSICAEN, du L et M EEEA de l'université de Caen Normandie, et de la Licence professionnelle à l'IUT de Caen).

| Prénom et nom             | Fonction          | HDR   | GT1 | GT2 | GT3 | GT4 | GT5 | Date E/S |
|---------------------------|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Gilles ALLEGRE            | MC-IUT (Vire)     |       |     |     | ✓   |     | ✓   | 2007     |
| Bertrand BOUDART          | PR-ESIX (Cherb.)  | ✓     | ✓   |     | ✓   |     |     | 2017     |
| Christophe CORDIER        | MC-ESIX           |       |     |     |     | ✓   | ✓   | 2000     |
| Bogdan CRETU              | MC-ENSICAEN       | ✓     | ✓   |     |     |     |     | 2003     |
| Matthieu DENOUAL          | MC-ENSICAEN       |       |     |     |     | ✓   | ✓   | 2005     |
| Christophe DOLABDJIAN     | PR-IUT            | ✓     |     |     |     | ✓   | ✓   | 1994     |
| Basile DUFAY              | MC-ESIX           |       |     |     |     | ✓   | ✓   | 2013     |
| Stéphane FLAMENT          | PR-ENSICAEN       | ✓     |     | ✓   |     |     | ✓   | 1995     |
| Yannick GUEL              | MC-ESIX (Cherb.)  | ✓     | ✓   |     | ✓   |     |     | 2017     |
| Bruno GUILLET             | MC-UFR            | ✓     | ✓   | ✓   | ✓   |     |     | 2006     |
| Chantal GUNTHER           | MC-ENSICAEN       |       |     | ✓   |     |     |     | 1994     |
| Corentin JOREL            | MC-UFR            |       |     |     |     |     | ✓   | 2010     |
| Marc LAM CHOK SING        | MC-ENSICAEN       |       |     | ✓   |     | ✓   |     | 1989     |
| Pierre LANGLOIS           | MC-IUT            |       | ✓   |     | ✓   |     |     | 1994     |
| Olivier MARESCHAL         | MC-IUT (Alençon)  |       |     |     |     |     | ✓   | 2013     |
| Laurence MECHIN           | DR-CNRS           | ✓     | ✓   | ✓   | ✓   |     |     | 1998     |
| Didier ROBBES             | PR-UFR            | ✓     |     |     |     |     | ✓   | 1990     |
| Jean Marc ROUTOURE        | PR-UFR            | ✓     | ✓   |     |     |     |     | 1998     |
| Sébastien SAEZ            | PR-ESIX           | ✓     |     |     |     | ✓   | ✓   | 2000     |
| Total C&EC :19 (9,3 ETPR) | 1 DR, 6 PR, 12 MC | 10    | 7   | 5   | 6   | 6   | 10  |          |
| Julien GASNIER            | TCN-ENSICAEN      | BAP C |     |     |     |     |     | 2009     |
| Sylvain LEBARGY           | IE-UNICAEN        | BAP C |     |     |     |     |     | 2003     |
| Victor PIERRON            | IE-CNRS           | BAP B |     |     |     |     |     | 2019     |

Tableau 2.8 – Liste des permanents de l'équipe Electronique sur 2015-20 (en vert les arrivées ; ETPR = Equivalent Temps Plein Recherche).

### B) Non-permanents : Emérites, Doctorants, ATER, Post-Doctorants ou Ingénieurs

Un professeur émérite, Régis Carin, a fait partie de l'équipe électronique durant deux périodes d'éméritat de 3 ans (du 1er octobre 2014 au 30 septembre 2020). Dix thèses ont été soutenues pendant la période, avec une durée moyenne de 38 mois. Parmi ceux qui ne sont plus post-doctorants, 2 travaillent en entreprise, 1 est ingénieur CEA, 3 sont enseignants dans le secondaire et supérieur. Nous avons également accueilli 14 personnels contractuels : 9 post-doctorants, et 5 ingénieurs (représentant respectivement 8,9 ETPR et 8,1 ETPR sur toute la période). Ce nombre est en forte augmentation grâce au plus grand nombre de contrats de recherche gérés durant la période.

### C) Thèmes scientifiques

Dans la période 2015-2020, l'équipe Electronique était structurée en 5 groupes de travail (GT) et chaque membre appartenait à un ou plusieurs GT. Les coordinateurs de GT ont eu pour rôle l'animation scientifique du GT (organiser les réunions de travail, présenter les faits marquants au reste de l'équipe 2 fois par an, résumer les besoins en termes de fonctionnement, missions, et équipements). Pour chaque sujet, les contrats, les thèses et contrats post-doctoraux sont indiqués, ainsi que les collaborations non contractuelles.

- **GT1 : Physique des composants à semi-conducteurs : transport, température, bruit, défauts électroniques (Coordinateur : B. Cretu)**

1) Transistors MOS nanométriques : Bruit à basse fréquence (*Accord de recherche IMEC-BE 2015-18, Thèses B. Nafaa, D. Boudier*)

Une méthodologie utilisant la spectroscopie de bruit a permis l'identification des paramètres de bruit sur les technologies avancées silicium (Transistors FD SOI UTBOX, FinFETs et GAA

NW FET) fabriqués à IMEC (*Interuniversity microelectronics centre*) avec plus de précision et de discriminer l'origine du bruit  $1/f$  à basse température.

2) Transistors HEMT III-V : Bruit à basse fréquence, DLTFs, Irradiations neutroniques (*ANR LHOM 2014-18, PLACENANO 2018-21, Collaboration EAMEA*, Post-doc : M. Rzin, Y. Lechaux)

Nous avons montré que la zone bruyante de HEMT (*High-Electron Mobility Transistors*) à base d'AlInN est située sous la grille. Le très faible niveau de bruit a confirmé la très bonne qualité des transistors optimisés durant le projet LHOM. Ces travaux se poursuivent sur le plan normand (PLACENANO) avec des caractérisations par DLTFs (*Deep Level Transient Fourier Spectroscopy*). Par ailleurs, une étude menée en collaboration avec l'EAMEA (*Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique*), a montré que les irradiations neutroniques faites avant ou après les stress électriques, permettaient dans certaines conditions de guérir les pièges.

3) Caractérisation thermique de transistors de puissance hyperfréquence de la filière GaN (*CIFRE Thalès Air Systems 2015-18, Thèse G. Brocero*)

Nous avons développé une technique originale de mesure de température du composant pendant son fonctionnement basée sur la spectroscopie Raman et le dépôt de micro-particules de  $\text{CeO}_2$ .

• **GT2 : Propriétés magnétiques et effets de contraintes dans  $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$  (LSMO) (Coordinateur : S. Flament)**

1) Contrôle de l'anisotropie magnétique dans LSMO (*Collaborations IMDEA Madrid-ES, NFFA Trieste-IT 2017, Thèse S.K. Chaluvadi*)

Une étude des effets de contraintes épitaxiales sur l'anisotropie magnétique dans les couches minces de LSMO déposées par PLD (*Pulsed Laser Deposition*) a été menée de façon systématique en fonction de l'épaisseur, du substrat, puis en fonction de la composition à Trieste en Italie (programme européen NFFA-<https://www.nffa.eu/>).

2) Capteurs magnétorésistifs LSMO (*Projet H2020 FET OPEN ByAxon 2017-20, NFFA Trieste 2019, Thèse L. Enger, Post-docs : O. Rousseau, S.K. Chaluvadi, I. Noor Bhatti*)

ByAxon vise à réaliser un dispositif électronique permettant de restaurer la transmission de l'activité neuronale au niveau d'une lésion de la moelle épinière. Nous avons proposé d'utiliser les effets de magnétorésistance anisotrope (AMR) dans les couches minces de LSMO, mettant à profit l'anisotropie uniaxiale obtenue par l'utilisation de substrats vicinaux. Nos meilleurs capteurs de taille inférieure au  $\text{mm}^2$  présentent une détectivité de  $100 \text{ pT.Hz}^{-1/2}$  au-delà de 1 kHz et proche du  $\text{nT.Hz}^{-1/2}$  à 1 Hz. Installés en configuration gradiométrique, ils doivent être testés pour la détection ex-vivo de l'activité neuronale de neurones cultivés.

3) Capteurs MEMS LSMO (*Collaboration Univ. Cornell-USA, thèse L.M. Carvalho de Araujo*) Les effets de contraintes dans LSMO et notamment la dépendance de la résonance des structures suspendues LSMO en fonction de la grandeur à mesurer : rayonnement ou champ magnétique, permettent d'envisager des capteurs. Nous développons différents procédés de micro-usinage du silicium, et utilisons des couches tampons  $\text{SrTiO}_3$  déposées par épitaxie à jet moléculaire à l'université de Cornell (USA).

• **GT3 : Détecteurs de rayonnement (Coordinateur : B. Guillet)**

1) Bolomètres suspendus à base de LSMO (*Collaboration Univ. Cornell-USA, Synchrotron Soleil 2019, thèse V.M. do Nascimento*)

Grâce au micro-usinage du silicium, et au faible bruit électrique dans LSMO après optimisation du design et des conditions de fabrication, nous avons réalisé des bolomètres non refroidis performants du visible à l'infrarouge. Des puissances équivalentes de bruit de l'ordre de  $1 \text{ pW.Hz}^{-1/2}$  ont été obtenues pour des bolomètres ayant des temps de réponse de l'ordre de 1 ms et une très faible consommation électrique (quelques  $\mu\text{W}$ ). Les mesures de sensibilités optiques ont été effectuées dans différentes bandes de longueurs d'onde (635 nm, 3,39  $\mu\text{m}$ , avec

un corps noir ou le rayonnement du synchrotron SOLEIL).

2) Exploration des potentialités d'autres structures/matériaux (*Collaboration ICMAB Barcelone-ES, RIN recherche EVOLPELIICAEN 2017-19, Post-doc : A. Minj, Y. Lechaux, V. M. do Nascimento*)

Différentes voies alternatives ont également été explorées afin d'évaluer les potentialités d'autres matériaux ou structures pour des capteurs de rayonnement. Nous avons déterminé la densité des défauts et leur position énergétique par DLTFs dans l'interface  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  en collaboration avec ICMAB (*Intitut de Ciencia de Materials de Barcelona*). Par ailleurs, des premières expériences d'implantation ont été menées en collaboration avec le CIMAP à Caen afin de moduler les propriétés de transport électrique du LSMO (EVOLPELIICAEN).

3) Capteur à rayons X pour usage médical (*Collaboration EAMEA, thèse L. Colson*)

Enfin, en partenariat avec l'EAMEA et le Centre Hospitalier public du Cotentin à Cherbourg, nous avons développé un capteur à rayons X multipoints pour usage médical permettant de connaître en temps réel au bloc opératoire la dose reçue. Des résultats prometteurs ont été obtenus avec une réponse proportionnelle à l'énergie déposée et linéaire par rapport à la dose de rayons X reçue (protection intellectuelle en cours).

• **GT4 : Capteurs de champ magnétique (Coordinateur : S. Saez)**

1) Optimisation des capteurs GMI, ME et effets non-linéaires (*Collaboration Univ. Montreal-CA, VirginiaTech-USA, DARPA et ONR, Thèses É. Portulier, A. Esper, M.-T. Yang, Post-doc : X. Zhuang*)

Le succès de la mise en œuvre de magnétomètres à haute sensibilité repose sur la prise en compte du magnétomètre dans sa globalité comme système complexe (étude multi-physique, non linéarité et bruit). Nous avons poursuivi l'étude et l'optimisation de capteurs de type GMI (*Giant MagnetoImpedance*), avec des avancées significatives notamment dans la modélisation du bruit à basse fréquence et des fluctuations à long terme, qui ont pu être réduites. Les performances atteintes (mesurées et intrinsèques de  $60 \text{ pT}\cdot\text{h}^{-1}$  ou  $1.8 \text{ nT}\cdot\text{K}^{-1}$ ) sont supérieures à celles des magnétomètres commerciaux fonctionnant à température ambiante les plus performants. Une modélisation des niveaux de bruit en régime de fonctionnement linéaire et non-linéaire des capteurs magneto(élasto)électriques (ME) a été proposée en partenariat avec VirginiaTech, la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) et l'ONR (Office Naval of Research) en continuité des travaux du précédent quinquennat. Des niveaux de bruit exceptionnels pour un magnétomètre utilisé à température ambiante ont été atteints :  $5 \text{ pT}\cdot\text{Hz}^{-1/2}$  à 1 Hz,  $0,2 \text{ pT}\cdot\text{Hz}^{-1/2}$  en zone de bruit blanc,  $< 50 \text{ fT}\cdot\text{Hz}^{-1/2}$  à la résonance. La mesure du champ magnétique continu réalisé par un tel dispositif a également été démontrée.

2) Étude de dispositifs émergents (*Thèse O. Haas*)

Un premier démonstrateur de capteur magnonique a été réalisé. Le lien entre les performances à haute fréquence du dispositif et celles à basse fréquence du capteur (sensibilité) sont établis.

• **GT5 : instruments de détection et d'imagerie à haute sensibilité (Coordinateur : M. Denoual)**

1) Contrôle non-destructif (CND) (*Collaboration Corrodys et US Naval Research Laboratory*)

Des applications portables d'imagerie magnétique utilisant la RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) ont été développées et une étude en lien avec la filière régionale de l'industrie navale (Corrodys) portant sur la sensibilisation des cales d'aluminium a été menée.

2) Détection de champ électrique (*Chauvin Arnoux 2015-17, thèse A. Mbgol Touye*)

Plusieurs applications du CND (biomédical, humanitaire, développement durable ou métrologie) sont visées. Le développement d'un capteur de tension sans contact souple et portatif a été mené lors d'un contrat industriel avec Chauvin Arnoux (protection intellectuelle en cours). Une démarche prospective a été entamée par une thèse sur le développement d'un nouveau de

type de capteur reposant sur la dualité entre grandeurs électriques et magnétiques.

3) Détection chimique (*C2MTM 2016-18, Collaboration LCS, Japon*)

En collaboration avec le laboratoire de catalyse et spectrochimie (LCS) voisin, et pour les dispositifs miniaturisés avec des partenaires japonais, nous avons développé des détecteurs chimiques nouveaux par leur conception ou leur principe de détection et réalisé des démonstrateurs individuels fonctionnels.

4) Capteurs intelligents (*Collaboration NIST-Boulder-USA, Défi instrumentation RadSoDy 2016*)

Un projet s'appuyant sur une technique brevetée par l'équipe (*Bolometer with heat feedback WO/2009/034066*) a concerné le développement de radiomètres solaires intelligents à large dynamique avec des fonctions de contrôle et de diagnostic en lien avec le NIST (*National Institute of Standards and Technology*) aux USA.

5) Instrumentation pour les nanosciences (*Délégations Japon 2016-17, 2017-18, Actions INS2I 2015, 2016*)

Des résultats concernant le développement d'une technologie nouvelle combinant microsystèmes et microscopie électronique en transmission pour la réalisation d'instrumentation in-situ a été réalisée au LIMMS/CNRS-IIS (UMI2820) au Japon grâce à la délégation CNRS de 2 ans d'un membre du GT5. Des recherches de financement sont en cours afin de développer cette activité au GREYC.

#### D) Vie de l'équipe

Des réunions d'équipe ont été organisées régulièrement (environ 7 à 10 par an) afin de gérer le fonctionnement administratif et financier de l'équipe (budget, conférences, sujets de thèse, organisation, etc). Des séminaires internes ou externes ont participé à l'animation scientifique entre les 5 GT (environ 9 à 10 par an). Les transparents sont disponibles dans le cloud-commun de l'équipe. Deux réunions par an permettant de présenter un bilan par GT ont été organisées en juin, et en décembre. Divers événements de cohésion ont eu lieu chaque année (galettes, repas de fin d'année, repas après thèse), et un café commun est organisé chaque matin à 10h.

L'équipe a bénéficié de nouveaux bâtiments à l'ENSICAEN en janvier 2016 et durant l'année 2018, à Cherbourg. Ces nouveaux locaux ont apporté de meilleures conditions de travail à la fois en salles de manips et dans les bureaux, mais les déménagements ont ralenti nos activités fortement expérimentales lors des phases de déménagements et réinstallations.

#### E) Prise en compte des recommandations HCERES 2010-2015

- "*Augmenter les interactions entre les 2 ex-thématiques*" : L'organisation en 5 GT a permis d'augmenter les interactions entre les deux précédents thèmes, grâce à la constitution de petits groupes plus opérationnels. Des interactions ont eu lieu grâce à l'appartenance de la plupart des membres à plusieurs GT.

- "*Pour le travail en salle blanche, ... recruter du personnel technique permanent*" : Après plusieurs contrats CDD financés par le CNRS de janvier 2016 à novembre 2019, occupés par 2 personnes différentes, un ingénieur d'étude CNRS a été recruté au 1er décembre 2019. Ce recrutement a un effet très positif sur les activités liées à la salle blanche tant sur la partie technique qu'organisationnelle.

- "*l'équipe Electronique a du mal à trouver sa place dans ... NormaSTIC*" : L'équipe Electronique n'a pas participé à NormaSTIC, principalement en raison de l'éloignement des thématiques traités par les laboratoires STIC rouennais et havrais (systèmes embarqués). Elle a créé de nouvelles interactions avec un laboratoire de Rouen hors NormaSTIC (GPM) grâce au projet PLACENANO, et un projet RIN tremplin a été déposé en 2020 avec l'IRSEEM partenaire de NormaSTIC. Des discussions sont également entamées afin de repérer des sujets de collaboration possibles.

- "... l'équipe doit essayer d'augmenter [le recrutement de doctorants]; ... essayer de développer les collaborations internes avec les autres équipes du laboratoire. " : Ces points restent difficiles. Des demandes de cofinancement de bourses de thèses ainsi que des projets ANR incluant des thèses, ont été déposées, mais sans succès. Par contre, nous avons accueilli plus d'ingénieurs en CDD et de post-doctorants, ce qui a permis de compenser partiellement le manque de doctorants. Nous avons concentré nos efforts sur la soumission de projets hors du GREYC, et hormis une collaboration avec HULTECH, peu avec les autres équipes du GREYC. L'équipe Electronique est cependant parfaitement intégrée au laboratoire.

- "... continuer de maintenir son excellent niveau scientifique, tout en développant ses collaborations et son activité contractuelle." : Comme indiqué dans le paragraphe suivant, le niveau de publications en nombre et qualité a été maintenu. Plusieurs contrats régionaux, industriels et notamment un projet européen du programme H2020 FET OPEN (ByAxon, 2017-20), ont été obtenus.

### 2.7.2 Produits et activités de la recherche

Les travaux ont mené à une très bonne production scientifique, avec 76 RI soit 1,5 RI/ETPR/an sur 2015-20 (à comparer à 1,4 RI/ETPR/an sur 2010-15) et 84 CI soit 1.6 CI/ETPR/an (à comparer à 2,1 CI/ETPR/an sur 2010-15). Concernant les RI, nous comptons 38 Q1 (42 sur 2010-15), et 25 Q2 (19 sur 2010-15). Le nombre et la qualité restent donc globalement stables par rapport à la période précédente.

#### A) Rayonnement et attractivité académiques

Plusieurs collaborations nationales et internationales existantes ont été confortées, notamment avec les Universités de Virginia Tech (USA), Cornell (USA), Montréal (CA), IMEC (BE), IMDEA (ES) et de nouvelles sont apparues. Certaines sont concrétisées par des contrats. Des membres de l'équipe ont participé à différents projets de recherche (ANR LHOM 2014-17, FET OPEN H2020 2017-20, contrat ONRG 2013-16, RIN recherche EVOLPELIICAEN 2017-20 et PLACENANO 2018-21). On peut ainsi noter un grand nombre de RI impliquant d'autres laboratoires français (17) ou internationaux (48). Un membre de l'équipe a également passé 2 ans (2016-18) en délégation au Japon dans le laboratoire LIMMS.

Outre la participation régulière à jurys de thèses (18) et HDR (2) nationales et internationales, à la relecture d'articles, à l'évaluation de projets de recherche (14), d'unité dans un comité HCERES (1), plusieurs membres de l'équipe ont fait partie de comités de programmes de 15 conférences internationales et 2 nationales, et ont présenté 8 conférences invitées internationales et 2 nationales.

L'équipe a également co-organisé 5 conférences nationales ou internationales, et est membre de plusieurs GDR (Ondes, Meeticc, Pulse), du bureau du GDR Oxyfun et du réseau européen COST TO-BE (2014-18). Nous avons également accueilli 2 professeurs invités. 3 projets ont été acceptés dans les programmes européens NFFA et SOLEIL, permettant respectivement des expériences au synchrotron Elettra à Trieste en Italie et Soleil à Saclay.

#### B) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Les interactions avec l'environnement économique ont été variées, avec 1 contrat CIFRE, 2 contrats industriels de type recherche et 10 de type prestation. Un laboratoire commun avec la société Murata est en cours de montage, incluant 3 laboratoires de l'ENSICAEN GREYC, CRISMAT et CIMAP. Nous avons également participé à plusieurs réseaux locaux, tels que NAE (Filière d'excellence en Normandie sur l'aéronautique, le spatial, la défense et la sécurité), Hippolia (« pôle de compétitivité »), AD Normandie.

Les activités de médiation scientifique ont été nombreuses grâce à la délégation de 2 ans d'un membre de l'équipe au sein du Dôme, centre de culture scientifique de Normandie, et à

l'implication des membres de l'équipe à diverses manifestations : fête de la sciences, Pint'of Science, conférences grand public, accueil de collégiens, lycéens et stagiaires 3èmes, interventions dans des collèges et lycées, et enfin le projet CAPTIL, lauréat du prix "musée Schlumberger" du concours têtes chercheuses organisés par Relais d'Sciences. Nous estimons avoir touché directement 8000 personnes par nos actions de médiations scientifiques sur la période.

### C) Implication dans la formation par la recherche

10 thèses ont été soutenues, dont 2 préparées à l'extérieur (LAC-Laboratoire d'Automatique de Caen, et CEA Saclay). La durée moyenne des thèses a été de 38 mois et 38 RI (sur un total de 76 dans l'équipe) impliquent des doctorants. Nous avons par ailleurs encadré 5 stages de M2 et une HDR a été soutenue sur la période, portant à 10 le nombre d'HDR dans l'équipe. Le master EEEA n'a pas ouvert durant la période.

| Publications                | Nombre (Q1+Q2) |
|-----------------------------|----------------|
| Revue Internationale        | 76 (63)        |
| Conférences Internationales | 79             |
| Conférences Nationales      | 6              |
| Chapitres d'ouvrage         | 3              |
| Directions d'ouvrages       | 1              |
| Thèses                      | 10             |
| HDR                         | 1              |
| Brevets et logiciels        | 3+5            |

|   | Nombre |
|---|--------|
| Conférences invitées                    | 10     |
| Comité de rédaction et éditeurs invités | 6      |
| Comité de pilotage de conférences       | 6      |
| Comité de programme de conférences      | 15     |
| Organisation de conférences, d'ateliers | 6      |
| Évaluation et expertise                 | 14     |
| Jurys thèse et HDR hors équipe          | 18 + 2 |

| Contrats et projets                | Nombre | Montant total       |
|------------------------------------|--------|---------------------|
| Récurrent via GREYC                | 5      | 135 258 € (5,4%)    |
| Contrats industriels recherche     | 2      | 80 000 € (3,1%)     |
| Contrats industriels prestation    | 10     | 60 971 € (2,4%)     |
| Contrats de médiation scientifique | 13     | 6754 € (0,3%)       |
| Contrats régionaux                 | 3      | 601 914 € (24,0%)   |
| Projets ANR                        | 1      | 146 962 € (5,8%)    |
| Projets nationaux (autres)         | 7      | 88 000 € (3,5%)     |
| Projets Européens                  | 3      | 1 247 840 € (49,5%) |
| Projets internationaux             | 1      | 150 000 € (6,0%)    |
| Total                              |        | 2 520 699 €         |



## 3. Stratégie et perspectives scientifiques

### 3.1 Unité de recherche

Le Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation de Caen (GREYC), tout comme son contexte, a beaucoup évolué au cours du dernier quinquennat. La laboratoire a cherché à préserver et à développer sa dynamique interne tout en maintenant une cohérence scientifique entre les thèmes de recherche de ses équipes, à conforter une meilleure qualité de vie au travail, à mieux capitaliser le savoir-faire des membres du laboratoire et favoriser l'émergence de nouveaux projets de recherche impliquant notamment plusieurs équipes. Il nous paraît important, à l'aube de ce nouveau quinquennat, d'analyser son positionnement afin d'en dégager une stratégie et des perspectives. Nous commençons par présenter une analyse SWOT<sup>1</sup> à partir de laquelle nous positionnons notre projet en termes de structuration, animation et gouvernance. Ce projet est porté par la future direction du laboratoire, qui sera composée d'un directeur (Christophe Rosenberger), de deux directeurs-adjoints (Gaël Dias et Olivier Lézoray) et d'une responsable administrative (Arielle Perrette).

#### 3.1.1 Auto-évaluation

Il est à noter que cette auto-évaluation a bénéficié des résultats d'un questionnaire destiné à tous les membres du GREYC en mars 2019 pour identifier le ressenti des membres du laboratoire.

##### Forces

1. Recherches fondamentales et appliquées sur les problématiques des STIC autour de l'information et des systèmes ; composante pluridisciplinaire avec des actions interdisciplinaires dans le domaine des SHS, des interactions de l'informatique avec les mathématiques, avec l'EEA ou la santé, lui permettant de se positionner sur des thématiques prioritaires nationales ou européennes comme le développement durable, l'intelligence artificielle, la transformation numérique, la cybersécurité, etc.
2. Rôle structurant : seule unité mixte de recherche CNRS en STIC de Normandie, la qualité de ses travaux en fait un acteur majeur de la recherche en Normandie ; en bonne synergie

---

1. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats

avec le LITIS<sup>2</sup> au sein de la fédération NormaSTIC<sup>3</sup> (FR CNRS 3638) et de l'Ecole Doctorale Math/Stic (ED MIIS) ; forte implication du laboratoire dans le pôle stratégique de formation et de recherche Normand "Sciences du numérique" (SN) de Normandie Université ; interactions nombreuses avec les pôles de compétitivité (TES, Moveo . . .) et les structures locales (Agence de Développement pour la Normandie, Pôle Normandie AéroSpace . . .).

3. Rayonnement scientifique : très bonne production scientifique, tant sur les aspects fondamentaux que sur les aspects appliqués ; visibilité scientifique internationale d'un bon nombre de ses membres ; ses équipes jouent un rôle important dans le paysage scientifique français ; forte implication dans les réseaux d'animation de la recherche (GDR, AFIA, AFRIF, . . .) ; un de nos enseignants-chercheurs a été membre de l'IUF ; laboratoire très actif dans l'organisation de colloques, conférences et d'écoles d'été internationales majeures des domaines concernés ; excellente implication dans la diffusion de la culture scientifique auprès du grand public.
4. Implication dans les instances de recherche nationales : responsabilité au sein de l'institut INS2I du CNRS, comités d'évaluation ANR, comités d'évaluation HCERES, CNU, alliance ALLISTENE . . .
5. Excellente activité contractuelle et de valorisation industrielle : grand nombre de contrats de collaboration scientifique, forte présence de doctorants CIFRE (26 sur le quinquennat), de nombreuses start-up incubées (3ème laboratoire au CNRS), projets ANR avec présence d'industriels . . .
6. Forte implication dans les formations en informatique et électronique avec des retombées positives sur la recherche : présence de stagiaires de M2, vivier de doctorants sur nos thématiques.
7. Structuration régionale : la COMUE, la Fédération Normastic, l'école doctorale MIIS, le partenariat avec les pôles de compétitivité en région et le soutien important des collectivités (Région, agglomérations...) constituent des atouts importants pour l'avenir. Notre politique scientifique commune et volontariste entre les unités de recherche en science du numérique renforce notre visibilité nationale et nous permet de candidater à des appels PIA d'ampleur (comme l'EUR).

#### Points à améliorer

1. Mise en réseau, pérennisation de partenariats régionaux, nationaux ou internationaux : si les collaborations nationales sont riches et nombreuses (principalement à l'occasion de projets collaboratifs), elles doivent être consolidées et rendues plus pérennes ; les partenariats internationaux sont globalement à renforcer ; la participation à des sociétés savantes (IEEE, IAPR, etc.) doit être accrue.
2. Diversification des sources de financement : les partenariats industriels peuvent encore être renforcés ; la participation à des contrats européens est encore faible au regard de la qualité des recherches que nous conduisons. Il est nécessaire de mieux informer les membres du laboratoire sur les différents dispositifs de financement.
3. Politique scientifique sur des sujets transverses et sociétaux (les sciences humaines et sociales, la santé, etc.) : elle est à coordonner au niveau du laboratoire et doit dépasser le niveau des personnes ou des équipes.
4. Soutien individuel aux personnes (accueil des nouveaux entrants, suivi des carrières, déroulement des thèses et insertion professionnelle des doctorants) : il peut être amélioré en lien avec l'école doctorale MIIS ; l'incitation à la préparation d'une HDR et à la prise

2. Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes (LITIS - EA 4108), unité de recherche dans le domaine des sciences et technologies de l'information à Rouen

3. <http://www.normastic.fr/>

d'autonomie scientifique doivent être poursuivies. Malgré des progrès importants récents, un meilleur accompagnement des personnes en difficulté est encore nécessaire.

5. Développement d'applications logicielles : le laboratoire a créé en 2014 le service de développement et déploiement d'applications (DDA) pour procéder à la conception de plateformes logicielles du laboratoire. Ce service est composé principalement de 2 ingénieurs à temps plein et fournit un service appréciable aux chercheurs. Néanmoins, ce service reste sous-doté, il est nécessaire de le renforcer (en intégrant par exemple les ingénieurs contractuels recrutés pour du développement logiciel au sein du laboratoire).
6. Politique de communication : elle doit être renforcée en impliquant nos tutelles et les membres du laboratoire (en interactions avec les correspondants communication des équipes).

#### **Opportunités liées au contexte**

1. Politiques nationales et contacts à l'international : la mise en réseaux de nos travaux, en particulier avec les plus importants centres de recherche sur nos thématiques est une bonne opportunité pour développer notre activité. Notre production scientifique de qualité doit nous permettre d'accroître cette mise en réseau.
2. Potentiel intrinsèque à l'unité de recherche : notre unité contient des chercheurs de renommée internationale, des membres occupant des responsabilités nationales variées, des membres experts en montage de projets, etc. ; l'expertise présente dans notre unité doit permettre, par une meilleure mutualisation de nos compétences, de faire globalement progresser notre structure sur l'ensemble de ces points.
3. Présence de formations en lien avec la recherche : les besoins en enseignement d'informatique et électronique devraient favoriser des recrutements sur les thématiques du laboratoire.

#### **Risques liés au contexte**

1. La surcharge d'enseignement à l'UNICAEN : Les enseignants-chercheurs du laboratoire sont surchargés au sein de l'Université de Caen Normandie notamment à l'UFR des Sciences. En effet, l'accroissement du nombre d'étudiants (de 300 en 2006 à 700 en 2019) s'est accompagnée d'une baisse d'effectifs du personnel enseignant (de 30 à 20). Les conditions de travail en pédagogie ont un impact important sur la disponibilité en recherche (ayant comme incidence parfois la démission de collègues, y compris de rang A). L'obtention d'un recrutement chaque année ne suffit pas à résoudre ce problème.
2. Financement de la recherche : la baisse des dotations de l'ANR, la difficulté d'accès des fonds Européens font planer des risques sur la dynamique et le financement de nos recherches dans les prochaines années ; la difficulté des jeunes docteurs à trouver des postes de chercheur ou enseignant-chercheur fait hésiter les nouvelles générations à s'engager dans des études longues, telles les thèses ; la recherche de contrats de collaboration peut nuire aux projets de recherche structurants des équipes et leur faire perdre leur identité.
3. Complexité administrative liée à la multiplication des tutelles : Les trois tutelles du GREYC ont tous des systèmes d'information différents ce qui induit des procédures administratives complexes pour les membres du laboratoire (y compris en fonction de la tutelle de gestion des contrats et d'appartenance).
4. Politique nationale visant à renforcer les pôles de recherche à vocation mondiale : le maintien d'une recherche de haut niveau en STIC en Normandie peut être remis en question par la politique actuelle d'aménagement du territoire ; les échecs des projets d'I-SITE<sup>4</sup> et du projet EUR<sup>5</sup> confortent ce risque. Ceci a également des conséquences

---

4. Initiatives d'excellence (IDEX) : Initiatives-Science – Innovation – Territoires – Économie

5. École Universitaire de Recherche

d'attractivité pour le recrutement de chercheurs et enseignants-chercheurs.

Bien que l'organisation interne de notre unité de recherche (centrée autour des équipes de recherche, services communs, comité de direction et conseil de laboratoire) soit fonctionnelle et l'ambiance de travail sereine, notre auto-évaluation laisse apparaître des points à conforter. Il est à noter que certaines actions mentionnées par la suite ont été mises en place par la nouvelle équipe de direction à partir de janvier 2019, ces propositions s'inscrivent dans cette continuité.

### 3.1.2 Gouvernance

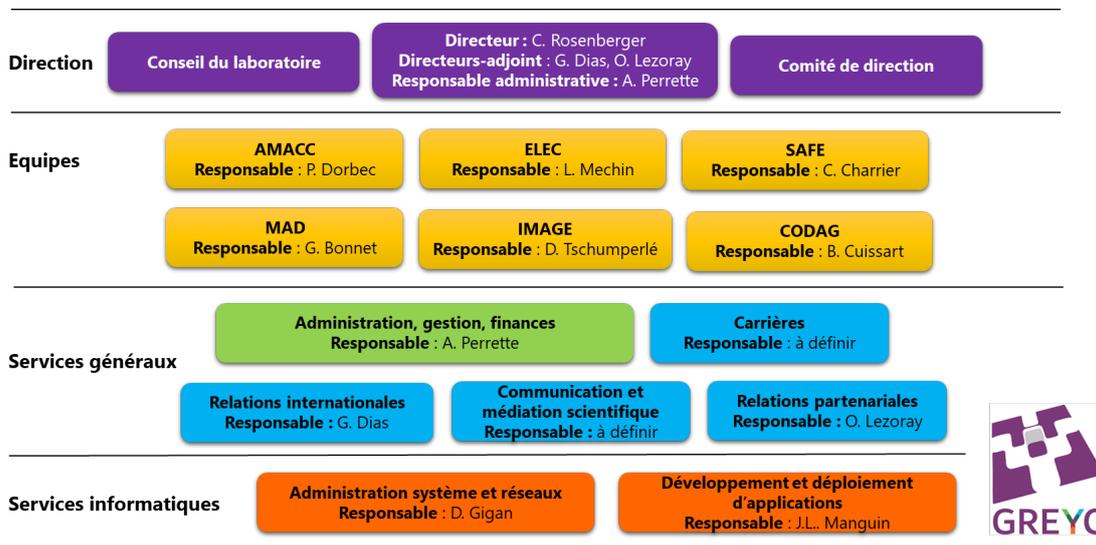


Figure 3.1 – Organisation cible du laboratoire pour le prochain quinquennat.

Nous donnons l'organigramme cible pour le prochain quinquennat dans la figure 3.1. Nous détaillons ici les évolutions de gouvernance :

1. Dissolution de l'équipe HULTECH : Au terme d'un long processus de concertation avec les membres de l'équipe HULTECH, celle-ci sera dissoute dans le prochain quinquennat. Des problèmes de gouvernance et des difficultés de collaboration interne sont principalement à l'origine de cette décision. Les membres de l'équipe HULTECH ont rejoint d'autres équipes du GREYC en assurant la cohérence scientifique de leurs projets. La direction du GREYC veillera à ce que la compétence reconnue sur le traitement automatique de la langue au sein laboratoire puisse subsister malgré tout.
2. Nomination de chargés de mission pour seconder la direction du laboratoire sur des tâches transversales conséquentes : 1) Carrières (accompagnement des membres du laboratoire dans leur carrière), 2) Relations partenariales (réfèrent valorisation en interne et externe), 3) Communication et médiation scientifique (organisation des événements et réfèrent communication interne/externe) et 4) Relations internationales (mutualisation de nos partenariats). Les trois premiers chargés de mission ont été nommés en janvier 2019, le quatrième n'existe pas encore. Les chargés de mission participent régulièrement à un bureau de direction élargi pour faire avancer les dossiers. Dans le prochain quinquennat, chaque directeur adjoint prendra en charge une de ces missions.
3. Montée en puissance du service *Développement et Déploiement d'Applications* : créé en 2014 grâce à l'affectation d'un ingénieur d'étude par le CNRS, nous renforcerons son rôle dans la mise en place d'un socle organisationnel commun aux plateformes et l'associerons plus fortement aux démarches de valorisation. La participation des ingénieurs CDD sur

projets permettra l'enrichissement des logiciels et outils mutualisés. Il n'est pas exclu, si des enseignant-chercheurs ou chercheurs le souhaitent, qu'ils puissent participer à ce service soit pour apporter une expertise technique sur un sujet précis (deep learning par exemple) soit pour s'impliquer autrement dans le laboratoire. Nous souhaitons que ce service puisse décharger les chercheurs de leurs travaux de développement logiciel en accueillant et en pilotant les ingénieurs CDD recrutés sur des contrats et projets.

4. Depuis janvier 2019, le budget du laboratoire comprend une enveloppe (sur la dotation du laboratoire) pour des demandes exceptionnelles examinées en comité de direction (stage M2, équipement ...). Nous proposons désormais de ponctionner les projets et contrats pour lesquels cela est possible d'un pourcentage forfaitaire à définir (après prélèvement des frais de gestion des tutelles). Cette somme nous permettra de mener une politique scientifique visant à augmenter le potentiel de recherche du laboratoire (co-financement de thèse Région, co-financement d'un ingénieur pour le service DDA, ...).
5. Renforcement du système d'information interne : nous mettrons en place un dispositif plus dynamique et interactif permettant aux membres du GREYC d'accéder rapidement à une synthèse des informations internes (lettre interne, documents de communication, compte rendu du comité de direction et conseil du laboratoire, exemples de dossiers de promotion ...). Une première version de ce système d'information a été mis en place en janvier 2020 en utilisant le service cloud de l'UNICAEN.
6. Mutualisation des compétences : La gestion d'un laboratoire de la taille du GREYC nécessite une délégation de plusieurs missions pour son bon fonctionnement. Ces tâches transversales peuvent permettre à des membres de s'épanouir au profit de la communauté et aussi renforcer le sentiment d'appartenance au GREYC. Nous donnons en annexe la liste des responsabilités assurées par les membres du laboratoire (voir annexes F), nous jugeons cette implication comme remarquable. Certains référents (soutenabilité, parité, relais informatique et liberté, qualité de vie au travail...) ont été récemment nommés, il est nécessaire de mettre en route les actions opérationnelles sur ces sujets.
7. Soutien des sites délocalisés du laboratoire : la direction du GREYC veillera à soutenir les collègues menant leurs activités de recherche depuis des sites distants (politique emploi, discussions avec les collectivités locales...).

### 3.1.3 Politique scientifique

#### Accompagnement de la stratégie des équipes

La direction rencontrera désormais annuellement chaque équipe (les membres permanents en priorité) afin d'appréhender leurs difficultés et besoins. La politique de publication en priorité dans des revues (Q1/Q2 au JCR) et conférences (A\*/A/B au CORE) sera maintenue dans le prochain quinquennat. Nous avons développé un outil de visualisation des publications sur HAL d'un membre ou d'une équipe avec l'estimation des indicateurs de qualité. Le suivi par le responsable d'équipe et la direction du laboratoire sera réalisé de façon régulière. Une réflexion interne sur les périmètres scientifiques des équipes a conduit au maintien du périmètre actuel de 6 des 7 équipes : AMACC, CODAG, MAD, Image, SAFE (nouveau nom de MONEBIOM) et ELEC. L'équipe HULTECH a été dissoute après un long processus, les membres ont intégré d'autres équipes du GREYC. Le laboratoire accompagnera l'ensemble de ses équipes durant le prochain quinquennat, et se focalisera particulièrement sur les points suivants :

- AmacC : équipe de référence en algorithmique et complexité, possédant grâce à ses résultats scientifiques une très bonne visibilité nationale, souvent internationale ; l'équipe possède également une excellente insertion dans la communauté nationale ; AmacC a été renforcée dans ce quinquennat par un PR afin de maintenir les capacités d'encadrement de l'équipe, et d'autre part par un MCF. Il est à noter qu'un poste de PR est prévu au recrute-

ment pour septembre 2020 dans cette équipe. Le GREYC va accompagner cette équipe dans : 1) la mise en place d'une stratégie en vue d'augmenter son nombre de doctorants, 2) la poursuite d'une politique de production scientifique de qualité, 3) la pérennisation de son groupe de travail dans le but de dynamiser et renforcer les collaborations internes, 4) l'accroissement de sa collaboration avec les autres équipes du GREYC (co-direction de CIFRE par exemple).

- MAD : équipe dont les thématiques de recherche, allant des applications vers les modèles formels et leur traitement algorithmique, lui permettent de nombreuses collaborations tant académiques qu'industrielles ; production scientifique dans les conférences internationales du meilleur niveau, forte attractivité et visibilité, tant sur le plan national qu'international ; MAD possède également une vie et culture d'équipe très développées ; le GREYC doit encourager l'équipe dans sa volonté de 1) poursuivre sa production scientifique dans des revues internationales et 2) dans sa politique de valorisation des logiciels.
- ELEC : l'équipe a une très bonne production scientifique, une bonne reconnaissance internationale sur plusieurs thématiques et une activité partenariale conséquente, notamment à l'international. Le GREYC l'accompagnera dans 1) l'accroissement de son vivier de doctorants (par la mise en place d'un diplôme de Master actif sur la thématique générale de l'instrumentation), 2) la diversification du financement des doctorants (CIFRE par exemple) et 3) dans le renforcement de son insertion nationale notamment au sein de l'INSIS et en interaction avec d'autres instituts du CNRS (INC et INP).
- CODAG : Le positionnement scientifique de cette équipe est basée sur les interactions entre ses thèmes, ce choix s'est avéré pertinent ; sa production scientifique s'appuie sur des publications dans des conférences et des revues internationales de très grande qualité ; l'équipe CODAG va être renforcée en 2020 par un nouveau MCF au recrutement et l'accueil de 3 MCF de l'ancienne équipe HulTech. Le GREYC doit l'accompagner dans la réalisation de sa politique, qui comprend en particulier : 1) la mise en place d'une stratégie en vue d'augmenter son nombre de doctorants (le recrutement de doctorants "CIFRE" semble possible compte tenu du positionnement scientifique de l'équipe), 2) la stabilisation des activités compte tenu de l'augmentation importante et récente de ses membres et 3) la mise en place de nouvelles collaborations avec les autres équipes.
- Image : équipe ayant une production scientifique excellente (en qualité et quantité), une très bonne reconnaissance nationale et internationale sur plusieurs thématiques et une forte capacité à attirer d'excellents candidats extérieurs ; elle a une très bonne activité contractuelle, une forte implication dans la diffusion de la culture et dans le développement logiciel. Nous soutiendrons cette équipe 1) dans le renforcement de sa culture d'équipe, 2) dans le renforcement de son implication dans des programmes européens et 3) dans sa capacité à impliquer tous ses membres dans les activités de recherche.
- SAFE (Sécurité, Architecture, Forensique, biomÉtrie) nouveau nom de l'équipe Monétique & Biométrie : équipe dynamique (effectif, production scientifique, relations partenariales, reconnaissance internationale) ; le recrutement d'un professeur en 2020 permettra de renforcer la compétence en sécurité informatique de l'équipe. Un des défis sera de stabiliser et de travailler avec les deux anciens membres de HULTECH sur le thème de l'analyse forensique. Nous accompagnerons cette équipe dans la réalisation de ses objectifs : 1) la poursuite de son effort dans l'amélioration de la qualité de sa production scientifique, 2) l'évolution de ses thèmes de recherche avec l'intégration des membres récents et 3) le renforcement de ses collaborations avec les autres équipes du GREYC.

Durant le prochain quinquennat, le nombre potentiel de départs en retraite est important, et devrait se situer entre 4 à 8 MCF, 5 à 6 PR et 3 à 4 ITA/BIATSS. Compte tenu des incertitudes sur les dates de ces départs en retraite (qui pour la plupart sont relativement éloignés), les incertitudes

liées à des départs pour promotions externes et des incertitudes quant aux politiques d'emploi des établissements, il ne nous semble pas raisonnable, au moment où nous écrivons ces lignes, d'établir une politique d'emploi précise. Il est tout de même possible de définir une priorité sur plusieurs postes (prenant en compte le soutien d'équipes ou services fragilisés ; les recrutements effectués dans le quinquennat passé, les départs connus dans le prochain quinquennat) : 1 MCF dans l'équipe MAD , 1 MCF dans l'équipe SAFE, 1 MCF et 1 PR dans l'équipe ELEC, 1 PR dans l'équipe CODAG, 1 AI dans le service ASR, 1 TECH dans le service gestion et 1 IGE dans le service DDA. Cette politique sera affinée au cours du temps. Concernant la politique de recrutement des EC, nous privilégierons d'une manière générale les candidatures extérieures au laboratoire tout en veillant toutefois à proposer des opportunités de promotion à des MCF aux excellentes recherches. Nous continuerons également à développer l'attractivité du laboratoire sur le concours CNRS pour attirer d'excellents candidats.

### Animation

Le laboratoire GREYC mène des activités de recherches fondamentales, méthodologiques et appliquées sur des problématiques autour de l'informatique et l'électronique. Il est souhaitable que ses membres partagent une culture et des valeurs communes, ce qui est un défi pour un laboratoire comptant 160 membres. Afin de favoriser le développement de cette identité, nous proposons plusieurs actions :

1. Les séminaires scientifiques (algo, cryptologie & sécurité informatique, image, instrumentation) seront maintenus. Ils permettent à la fois d'inviter des chercheurs externes sur les thématiques du GREYC et de rassembler les membres du laboratoire à des dates régulières pour des échanges scientifiques.
2. Création d'un colloquium du laboratoire : L'idée est de proposer 2 à 3 conférences chaque année avec un intervenant de renom pour à la fois sensibiliser tous les membres du laboratoire à une thématique de recherche du GREYC et diffuser l'intérêt de la recherche en science du numérique pour le grand public (laboratoires d'autres disciplines, collectivités, tutelles).
3. Création de groupes de recherche transversale : Les sciences du numérique trouvent des applications très transversales sur différents enjeux sociétaux. En juillet 2019, deux groupes de recherche transversale ont été créés afin de faciliter les échanges interdisciplinaires au sein du site Normand. Le premier (GRT SN/SHS) concerne l'interaction entre les sciences du numérique et les sciences humaines et sociales (patrimoine, handicap, humanités numériques ...). Le GREYC collabore depuis plusieurs années avec la MRS<sup>6</sup> de l'UNICAEN dans le cadre du projet CPER NUMNIE sur la problématique générale de l'édition numérique. Le second concerne les interactions nombreuses entre les sciences du numérique et la santé. Le GREYC travaille depuis plusieurs années sur des problématiques en lien avec la santé (imagerie médicale, instrumentation pour la santé, protection des données patient, ...). L'objectif de ces groupes transverses est d'organiser un ou deux événements thématiques permettant la présentation de savoir-faire/enjeux scientifiques et la rencontre de chercheurs des différentes disciplines pour susciter des collaborations plus fortes.
4. Le niveau d'information sur certains sujets (comment monter une thèse CIFRE ? ou comment rédiger mon dossier de promotion ?) est très hétérogène au sein du laboratoire. Nous avons créé en janvier 2019 un événement pragmatique appelé "café info" d'une durée d'une heure (présentation sur un sujet pendant 20 minutes et des réponses aux questions avec un café) pour favoriser le retour d'expérience. Depuis 2019, plusieurs ont été organisés (parité, deep tech par la BPI, la thèse CIFRE ...), nous envisageons de

---

6. Maison de la Recherche en Sciences Humaines

poursuivre ce type d'animation sur les sujets d'intérêt des membres du laboratoire.

### 3.1.4 Ressources humaines

Nous avons mis en avant dans notre bilan la difficulté de certains membres à retrouver une forte dynamique de recherche et la difficulté que rencontrent nos ITA et BIATSS à accéder à des promotions. La bonne insertion de nos doctorants est également une de nos préoccupations. Au vu du constat indiqué précédemment, la direction du GREYC a décidé en mars 2019 de mettre en place une politique de soutien aux membres du laboratoire dans le cadre de la gestion de leur carrière (en interaction avec les services RH de nos tutelles). Votée et validée en juillet 2019 par le conseil du laboratoire, cette politique générale sera poursuivie au cours du prochain quinquennat et comporte cinq points :

1. *Nomination d'un référent du laboratoire pour des besoins de médiation et d'aide à la carrière.* L'application de la politique de soutien est réalisée par un chargé de mission nommé par la direction du laboratoire. Outre la mise en œuvre des points suivants, ce chargé de mission joue également le rôle de médiateur en cas de difficulté entre un collègue et d'autres, son responsable d'équipe et/ou la direction du laboratoire.
2. *Politique d'aide aux promotions des chercheurs et enseignants-chercheurs.* Il s'agit de mettre en place des dispositifs d'aide à la préparation des dossiers de candidature à des qualifications, HDR, PEDR ou promotions. Un premier dispositif est une base d'exemples de dossiers "à succès" qui a été constituée avec l'aide d'enseignants-chercheurs et chercheurs volontaires (23 dossiers au 15 février 2020). Ce dispositif est apprécié des collègues : depuis sa mise en place, il y a eu 6 demandes de consultation. Nous incitons les collègues ayant bénéficié de ce service, à partager leurs dossiers en cas de succès. Un second dispositif est un comité de relecture constitué de collègues volontaires ; toutefois, ce type de dispositif n'a pas encore été utilisé.
3. *Politique d'aide aux chercheurs et enseignants-chercheurs en difficulté.* Dans le cadre de cette politique, les situations sont à discuter au cas par cas (santé, isolement, etc.), il ressort – suite à des rencontres avec des collègues en difficulté (20 collègues au 15 février 2020) – qu'il y a un important défaut d'encadrement en stages de recherche chez les collègues les plus en difficulté. D'une manière générale, nous nous proposons alors de mettre systématiquement en place un dispositif d'aide adapté à la réalisation d'un projet de recherche : aide à la rédaction d'une demande de CRCT ou CPP (congé pour projet pédagogique), financement d'un stage de master, inscription dans une conférence ou une école thématique. Ce dispositif, coordonné par le chargé de mission, comprend un suivi régulier (fréquence mensuelle) du collègue en difficulté. Bien entendu, l'implication du responsable d'équipe l'équipe du collègue en question est très importante dans ce processus afin de veiller à l'implication et la participation à la vie scientifique de l'équipe. À ce jour, 1 membre du GREYC bénéficie de ce dispositif.
4. *Politique d'aide aux carrières ITA et BIATSS.* Comme dans le cas des enseignants-chercheurs, une aide à la rédaction de dossier de promotion des ITA et BIATSS a été mise en place. Ce dispositif fonctionne au cas par cas après rencontre avec des conseils à la rédaction, des relectures et des propositions pour améliorer les dossiers. Depuis sa mise en place, 2 personnes ont utilisé ce dispositif au 15 février 2020. Il a été également proposé d'organiser des oraux d'entraînement pour les collègues en faisant la demande. Jusqu'à présent, ce dernier dispositif n'a pas été utilisé.
5. *Politique de transparence vis-à-vis des carrières ITA CNRS.* Suite aux rencontres avec les membres ITA CNRS du GREYC, il a été décidé sur la base de leur retour d'améliorer la transparence des décisions de la direction relatives à leur carrière. Ainsi, les classements et propositions à la promotion sont désormais affichés publiquement après l'ensemble

des entretiens. De même, la politique de distribution du CIA (complément indemnitaire annuel) est rendue plus transparente en affichant la prime la plus basse, la plus haute et la somme totale des primes attribuées. Enfin, chaque personne est informée individuellement du montant du CIA attribué par la direction.

### 3.1.5 Formations par la recherche

Comme nous l'avons montré dans le bilan, l'offre de formation dans l'environnement du GREYC est riche : filière Mécatronique de l'ESIX, Master Informatique (Décision et Optimisation ; Réseaux et Sécurité des Systèmes Informatiques ; Image et données multimédia ; Internet, données et connaissance), Majeures de l'ENSICAEN (Instrumentation avancée ; Image, Son & Intelligence Artificielle ; e-Paiement & Cybersecrurité). Il est à noter qu'il n'existe plus de Master en instrumentation depuis 2017, ceci est un problème majeur pour l'équipe Électronique. Il faut que nous soyons vigilants à maintenir une cohérence entre l'offre de formation et la recherche que nous conduisons au GREYC. Il faut que nous veillions également au maintien d'une bonne compréhension mutuelle entre les enseignants de l'ENSICAEN de ceux de l'UNICAEN (les fonctionnements des deux établissements sont très différents). Enfin, la difficulté à recruter de bons étudiants en thèse doit certainement être prise en compte. Nous aurons quatre actions prioritaires dans ce domaine :

1. Veiller à créer un Master sur la thématique de l'instrumentation en collaboration avec l'ENSICAEN, l'ESIX et l'UNICAEN pour constituer un vivier de recrutement en thèse pour l'équipe Électronique ;
2. Renforcer les liens entre enseignement (master/formations doctorales) et recherche, lors de l'élaboration des maquettes. Le GREYC s'engagera à participer aux portes ouvertes des composantes afin de démontrer l'adossement à la recherche des formations.
3. Améliorer les relations entre ENSICAEN et UNICAEN en veillant à la mise en place d'échanges de services, conduisant à une meilleure compréhension mutuelle des structures.
4. Mise en place d'une politique incitative dans le développement de partenariats avec des formations étrangères, participation à des enseignements dans des universités disposant de bons viviers d'étudiants.

### 3.1.6 Politique régionale

Le GREYC est une unité bien insérée dans l'écosystème régionale au sein du pôle stratégique de formation et recherche "Sciences du numérique" de Normandie Université (voir section 1.2.1). Les collaborations avec les laboratoires de ce pôle sont nombreuses et complémentaires notamment dans le cadre de projets soutenus par la Région Normandie ou l'ANR. L'école doctorale MIIS est sur le même périmètre et fonctionne parfaitement bien. Elle permet une répartition sereine des allocations et un suivi efficace des doctorants. Le GREYC est très présent dans ses instances (bureau du pôle et direction de l'école doctorale) et continuera à assumer son rôle moteur sur le prochain quinquennat. Cette structuration est très importante pour le laboratoire, elle a permis notamment une collaborations conjointe sur plusieurs appels (EUR, Chaire IA, Allocations IA). La fédération NormaStic (FR CNRS n°3638) permet une animation scientifique des sciences du numérique sur le site avec le LITIS (EA 4108) avec lequel nous avons des activités conjointes fructueuses (notamment via des projets collaboratifs régionaux). Nous devons capitaliser sur ces travaux pour porter des projets nationaux ou internationaux.

### 3.1.7 Relations partenariales

La cellule des relations partenariales du GREYC a pour mission de développer les relations du laboratoire avec des partenaires académiques ou industriels en interaction avec les cellules de valorisation de nos tutelles et Normandie Valorisation (équivalent de SATT). Le développement

d'un réseau de collaborations solide est un élément stratégique de la politique du laboratoire. Notre objectif est de favoriser la mise en relation entre les chercheurs du laboratoire et les industriels ou un autre organisme de recherche. Ces relations se faisant majoritairement dans le cadre de projets, la cellule a un rôle d'animation afin d'assister les membres du laboratoire dans le montage de projets collaboratifs et de favoriser la diversification des sources de financement. Plus précisément, nos domaines d'action sont les suivants :

1. Le développement des relations du laboratoire avec des partenaires :
  - (a) Répertorier et maintenir le réseau des partenaires du laboratoire ;
  - (b) Être le point d'entrée pour les entreprises afin de les orienter vers une équipe, un dispositif de financement et initier d'éventuelles collaborations ;
  - (c) Promouvoir les activités du laboratoire auprès des entreprises et collectivités ;
  - (d) Prospecter de nouveaux partenaires pour des collaborations.
2. L'aide à la réponse aux Appels à projets (AAP) : il s'agit pour les chercheurs du laboratoire, de les *sensibiliser* aux dispositifs de financements possibles, de leurs fournir de la documentation sur les AAP, de les *accompagner* dans le montage de leur projet, de mettre en avant les success-stories de collaborations industrielles (en collaboration avec la cellule communication).
  - (a) Sensibiliser : La cellule organise des cafés infos afin de faire connaître aux chercheurs des dispositifs de financements. Ces cafés infos ont un format court afin de permettre aux chercheurs d'y assister sans pénaliser leur temps de travail et ils sont dédiés à un dispositif particulier. Ces cafés-infos sont organisés en collaboration avec les tutelles, notamment afin d'être vigilant sur les aspects réglementaires de chaque type de financement. Les interventions se font autour de la présentation du dispositif de financement visé et de témoignages de chercheurs ayant bénéficié du dispositif mis en avant. Ceci permet de faire profiter de l'expérience des chercheurs entre eux, que ce soit en terme de montage de projet que de suivi scientifique de ceux-ci. Deux cafés infos ont été organisés jusqu'à présent sur les dispositifs DeepTech et CIFRE ;
  - (b) Accompagner : Les chercheurs du laboratoire ont une importante partie de leur activité centrée sur le montage de projets, mais ils n'ont pas toujours une connaissance fine des dispositifs de financement auxquels il peuvent avoir accès. La diversité des dispositifs de financement et la complexité du montage de certains d'entre eux peut constituer un frein à leur activité. Nous souhaitons démystifier cela et faciliter la réponse aux appels à projet de nos chercheurs. Dans ce cadre, la cellule assiste les chercheurs sur toutes les questions relatives au montage de projets et les oriente vers les dispositifs appropriés et vers les chargés de valorisation des tutelles. Nous avons développé un site internet dédié regroupant l'ensemble des informations utiles au montage d'un projet (<https://relpart.greyc.fr>), disponible uniquement en intranet après authentification. Il permet d'assister les chercheurs sur toutes les phases de leur projet, et ceci du montage au suivi. Tout d'abord, l'ensemble des dispositifs possibles de financement ont été répertoriés et documentés (fiches de présentation, liens, période de dépôt). Afin de capitaliser l'expérience de montage de projet, une base d'exemples de dossiers (retenus) à des AAP a été constituée (une vingtaine à ce jour et sur 9 dispositifs différents de financement allant des appels régionaux à Européens). Ces dossiers sont une source d'information importante pour les chercheurs qui désirent répondre à un AAP. En effet, ces exemples de dossiers leur montrent comment organiser leur dossier et quels sont les éléments importants à ne pas manquer. Ces dossiers sont disponibles sur demande des chercheurs. Ils s'engagent alors à fournir leur propre dossier comme exemple s'il est retenu à l'AAP visé. Des indicateurs généraux sur les appels à projet ont également été constitués et

seront développés. Enfin, afin de systématiser le signalement d'un dépôt de projet, un formulaire de signalement de dépôt a été mis en place. Il permet à un chercheur, suite à un dépôt de projet, de le signaler à la direction du laboratoire. Ceci permettra de disposer à terme d'indicateurs sur les projets que ce soit en terme de succès, mais également en terme de dispositif visé, de partenaires, et de montants.

### 3.1.8 Communication et médiation scientifique

La cellule Communication & Médiation scientifique définit, priorise, et réalise les actions et les investissements en lien avec la communication du laboratoire. Comme toutes les autres cellules, ses actions sont réalisées en interaction avec les services communication de nos tutelles. Les missions de la cellule Communication & Médiation scientifique touche à la communication interne et à la communication externe :

#### 1. La communication interne

- Rédaction de la lettre interne bi-mensuelle ;
- Gestion de l'espace partagé communication du GREYC sur le cloud d'UNICAEN ;
- Constitution d'une photothèque et d'une vidéothèque des activités du GREYC ;
- Organisation de la journée du laboratoire ;
- Organisation d'évènements de cohésion.

#### 2. La communication externe

- Création de supports de communication : kakémono, stand parapluie, présentation, flyer, affiche, vidéo ;
- Gestion de l'identité graphique du laboratoire ;
- Gestion du contenu du site Web du laboratoire ;
- Alimentation du compte Twitter du laboratoire ;
- Relation avec les chargés de communication des tutelles ;
- Organisation de la présence du laboratoire dans les différentes manifestations ;
- Constitution d'un catalogue des démonstrations ;
- Sélection de Goodies.

#### 3. Diffusion de la culture scientifique

En Normandie, le GREYC est un laboratoire de recherche en sciences du numérique bien reconnu. De part son potentiel à créer des démonstrations à la fois visuelles, interactives, parfois ludiques, le laboratoire est très régulièrement sollicité pour participer à des événements de diffusion de la culture scientifique. Festivals, fêtes, salons, portes-ouvertes, salons des métiers, accueil de scolaires, nombreux sont les événements qui nous offrent la possibilité de développer la notoriété et l'image du GREYC. Les ressources, notamment humaines, sont cependant limitées et le laboratoire ne peut être partout. Le GREYC se doit donc d'avoir une stratégie de positionnement vis à vis de ces sollicitations. Dans ce contexte, la cellule Communication & Médiation scientifique s'est donnée pour objectif d'organiser la présence annuelle du laboratoire GREYC sur principalement deux événements majeurs :

- la Fête de la science, événement national ;
- le Festival de l'excellence normande (FËNO), organisée par la Région Normandie.

Pour ces manifestations, la cellule est l'interlocuteur unique des organisateurs de l'événement. Elle répond à l'appel à projets en proposant une thématique en lien avec l'actualité (par exemple «le débarquement» ou «les experts») et un certain nombre d'animations. La cellule s'appuie sur son propre réseau de correspondants internes, un par équipe, pour faire émerger des propositions d'animation. En complément, elle invite et incite directement les membres du GREYC à s'investir, que ce soit par mail collectif, par mail ciblé, ou bien par contact direct. La cellule coordonne toute la logistique. Elle fait remonter

les besoins en terme de matériel et de mobilier. Elle s'assure, en lien avec les services support et logistique, que chaque participant aura l'équipement souhaité : tables, chaises, connexion réseau, rallonges électriques, support mural, tableau, projecteur, écran... Elle prend également en charge l'organisation des repas et des pauses café pour les participants. Au cours de l'événement, elle prend des photographies et communique sur les réseaux sociaux. Enfin, elle assure l'acheminement et le rapatriement du matériel.

#### 4. Interaction avec les pôles de compétitivité et filières stratégiques

Le GREYC étant le référent scientifique sur le secteur des sciences de l'information et de la communication, il est en lien permanent avec les pôles de compétitivité et les filières stratégiques régionales. Aussi est-il sollicité et toujours prêt à participer à des événements organisés par ces structures : Pôle TES, Nucléopolis,... sont autant de structures qui organisent des rencontres pour favoriser l'émergence de projets régionaux. Dans ce contexte, la cellule Communication intervient pour assurer une présence du GREYC à ces événements, le plus souvent en ciblant plus directement une équipe ou une sous-équipe ayant une expertise ou des intérêts forts avec la thématique de l'événement. L'implication de la cellule se limite alors à la mise en relation d'un référent avec l'organisateur de l'événement, à la fourniture de support de communication générique : kakémono, stand mural. La cellule incite les participants à la prise de photographies et à la communication sur les réseaux sociaux lors de l'événement.

### 3.1.9 Relations internationales

La cellule relations internationales du GREYC a pour mission de structurer, développer et promouvoir les coopérations scientifiques à l'international en interaction avec les services relations internationales de nos tutelles. Fort de ses nombreuses collaborations existantes avec des institutions de renommée internationale sur les cinq continents, le GREYC doit néanmoins renforcer sa visibilité et sa réputation dans un contexte global, et ainsi affirmer sa volonté d'excellence. Dans ce cadre, nous comptons mettre en œuvre une politique qui favorise la collaboration avec les meilleurs chercheurs internationaux, équipes de recherches, laboratoires et partenaires académiques dans le cadre d'un développement pérenne. Cette politique se définit suivant trois axes :

1. Structuration :
  - (a) Répertoire, organiser et maintenir le réseau des partenaires internationaux du GREYC ;
  - (b) Développer un site dédié aux relations internationales regroupant toutes les informations utiles et nécessaires à la collaboration internationale ;
  - (c) Créer un point d'entrée servant de contact privilégié avec les tutelles et les organismes internationaux.
2. Développement :
  - (a) Mener une politique active, en collaboration avec la cellule carrières, favorisant les mobilités entrantes et sortantes. Par exemple, nous veillerons à ce que des actions concrètes soient prises en compte pour la mobilité des doctorants dans le cadre de séjours de courte/moyenne durée ;
  - (b) Développer un réseau de partenaires privilégiés pour la réalisation de thèses de doctorat en co-tutelle ;
  - (c) Aider les membres du GREYC, en collaboration avec la cellule Relations partenariales, au montage de projets internationaux, notamment dans la rédaction et la communication avec les institutions étrangères ;
  - (d) Prospecter de nouvelles institutions pour collaboration ;
  - (e) Centraliser et mettre à disposition un calendrier des principaux appels à projets

internationaux.

3. Promotion :

- (a) Mener une politique de recrutement à l'international par le biais des supports existants (listes de diffusion, Euraxess, Campus France, etc.);
- (b) Réaliser des café-infos pour informer les membres du GREYC sur certains dispositifs ou appels à projets, tels que les IRL (*International Research Laboratory*), IRN (*International Research Network*) et IRP (*International Research Project*), mais aussi sur des retours d'expériences de séjours à l'étranger, ou des focus sur des étudiants étrangers;
- (c) Invitation de partenaires privilégiés dans le cadre de journées ou de semaines de l'international pour présenter leurs travaux mais aussi leurs institutions.

## 3.2 Équipe AMACC

### 3.2.1 Analyse SWOT

#### Points forts

- L'équipe possède une très bonne cohésion, notamment grâce au succès du séminaire. Il permet une bonne cohésion entre les membres de l'équipe, qui communiquent aisément entre eux et montent des projets communs.
- L'équipe a un positionnement scientifique bien lisible, notamment au plan national, non sans rapport avec une implication notable dans le GDR IM. Elle témoigne d'une bonne attractivité nationale, attestée notamment par le grand nombre de candidats – postdoc, ATER, mais aussi CR CNRS – qui postulent pour rejoindre l'équipe.

#### Points faibles

- La bonne cohésion de l'équipe se concrétise trop peu au travers de véritables collaborations scientifiques. Le graphe des collaborations est bien loin d'être complet.
- L'équipe peine à attirer des doctorants, Elle souffre en partie d'un ancrage au niveau du master peu en adéquation avec ses activités.

#### Risques

- L'équipe est en pleine mutation : tous les rangs A présents en début de quinquennat ont quitté l'équipe ou sont devenus émérites, et il y a eu beaucoup de recrutements récents (trois en quatre ans). L'équipe doit être vigilante à garder sa cohérence et développer une dynamique commune.
- Plusieurs membres de l'équipe ont choisi de s'investir dans des responsabilités administratives lourdes au sein de l'université, et ce dans un contexte très mouvant (fusion d'universités, nouvelles accréditations, réforme du BUT). Cela diminue d'autant le temps qu'ils peuvent consacrer à la recherche et à l'animation de l'équipe.

#### Opportunités

- La nouvelle organisation “en triangle” tient bien compte de la nouvelle donne, résultat des recrutements récents, et de la réflexion menée au sein de l'équipe.
- Une des spécialités de l'équipe, l'étude de l'algorithme, retrouve une place centrale dans l'informatique généraliste : l'élargissement des contours de l'intelligence artificielle, et la maturation des questions sur les données massives jouent un rôle positif en ce sens. L'équipe voit ainsi ses thématiques revalorisées.
- En complément avec le point précédent, l'évolution générale de l'équipe la rapproche de deux autres équipes du laboratoire, MAD et CODAG avec lesquelles elle peut envisager davantage de collaborations à l'avenir. Ceci s'illustre déjà actuellement par le projet ANR

PING/ACK, qui réunit des membres des deux équipes MAD et AMACC.

### 3.2.2 Perspectives scientifiques

Le responsable de l'équipe sera Paul Dorbec pour le prochain quinquennat. Excepté le recrutement de Pascal Vanier comme professeur en 2020, la composition de l'équipe reste stable et est décrite dans le tableau suivant :

| Prénom et nom                        | Fonction                | HDR          | Arrivée |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|
| Ali Akhavi                           | MC UFR Sciences         |              | 2000    |
| Julien Clément                       | CR CNRS                 | ✓            | 2005    |
| Julien Courtiel                      | MC UFR                  |              | 2017    |
| Paul Dorbec                          | PR IUT Caen             | ✓            | 2018    |
| Loïck Lhote                          | MC ENSICAEN             | ✓            | 2007    |
| Ionona Ranaivoson                    | MC UFR Sciences         |              | 1991    |
| Gaëtan Richard                       | MC UFR Sciences         |              | 2009    |
| Véronique Terrier                    | MC UFR Sciences         | ✓            | 1991    |
| Pascal Vanier                        | PR UFR Science          | ✓            | 2020    |
| Etienne Grandjean                    | PR UFR Sciences         | ✓            | 1985    |
| Jerzy Karczmarczuk                   | MC UFR Sciences         |              | 1988    |
| Jacques Madelaine                    | MC UFR Sciences         |              | 1985    |
| Brigitte Vallée                      | DR CNRS                 | ✓            | 1990    |
| <b>Prévision 2020 : 9 permanents</b> | <b>2 PR, 1 CR, 6 MC</b> | <b>5 HDR</b> |         |

- Nouveaux membres
- Membres émérites ou retraités associés
- ayant prévu de passer son HdR durant le quinquennat

Nous présentons ici un ensemble de projets qui apparaissent fédérateurs et sur lesquels nous souhaitons nous investir.

- *Structures étiquetées : combinatoire et génération aléatoire.* Beaucoup de structures centrales dans le contexte de l'informatique (arbres, graphes, permutations...) portent naturellement des étiquettes. C'est le cas en particulier des structures qui visent à modéliser des contraintes, et donnent ainsi lieu à des étiquetages contraints. Ces structures contraintes sont sous-jacentes à de nombreux algorithmes (tris, ordonnancement...) et jouent un rôle central dans beaucoup de théories informatiques (concurrence, notamment) ou mathématiques (théorie des ordres par exemple). L'équipe souhaite développer un versant dédié à l'analyse combinatoire de ces structures étiquetées et à une modélisation pertinente pour aborder leur génération aléatoire. Les projets PEPS ASTEC et CARGLAS-IN-SINFIN participent à la démarche de lancement de ce projet. Il est l'un des axes de collaboration de l'équipe dans le laboratoire Sinfin, mais aussi le cadre de la thèse de Romain Lecoq, débutant en octobre 2020.
- *Le dynamisme dans les graphes et les problématiques associées.* De nombreux problèmes informatiques sont naturellement dynamiques, et peuvent être modélisés par deux approches : – un modèle classique de graphe dynamique, graphe dont les sommets sont fixes mais dont les arêtes évoluent au cours du temps. Dans ce modèle, des problèmes nouveaux apparaissent (e.g. la notion de trajet, généralisant en quelque sorte la question du plus court chemin), la plupart des problèmes usuels sur les graphes statiques sont aussi à reconsidérer. – la dynamique est une dimension intrinsèque au problème. La modélisation peut alors s'appuyer sur une interprétation du problème comme un jeu combinatoire. À la croisée des deux approches se pose la question de la reconfiguration, qui est une forme dynamique de problème sur un graphe statique, mais qui peut aussi être l'évolution d'une structure sur un graphe dynamique. Afin de soutenir

l'étude de ces deux approches, l'équipe a présenté en collaboration avec le LITIS un projet régional RIN tremplin, dont le lancement est prévu en 2021, et qui devrait permettre la mise en place d'un projet national.

- *Traces de systèmes dynamiques.* L'équipe désire continuer ses travaux en liaison avec les systèmes dynamiques, en les infléchissant par l'étude spécifique des *traces*. La description de l'évolution d'un système dynamique est souvent trop complexe pour être étudiée telle que, et on en cherche une représentation plus compacte sous forme de trace. Une trace est une projection de l'évolution du système sous la forme d'un mot unidimensionnel, où chaque lettre décrit son état dans un pas de temps. L'équipe travaille déjà sur des systèmes dynamiques variés, avec des méthodes très diverses. L'idée est ici de susciter une étude transverse, relativement indépendante des spécificités des systèmes étudiés. Quand l'exécution est infinie, l'analyse peut se faire via l'usage de grammaires ou de mesures d'entropie, tandis que des outils combinatoires pourraient permettre de traiter des traces d'exécutions finies. Ce projet se développe au sein d'un projet JCJC porté par l'équipe, et dans une moindre mesure au sein d'un projet blanc porté par l'IRIF et auquel l'équipe participe ;

Au delà de ces projets, nous souhaitons aussi nous ouvrir à des collaborations avec les autres équipes du laboratoire. Les arrivées récentes et le nouveau projet de l'équipe font clairement apparaître des lieux d'échanges possibles avec les autres équipes. Nous souhaitons aussi continuer et étendre les collaborations que nous avons déjà nouées au sein de la région, en particulier au sein des fédérations NormaStic et NormaMath.

### Organisation et animation de l'équipe

La vie de l'équipe est actuellement bien rythmée par le séminaire Algo, régulier et hebdomadaire. Fin 2019, la création d'un Groupe de Lecture et de Travail (GLT) a fortement dynamisé les échanges scientifiques au sein de l'équipe, et les a concentrés sur les sujets proposés par ses membres. Nous maintiendrons ce groupe, qui permet de renforcer les coopérations au sein de l'équipe. Nous y inviterons aussi des membres d'autres équipes travaillant sur des sujets susceptibles d'initier de futures coopérations.

L'équipe organise aussi des réunions plus "administratives". Il n'est pas prévu de formaliser davantage la gestion organisationnelle de l'équipe, car la plupart des informations transite bien sans réunion.

## 3.3 Équipe CODAG

Depuis 2010, l'équipe participe aux évolutions de la Science des données, en associant les efforts de chercheurs de cultures scientifiques complémentaires. CODAG prend le parti de s'intéresser à toute la chaîne de traitement des données, depuis la préparation jusque la conception de modèles d'expression du résultat. Le projet de l'équipe s'est construit à partir d'une analyse SWOT développée dans la première partie du texte. La deuxième partie du texte est consacrée à la présentation de nos perspectives en termes de travaux scientifiques.

### 3.3.1 Analyse SWOT

**Points forts** CODAG est une équipe expérimentée, bien établie sur ses thématiques historiques. Sa reconnaissance repose sur une production scientifique de qualité. L'équipe développe sa culture propre, résultat des travaux menés en commun et des échanges réguliers, notamment pendant les réunions bimensuelles. Ces réunions sont aussi l'occasion de discuter de la gestion de l'équipe, cette dernière reposant entièrement sur la collégialité.

| Prénom et Nom                        | Fonction | HDR | T1 | T2 | T3 | Date d'entrée |
|--------------------------------------|----------|-----|----|----|----|---------------|
| Céline ALEC                          | MCF      |     | ✓  |    |    | entrée 2020   |
| Pierre BEUST                         | MCF      | oui | ✓  |    |    | entrée 2020   |
| Patrice BOIZUMAULT                   | PR       | oui |    | ✓  | ✓  |               |
| Alain BRETTO                         | PR       | oui |    | ✓  | ✓  |               |
| Bruno CRÉMILLEUX                     | PR       | oui |    | ✓  | ✓  |               |
| Bertrand CUISSART                    | MCF      |     | ✓  | ✓  | ✓  |               |
| Yann MATHET                          | MCF      | oui | ✓  |    |    | entrée 2020   |
| Abdelkader OUALI                     | MCF      |     |    | ✓  | ✓  | entrée 2019   |
| Justine REYNAUD                      | MCF      |     | ✓  |    | ✓  | entrée 2020   |
| François RIOULT                      | MCF      | oui | ✓  | ✓  |    |               |
| Antoine WIDLÖCHER                    | MCF      |     | ✓  |    | ✓  |               |
| Albrecht ZIMMERMANN                  | MCF      |     | ✓  |    | ✓  |               |
| 12 permanents : 3 PR, 3 MC HDR, 6 MC |          |     |    |    |    |               |

- Arrivée
- Départ à la retraite avant 2026
- Soutenance prochaine d'une HDR

Tableau 3.1 – Effectif de l'équipe CODAG le 1er septembre 2020

Prenant en compte toute la chaîne de traitement des données, l'équipe possède une forte attractivité au niveau applicatif. Cette caractéristique permet notamment de développer des collaborations interdisciplinaires sur le long terme, naturellement inspiratrices d'innovation. L'équipe est aussi très impliquée dans la diffusion des savoirs et dans la formation technologique liées à l'informatique décisionnelle, notamment via le parcours *Décision et OPTimisation* du master d'informatique de l'Université de Caen Normandie.

CODAG est bien identifiée dans ses communautés scientifiques d'origine. Au niveau régional, l'équipe co-anime l'axe *Données, Apprentissage et Connaissances* de la fédération NormaSTIC, l'axe *Science des données* du pôle Sciences du Numérique, ainsi que *Nouveaux Usages*, groupe de recherche pluridisciplinaire sur les modes d'accès au contenu dans les collections de documents numériques. Au niveau national, plusieurs membres de l'équipe participent au *GDR MaDICS*, dont Bruno Crémilleux est le directeur adjoint, au *GDR Chemoinformatique* et au *GDR Sport et Activité Physique*. Au niveau des communautés internationales, l'équipe s'implique annuellement dans les comités de programme des conférences suivantes, toutes classées A\* ou A selon CORE. Plusieurs membres de l'équipe sont éditeurs associés ou membres du comité éditorial de revues : 7 revues sont ainsi concernées dont *Data Mining and Knowledge Discovery*, la revue de référence en fouille de données.

**Points faibles** L'orientation thématique de l'équipe comporte un aspect applicatif fort et direct. En conséquence, l'équipe se tourne vers l'utilisateur et conçoit de nombreux logiciels d'étude : une plateforme de programmation graphique pour la chémoinformatique (Norns), un outil de recherches de molécules "frequent hitters" (Prepep), un environnement d'annotation et d'exploration de corpus (Glozz), des outils dédiés à la mesure d'accord inter-annotateurs, ...

Certains de ces logiciels bénéficient déjà d'une communauté d'utilisateurs. Toutefois, il reste à produire un effort important pour constituer un réel patrimoine logiciel. La diffusion en *Open Source* et l'intégration de démonstrateurs dans des plate-formes dédiées sont désormais une priorité pour amplifier leur diffusion. Suite à un appel régional, l'équipe s'appuiera sur le support conjoint du centre de ressources TIC de l'Université et du consortium mixte régional Datalab Normandie pour réaliser des démonstrateurs Web de ses principales réalisations.

La difficulté à concrétiser des acceptations de projets ANR est un point de vigilance de l'équipe. Sur la période, l'équipe a participé à la soumission de 12 projets dont certains ont été soumis plusieurs fois. Plusieurs projets ont été sélectionnés pour la deuxième phase mais il a fallu attendre l'appel à projets 2020 pour que 2 projets soient acceptés dont un coordonné par un membre de l'équipe.

**Risques** L'équipe CODAG intervient sur un large spectre de la Science des données, tant au niveau des tâches concernées que des domaines d'application. Porteuse de nombreuses vertus, cette ambition comporte le risque de l'éclatement des travaux, diminuant ainsi l'apport du groupe aux travaux de chacun. Les réunions régulières de l'équipe visent à réduire ce risque, en aidant l'émergence d'une culture commune transverse. De plus, l'équipe possède maintenant une certaine expérience de ce genre de fertilisation croisée.

Le dynamisme de la Science des données implique la prise en compte rapide des avancées du domaine, sous peine d'être distancé. La variété des communautés scientifiques afférentes à l'équipe, la jeunesse de certains de ses membres et l'implication dans des réseaux nationaux et internationaux, notamment au travers des comités de programme, toutes ces qualités nous protègent contre ce risque, autant que possible.

**Opportunités** L'équipe tire naturellement parti du dynamisme de son environnement, au niveau humain comme au niveau scientifique et technologique.

Pour le nouveau quinquennat, CODAG rassemblera douze membres permanents : six maîtres de conférences, trois maîtres de conférences habilités et trois professeurs. Cet effectif, repris Tableau 3.1, représente une évolution significative depuis 2015.

L'équipe a enregistré trois départs : Arnaud Lallouet, en septembre 2015, Jean-Jacques Hébrard, en septembre 2016, et Samir Loudni, promu professeur à l'IMT Atlantique en septembre 2020. Patrice Boizumault partira à la retraite pendant le quinquennat. Ces quatre chercheurs, souvent cadres de l'équipe, ont tous travaillé à la recherche de nouveaux modèles d'analyse des données. Les compétences associées, indispensables au fonctionnement global des projets de l'équipe, risquent de diminuer, fragilisant ainsi les thématiques concernées. En conséquence, nous accorderons une attention particulière au maintien de chercheurs s'impliquant dans les questions fondamentales associées aux modèles d'analyse et à la recherche des meilleures solutions, notamment dans le thème T2 présenté page 97.

L'équipe se développe en bénéficiant de recrutements récents (Albrecht Zimmermann en 2015, Abdelkader Ouali en 2019 et Justine Reynaud en 2020) et du mouvement interne de trois collègues, Céline Alec, Pierre Beust et Yann Mathet qui rejoignent CODAG suite à l'arrêt de l'équipe Hultech. L'équipe recensait quatre chercheurs habilités en 2015, tous professeurs ; elle s'appuie maintenant sur six chercheurs habilités dont trois maîtres de conférences. L'expérience acquise permet à deux chercheurs, Bertrand Cuissart et Albrecht Zimmermann, de soutenir prochainement leur habilitation à diriger les recherches.

La vitalité de la Science des données constitue aussi une chance de taille, offrant à l'équipe d'importantes possibilités d'étude. Prenons l'exemple de deux grandes évolutions récentes du domaine : le Big Data et l'apprentissage profond. S'il est possible de tirer parti de l'apprentissage profond de multiples manières, à tout le moins, les modèles produits permettent de fournir des oracles. Le Big Data et l'exigence d'automatisation des traitements afférents nécessitent une nouvelle forme d'intelligibilité, une intelligibilité à destination des programmes. À elles seules, ces deux innovations révolutionnent le cadre de pratique de la Science des données et elles motivent d'importants travaux techniques et scientifiques. Fruit de la diversité des cultures scientifiques des membres de l'équipe, l'interdisciplinarité constitue un atout indéniable pour réaliser des travaux originaux dans ce contexte dynamique.

### 3.3.2 Perspectives scientifiques

#### La position de l'équipe et ses ambitions

Nos travaux s'articulent autour de trois thèmes, en suivant le cours d'un processus de traitement : la maîtrise de la donnée, le pilotage de la recherche du modèle optimal et l'intelligibilité du modèle résultant. Nous dresserons aussi un panorama des desseins de l'équipe sous l'angle de ses domaines applicatifs privilégiés : la chémoinformatique, les humanités numériques et l'analyse des données issues du sport.

En profitant de la diversité d'expertises de l'équipe, nous désirons mettre l'accent sur la notion de *contrôle* dans la science des données. Par *contrôle*, nous entendons expliciter les limites qui régissent l'utilisation informatique des données numériques, les contraintes pouvant être naturelles ou méthodologiques, mais aussi environnementales ou éthiques.

#### Thème T1 : maîtriser la donnée

L'apprentissage à partir des données se modélisant sous la forme d'une optimisation, sa résolution suppose l'accès à une référence, représentation fiable de la réalité considérée. CoDaG s'intéresse aux cas où cette dernière pose problème en se concentrant sur trois travaux : l'évaluation non supervisée, la mesure de l'accord inter-annotateurs et l'utilisation d'ontologies pour mesurer la qualité des données.

**L'évaluation dans un cadre non supervisé** Dans un cadre non supervisé, aucune réalité de référence n'étant fournie, il est difficile d'évaluer la qualité d'une *partition* des objets considérés, ou la qualité d'un ensemble de *motifs* extraits à partir de ces objets.

En s'appuyant sur l'expressivité de la programmation par contraintes, l'équipe travaille sur le clustering interactif, en cherchant des moyens déclaratifs de piloter la génération des partitions, via la gestion des possibilités de regroupement, via l'introduction d'un biais par rapport à des éléments de la représentation, ou via le paramétrage de la recherche. De plus, notre proximité avec des cadres applicatifs très adaptés nous permet d'expérimenter des moyens de répondre à la question toujours ouverte d'intégrer effectivement le retour utilisateur à différents niveaux d'abstraction.

L'absence de référence rend aussi très difficile l'évaluation d'un ensemble de motifs : nous aurions besoin de données dont nous connaissons déjà les associations ou les motifs à extraire. De plus, afin de mesurer la stabilité du processus d'extraction, il faudrait aussi pouvoir introduire du bruit dans ces données. Dans ce cadre, la génération de données symboliques devrait se révéler très utile. Toutefois, même pour des données relativement simples, comme les itemsets, générer des données *réalistes* reste une question ouverte. Nous allons poursuivre notre recherche sur le développement des générateurs aléatoires et entamer une réflexion sur la notion de bruit dans les données et sur sa mesure. L'interprétation des motifs étant renforcée par une meilleure connaissance des données, ce travail contribuera aussi à la direction de recherche T3.

**L'accord inter-annotateurs** Afin de constituer un jeu de données de référence, une stratégie classique consiste à procéder à une *annotation multiple*, les mêmes données étant traitées par des annotateurs indépendants, selon les mêmes instructions, puis à mesurer le degré de consensus via une "mesure d'accord inter-annotateurs". Nos travaux sur ce terrain, notamment ceux dédiés à la mesure Gamma, s'attachent à étendre l'usage des mesures d'accord dans certaines situations difficiles, peu explorées dans la littérature, bien que fréquentes. En particulier, nous souhaitons mesurer l'accord quand des annotateurs doivent aussi à la fois localiser (problème dit de l'*unitizing*) et caractériser des items dans un *continuum* (par exemple textuel). Nous considérons aussi des caractérisations plus riches que les catégories traditionnellement exploitées, par exemple lorsque les items doivent être scalairement décrits. Enfin, en lien étroit avec nos travaux

consacrés au texte, nous nous intéressons à la prise en charge de structures relationnelles et de mécanismes de chaînage tels que ceux qui résultent des phénomènes coréférentiels.

**L'utilisation d'une ontologie** L'équipe s'intéresse aussi à l'utilisation d'une ontologie pour résoudre des problèmes liés à la qualité des données, notamment pour la correction d'annotations sémantiques liées à des descriptifs textuels. Cela nécessite une approche en deux temps, une phase linguistique suivie d'une phase logique : notre objectif est de peupler une ontologie de domaine qui supporterait ensuite un raisonnement afin de déduire des incohérences dans les instances issues du peuplement. À la différence de récents travaux, l'enjeu de la détection des incohérences dans ce cadre se situe au niveau des instances issues du peuplement et non sur un niveau axiomatique. En nous appuyant sur l'analyse directe des incohérences, nous ambitionnons de pousser plus loin cette problématique, en allant jusqu'à la correction de ces dernières.

### **Thème T2 : modèles et recherche de meilleures solutions**

La programmation par contraintes, l'optimisation et la fouille de données se trouvent au cœur du processus de traitement de données. D'un côté, les méthodes de contraintes et d'optimisation combinatoire permettent de modéliser et résoudre différentes tâches de fouille de données. De l'autre, l'analyse des traces de calcul peut fournir une information capable d'améliorer un processus de résolution de contraintes. En conséquence, le développement de méthodes hybridant ces trois domaines suscite un intérêt croissant au sein des communautés concernées. Afin de faciliter le traitement de données de natures diverses avec des méthodes flexibles, efficaces et interactives, nous avons identifié les trois perspectives suivantes : la prise de décision multi-critère, la relaxation des énoncés complexes et l'identification des zones fructueuses dans l'espace de recherche.

**La prise de décision multi-critère** La modélisation d'un problème de fouille de données comporte de nombreuses spécifications et s'apparente bien souvent à une prise de décision multi-critère. Afin de résoudre ces tâches de fouille de données, nous nous intéressons aux fonctions d'agrégation de préférences pour déterminer des solutions de bon compromis. Spécifiquement, nous abordons cette problématique sous l'angle des approches déclaratives afin de proposer des méthodes efficaces utilisant des fonctions d'agrégation collectives. Ces modèles pourront ensuite prendre part à un processus de résolution des problèmes d'optimisation combinatoire ou à la définition de contraintes globales.

**La relaxation des énoncés complexes** L'efficacité d'un calcul de fouille de données repose notamment sur l'identification de propriétés structurelles et sur leur utilisation. Par exemple, la propriété d'anti-monotonie de la fréquence permet d'élaguer l'espace de recherche. Lorsque nous ne disposons pas de bonnes propriétés structurelles, nous pouvons nous intéresser aux techniques de relaxation, reportant ainsi une partie du calcul sur la fonction objectif. À partir d'un énoncé relaxé, afin de garantir la présence de toutes les solutions du problème initial, tout en assurant un faible taux de solutions faussement positives, il est nécessaire de disposer de bornes suffisamment précises à associer à la relaxation. Notre objectif est de proposer des approches qui exploitent le principe de relaxation sous forme de contraintes globales plus efficaces tout en ayant un faible taux de solutions faussement positives.

**L'étude de l'espace de recherche** Il peut être intéressant d'avoir des informations supplémentaires sur les liens entre l'espace de recherche à parcourir et l'ensemble des solutions produites. Par exemple, dans un problème d'optimisation, il sera fructueux d'obtenir rapidement une très bonne solution élaguant ainsi une bonne part de la recherche subséquente. De même,

pour l'énumération, il vaut mieux commencer par les zones fructueuses. Dans ce cadre, il est souvent utile de considérer d'abord une partie des données, quitte à explorer exhaustivement certaines zones d'intérêt dans une seconde phase. Dans ce volet, nous proposons de développer de nouvelles méthodes capables de découper de façon intelligente un espace de recherche en zones plus judicieuses. La proximité des solutions découvertes suite à l'utilisation d'une stratégie d'intensification peut apporter une information pertinente sur le paysage de recherche. Nous nous intéressons particulièrement à l'utilisation des techniques d'apprentissage sur les solutions afin d'identifier les critères associés au succès, cette information étant utile dans la recherche des sous-espaces pertinents. Ce travail facilite l'hybridation des méthodes complètes et incomplètes, ainsi que la recherche des méthodes parallèles exploitant différentes architectures matérielles.

### **Thème T3 : comprendre et manipuler les modèles résultants**

L'utilisateur doit pouvoir s'approprier les résultats d'une méthode de fouille, les confronter à ses connaissances et en faire de nouveaux savoirs. Développer ce travail aval est une priorité de l'équipe. Dans ce cadre, nous nous concentrons sur trois thèmes : les interactions entre l'utilisateur et le processus d'analyse, la traduction de certains événements du processus d'analyse en informations pour l'utilisateur et l'amélioration de la compréhension des données au travers des re-descriptions.

**Les interactions entre l'utilisateur et le processus d'analyse** L'analyse des résultats peut amener à reformuler le traitement. Pour extraire des modèles présentant un intérêt pour l'utilisateur, il est nécessaire de prendre en compte ses attentes. Pour cela, nous proposons d'utiliser la notion de préférences qui reflète une "opinion" d'un utilisateur sur un objet d'intérêt, ici un modèle. En nous appuyant sur le cadre général de la fouille interactive, notre objectif est d'apprendre des préférences utilisateurs et plus particulièrement son intérêt subjectif qui consiste à maximiser la préférence de l'aspect inattendu de l'information découverte par rapport à une connaissance du domaine. De façon plus ambitieuse, il s'agira de traduire ces préférences en contraintes qui pourront être exploitées pour la recherche des modèles suivants. Cet axe de recherche s'appuiera sur le projet Herelles accepté à l'AAPG 2020 de l'ANR qui aborde ses thématiques dans le cas spécifique du clustering collaboratif sur des séries temporelles hétérogènes.

**La prise en compte de la recherche** Pour aider un expert à interpréter un résultat, il est souvent très utile de s'appuyer sur des approches symboliques. Pour SAT et les CSP, il existe des méthodes permettant d'attacher des explications à des événements survenus dans le solveur. Nous souhaitons étendre cette notion d'explications au cadre de la fouille de données. La mise en relation d'un événement survenu pendant le calcul avec sa conséquence sur le résultat permettra d'accompagner le résultat d'informations expliquant certaines de ses propriétés. Nous envisageons ainsi de fournir les raisons à l'absence d'un motif dans la solution, à ses propriétés structurelles comme son caractère maximal ou minimal (motif fermé, motif libre).

**Les re-descriptions** En associant des motifs en fonction des objets qu'ils caractérisent, les re-descriptions sont un moyen très efficace pour éclairer différemment une association de valeurs dans les données. Toutefois, les motifs impliqués prenant la forme de formules logiques impliquant des attributs booléens ou numériques, les re-descriptions peuvent être difficiles à appréhender. Nous nous intéressons à faire évoluer la représentation des résultats dans ce cadre (quels résultats présenter ? sous quelle forme ?) en tirant parti des liens forts de la fouille de re-descriptions avec l'analyse de concepts formels, et en nous appuyant sur des travaux de l'équipe dans le domaine de la programmation par contraintes.

### Les champs applicatifs

**Le traitement de données biologiques et chimiques** Ce champ applicatif nourrit nos recherches dans le cadre de la fouille de graphes et des méthodes de correspondance de graphes associées. Les travaux s'intègrent dans la définition d'un *espace chimique*, projet ambitieux dont le succès repose fortement sur la capacité à produire une intelligence artificielle efficace et intelligible. Ils sont conduits en lien fort avec des structures de recherche en pharmacie, en particulier avec la plateforme Chémo-informatique du Centre Centre d'Etudes et de Recherche sur le Médicament de Normandie, laboratoire de l'Université (CERMN, EA 4258, FR CNRS 3038 INC3M, SF 4206 ICORE). Nous manipulons ici deux types de graphes étiquetés : des petits graphes modélisant des structures chimiques dont l'ordre dépasse rarement la vingtaine de sommets et de grands réseaux marquant des interactions entre des entités chimiques ou biologiques. Le but est de produire des outils de navigation permettant au chimiste de comprendre ses données chimogénomiques en explorant les résultats d'un calcul de fouille paramétrable de manière déclarative.

Nos travaux concernant l'espace des pharmacophores ayant démontré leur intérêt dans la communauté, nous allons poursuivre notre effort sur la conception et la manipulation de grands réseaux en intégrant un point de vue systémique, via des connaissances du domaine ou via le résultat d'une fouille de données préalable. Spécifiquement, notre projet implique aussi un travail algorithmique sur la fouille de "petits" graphes moléculaires pour découvrir automatiquement des pharmacophores d'ordre quelconque, un pharmacophore désignant un graphe dont la présence est associée à un profil d'activité. Afin de structurer nos résultats et de permettre la navigation, nous explorons particulièrement les possibilités du clustering interactif. Nous allons aussi étudier les possibilités du co-clustering pour proposer des sous-ensembles de pharmacophores à privilégier. Enfin, la fouille étant exprimée sous forme d'un problème d'optimisation, nous travaillons sur les fonctions objectifs permettant de déclarer des profils d'activité complexes, donnant au chimiste la possibilité de réaliser des analyses de polypharmacologie. Ce travail sur la fonction objectif nous permettra aussi de progresser sur la question de la détection des "*frequent hitters*", ces molécules qui réagissent trop facilement pour être des médicaments. Ces travaux vont bénéficier du cadre du projet ANR InvolvD qui démarrera le 1er février 2021 pour une durée de 48 mois.

L'effort de création d'un patrimoine logiciel initié ces dernières années sera pourvu, en intégrant nos innovations aux plateformes Norms et Prepep, en les documentant, en facilitant leur installation et leur distribution. À ce sujet, comme mentionné dans le SWOT, nous avons inscrit la réalisation de démonstrateurs Web dans les actions d'un projet régional porté le consortium mixte Normandie Datalab.

**L'analyse de données sportives** Le monde du sport a intégré une profusion de capteurs qui enregistrent le déroulement de l'entraînement, des compétitions, ou même de la vie privée d'un athlète. Cette masse de données est de plus en plus exploitée afin d'améliorer la performance des sportifs, de réduire les risques de blessures, ou d'identifier et de neutraliser les tactiques des compétiteurs. Tandis que les premières analyses utilisaient des données agrégées, l'état de l'art actuel se limite aux séquences, soit spatio-temporelles, soit événementielles. Nous nous concentrons sur la modélisation de l'aire de jeu, nécessaire à l'analyse des données des sports d'équipe – dans le basket ou le football, par exemple, la position des défenseurs dépend des positions des attaquants et de leurs compétences respectives. L'analyse de ces informations reposant sur la géométrie, nous souhaitons détecter, comprendre et exploiter le changement des informations géométriques en nous appuyant sur des techniques de traitement d'images et d'analyse de graphes.

**Les humanités numériques** L'équipe CoDaG développe des activités à l'interface entre Sciences du Numérique (SN) et Sciences Humaines et Sociales (SHS), élaborant des méthodes de traitement de données issues des SHS, données souvent peu structurées, dont la composante principale est généralement textuelle. Ces travaux sont conduits en lien fort avec des structures de recherche en SHS, en particulier avec la Maison de la Recherche en Sciences Humaines de l'Université de Caen, plusieurs membres de CoDaG étant directement impliqués dans son pôle Document Numérique. Sur le terrain très polymorphe des "Humanités Numériques", l'équipe continuera naturellement de privilégier les problématiques où se combinent des verrous en SHS et des verrous dans les SN, à la faveur du projet CPER Nummie 2 qui démarre en 2020 et qui prolonge le projet Nummie 2015-2020. Souhaitant que les applications pratiques et fructueuses en SHS stimulent et s'adossent à des avancées dans le domaine des SN, l'équipe s'intéresse à la résolution de problèmes en analyse de données qui s'éclairent lors de la confrontation à des données et des problématiques issues des SHS. Parmi les verrous importants pour la communauté des SN notoirement mis en lumière dans l'interaction avec les SHS, on peut citer l'exigence d'intelligibilité et d'explicabilité, la nécessité d'adosser l'analyse des données à des connaissances fines de domaine ou la fréquente impossibilité d'appliquer des approches gourmandes en données d'apprentissage, là où les données de référence sont souvent peu volumineuses.

Dans cet esprit, nos travaux consacrés aux données textuelles visent à approfondir nos efforts dans les trois directions suivantes : a) l'évaluation et l'exploitation d'annotations portant sur des données textuelles, dans la continuité de nos travaux sur la plate-forme Glozz et la mesure Gamma ; b) la représentation des connaissances en analyse des données textuelles ; c) l'hybridation entre méthodes de fouille et méthodes de linguistique computationnelle et de TAL.

Au point de rencontre entre les trois directions susmentionnées, des travaux consacrés à l'analyse de phénomènes linguistiques particuliers seront l'occasion de montrer comment SN et SHS peuvent se nourrir mutuellement. Ce sera par exemple le cas d'un travail en modélisation sémantique sur les liens entre des expressions textuelles exprimant un déplacement et des configurations spatiales visuelles. Ce travail s'appuiera sur une analyse linguistique fine de l'expression spatiale pour établir une mesure de l'accord entre les annotations. Un autre travail proposé portera sur l'étude des relations entre structures textuelles et idéologiques. Ce travail visera à mettre en place un environnement expérimental permettant d'articuler l'établissement d'un corpus d'étude, une réflexion en ingénierie des connaissances sur la représentation des structures idéologiques, un effort d'analyse et de modélisation linguistique de certains phénomènes textuels porteurs des représentations idéologiques ciblées, ainsi qu'un travail en linguistique computationnelle et en Text Mining.

Au-delà des données textuelles et en lien fort avec les sciences de l'éducation, des travaux seront également conduits sur l'analyse des données et traces d'apprentissage pédagogique, domaine des *learning analytics* dans lequel un des nouveaux membres de l'équipe est fortement impliqué à la fois scientifiquement et institutionnellement.

### Organisation et animation

Pour le prochain quinquennat, suite à un vote des permanents, la responsabilité des activités de l'équipe est confiée à Bertrand Cuissart. L'animation de l'équipe continuera de s'articuler autour de réunions régulières pour s'organiser, répartir les moyens financiers, répondre aux appels à manifestation d'intérêt, ... Sur le plan des échanges scientifiques, l'équipe organise un groupe de travail dont chaque séance est consacrée à un thème précis : une étude réalisée au sein de l'équipe ou un point bibliographique sur un sujet d'actualité. De fréquence bimensuelle, le groupe de travail s'adresse aux membres de l'équipe, ainsi qu'aux étudiants de master et aux stagiaires intéressés.

### 3.4 Équipe MAD

#### 3.4.1 Analyse SWOT

Le projet de l'équipe MAD s'appuie sur une analyse SWOT.

##### Points forts

- L'équipe MAD dispose d'une solide culture commune autour de domaines (représentation des connaissances, raisonnement automatisé, théorie de la décision, théorie des jeux) et de méthodes formelles (logique modale, processus décisionnels de Markov, formation de coalitions) communs à ses membres. L'organisation régulière de groupes de travail et les discussions qui en naissent entretiennent cette culture commune et une dynamique humainement propice à la collaboration.
- L'équipe MAD est fortement impliquée dans l'enseignement tout au long du cursus des étudiants de l'IUT et de l'université, depuis la L1 jusqu'au master. Nos thématiques et méthodes de recherche sont ainsi bien connues des étudiants, ce qui assure un vivier de candidats locaux bien formés.
- L'équipe MAD a une politique de publication visant à la fois les conférences et revues internationales fortement sélectives (IJCAI, ECAI, AAI, UAI, AAMAS) et les conférences nationales du domaine. Depuis plusieurs années, des membres de l'équipe participent aux comités de programme de ces conférences.
- L'équipe MAD participe activement à l'animation de groupes nationaux (GT MAFTEC du GDR IA, GT Santé & IA du GDR CIS, AFIA). Ceci contribue fortement au rayonnement de l'équipe, reconnue pour la qualité de ses publications et pour son implication dans le paysage national de l'Intelligence Artificielle.
- L'équipe MAD est impliquée dans de nombreux projets collaboratifs (ex. COACHES, ETHICAA, GARDES, SiCoPaD, VITA) avec un recrutement régulier de post-doctorants venant d'horizons divers, propice à l'ouverture de l'équipe sur de nouvelles approches.

##### Points faibles

- La quantité de publications en revue de l'équipe MAD reste faible. Comme l'équipe privilégie la qualité à la quantité ou à l'aspect faiblement incrémental de la production, les temps de préparation plus longs des revues sont parfois peu conciliables avec les charges des membres de l'équipe. Quoi qu'il en soit, si la sélectivité et la visibilité des conférences internationales ciblées par l'équipe MAD sont similaires à celles des grandes revues, cela traduit néanmoins une difficulté à mener à terme la valorisation de certains travaux.
- L'équipe MAD manque de compétences dans le domaine du traitement de l'image et du signal. Or, une partie des travaux de l'équipe MAD sont appliqués à la robotique, avec une volonté d'implémentation et d'expérimentation réelle, ce qui nécessite de se confronter aux problèmes de perception en environnement réel.
- L'équipe MAD souffre également d'un manque de compétences et de temps disponible en ingénierie logicielle et robotique pour mener un travail de valorisation. En effet, les travaux les plus anciens de l'équipe (modèles décisionnels pour la robotique et vérification de comportements multi-agents avec les GDT) sont aujourd'hui matures pour du développement et de la diffusion. Même si le service développement et déploiement d'applications (DDA) du GREYC aide l'équipe sur la partie GDT, et si l'équipe recrute régulièrement des post-doctorants sur la partie robotique, disposer d'un.e ingénieur.e de recherche dédié à temps plein sur la valorisation serait un atout.

##### Risques

- De par leur implication tant en enseignement que dans des structures nationales, les membres de l'équipe MAD ont de nombreuses charges administratives (responsabilités de

la Licence et du Master informatique, de la 3<sup>e</sup> année de licence, de la 1<sup>er</sup> année de Master, de la 2<sup>e</sup> année de l'IUT du Havre, de l'école doctorale MIIS, participation au CNU 27, au conseil d'administration de l'AFIA). Si ces implications participent au rayonnement de l'équipe, il existe un risque non négligeable d'essoufflement individuel auquel il convient de faire attention.

### Opportunités

- L'équipe MAD est montée en compétence dans le domaine de l'apprentissage artificiel, en particulier grâce au recrutement de doctorants (Jacques Everwyn) et post-doctorants (Xuan Son Nguyen) ainsi que de projets (PepTraQ, SiCoPaD) sur ces questions. Sans pour autant tourner l'activité de l'équipe dans cette direction, cela lui donne l'opportunité de nouer de nouvelles collaborations au niveau local (ex. avec l'équipe CODAG) ou renforcer des anciennes (ex. avec l'équipe Image).
- Au cours du dernier quinquennat, les thématiques XAI (*eXplainable AI*) et RAI (*Responsible AI*) ont émergé au niveau international. Les travaux de l'équipe MAD sur la vérification de systèmes multi-agents et la modélisation de l'éthique et de la confiance ont été précurseurs de cette thématique (travaux sur les GDT4MAS, projet ETHICAA, thèse de Nicolas Cointe et Christopher Leturc). L'équipe MAD est alors bien positionnée pour y contribuer encore. De même, la compétence de l'équipe dans le domaine des modèles de décision symboliques peut contribuer sur ces questions.
- L'équipe MAD a débuté lors du dernier quinquennat des collaborations avec des équipes de recherche en informatique normande, plus particulièrement avec les équipes AmacC (projet Ping/ACK) et Image (projets VITA et COACHES) du GREYC ainsi que l'équipe MIND du LITIS (projet SiCoPaD, co-encadrement de stages de Master 2). Ces collaborations ont pour vocation de perdurer et d'apporter à l'équipe MAD les compétences qui peuvent lui manquer, notamment en perception (cf. l'analyse des points faibles) : l'équipe Image du GREYC est compétente en traitement de l'image et l'équipe MIND du LITIS en traitement des signaux utilisateurs dans les systèmes cyber-physiques.

### 3.4.2 Perspectives scientifiques

Bien que restant sur un périmètre toujours décomposé en trois thèmes scientifiques, « Modèles », « Agents », et « Décision », au vu de l'analyse des opportunités présentée ci-dessous, l'équipe MAD propose de structurer ces trois thèmes autour d'un projet fédérateur portant sur l'étude et de développement de *modèles d'agents lisibles pour une autonomie décisionnelle explicable*. Par « modèles d'agents lisibles », nous entendons des modèles spécifiés de manière compréhensible pour utilisateur non expert du système. Par « autonomie décisionnelle explicable », nous entendons des prises de décision explicables par la nature des modèles et acceptables par un utilisateur humain. Ainsi, au regard de cette problématique, nous proposons de résumer le thème général de l'équipe pour le prochain quinquennat avec la phrase suivante :

*« Permettre à un ou plusieurs agents artificiels, évoluant dans un environnement dynamique et incertain, de raisonner et de prendre des décisions en interaction et en confiance avec l'homme »*

L'équipe MAD a toujours confronté ses travaux de recherche fondamentale à des problèmes applicatifs : gestion du trafic portuaire (projet ONE4YOU), accompagnement d'utilisateurs humains (projet COACHES), analyse génomique (projet PepTraQ), prise en compte des enjeux éthiques (projets ETHICAA). En retour, ces applications ont apporté de nouvelles problématiques. En particulier, ces applications posent d'importantes contraintes liées à l'explicabilité et à la lisibilité des modèles d'Intelligence Artificielle. Par exemple, les institutions militaires sont réticentes à l'usage de politiques stochastiques tant pour la sécurité des machines que du

personnel. De même, dans un contexte médical, le personnel et les patients sont désireux de modèles compréhensibles, qui leur permettent de donner un consentement éclairé aux décisions automatisées. Au cours des précédents quinquennats, l'équipe MAD a traité des questions de décision autonome, puis a intégré dans son projet de recherche l'interaction avec l'humain. Intégrer aujourd'hui aux travaux de l'équipe la dimension de confiance dans les interactions et le calcul des décisions, au sens de l'explicabilité et de la lisibilité, est une perspective scientifique naturelle.

Nous présentons ci-dessous les perspectives scientifiques de chaque thème au regard de ce projet fédérateur. Toutefois, ces perspectives n'ont pas pour vocation de négliger la continuité de nos travaux précédents, ni de fermer de nouvelles directions de recherche non encore envisagées (naissant par exemple de nouvelles collaborations ou de nouvelles applications).

- *Thème T1 : Modèles*

Ce thème reste structuré autour de 3 membres (Maroua Bouzid, Alexandre Niveau, Bruno Zanuttini). Au regard du projet fédérateur de l'équipe, nous nous proposons d'y renforcer l'étude de formalismes logiques, en particulier pour la planification, la représentation de plans d'actions et d'intentions. L'objectif est alors de prolonger dans un premier temps nos travaux sur des représentations capables de produire par construction des « explications » aux plans et décisions. Par exemple, nous envisageons de nous concentrer sur deux types d'explications : (1) des explications d'ordre *épistémiques*, qui s'appuient sur les travaux de l'équipe à propos des *Knowledge-Based Programs*, représentation compacte et lisible des plans d'actions dans les Dec-POMDP (Saffidine et al. AAAI 2018); (2) des explications d'ordre *déontiques*, qui s'appuient sur les travaux de l'équipe concernant la mécanisation de l'éthique, en permettant à des agents de raisonner automatiquement et de façon contextuelle sur des valeurs et des vertus (Cointe et al., AAMAS 2016). Au-delà de travailler les questions formelles (questions de complexité, de compacité et de complétude des représentations), une de nos perspectives est d'étendre ces représentations avec des opérateurs temporels afin d'étudier le calcul de plans rendus à leur tour « explicables » par construction.

- *Thème T2 : Agents*

Ce thème reste structuré autour de 3 membres (Grégory Bonnet, Bruno Mermet, Gaële Simon). Au regard de notre projet fédérateur, nous proposons de mettre l'accent sur la spécification et la vérification formelle de comportements permettant la confiance dans les politiques embarquée d'agents au sein de systèmes distribués et/ou décentralisés. Nous nous intéresserons à la modélisation explicite de propriétés pouvant être considérées par un observateur extérieur comme un certificat de confiance (coopérativité, fiabilité, honnêteté, sincérité, etc.) et à leurs preuves formelles au sein de systèmes décentralisés. Pour ce faire, nous proposons de nous appuyer sur des modèles comme les GDT (Mermet et Simon, ICAART 2019) ou des logiques modales représentant la confiance (Leturc et Bonnet, AAMAS 2018). Dans ces cadres, échouer à prouver une propriété peut donner des explications, voire une piste pour améliorer un système ne validant pas un certificat de confiance donné. Une première perspective serait alors d'étendre les GDT, exprimés actuellement en logique du premier ordre, avec des logiques modales afin d'augmenter leur expressivité. Une seconde perspective touche ensuite à la preuve de propriétés dans un contexte où l'effet global des interactions entre agents n'est pas spécifié formellement. Ces propriétés, que nous pouvons qualifier d'émergentes, peuvent être intéressantes à traiter dans le cadre de la vérification, comme par exemple l'éthique du comportement global du système (Mermet et Simon, EDIA 2016) ou la mauvaise réputation d'un agent.

- *Thème T3 : Décision*

Ce thème reste structuré autour de 2 membres (Laurent Jeanpierre, Abdel-Allah Mouaddib). Depuis longtemps, le thème « Décision » s'intéresse au calcul de politiques robustes et lisibles en présence d'incertitude, en particulier dans les (Dec)-(PO)MDPs. Une première perspective directe consiste en la poursuite du projet VITA par une action de maturation et de valorisation. Une seconde perspective, plus théorique, se place dans la continuité de nos travaux sur l'autonomie ajustable (Vanhée et al., AAAI 2019). Il s'agit de s'intéresser au calcul de politiques à modèles de récompense hybrides, permettant de mélanger à la fois des critères classiques d'optimalité (récompenses espérées) et des critères plus lisibles ou compréhensibles par un utilisateur humain (récompense médiane, à variance minimale, etc.). En effet, certains problèmes peuvent comporter des parties de l'espace d'états dans lesquelles des politiques maximisant une espérance de récompense est de mise, tandis que dans d'autres seules des récompenses médianes ou des récompenses certaines sont acceptables. Des exemples concrets de ce type de problèmes sont les applications robotiques, où une machine peut être avoir des missions de natures différentes, telles que du rangement dans un entrepôt ou du guidage d'humain dans ce même entrepôt. Dans la première mission, nous sommes dans un cas classique de problème de planification, tandis que dans la seconde, la machine doit interagir avec un humain et proposer une politique lisible pour s'assurer l'attention, la compréhension et la confiance de ce dernier.

- *Organisation et animation de l'équipe*

Après une décision collégiale de l'équipe, le responsable de l'équipe MAD sera Grégory Bonnet pour le prochain quinquennat. Notons que l'équipe perdra un de ses membres (François Bourdon) pour raison de départ en retraite (prévu en 2021) et sera donc composée comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Remarquons que si les permanents s'inscrivent dans un thème de prédilection, les thèmes restent plastiques et les interactions entre eux sont encouragées.

| Membre               | Fonction                | HDR | T1 | T2 | T3 | Date d'entrée/sortie |
|----------------------|-------------------------|-----|----|----|----|----------------------|
| Grégory Bonnet       | MC UFR Sciences         | ✓   |    | ✓  |    | 2010                 |
| Maroua Bouzid        | PR UFR Sciences         | ✓   | ✓  |    |    | 2002                 |
| Laurent Jeanpierre   | MC IUT de Caen          |     |    |    | ✓  | 2005                 |
| Bruno Mermet         | MC UFR (Univ. du Havre) |     |    | ✓  |    | 2006                 |
| Abdel-Allah Mouaddib | PR UFR Sciences         | ✓   |    |    | ✓  | 2002                 |
| Alexandre Niveau     | MC UFR Sciences         |     | ✓  |    |    | 2013                 |
| Gaële Simon          | MC IUT (Univ. du Havre) |     |    | ✓  |    | 2006                 |
| Bruno Zanuttini      | PR UFR Sciences         | ✓   | ✓  |    |    | 2004                 |

En termes d'animation, la dynamique de l'équipe se structure autour de quatre piliers.

- *Des groupes de travail hebdomadaires.* Ce « groupe de travail » interne, hebdomadaire, auquel toute l'équipe assiste et où chacun présente tour à tour, informellement, résultats et idées, assure une visibilité des uns sur les travaux des autres et le partage d'une culture scientifique, pour les permanents comme pour les non-permanents, facilitant les collaborations. Il est à noter que les étudiants du Master DOP sont conviés à ces groupes de travail pour les sensibiliser aux thématiques de l'équipe et à l'approche scientifique.
- *Une organisation collégiale.* Les aspects organisationnels et politiques de l'équipe (sujets de thèse prioritaires, participation aux enseignements liés aux thèmes de recherche, recrutements, etc.) sont traités lors de réunions (3 ou 4 par an) auxquelles participent les non-permanents. L'équipe MAD se propose de fonctionner sur un principe de collégialité : si les décisions ne sont pas unanimes, elles seront mises au vote avec une voix par permanent, quels que soient son corps et son grade.
- *Une responsabilité collective d'enseignement.* L'équipe MAD est fortement impliquée dans le Master 2 DOP et assure l'Unité d'Enseignement Intelligence Artificielle. La

responsabilité de cet enseignement est partagée, permettant à l'équipe de décider des thèmes à aborder et des membres de l'équipe qui y interviendront en fonction de ses priorités scientifiques de l'année. Ceci assure une visibilité auprès des étudiants, et permet de leur donner les fondamentaux pour aborder sereinement un stage ou une thèse dans l'équipe.

- *Des moments de convivialité.* L'équipe MAD est attachée à l'organisation de sa « journée verte » semestrielle (repas et soirée conviviale chez un des membres permanents de l'équipe) auxquels tous les membres permanents et non-permanents, et les anciens membres de l'équipe sont conviés.

### 3.5 Équipe SAFE

Dans le prochain quinquennat, l'équipe Monétique & Biométrie (MONEBIOM) va changer de nom pour "Security, Architecture, Forensic, biomEtrics" (SAFE), afin de refléter de manière plus pertinentes les thématiques de l'équipe.

#### 3.5.1 Analyse SWOT

Le projet de l'équipe SAFE s'appuie sur une analyse SWOT.

##### Points forts

L'équipe compte plusieurs points forts :

- Relations partenariales et contractuelles conséquentes (valorisation contractuelle de 1.5 M€, 9 thèses CIFRE sur le quinquennat),
- Reconnaissance internationale (3 projets de portée européenne, invitations dans plusieurs conférences invitées, deux thèses co-dirigées avec l'étranger) sur plusieurs travaux de l'équipe (dynamique de frappe au clavier, qualité des données biométriques, ...),
- Formation par la recherche conséquente (12 thèses soutenues pour 7 EC),
- Très bonne insertion dans le GDR sécurité (thèmes "Codage et cryptographie", "Protection de la vie privée" et "Sécurité et données multimédia"),
- 75% des EC de l'équipe ont une HDR.

##### Points faibles

Plusieurs points restent à améliorer :

- Faible collaboration avec les autres équipes du GREYC. La collaboration principale reste celle initiée avec l'équipe Image ;
- Le nombre de publication dans des revues internationales de Q1-Q2 au JCR peut encore être augmenté compte tenu du nombre de doctorants (même si les thèses CIFRE ne permettent pas toujours d'autant publier).

##### Risques

- Prise de responsabilités administratives de plusieurs membres de l'équipe (direction du laboratoire, direction des études d'un département d'IUT sur un site délocalisé, co-responsabilités de formations/majeures à l'UNICAEN et à l'ENSICAEN). De par cette surcharge, il existe un réel risque d'essoufflement de la part de ses personnes, avec pour conséquence une baisse du temps consacré à la recherche ;
- Impossibilité de pérenniser des Ingénieurs de Recherche/Étude recrutés pour la gestion des projets collaboratifs industriels au delà des cinq ans.

### Opportunités

- Favoriser la soutenance de plusieurs HDR (deux EC ont prévu soutenir leur HdR sur le quinquennat : Estelle Cherrier et Morgan Barbier) ;
- Recrutement d'un PR à l'ENSICAEN (poste ouvert au concours pour la rentrée 2020) ;
- Profiter de nos relations à l'international pour participer à des projets collaboratifs internationaux ;
- Favoriser le dépôt de brevets/logiciels pour les prototypes développés dans l'équipe.
- L'arrivée de deux membres de l'ancienne équipe HULTECH permettra d'apporter de nouvelles compétences sur les thématiques de la forensique que l'on souhaite développer dans l'équipe sur le prochain quinquennat.

### 3.5.2 Perspectives scientifiques

Le responsable de l'équipe SAFE sera Christophe Charrier pour le prochain quinquennat. Le projet scientifique de l'équipe s'inscrit dans la continuité du précédent quinquennat en s'appuyant sur ses savoir-faire reconnus au niveau national et international. Les thématiques de recherche seront structurées autour des trois thèmes dont deux déjà existants, à savoir la biométrie (T1) et les architecture & modèles de sécurité (T2) et la forensique (T3). Lyes Khoukhi nous rejoint à la rentrée 2020 comme professeur des universités à l'ENSICAEN et pilotera le thème T2. Suite à la réorganisation des équipes dans le laboratoire, deux membres issus de l'équipe HULTECH viendront renforcer l'équipe SAFE : Emmanuel Giguet (CR HDR) et Marc Spaniol (PR). Le thème Forensique (T3) traitera l'analyse de traces numériques (en exploitant la nouvelle compétence TAL avec des applications pour la protection de la vie privée ou des investigations). Le récapitulatif des membres de l'équipe SAFE est donné dans le tableau 3.5.2.

| Prénom et nom                         | Fonction                           | HDR | T1 | T2 | T3 | Entrée |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----|----|----|----|--------|
| Morgan Barbier                        | MC ENSICAEN                        |     | ✓  | ✓  |    | 2013   |
| Christophe Charrier                   | MC IUT GRAND OUEST NORMANDIE       | ✓   | ✓  |    | ✓  | 2013   |
| Estelle Cherrier                      | MC ENSICAEN                        |     | ✓  |    | ✓  | 2011   |
| Emmanuel Giguet                       | CR CNRS                            | ✓   |    |    | ✓  | 2020   |
| Lyes Khoukhi                          | PR ENSICAEN                        | ✓   |    | ✓  | ✓  | 2020   |
| Patrick Lacharme                      | MC ENSICAEN                        | ✓   | ✓  | ✓  | ✓  | 2010   |
| Jean-Marie Le Bars                    | MC UFR SCIENCES                    | ✓   | ✓  | ✓  |    | 2014   |
| Joan Reynaud                          | IGR ENSICAEN                       |     |    | ✓  |    | 2007   |
| Christophe Rosenberger                | PR ENSICAEN                        | ✓   | ✓  |    | ✓  | 2007   |
| Marc Spaniol                          | PR UFR SCIENCES                    | ✓   |    |    | ✓  | 2020   |
| Sylvain Vernois                       | IGR ENSICAEN                       |     | ✓  | ✓  |    | 2007   |
| <b>Prévision 2020</b> : 11 permanents | 3 PR, 1 CR, 5 MC, 2 IGR dont 7 HDR | 7   | 7  | 6  | 7  |        |

■ Nouveaux membres

■ Membres ayant prévus de passer leur HdR durant le quinquennat

- *Thème T1 : Biométrie (Responsable : C. Charrier)*

Le thème biométrie conservera ses trois axes historiques à avoir la définition, l'évaluation de systèmes biométriques et la protection des données biométriques.

L'axe consistant à concevoir de nouveaux systèmes biométriques va s'enrichir en travaillant sur la réalisation de nouveaux capteurs en interaction avec des industriels. L'objectif est ainsi d'augmenter la performance de reconnaissance et surtout d'éviter des attaques par présentation (copie gélatine d'une empreinte digitale par exemple). La thèse de Soumik Mallick (encadrée par C. Charrier) débutée en octobre 2019 concerne cet aspect avec la

conception d'un capteur d'empreinte digitale par ultrasons. Plusieurs verrous scientifiques seront adressés comme la mise à jour du modèle biométrique à l'aide d'un minimum de données ou l'adaptation du fonctionnement du système en fonction de l'utilisateur dans la continuité de la thèse d'Abir Mehenni (encadrée par C. Rosenberger et E. Charrier). Un autre volet qui sera également développé durant le quinquennat (avec des interactions possibles avec le thème T3) est l'exploitation de données biométriques pour des applications forensiques et l'enrichissement de systèmes biométriques avec des traitements du langage (notamment reconnaissance d'un individu par sa dynamique de frappe au clavier et une analyse sémantique du contenu saisi).

L'axe évaluation du thème sera focalisé sur deux aspects importants en biométrie à savoir la qualité des données biométriques et l'évaluation des attaques par présentation. L'équipe travaille depuis de nombreuses années sur la mesure de la qualité de données biométriques sur des modalités telles que l'empreinte digitale ou les veines. Nous avons également l'intention d'étendre cette approche sur le visage et notamment sur les reconstructions 3D des visages, ainsi que sur des modalités comportementales (ex. la dynamique de frappe au clavier) qui sont par nature moins intrusives mais aussi moins performantes. Le second aspect concerne l'évaluation des attaques par présentation. Une nouvelle thèse (Abdrahamane Wone encadrée par C. Rosenberger et C. Charrier) a débuté en octobre 2019 sur la problématique de la résistance de systèmes biométriques vis-à-vis d'attaques par présentation. Le contexte est la certification de systèmes biométriques à l'aide de protocoles reproductibles. Une piste de travail concerne la génération de bases de données biométriques d'attaques synthétiques à partir de données réelles en utilisant des approches basées sur des réseaux antagonistes génératifs (GAN en anglais). La thèse de Brice Wandji débutant en septembre 2020 (encadrée par C. Rosenberger et C. Charrier) adresse la même problématique mais sur des données biométriques comportementales.

Les interactions avec le thème Forensique (T3) sont nombreuses, notamment lorsque l'on aborde la notion de protection des données personnelles dans le cadre de la RGPD (Règlement général sur la protection des données). Le troisième axe du thème biométrie concerne la protection des données biométriques, avec notamment l'utilisation de schémas originaux de transformation non inversibles. La thèse de Tanguy Gernot débutée en octobre 2019 (et encadrée par J-M. Le Bars et M. Barbier) concerne l'évaluation de ces transformations pour la conception de solutions plus robustes. La spécificité du GREYC au niveau international sur cette thématique est très importante pour nos collaborations industrielles car ces transformations permettent des traitements centralisés en conformité avec la RGPD.

- *Thème T2 : Architectures et modèles de sécurité (Responsable : L. Khoukhi)*

Ce thème intègre plusieurs aspects importants liés à la conception et validation des architectures et modèles de sécurité. Afin de poursuivre les travaux déjà existants, de nouvelles méthodes de détection d'attaques, de contres-mesures associées seront développées ainsi que de nouvelles preuves de sécurité à l'aide de primitives de sécurité qu'il est possible de formaliser.

Le premier axe de recherche concerne la sécurisation des futures technologies des réseaux SDN/5G/6G, via des approches de sécurité à la demande pour faire face à la variation des exigences de sécurité des données en fonction des services pris en charge. Le recrutement du nouveau professeur Lyes Khoukhi recruté en 2020 apportant des compétences sur la sécurisation des réseaux mobiles et SDN (1 thèse en cours et 1 thèse soutenue en 2019 encadrées par Lyes Khoukhi) et sur l'utilisation des Blockchains (1 thèse en cours et 1 soutenue encadrées par Lyes Khoukhi) permettra de proposer des architectures et modèles innovants pour SDN/5G/6G, en concordance avec les normes et recommandations de

standardisation (ETSI, 3GPP, etc.). Pour ce volet, des collaborations avec Orange Labs seront établies. Qui plus, le problème de déploiement de fonctions de sécurité dans les réseaux de l'internet continuera à être modélisé à l'aide de logique du premier ordre et de théorie des graphes, ce qui aboutira à de nouvelles solutions génériques, dans la continuité des travaux déjà existants initiés par Jean-Marie Le Bars et Morgan Barbier. Un des enjeux en sécurité se situe à la jonction des mondes physique et cyber, ou comment il est possible de lier un évènement dans le monde physique (réseaux de distribution d'énergie et ITS par exemple) et un évènement du monde cyber (IoT, dispositifs informatiques industriels, etc.). A cette fin, il conviendra d'exploiter une nouvelle façon de gérer ces aspects de cyber-sécurité. Des collaborations seront établies avec des opérateurs industriels (comme NXP, EDF).

Un deuxième axe abordera la détection des attaques et les contres-mesures associées. Cet axe répondra également aux failles de sécurité et attaques potentielles contre les systèmes et architectures étudiés dans l'axe 1 (Thème 2). De nouveaux modèles basés sur l'exploitation des biais statistiques à l'aide de techniques d'apprentissage statistique, voire d'apprentissage profond seront étudiés. Des interactions avec le Thème 1 et notamment sur les problématiques de détection d'attaques par présentation pourront être mises en évidence. Des mécanismes de contres-mesures seront également développés et combinés aux modèles de détection d'attaques, dont l'objectif est de répondre en temps réel aux attaques. Des tests seront réalisés sur la plateforme forensique avec des données réelles en lien avec le Thème 3.

Un troisième axe portera sur l'étude et la modélisation de fonctions booléennes pour des fins de sécurité, dans la continuité des travaux commencés par Jean-Marie Le Bars et Morgan Barbier. Un des objectifs est d'évaluer la sécurité des systèmes basés sur les codes correcteurs en étudiant la complexité des problèmes de théorie des codes ; comme par exemple lier le système Fuzzy Vault et le problème de décodage des codes de Reed-Solomon . Un deuxième objectif sera de déterminer les propriétés que doivent vérifier les données du système pour que la sécurité puisse être garantie. En effet, le bon fonctionnement du décodage implique que les données soient bien réparties par rapport aux mots du code. Grâce à cette étude et aux outils théoriques des codes correcteurs, les travaux pourront s'orienter sur une étude formelle de la sécurité des systèmes et architectures (étudiés dans les axes 1 et 2 de ce Thème 2) et montrer que la sécurité se réduit à des problèmes difficiles (NP-difficile, NP-complet) par exemple.

De manière plus générale, dans la continuité de la conférence CAEN 2018 (Cryptographie et théorie Algorithmique des Nombres), l'équipe participe au projet ArCoCrypt (Arithmétique, Codes et Cryptographie) avec les laboratoires normands LITIS et LMNO ; et JSecIN (Journée Sécurité Informatique Normande).

- *Thème T3 : Forensique (Responsable : P. Lacharme)*

Dans notre contexte, la forensique regroupe l'ensemble des méthodes d'analyse de traces numériques afin de servir au travail d'investigation de manière large. Les traces numériques peuvent être utilisées pour profiler les personnes, identifier un comportement (une fraude par exemple), pour mener une investigation soit criminelle (récupération d'éléments de preuves dans une affaire criminelle) soit en cas d'incident (identification de la raison d'une défaillance liée par exemple à un virus) ou enfin pour mesurer l'atteinte à la vie privée d'un utilisateur (dans quelle mesure un individu est identifiable ?). Ce thème de recherche correspond à un intérêt grandissant de l'équipe, activité proche du thème 1 en biométrie et déjà traité dans plusieurs thèses du quinquennat passé (thèse de Thomas Gougeon sur l'analyse de dumps mémoire ou de Mathieu Valois sur la sécurité de mots de passe). Cette expertise que nous souhaitons développer sera utile pour des applications de détection de

fraude (par exemple dans la thèse CIFRE de Safa El Ayeb débutée en 2020 et encadrée par E. Charrier et C. Charrier), d'investigation dans le cadre de notre collaboration avec la gendarmerie (section recherche criminalité numérique de Caen) et l'IRCGN, pour l'identification de données personnelles (vie privée) ou pour mieux authentifier/identifier un individu (en lien avec le thème 1 de l'équipe).

Le premier axe de recherche de l'équipe concerne le traitement automatique de la langue, composante essentielle de l'analyse de traces numériques textuelles. Avec l'arrivée de Marc Spaniol et d'Emmanuel Giguet au sein de l'équipe SAFE, les questions de classification automatique, de recherche et d'extraction automatique d'information seront étudiées au travers des différents types de documents rencontrés (échanges par mail, message de forums de discussion, conversation instantanée, courrier, document, données issues des logiciels de navigation, ...) et au travers des différents formats de fichiers ou traces numériques, qu'il s'agisse de format connu (e.g., PDF, Word, OpenDocument, ...), ou inconnu (issue de techniques de carving). Une attention particulière sera portée à la détection, l'analyse et la mise en relation des entités nommées (nom, adresse, téléphone, identifiants bancaires, identifiants numériques, ...) lors de l'agrégation de ces données.

Un second axe de travail est le développement d'une plateforme forensique pour la mise en oeuvre ou l'évaluation de méthodes d'analyse de traces numériques. Nous capitaliserons sur la connaissance métier d'Emmanuel Giguet (ancien expert judiciaire pour la Cour d'Appel de Caen pendant 10 ans, spécialisé dans la lutte contre la pédopornographie). Nous développerons des solutions d'extraction d'information, d'exploration de grandes collections hétérogènes, d'analyse de logs ou encore des approches reliant l'identité numérique et l'identité réelle des individus. L'analyse d'interactions sociétales dans le cyber espace doit nous permettre de mieux comprendre les dépendances mutuelles entre les contenus Web et les utilisateurs qui les créent et y accèdent. A partir des modèles de confiance (détection d'attaques, primitives, etc.) développés dans le thème T2, une solution variée d'analyse des paquets réseaux (analyse comportementale des flux de données, analyse des sources des paquets IP, etc.) peut également s'intégrer dans cette plateforme fédératrice.

Enfin, nous souhaitons aussi continuer à travailler dans le domaine de la protection des données personnelles en poursuivant notre participation au colloque APVP (comité de programme et contribution scientifique) et conjointement avec le domaine de la protection des données biométriques du thème T1. Les contributions scientifiques dans les 2 premiers axes de travail nous permettront de répondre à des problématiques de protection de la vie privée : puis je identifier l'auteur d'un document ou d'un tweet ? les données techniques (paquet IP) ou média permettent ils de révéler des informations à caractère personnel sur un individu ?

### **Organisation et animation de l'équipe**

Le mode de fonctionnement actuel, même s'il donne satisfaction aux membres de l'équipe, sera amélioré de manière à étendre les échanges scientifiques entre les différentes membres. Ainsi, les séminaires dits informels seront reconduits et l'organisation sera confiée à un des doctorants de l'équipe de manière à les impliquer encore un peu plus dans la vie de l'équipe.

Les réunions hors site universitaire seront également reconduites en conservant le format actuel de découpage de la journée, à savoir une réunion le matin, un repas convivial le midi et des activités autres l'après-midi, le tout dans un souci de renforcement de la cohésion et du « bien vivre ensemble ». Dans la continuité, un espace de convivialité sera aménagé afin de favoriser les échanges informels entre les membres de l'équipe, qui sont très souvent des moments d'émulation scientifique. Finalement, il sera proposé de mettre en place un rapport

annuel d'activité permettant d'avoir un document à jour des activités de recherche de l'équipe et qui pourra être fourni aux industriels le cas échéant.

## 3.6 Équipe IMAGE

### 3.6.1 Analyse SWOT

#### a) Points forts :

Le bilan de l'équipe fait ressortir plusieurs points forts.

- Une production scientifique de qualité, en particulier dans des revues internationales de premier plan.
- Une reconnaissance nationale et internationale sur plusieurs thématiques (variationnel/optimisation, apprentissage machine, reconnaissance structurelle de formes).
- Une activité contractuelle soutenue (ANR, CIFRE, contrats industriels) et quelques participations à des projets européens (H2020 NoMADS, RECONSURVE).
- Une bonne intégration au niveau régional, due notamment à l'activité des permanents sur plusieurs sites universitaires (Caen, Cherbourg, St-Lô).
- Une activité reconnue en développement logiciel, avec des réalisations téléchargées massivement et utilisées dans le monde entier, par un public très varié (scientifiques et grand-public).
- Une activité de valorisation et de transfert technologique concrétisée par des créations d'entreprises.
- Une forte implication dans la diffusion de la culture scientifique au travers d'évènements grand public (FÊNO, Fête de la Science, Journée Nationale de la Culture Numérique) et d'ateliers dans les collèges et les lycées.

#### b) Points faibles :

Certains points de vigilance sont néanmoins à souligner.

- Certains membres de l'équipe sont surchargés par les tâches administratives, en enseignement (responsabilité de Master 2, de spécialité et de majeure à l'ENSICAEN, d'un département de l'IUT, ...) et en recherche (direction de la Fédération NORMASTIC, anciens et futurs membres de la direction du laboratoire, ...). Plus généralement, on observe que le nombre de ces tâches additionnelles augmente d'année en année et impacte nettement la productivité en recherche des membres permanents de l'équipe.
- L'équipe réponds peu aux appels à projets européens. Nous souhaitons renforcer l'implication des membres de l'équipe dans le montage de projets européens. Le recrutement d'un jeune CR CNRS en 2018 (*Y. Quéau*) devrait permettre une contribution accrue aux projets européens dans le futur.
- Certains membres de l'équipe sont encore non-productifs en recherche. L'équipe s'était engagée sur une politique d'accompagnement et d'appui de membres non-productifs (4 en 2015). Cette politique, menée par le biais de projets scientifiques communs a connu un certain succès pour plusieurs membres (2 membres permanents sont devenus publiants). Nous devons continuer dans cette voie.

#### c) Risques :

L'équipe identifie deux risques majeurs pour son quinquennat.

- Du fait de l'attraction forte qu'exerce l'enseignement en *Apprentissage Machine* et en *Intelligence Artificielle*, on observe localement une augmentation significative du vivier d'étudiants (notamment à l'ENSICAEN), qui se traduit par une augmentation des besoins dans ces modules d'enseignement. Or, la gestion de ceux-ci au niveau du campus repose presque exclusivement sur quelques permanents de l'équipe IMAGE (*A. Lechervy, F. Jurie, J. Rabin, L. Simon et O.*

Lézoray), avec un risque significatif d'augmentation des tâches d'enseignement pour ces permanents, qui sont déjà en surcharge administrative. En particulier, *F. Jurie* a récemment obtenu un détachement hors du laboratoire (secteur privé) et ne participera plus à ces enseignements.

- L'intégration de deux nouveaux membres permanents (*G. Dias* et *F. Maurel*) en provenance de l'équipe HULTECH, spécialisés en analyse de textes et de documents, peut représenter un risque (autant qu'une opportunité) en ce qui concerne la cohérence thématique dans nos activités de recherche.

#### d) Opportunités :

- Le projet d'EUR porté par *J. Fadili*, qui va s'implémenter sous forme d'une *Graduate School* normande va renforcer la présence de la thématique *Image et Signal* dans l'offre de formation au niveau régional (Rouen / Caen / Le Havre), avec possiblement un vivier d'étudiants de bon niveau dont certains pourraient intégrer à terme l'équipe en tant que contractuels (futurs doctorants ou ingénieurs).

- La stratégie de recherche et d'innovation de la région Normandie se met en place au travers de pôles scientifiques bien délimités. Les thématiques du pôle *Sciences du Numérique* sont en parfaite adéquation avec les activités de l'équipe IMAGE. Nous avons pu bénéficier de nombreux financements régions (RIN) lors du quinquennat précédent, aussi bien pour le financement de thèses que de projets de recherche émergents. L'équipe va chercher à entretenir cette dynamique positive, pour renforcer encore ses collaborations avec les acteurs locaux de la recherche, pour la santé (Cyceron, CHU de Caen, CHPC de Cherbourg, projet ARCHADE pour l'hadronthérapie) et la valorisation du patrimoine (Musée de la Tapisserie de Bayeux, MRSH pour le traitement et la structuration des manuscrits médiévaux numérisés, via le futur projet CPER NUMNIE-2).

- *F. Jurie* a obtenu le financement d'une chaire IA de l'ANR, pour la période 2020-2024. Ce projet conséquent va permettre de dynamiser le recrutement de doctorants et post-doctorants et de faire collaborer de nombreux permanents de l'équipe (de rang *B*) autour de co-encadrements sur des sujets porteurs liés à l'apprentissage profond en traitement d'images. *F. Jurie* a demandé (et obtenu) un détachement fin 2020, mais accepte de superviser cette chaire avec l'aide des autres permanents de l'équipe.

- Nous pensons que l'arrivée dans l'équipe IMAGE de deux permanents de l'ancienne équipe HULTECH (*G. Dias* et *F. Maurel*) va permettre le développement de nouvelles thématiques inter-disciplinaires originales sur l'analyse et le traitement de données multimodales (Image + Texte), en combinant nos expertises respectives.

- Le développement intensif de notre plateforme logicielle G'MIC et son succès croissant auprès du grand public représentent une opportunité pour l'équipe, avec de nouvelles collaborations possibles (entreprises / laboratoires / artistes) autour des thèmes de la photographie computationnelle et de l'imagerie artistique.

### 3.6.2 Perspectives scientifiques

#### Vue d'ensemble du projet :

L'élaboration de notre projet d'équipe pour le prochain quinquennat découle directement de cette analyse SWOT : nous proposons de redessiner les contours de l'équipe, en définissant trois *thématiques scientifiques* (TS) et trois *thématiques applicatives* (TA) qui matérialisent l'ensemble des activités de recherche à fort potentiel, dans lesquels les permanents de l'équipe veulent s'impliquer.

▷ **3 thèmes scientifiques (TS) :**• *TS1 : Analyse et Traitement de Données Multimodales.*

Ce thème portera sur l'étude et l'élaboration d'algorithmes "bas-niveau" pour l'analyse et le traitement de données multimodales (signaux, images, vidéos et textes), algorithmes dont le socle scientifique commun repose sur les méthodes variationnelles, les problèmes inverses, les EDPs, le transport optimal, les méthodes non-locales par patches, les algorithmes définis sur graphes, ou encore la morphologie mathématique multivariée.

• *TS2 : Optimisation et Apprentissage Statistique.*

Ce thème s'intéressera à l'étude théorique des algorithmes d'optimisation non-convexe pour l'apprentissage statistique. En particulier, on cherchera à formaliser mathématiquement la fusion de modèles physiques et de données d'apprentissage pour l'amélioration des performances en apprentissage machine.

• *TS3 : Reconnaissance et Vision par Ordinateur.*

Ce thème explorera l'utilisation d'algorithmes "haut-niveau" basés sur l'apprentissage machine et les réseaux de neurones pour la reconnaissance de formes et de structures dans des données images / vidéos, des données définies sur des graphes, ou des données textuelles.

▷ **3 thèmes applicatifs (TA) :**• *TA1 : Santé-Biologie.*

Ce thème centralise les méthodes de traitement d'images, qui se concrétisent par des collaborations applicatives avec les acteurs régionaux de la santé : le traitement d'images IRM (avec le centre Cyceron, le CHU de Caen), la microscopie et l'aide à la décision en cancérologie (avec le centre François Baclesse de lutte contre le cancer, le CHPC de Cherbourg), l'hadronthérapie (programme ARCHADE de Caen), l'accessibilité pour les non voyants (LPCN Caen, association CecitiX, entreprise Starnav), ou encore la détection précoce de désordres mentaux (EPSM Caen).

• *TA2 : Valorisation du Patrimoine.*

Ce thème rassemble des travaux qui visent à traiter des données brutes issues de campagnes d'acquisition d'images d'œuvres patrimoniales en 2D, 3D et multispectrales. Avec les travaux en image et nuages de points et les collaborations avec des chercheurs en SHS, l'équipe a acquis des compétences dans le domaines de la valorisation du patrimoine pour faciliter l'accessibilité aux historiens, conservateurs, chercheurs et pour les mal ou non voyants. Nous comptons poursuivre ces travaux inter-disciplinaires STIC-SHS, en particulier dans le cadre du programme régional NUMNIE-2 en lien avec la MRSH ou dans le cadre de programmes nationaux ou internationaux.

• *TA3 : Photographie Computationnelle et Imagerie Artistique.*

Ce thème regroupe l'utilisation de méthodes algorithmiques pour la retouche de photographies et de vidéos numériques, ainsi que l'aide à la création artistique. L'expertise de l'équipe dans le domaine de l'analyse et la synthèse de photographies (notamment avec nos travaux récents sur les réseaux antagonistes génératifs), couplée à la popularité croissante de la plateforme logicielle G'MIC, développée dans l'équipe et utilisée par des photographes et illustrateurs du monde entier, en font un thème applicatif à fort potentiel. Les travaux de ce thème doivent construire un lien théorique naturel entre les thèmes *TS1* et *TS3*.

**Organisation et animation de l'équipe :**

Le responsable de l'équipe IMAGE (*D. Tschumperlé*) a été reconduit pour le prochain quinquennat (par vote des permanents). Le tableau 3.2 détaille l'affectation des thèmes aux permanents (en vert, les nouveaux arrivants, en provenance d'HULTECH). Le traitement d'images "bas-niveau" (*TS1*) reste une activité "historique", très présente dans l'équipe. Les autres thèmes scientifiques et applicatifs se répartissent de manière plus équilibrée.

|                                       | Fonction                    | TS1 | TS2 | TS3 | TA1 | TA2 | TA3 |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sébastien Bouglex                     | MC *                        | ✓   |     | ✓   |     | ✓   | ✓   |
| Luc Brun                              | PR                          |     | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |
| Youssef Chahir                        | MC HDR                      | ✓   |     | ✓   | ✓   |     |     |
| Régis Clouard                         | MC HDR                      | ✓   |     | ✓   |     | ✓   |     |
| <b>Gaël Dias</b>                      | PR                          | ✓   |     | ✓   | ✓   |     |     |
| Abder Elmoataz                        | PR ⊙                        | ✓   | ✓   |     | ✓   | ✓   |     |
| Jalal Fadili                          | PR                          | ✓   | ✓   |     |     |     | ✓   |
| Sébastien Fourey                      | MC                          | ✓   |     |     |     |     | ✓   |
| Frédéric Jurie                        | PR                          | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |     |
| Olivier Lézoray                       | PR                          | ✓   |     | ✓   |     | ✓   | ✓   |
| Alexis Lechervy                       | MC *                        | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |     |
| Amal Mahboubi                         | MC                          | ✓   |     | ✓   |     |     | ✓   |
| <b>Fabrice Maurel</b>                 | MC *                        | ✓   |     | ✓   | ✓   |     |     |
| Myriam Mokhtari-Brun                  | MC                          | ✓   |     | ✓   | ✓   |     |     |
| Christine Porquet                     | MC ⊙                        | ✓   |     |     |     | ✓   | ✓   |
| Yvain Quéau                           | CR                          | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| Julien Rabin                          | MC *                        | ✓   | ✓   |     | ✓   | ✓   | ✓   |
| Sophie Schüpp                         | MC                          | ✓   |     | ✓   | ✓   | ✓   |     |
| Loïc Simon                            | MC *                        |     | ✓   |     |     |     | ✓   |
| David Tschumperlé                     | CR HDR                      | ✓   | ✓   |     |     |     | ✓   |
| <b>Prévision 2020</b> : 20 permanents | 6 PR, 2 CR,<br>12 MC, 9 HDR | 18  | 9   | 13  | 9   | 8   | 10  |

\* : Maître de Conférences ayant prévu de soutenir son HDR sur la période 2021-2026.

⊙ : Départ à la retraite prévu avant la fin de la période.

Tableau 3.2 – Organisation de l'équipe IMAGE pour le prochain quinquennat (en vert/gras, les nouveaux arrivants de l'équipe HULTECH au 1er septembre 2020).

## 3.7 Équipe ELEC

### 3.7.1 Analyse SWOT

A l'issu du bilan nous avons listé nos forces et faiblesses dans l'analyse SWOT ci-dessous.

#### Points forts

- Des savoir-faire reconnus avec la couverture de plusieurs aspects complémentaires d'une chaîne d'acquisition, depuis les matériaux jusqu'aux capteurs et applications.
- Une très bonne production scientifique et des collaborations nationales, européennes et internationales suivies, concrétisées par des contrats.
- Très bon niveau d'équipement dans des locaux adaptés.
- Une très forte activité de médiation scientifique.

#### Points faibles

- Difficultés de recrutement de doctorants, notamment par manque d'étudiants dans le master EEEA.

- Equipe de grande taille et multi-site (Cherbourg, Alençon, Vire) - difficultés de maintenir les liens, nécessité de doubler certains équipements.
- Malgré le recrutement d'un ingénieur d'étude, l'encadrement technique reste insuffisant.

#### Risques

- Surcharge administrative de certains membres avec pour conséquence une baisse du temps consacré à la recherche.
- Des activités de nature expérimentale qui impliquent des besoins financiers de fonctionnement important et non couverts par les fonds récurrents - nécessité de rechercher des budgets de fonctionnement sur contrats.
- Thématique en marge du laboratoire et de l'école doctorale - peu d'échange avec les autres équipes.

#### Opportunités

- Présence d'un nouvel ingénieur d'étude CNRS permanent en salle blanche, qui complète l'équipe des 2 personnels permanents d'appui à la recherche déjà présents (de profil électronique).
- Soutien régional à travers les RIN (opportunités de lien vers d'autres équipes du laboratoire et d'autres laboratoires normands (CIMAP, CRISMAT, LCS, GPM, etc)).
- Création du laboratoire commun Murata - CRISMAT/GREYC/CIMAP.

### 3.7.2 Perspectives scientifiques

Le projet s'inscrit dans la continuité du précédent quinquennat et s'appuie sur ses savoir faire reconnus (bruit à basse fréquence, oxydes fonctionnels, capteurs magnétiques) constituant l'identité de l'équipe et justifiant la présence de l'équipe dans les réseaux nationaux et internationaux de ces domaines (GDR, COST, organisations de conférences), ainsi que sur des thématiques nouvelles développées ces 5 dernières années. 4 domaines d'application (santé, environnement, physique des composants, contrôle non destructif) sont visés. L'équipe va adopter une nouvelle organisation en 3 axes décrits ci-dessous, qui rassemblent les ex-GT2 et ex-GT3 dans l'axe 2, et les ex-GT4 et ex-GT5 dans l'axe 3, pour une meilleure visibilité des thématiques de l'équipe.

- **Axe 1 : Physique des composants à semi-conducteurs : bruit, température, défauts électroniques (Coordinateurs : B. Cretu, Y. Guhel)**
  1. Étude du transport électrique et identification des défauts dans les composants semi-conducteurs
  2. Caractérisation thermique de transistors de puissance hyperfréquence de la filière GaN
  3. Étude de composants passifs dans le cadre de labo commun avec Murata (IPDN).

**Résumé :** Les performances des composants électroniques peuvent être dégradées par la présence de défauts induits par les procédés technologiques de fabrication, par les champs électriques imposés et/ou par les rayonnements ionisants selon les applications. L'axe 1 dispose des compétences pour caractériser ces défauts par des mesures de bruit basse fréquence, des mesures électriques en régime pulsé et/ou des mesures DLTS. L'étude du bruit basse fréquence est aussi utilisée comme outil de diagnostic non destructif pour prédire la qualité et la fiabilité des composants électroniques du futur. Les composants peuvent aussi être détériorés par des effets thermiques. Des techniques sont développées pour estimer leur échauffement (spectroscopie Raman).

Les études par spectroscopie de bruit notamment en fonction de la température, conjuguées à ceux en courant continu, seront poursuivies dans le cadre d'un nouvel accord de collaboration avec IMEC sur des transistors III-V/Si et sub-7 nm. Nous souhaitons également poursuivre nos études sur les composants nitrures en poursuivant nos efforts pour utiliser de façon complémentaire les moyens de caractérisations électriques rassemblées

dans le projet régional PLACENANO démarré en 2018 afin d'identifier les défauts actifs électriquement, et approfondir nos connaissances des techniques disponibles dans les laboratoires normands partenaires. Dans ce cadre, nous allons coupler un banc de mesures électriques en régime pulsé avec un spectrophotomètre. La collaboration avec l'EAMEA sera poursuivie avec l'objectif de déterminer l'énergie d'activation des pièges électriques présents dans les composants de la filière III-V et d'effectuer des irradiations des composants étudiés. De plus, nous avons déposé des demandes de financement régionaux afin d'optimiser notre technique de mesures de température utilisant des micro-thermomètres par l'achat d'un spectromètre Raman permettant d'effectuer des mesures en régime pulsé et en régime de commutation. Dans ce cadre, il est prévu de poursuivre notre collaboration avec Thales Land & Air Systems.

Enfin, nous allons diriger une partie de nos activités vers l'étude de composants passifs dans le cadre d'un laboratoire CNRS commun entre la société Murata, l'ENSICAEN et l'université de Caen qui devrait être créé dans le second semestre 2020 (IPDN : laboratoire commun de Dispositifs Passifs Intégrés de Normandie). Les activités de la société Murata à Caen concernent l'intégration de dispositifs passifs à très hautes performances. Plusieurs laboratoires Caennais sont impliqués, et le GREYC interviendra sur les caractérisations électriques des dispositifs pour identifier des défauts et améliorer les procédés de fabrication en utilisant les techniques et compétences actuelles de l'équipe. Une extension de ces compétences par des mesures et analyses à hautes fréquences (jusqu'à 110 GHz) est prévue.

- **Axe 2 : Oxydes fonctionnels (Coordinateurs : S. Flament, B. Guillet)**

1. Anisotropie magnétique, AMR, MOKE et applications
2. Détecteurs de rayonnement
3. MEMS et capteur d'humidité
4. Défauts et propriétés des oxydes et hétérostructures

**Résumé :** Les activités de cet axe ont pour objet l'exploitation des propriétés physiques particulières des couches minces d'oxydes fonctionnels. Les objectifs sont d'une part de réaliser des capteurs magnétiques et de rayonnement et d'autre part l'étude des hétérostructures et des défauts dans ces oxydes afin de concevoir à terme de nouveaux capteurs. Les couches minces d'oxydes sont principalement déposées au sein du GREYC soit par ablation laser pulsée soit par pulvérisation cathodique.

Afin d'accroître notre maîtrise de l'anisotropie magnétique, qui joue un rôle essentiel dans la détectivité des capteurs, nous allons coupler imagerie magnéto-optique Kerr (MOKE) et caractérisation électrique. L'ajout de concentrateurs de champ magnétique sera également envisagé afin d'augmenter la sensibilité. Nous étudierons la résolution spatiale des capteurs en fonction de la distance source - capteurs. Tout ceci permettra de proposer une géométrie des capteurs adaptée à l'application envisagée. Dans le prolongement du projet européen ByAxon, nous nous intéresserons en particulier à la détection magnétique de l'activité neuronale et musculaire.

L'étude du système complet de dosimètres opérationnels multipoints à base d'oxyde pour une utilisation dans le domaine de la chirurgie interventionnelle sous amplificateur de brillance aux rayons X sera menée afin d'améliorer leur sensibilité. Nous souhaitons également poursuivre nos travaux sur les bolomètres LSMO suspendus en étudiant le couplage rayonnement – détecteurs afin d'adapter les détecteurs aux gammes de longueur d'onde (THz et IR lointain) où il manque des détecteurs non refroidis performants. Dans ce cadre nous avons initié des collaborations pour des caractérisations à quelques centaines de GHz (IEMN, synchrotron Soleil), et nous sommes dans l'attente du financement d'un projet ANR. L'utilisation des effets de contraintes dans LSMO pour la réalisation de

MEMS sera étudiée systématiquement par microscopie holographique afin d'optimiser les dimensions et le procédé de réalisation. Associé à des matériaux piézoélectriques, ces dispositifs pourraient être appliqués à la détection de rayonnement.

Les possibilités de modification et de contrôle des propriétés électriques et magnétiques du LSMO par implantation seront poursuivies, grâce à l'association de différents matériaux ou l'utilisation de la plateforme PELIICAEN au CIMAP, un outil unique en France qui permet l'implantation focalisée et contrôlée d'ions de diverse nature. Nous souhaitons examiner les défauts, notamment grâce à des mesures de bruit à basse fréquence ou DLTFs. Les objectifs sont de mieux comprendre les propriétés aux interfaces, et de créer des dispositifs innovants de type diodes ou jonctions P-N, menant potentiellement au développement de détecteurs magnétiques et de rayonnement.

• **Axe 3 : Systèmes complexes de mesure et de détection : bruit, capteurs, instruments, applications (Coordinateurs : M. Denoual, S. Saez)**

1. Capteurs de champ magnétique à haute sensibilité
2. Capteurs de champ électrique
3. Détecteurs intelligents

**Résumé :** L'axe 3 s'intéresse à l'étude de systèmes complexes de mesure et de détection selon 3 thématiques. Les travaux menés ont en commun une approche systémique des problèmes. L'analyse et la mise en œuvre des capteurs comme des applications nécessitent une prise en compte simultanée des grandeurs physiques du système, des bruits, des non-linéarités, du traitement du signal numérique et/ou analogique et des limitations technologiques des composants. L'approche système permet de lier l'ensemble de l'élément sensible à l'application.

Les capteurs et détecteurs étudiés portent sur 3 grandeurs physiques : le champ magnétique, le champ électrique et les gaz. Dans la continuité des travaux réalisés dans le quadriennal précédent, divers types de capteurs de champ magnétique sont caractérisés et mis en œuvre : magnéto-impédance à effet géant, magnonique, magnéto-élasto-électrique et magnéto-résistance à effet tunnel. Le travail d'analyse commun avec nos collaborateurs internationaux qui fournissent souvent le matériau sensible (Polytechnique Montréal, VirginiaTech, Office Naval Research) permet d'améliorer le transducteur et le magnéto-mètre complet, en vue d'en optimiser le fonctionnement du point de vue du bruit à basse fréquence, de la dérive à long terme ou de la bande passante.

Les capteurs de champ électrique sont développés localement suivant deux principes : l'utilisation des effets capacitifs ou de la saturation de matériau ferroélectrique (fluxgate électrique). Les détecteurs de gaz sont issus de technologies micro-systèmes (MEMS) en collaboration avec l'Université de Tokyo associés à des matériaux sélectifs (zéolithes, synthétisés localement au LCS UMR CNRS 6506).

L'ensemble de ces capteurs et détecteurs permettent le développement d'instruments pour la détection et la caractérisation de sources ou d'anomalies. Nos recherches trouvent des débouchés en santé, sécurité, développement durable, à travers des applications telles que le contrôle non-destructif, l'imagerie de champs, la détection et la caractérisation de mines, d'anomalies magnétiques ou de gaz (nez électronique).

### Organisation et animation de l'équipe

La responsable de l'équipe Electronique (*L. Méchin*) a été reconduite pour le prochain quinquennat (par vote des permanents). Le tableau 3.3 donne la liste des permanents de l'équipe Electronique prévus au 1er janvier 2022 (avec en vert une arrivée, en rouge 3 départs à la retraite prévus) et l'appartenance aux 3 axes sur la période 2022-2027. Un maître de conférences localisé à Cherbourg, *Amrane Oukaour*, a rejoint l'équipe au 1er octobre 2020 (après vote des permanents). De plus, un professeur émérite, *Régis Carin*, a renouvelé son éméritat pour

1/10/2020 au 30/09/2023 dans l'équipe Electronique.

L'animation de l'équipe continuera de se faire par :

- des réunions d'équipe mensuelles pour discuter d'aspects d'organisation avec un ordre du jour typique : Point budget, Appels à projets, Organisation interne : « vivre ensemble ». En novembre s'ajoute un point sur le classement des sujets de thèse + projets régionaux,
- des séminaires scientifiques internes présentés principalement par les doctorants et post-doctorants (avancement de leurs travaux au moins une fois par an chacun), et externes selon les opportunités,
- des points scientifiques plus complets par axe 2 fois par an en mai/juin et en novembre/décembre ouverts à tous afin de présenter les résultats marquants et les projets, et de susciter les échanges scientifiques, en plus des réunions internes propres à chaque axe.

Les principaux challenges pour l'équipe seront de rechercher des financements complémentaires de thèse vers les industriels et les organismes, et de poursuivre les efforts de montage de contrats de recherche nationaux et européens afin de soutenir ses projets.

| Prénom NOM            | Fonction            | HDR | Axe1 | Axe2 | Axe3 |
|-----------------------|---------------------|-----|------|------|------|
| Bogdan CRETU          | MC-ENSICAEN         | ✓   | 100% |      |      |
| Pierre LANGLOIS       | MC-IUT              |     | 100% |      |      |
| Amrane OUKAOUR        | MC-IUT (Cherbourg)  | ✓   | 100% |      |      |
| Jean Marc ROUTOURE    | PR-UFR              | ✓   | 100% |      |      |
| Chantal GUNTHER       | MC-ENSICAEN         |     | 80%  | 20%  |      |
| Bertrand BOUDART      | PR-ESIX (Cherbourg) | ✓   | 70%  | 30%  |      |
| Yannick GUHEL         | MC-ESIX (Cherbourg) | ✓   | 70%  | 30%  |      |
| Bruno GUILLET         | MC-UFR              | ✓   | 30%  | 70%  |      |
| Laurence MECHIN       | DR-CNRS             | ✓   | 20%  | 80%  |      |
| Stéphane FLAMENT      | PR-ENSICAEN         | ✓   |      | 85%  | 15%  |
| Marc LAM CHOK SING    | MC-ENSICAEN         |     |      | 50%  | 50%  |
| Gilles ALLEGRE        | MC-IUT (Vire)       |     |      | 30%  | 70%  |
| Christophe CORDIER    | MC-ESIX             |     |      |      | 100% |
| Matthieu DENOUAL      | MC-ENSICAEN         |     |      |      | 100% |
| Christophe DOLABDJIAN | PR-IUT              | ✓   |      |      | 100% |
| Basile DUFAY          | MC-ESIX             |     |      |      | 100% |
| Corentin JOREL        | MC-UFR              |     |      |      | 100% |
| Olivier MARESCHAL     | MC-IUT (Alençon)    |     |      |      | 100% |
| Didier ROBBES         | PR-UFR              | ✓   |      |      | 100% |
| Sébastien SAEZ        | PR-ESIX             | ✓   |      |      | 100% |
| Total C&EC :20        | 1 DR, 6 Pr, 13 MC   | 11  | 9    | 8    | 11   |
| Julien GASNIER        | TCN-ENSICAEN        |     |      |      |      |
| Sylvain LEBARGY       | IE-UNICAEN          |     |      |      |      |
| Victor PIERRON        | IE-CNRS             |     |      |      |      |

Tableau 3.3 – Liste des permanents de l'équipe Electronique au 1er janvier 2022 (en vert les arrivées, en rouge les départs à la retraite prévus) et appartenance aux 3 Axes sur la période 2022-2027.

