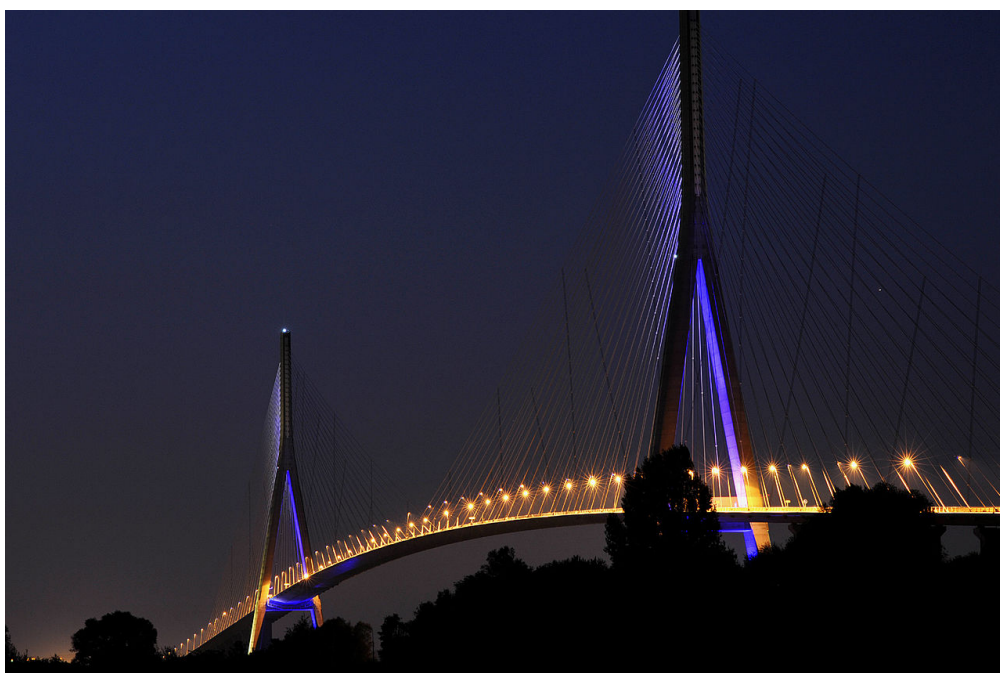




Rapport pour l'évaluation HCERES de la fédération de recherche NormaSTIC

FR 3638

Période 2015-2020



Table des matières

1 Informations administratives	4
2 Présentation de la fédération	7
2.1 Introduction	7
2.2 Présentation de l' écosystème local	8
2.2.1 Laboratoires composant la fédération	8
2.2.2 La COMUE Normandie Université	9
2.2.3 Partenaires sociaux-économiques	10
2.3 Produits et activités de la fédération	11
2.3.1 Objectifs de la fédération	11
2.3.2 Budget de la fédération	11
2.3.3 Activité de représentation de la fédération	11
2.3.4 Prise en compte des recommandations de l'HCERES	13
2.3.5 Animation Scientifique	15
2.4 Organisation et vie de l'unité	18
2.4.1 Potentiel humain et scientifique	18
2.4.2 Axes scientifiques	19
2.4.3 Axes transverses	24
2.4.4 Organisation de la fédération	24
3 Projet et stratégie à cinq ans	26
3.1 Auto-évaluation (SWOT)	26
3.2 Activités scientifiques	27
3.2.1 Axes scientifiques	27
3.2.2 Electronique et biométrie	27
3.2.3 Activités transverses et émergentes	28
3.2.4 Evénements NormaSTIC : journées scientifiques, école d'été, soutien aux thèses régionales	28
3.3 NormaSTIC et son environnement	29
3.4 Gouvernance	30
4 Bilan et projets des axes de la fédération	31
4.1 Algorithmique et combinatoire	31
4.1.1 Bilan	31
4.1.2 Projet et stratégie	34
4.2 Systèmes Complexes	35
4.2.1 Bilan	35
4.2.2 Projet et stratégie	38

4.3	ImageS	39
4.3.1	Bilan	39
4.3.2	Projet et stratégie	41
4.4	Données, Apprentissage, Connaissances	41
4.4.1	Bilan	41
4.4.2	Projet et stratégie	46

Résumés

English version

The NormaSTIC federation (FR 3638) was created on 1 January 2014. It is directed by the CNRS and the five Normand's institutions, namely (Univ. Caen, Univ. Rouen, ENSICAEN, INSA de Rouen, Univ. Havre). These five institutions have delegated the management of the federation to the COMUE Normandy Université. The federation groups two public laboratories : GREYC (UMR CNRS 6072) and LITIS (EA 4108). These two laboratories are the only STIC research units respectively in Lower and Upper Normandy. The merging of these two regions in 2016 has reinforced the need for an unified structure representing ICST research for the region, the COMUE Normandie Université, the different institutions and different regional partners. The activities of scientific animation of the federation are decomposed into four axis : Complex Systems, algorithmic and combinatory, Images, Data, Machine Learning and knowledge.

This report first of all presents the federation together with its ecosystem before detailing its activities during the past five years and its internal organization. The two next chapters respectively present the project and the strategy of the federation for the next five years and the scientific animation activities of each of the four axis.

Version Française

La fédération NormaSTIC (FR 3638) a été créée le 1 janvier 2014. Ses tutelles sont le CNRS et les cinq établissements Normands d'enseignements supérieur (Univ. Caen, ENSICAEN, Univ. Rouen, INSA de Rouen, Univ. du Havre). Ces cinq établissements ont délégué la gestion de la fédération à la COMUE Normandie Université. La fédération regroupe deux laboratoires publics : Les laboratoires GREYC (UMR CNRS 6072) et le LITIS (EA 4108). Ces deux laboratoires sont les seules unités de recherche fondamentale en STIC respectivement en Basse et Haute Normandie. La fusion de ces deux régions en 2016 a renforcé la nécessité d'une structure unifiée représentant les STIC Normands auprès de la région, de la COMUE Normandie Université, des différents établissements et des différents partenaires régionaux. Les activités d'animation scientifiques de la fédération se décomposent en quatres axes : Systèmes complexes, Algorithmique et combinatoire, Images et Données, apprentissage et connaissances.

Ce rapport présente tout d'abord la fédération et son écosystème avant de détailler ses activités durant ce quinquennat ainsi que son organisation. Les deux chapitres suivants détaillent respectivement le projet et la stratégie à cinq ans ainsi que l'activité d'animation scientifique de la fédération dans chacun des quatre axes.

Chapitre 1

Informations administratives

Intitulé complet de la structure fédérative :

Fédération Normande de Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (FR CNRS 3638)

Responsable :

M./Mme	Nom	Prénom	Corps	Établissement d'enseignement supérieur d'affectation ou organisme d'appartenance
M.	Brun (Directeur)	Luc	PR	ENSICAEN
M.	Canu (Directeur adjoint)	Stéphane	PR	INSA de Rouen

Type de demande :

Renouvellement ☒ Restructuration ☐ Création ex nihilo ☐

En cas de renouvellement ou de restructuration, préciser les labels, n° et intitulés des structures en 2022 : Fédération Normande de Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (FR CNRS 3638)

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

Établissement(s) d'enseignement supérieur et de recherche	Organisme(s) de recherche
Établissements : Université de Caen, Université de Rouen, Université du Havre, INSA de Rouen, ENSICAEN, ComUE Normandie Université	Organisme : CNRS Département ou commission de rattachement : INS2I, INSIS

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

COMUE Normandie Université

Préciser le cas échéant le délégataire unique de gestion :

Autres partenaires de la structure :

- Établissement(s) d'enseignement supérieur et de recherche :
- Organisme(s) de recherche :
- Entreprise(s) :
- Autres :

Classement thématique Domaines, sous-domaines scientifiques et panels disciplinaires Hcéres :

- P ST, ST6, ST6.1 ST6.2

Mots-clés :

Libres : science des données, informatique mathématique, systèmes complexes, traitement et analyse d'images.

Domaine applicatif, le cas échéant

- P Technologies de l'information et de la communication
- S Aménagement, ville et urbanisme ; Transport (dont aéronautique) et logistique ; Cultures et société ; Sécurité ; Nanosciences, nanotechnologies, matériaux et procédés

Coordonnées de la structure fédérative

Localisation et établissement :	ENSICAEN (Caen)
Numéro, voie :	6 Boulevard du maréchal Juin
Boîte postale :	
Code postal et ville :	14050 Caen
Téléphone :	02 31 45 27 01
Adresse électronique :	luc.brun@ensicaen.fr
Site web :	http://www.normastic.fr

Unités membres de la structure fédérative au 1^{er} janvier 2022

Label et n°	Intitulé de l'unité	Responsable	Établissement de rattachement support	Domaine scientifique Hcéres principal (cf. nomenclature)	Unité porteuse / unité associée (*)
EA 4108	Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes (LITIS)	L. Heutte	Université de Rouen	Sciences et technologies de l'information et de la communication	Unité porteuse
UMR 6072	Groupe de recherche en informatique, image et instrumentation de Caen (GREYC)	C. Rosenberger	Université de Caen	Sciences et technologies de l'information et de la communication	Unité porteuse

Liste des personnels affectés en propre à la structure fédérative :

Il n'y a pas de CDI associé à la structure fédérative

Surfaces recherche prévues spécifiquement pour la structure fédérative au 1^{er} janvier 2022

Sans objet

Chapitre 2

Présentation de la fédération

2.1 Introduction

La recherche et l'innovation sont en pleine mutation en France et en Europe et beaucoup de changements restent à venir. Considérant cette mutation rapide de notre environnement, les laboratoires de recherche Normands travaillant dans les sciences et les technologies de l'information et de la communication (STIC) : GREYC (Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen, UMR 6072) et LITIS (Laboratoire d'Informatique, de Traitement de l'Information et des Systèmes, EA 4108) ont décidé d'unir leurs compétences au sein de la fédération NormaSTIC¹. Cette création était à la fois une nécessité pour faire face aux changements majeurs concernant les activités d'enseignement et de recherche tant en France qu'en Normandie et une opportunité de promouvoir nos compétences en matière de recherche et renforcer les collaborations entre les deux laboratoires.

Les objectifs de la fédération sont les suivants : promouvoir les synergies scientifiques entre les deux laboratoires, structurer les activités de recherche STIC en Normandie, renforcer la visibilité de ces recherches et enfin devenir l'interlocuteur privilégié de différentes organisations régionales, nationales ou internationales ayant à s'occuper de la recherche en STIC sur notre territoire.

La fédération est principalement localisée sur trois sites :

1. le Campus Côte de Nacre à Caen,
2. Le campus Sciences et Ingénierie de Rouen
3. et le Havre (Figure 2.1)

Notons que les membres de la fédération localisés à Rouen et au Havre appartiennent déjà à un même laboratoire (le LITIS). La distance entre deux sites est d'environ une heure en voiture.

NormaSTIC a été créé conjointement par le CNRS et les cinq institutions Normandes (Université de Caen, Université de Rouen, Université du Havre, ENSICAEN, INSA de Rouen). Lors de la transformation du PRES Normand en la COMUE Normandie Université, ces cinq institutions ont décidé de déléguer la gestion financière et administrative des fédérations à la COMUE. La fédération entretient bien entendu des liens étroits avec l'ensemble des établissements. Normandie Université est structurée en 5 pôles pour les activités de recherche et d'enseignement :

— EP2M “Energies, Propulsion, Matière, Matériaux”

FIGURE 2.1 – Localisation des trois sites principaux de NormaSTIC dans leur environnement.



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

- CBSB “Chimie et biologie appliquées à la santé et au bien-être”
- HCS “Humanités, Culture, Sociétés”
- SN “Sciences du Numérique”
- CTM “Continuum Terre – Mer”

NormaSTIC est impliqué dans le pôle SN qui regroupe les domaines des STIC et les mathématiques. Une présentation plus détaillée de l’écosystème Normand est fournie en section 2.2 tandis que les activités de la Fédération au sein de celui-ci sont détaillées dans la section 2.3.3.

L’activité d’animation scientifique de la fédération est structurée en quatre axes, chaque axe étant dirigé par deux scientifiques, un du LITIS et un du GREYC. Ces axes sont les suivants

- Systèmes complexes
- Images,
- Algorithmique et combinatoire
- Données, Apprentissage, Connaissances.

Une présentation globale des résultats de la fédération en termes d’animation scientifique est fournie dans la section 2.3.5 tandis qu’une description détaillée des activités de chaque axe est fournie au chapitre 4.

2.2 Présentation de l’ écosystème local

2.2.1 Laboratoires composant la fédération

Nous fournissons ici une brève description de chaque laboratoire composant la fédération. Afin de donner un aperçu de la pertinence de ces deux laboratoires réunis au sein de la fédération, nous présentons dans les tableaux 2.1, 2.10 et 2.2 des données relatives aux publications, effectifs et ressources des deux laboratoires.

Le laboratoire GREYC

Le Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation de Caen (GREYC) est une unité de recherche mixte associée au CNRS², à l’Université de Caen Normandie (UNICAEN) et à l’Ecole Nationale Supérieure d’Ingénieurs de Caen (ENSICAEN). Il a été fondé en 1995 par la fusion de plusieurs équipes de recherche en informatique et électronique. Il est composé de 170 membres avec 77 chercheurs et enseignants-chercheurs et 13 ITA-IATOS. 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) que dans le domaine des interactions de l’informatique avec les mathématiques et les sciences de l’ingénieur.

Le laboratoire GREYC est hébergé par ses tutelles universitaires principalement sur le site du campus II de Caen (UFR des Sciences et Bâtiment F de l’ENSICAEN) et quelques sites délocalisés (dont Cherbourg).

La recherche est principalement effectuée au sein des 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 pour créer le 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.

2. à titre principal à l’INS2I et à titre secondaire à l’INSIS

	Journaux Internationaux	Journaux Nationaux	Conférences Internationales	Livres & Chapitres de livres
GREYC	272	5	398	26
LITIS	314	6	155	17
NormaSTIC	586	11	553	43

TABLE 2.1 – Publications de NormaSTIC

	GREYC	LITIS	Total
ANR	1,33 M€	2,67 M€	4M€
CPER	0	2,31 M€	2,31 M€
Entreprises	1,45M€	0,81M€	2,26M€
Fonds européens	2,46M€	3,67M€	6,13M€
Allocations d'institutions	1,45M€	1,45M€	2,9M€

TABLE 2.2 – Principales ressources financières sur le quinquennat

Le laboratoire LITIS

Le Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes (LITIS - EA 4108) est une équipe d'accueil hébergée par trois établissements de tutelle : l'Université de Rouen Normandie, l'Université du Havre Normandie et l'INSA de Rouen Normandie.

Le LITIS a été fondé en 2006 et est composé actuellement de 180 membres dont 89 enseignants-chercheurs, 3 PH, 3 IR, 6 BIATSS, 55 doctorants et 20 postdocs.

Le LITIS regroupe 7 équipes de recherche qui contribuent à répondre à trois grands défis technologiques et sociétaux des STIC : l'"Accès à l'Information" est abordé par les équipes « Combinatoire & Algorithmes », « Apprentissage » et « Multi-agent, INteraction, Décision », le "Traitement de l'Information Biomédicale" par deux équipes pluridisciplinaires « Traitement de l'Information en Biologie Santé » et « Quantification en Imagerie Fonctionnelle », l'"Intelligence Ambiante et Territoriale" par les équipes « Systèmes de Transport Intelligents » et « Réseaux d'Interactions et Intelligence Collective ». Le périmètre de ces équipes a été stable lors du dernier quinquennal.

2.2.2 La COMUE Normandie Université

La création de Normandie Université remonte à 1998 où les trois universités (Caen, Rouen, Le Havre) et les deux écoles d'ingénieurs (ENSICAEN, INSA de Rouen) ont créé une association afin de gérer des projets inter-régionaux. Cette association est devenue un PRES en 2011 puis une COMUE en 2013. La COMUE compte six membres fondateurs (Univ. Caen, Univ. rouen, Univ du Havre, ENSICAEN, INSA de Rouen, ENSA Normandie) et douze membres associés.

En 2017, les cinq institutions normandes qui financent NormaSTIC ont décidé de déléguer la gestion (et le financement) des fédérations haut et bas normandes à Normandie Université. Une ligne de crédit spécifique de Normandie Université alimentée par ses membres financeurs est ainsi consacrée à ces fédérations normandes (dont NormaSTIC). Cette ligne de crédit est commune à toutes les fédérations. Depuis 2017, NormaSTIC est donc directement financé par deux institutions : le CNRS et Normandie Université.

Liens avec le pôle Sciences Numériques

Depuis la fusion de la Haute et de la Basse-Normandie en une seule région en 2016, la région nouvellement créée a décidé de faire de Normandie Université un interlocuteur privilégié. Afin de gérer les fonds apportés par la région Normandie et structurer ses activités de recherche, la COMUE a mis en place cinq pôles de recherche (Section 2.1) en 2017. NormaSTIC fait partie du pôle SN (Sciences Numériques). Ce pôle concerne les activités de recherche en STIC, mathématiques et sciences de l'ingénieur. Il regroupe 8 laboratoires : GREYC et LITIS (informatique) ; LMNO, LMRS, LMI, LMAH (mathématiques) et CESI, IRSEEM (sciences de l'ingénieur). Il concerne 170 doctorants et 150 professeurs ou maîtres de conférences titulaires d'une HDR.

A noter que le GREYC et le LITIS sont regroupés au sein de NormaSTIC et du pôle SN. De même, les laboratoires de mathématiques sont regroupés à la fois au sein de la Fédération NorMath et de SN. Afin d'assurer la coordination entre le pôle et les fédérations, les responsables de NormaSTIC et de NorMath font partie du bureau du pôle. Ce bureau comprend en outre les responsables des huit laboratoires. Depuis sa création en 2017, le pôle représente ses 8 laboratoires auprès de la région, de la COMUE et de l'ensemble des institutions Normandes. Le pôle prend également en charge la gestion des fonds apportés par Normandie Université et la région par le biais de différents appels (pour les bourses de doctorat, les projets et les plateformes). Depuis 2017, les deux fédérations ont ainsi axé leurs activités sur l'animation scientifique.

Notons enfin que l'effet structurant du pôle SN en Normandie est encore renforcé par la création en 2017 d'une seule école doctorale (MIIS) couvrant les mêmes domaines de recherche que le pôle.

2.2.3 Partenaires sociaux-économiques

Cette structuration de la recherche STIC en Normandie est cohérente avec plusieurs domaines industriels étroitement liés aux STICS et s'appuyant sur différents pôles de compétitivité. Nous pouvons citer :

TES : Le Pôle TES, pôle de compétitivité numérique de Normandie, représente un écosystème de 150 adhérents, composé de grandes entreprises, PME, collectivités territoriales, établissements de recherche et de formation et autres organismes. Avec ses adhérents et partenaires, le Pôle TES imagine et co-conçoit les usages de demain grâce aux nouvelles technologies liées au triptyque « sécurité / interopérabilité / fiabilité ».

Movéo : Pôle de compétitivité en R&D Mobilité et Automobile, MOV'EO mobilise depuis 2006 toutes ses énergies au service de ses membres pour répondre aux objectifs assignés par l'Etat aux pôles de compétitivité : favoriser le développement de projets et business collaboratifs entre ses membres, contribuer au développement en région des entreprises, en particulier des PME et animer l'innovation de la filière.

Nov@log : Acteur de référence pour l'émergence, l'accompagnement, la labellisation et la recherche de financement de projets collaboratifs innovant, Nov@log a pour objectif de répondre aux impératifs de compétitivité des entreprises industrielles et de services logistiques ainsi qu'aux exigences de performance des flux. En rapprochant les besoins métier portés par la recherche et les entreprises, Nov@log permet l'émergence et la construction de projets d'innovation logistique.

Normandy French Tech : Le projet Normandy French Tech, initié par trois EPCI fondateurs que sont la métropole de Rouen, la communauté urbaine Caen la mer et l'agglomération du Havre, a obtenu de l'Etat le label « Métropole French Tech » en juin 2015, en tant qu'écosystème de startups remarquable et structuré, porteur d'un projet de croissance ambitieux pour les entreprises qui le constituent.

2.3 Produits et activités de la fédération

2.3.1 Objectifs de la fédération

Comme mentionné en section 2.1, la fédération NormaSTIC évolue dans un environnement changeant où les domaines de recherche ont tendance à être structurés sur une base régionale et où des institutions telles que la COMUE ou le conseil régional sont invités à définir leurs priorités et leurs domaines d'excellence.

Sur la base de cette situation, la fédération NormaSTIC a suivi de 2015 à 2017 deux objectifs complémentaires :

- Un premier objectif consiste à soutenir et à structurer la recherche STIC en Normandie. Cet objectif vise à améliorer la qualité, la visibilité, la lisibilité et l'attractivité des principaux domaines de recherche normands. Cet objectif reste une priorité importante pour la fédération.
- Un deuxième objectif de la fédération était de devenir un interlocuteur privilégié des différentes institutions régionales (Section 2.2) et de promouvoir parmi eux l'excellence de la recherche STIC effectuée en Normandie. Cette activité a été ralentie en 2017 en raison de la création du pôle SN. Cette création constitue un grand succès pour notre fédération et tous les acteurs (fédérations, laboratoires) travaillant dans le domaine des sciences du numériques. Elle peut être comprise comme un aboutissement des efforts de la fédération et de ces acteurs. Le pôle est devenu l'interlocuteur privilégié naturel des différents partenaires institutionnels.

Sur la base de ces deux objectifs la fédération a mis en place un ensemble d'objectifs opérationnels :

- Soutenir l'émergence de projets de recherche communs via différentes actions incitatives,
- Renforcer la visibilité régionale, nationale et internationale des équipes de recherches de la fédération en les aidant à monter des projets régionaux, nationaux ou internationaux
- Mettre en évidence les compétences au sein de la fédération au travers de différents supports : (site Web, supports de communication, participation à des salons...)
- Renforcer la visibilité des activités d'enseignement STIC en Normandie

2.3.2 Budget de la fédération

Le budget de la fédération est représenté sur la Table 2.3. A partir de 2018, la COMUE (Section 2.2.2) a été désigné gestionnaire unique de notre fédération par les cinq établissements Normands (ENSICAEN, INSA de Rouen, Univ. Caen, Univ. Rouen, Univ. Havre). A partir de cette date, la fédération n'a donc plus eu que deux interlocuteurs pour les questions budgétaires. Ce regroupement a grandement facilité les opérations de NormaSTIC en permettant par exemple des financements de stages sans se préoccuper de l'origine des fonds.

En termes opérationnel, le budget CNRS est principalement utilisé pour financer des missions, des journées thématiques ou pour soutenir des conférences se situant en Normandie (Section 2.3.5). Notons que NormaSTIC a reçu une subvention exceptionnelle de 3k€ du CNRS en 2018 pour soutenir la conférence CAP (Section 2.3.5). Le budget COMUE, sert à financer des stages et vient également en complément pour le financement d'évènements (journées thématiques, conférences).

2.3.3 Activité de représentation de la fédération

La liste des événements dans lesquels la fédération NormaSTIC a été impliquée est représentée sur la frise chronologique de la Figure 2.2. L'activité de représentation de NormaSTIC a débuté en

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ENSICAEN	3	3	3			
INSA Rouen	2,5	2,5	2,5			
Univ. Caen	3,6	3,6	3,6			
Univ. Rouen	6	6	6			
Univ Havre	5	4,5	4,5			
CNRS	10	10	10	13	10	10
COMUE				19,1	18,6	17,5
Total	30,1	29,6	29,6	32,1	28,6	27,5

TABLE 2.3 – Budget de la fédération (en k€)

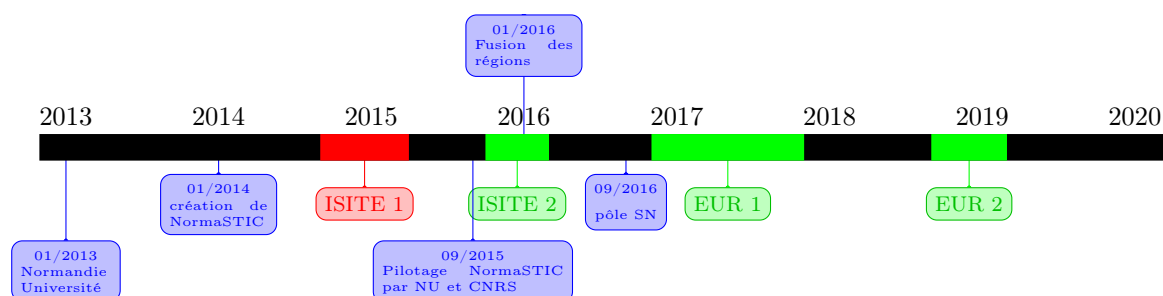


FIGURE 2.2 – Liste des évènements dans lesquels NormaSTIC a été impliqué ou un acteur

2015 lorsque les cinq établissements d'enseignement supérieur Normands ont décidé de candidater à l'appel PIA2 pour un projet d'ISITE (ISITE 1, Figure 2.2) coordonné par la COMUE. Cette première candidature pilotée par les établissements avait prédéfini un ensemble de clusters dans lesquels les sciences du numérique (STIC+mathématiques) se trouvaient regroupées avec les sciences humaines autour de la thématique du document numérique. La direction de NormaSTIC et de la fédération de mathématiques ainsi que des représentants du GREYC et du LITIS ont été désignés pour participer aux groupes de travail afin de répondre à l'appel à projets. Les responsables des deux fédérations ainsi que les responsables des laboratoires mathématiques et STIC se sont rapidement rendus compte qu'ils ne se retrouvaient que très partiellement dans une thématique impliquant un lien fort avec les sciences humaines. Parallèlement des discussions menées entre les deux fédérations ont montré qu'il existait de fortes synergies scientifiques entre les thématiques des deux fédérations.

Ce premier appel à projet n'ayant pas été concluant, les deux fédérations ont poursuivi leur réflexion et initié en 2016 une concertation de l'ensemble des responsables de laboratoires mathématiques et STIC Normands pour proposer la création d'un programme de recherche d'excellence (appelé MINMACS) dans le cadre de cette seconde candidature à un appel PIA (toujours dans le cadre de la création d'un ISITE Normand). Ce programme de recherche devait regrouper l'ensemble des recherches menées en informatique et en mathématiques sur le territoire Normand. La rédaction de ce projet, piloté par Jalal Fadili (GREYC) et Bernard Leclerc (LMNO), a permis de renforcer la cohésion des sciences du numérique en Normandie et de regrouper nos activités autour de quatre axes de recherche forts et fédérateurs. Les deux fédérations ont été impliquées dans l'élaboration de ce projet. Celui-ci a été déposé dans le cadre de la seconde candidature de la COMUE à un projet ISITE (ISITE 2, Figure 2.2) mais n'a malheureusement pas été retenu.

Forts de cette expérience et de la cohérence thématique obtenue grâce au dernier projet ISITE,

les laboratoires informatiques et mathématiques normands ont obtenu de candidater au projet PIA 3 d'École Universitaire de Recherche (EUR) sur leurs propres thématiques. Cette candidature reprenait la structuration du projet d'excellence MINMACS en y ajoutant l'enseignement normand dans le numérique. Malheureusement, encore une fois aucun des cinq projets EUR soumis par la COMUE n'a été sélectionné. En revanche, le projet EUR informatique/mathématiques a été un des trois projets classé A en Normandie (EUR 1, Figure 2.2). Ce résultat bien que négatif (aucun projet sélectionné) a permis d'affirmer les sciences du numérique comme un des trois domaines scientifiques d'excellence de la Normandie.

Ce projet a été re-soumis (EUR 2, Figure 2.2) en 2019 en tenant compte des rapports de la première soumission. Bien qu'à nouveau classé A, le projet n'a pas été retenu. Toutefois, sur la base de ces deux classements, la Région Normandie et les établissements normands ont décidé de soutenir notre projet d'EUR, cette fois sur la base d'un financement régional. La mise en place opérationnelle de notre EUR est donc prévue pour la rentrée 2021. Les deux fédérations NormaSTIC et NorMath ont été associées au montage de ces deux projets d'EUR.

Parallèlement à ces candidatures successives, une démarche ascendante des laboratoires et fédérations a été proposée pour structurer les grands thèmes de recherche de Normandie Université. Un groupe de travail a donc été constitué en incluant les responsables des principaux laboratoires Normands, les VP recherche des différents établissements (dont Normandie Université) et plusieurs fédérations dont NormaSTIC et NorMath. Au cours des différentes réunions, il est très vite apparu une volonté de la part de certains représentants des sciences humaines de poursuivre la structuration SHS+informatique+mathématiques qui avait été sanctionnée lors du projet ISITE 1. Avec l'accord et le soutien de l'ensemble des laboratoires normands du numérique, les deux fédérations ont milité pour la création d'un pôle sciences du numérique (SN) en région. Nous avons pour cela proposé une structuration du pôle autour de **cinq thématiques scientifiques** qui élargissait le cadre du projet MINMACS tout en incluant d'autres établissements comme l'ESIGELEC et le CESI (écoles privées d'informatique). Suite à ces efforts constants de la communauté, le pôle SN a été créé en septembre 2016. La création de ce pôle est un point fondamental pour nos disciplines en Normandie. En effet, elle établit les sciences du Numérique comme un des cinq piliers de la recherche Normande. La structuration de la recherche par ces pôles se fait via le financement de thèses et de projets (de 300 à 700 k€ sur 2 ans par projet).

Notons que la fédération a été également impliquée dans les instances régionales puisque le directeur de NormaSTIC a été présent au conseil d'administration de Normandie Université de 2016 à 2018. Il a été depuis remplacé à ce poste par Jalal Fadili (GREYC). Luc Brun et Stéphane Canu ont également fait parti du conseil d'administration de Normandie French Tech de 2015 à 2017.

2.3.4 Prise en compte des recommandations de l'HCERES

Les recommandations de l'HCERES lors de notre dernière évaluation portaient sur deux points :

1. Un rapprochement avec la fédération de mathématiques,
2. Une meilleure intégration de l'équipe électronique du GREYC dans la fédération.

Rapprochement avec la fédération de mathématiques

Les contacts avec la fédération de mathématiques ont été très riches et variés depuis notre première collaboration autour du projet ISITE 1 (Figure 2.2 et Section 2.3.3). Outre une collaboration étroite entre les directions des deux fédérations au cours de ces différents appels à projets, les deux fédérations ont choisi de fusionner leur journées depuis 2015 (Table 2.4) ce qui

année	date	site Web	conférencier invité
2019	octobre 18	web	Christine Solnon
2018	octobre 12	web	Gabriel Peyré
2017	octobre 20	web	Etienne Grandjean (Colloquium)
2016	mai 20	web	
2015	mai 28	web	Jean Colin (projet Archade)

TABLE 2.4 – Journées communes avec la fédération de mathématiques

permet de réunir l'ensemble des deux communautés. Enfin, les deux fédérations collaborent via des rapprochements entre les axes de NormaSTIC et des thèmes de recherche de la fédération NorMath. On peut notamment citer :

- L'étude des graphes dynamiques pour l'axe système complexe,
- Les méthodes d'optimisation pour l'axe Données Apprentissage Connaissance,
- Le traitement d'images et de signaux pour l'axe Images et
- L'étude de l'aléa pour l'axe Algorithmique et Combinatoire.

Ces différents points d'accroche entre les axes et la fédération NorMath se concrétisent au travers de journées thématiques communes, des soutiens conjoints à des conférences organisées en Normandie et des stages co-encadrés. Les deux fédérations ont notamment co-financé trois stages en 2016 : LITIS/LMAH ; LITIS/LMI et LITIS/LMRS. On peut également citer ³ le co-financement des événements suivants :

- Financements conjoints de conférences :
 - 2019
 - [ALEA Young 2019](#)
 - [International Workshop on Nonlocal Models, PDEs and Applications](#)
 - [Conférences ARCOCRYPT](#)
 - [RPM 2019](#)
 - 2018
 - [STACS 2018](#)
 - [stodep 2018](#)
 - [S4D 2018](#)
- Événements conjoints :
 - 2018
 - [CAEN 2018](#)
 - Conférences de Luc Devroye (MacGill, Montreal) 2018
 - 2017
 - [Structure discrètes 2017](#),
 - [Méthodes Variationnelles et Statistiques appliquées au Traitement d'Images](#)

Intégration de l'équipe électronique du GREYC

Suite à l'évaluation HCERES de 2015 des démarches ont été entreprises auprès de l'équipe électronique du GREYC. Les difficultés concernant cette équipe tiennent à deux facteurs : Tout d'abord le LITIS ne possède pas d'équipe électronique similaire à celle du GREYC. De plus, en dehors de la fédération, l'équipe électronique collabore peu avec des équipes Rouennaises ou Havraises que l'on pourrait rattacher aux STIC. Les thématiques les plus proches sont celles de

3. les détails des événements peuvent être trouvés sur le site de NormaSTIC en cliquant sur ceux-ci dans la version électronique du pdf

Year	DAC	SC	AlgoComb	Images	Total
2020					
2019	1	1	1		3
2018	1			1	2
2017	1	1		1	3
2016	1		1		3
2015	2	2		1	4

TABLE 2.5 – Journées thématiques organisées par les axes de NormaSTIC

l'ESIGELEC et du CESI à Rouen qui travaillent plus sur des problématiques systèmes embarqués que capteurs, et peu de sujets de rapprochement ont été identifiés. Malgré tout, la situation évolue, car un projet RIN tremplin a été déposé en 2020 avec l'IRSEEM, laboratoire de l'ESIGELEC, et nous envisageons de soutenir l'équipe électronique via une collaboration entre la fédération NormaSTIC et l'Institut de recherche sur les matériaux avancés (IRMA) afin de faciliter les collaborations entre l'équipe électronique et le laboratoire GPM qui travaillent sur une plate-forme commune, dans le cadre d'un RIN recherche PLACENANO financé sur la période 2018-2021

2.3.5 Animation Scientifique

L'animation scientifique de NormaSTIC est principalement réalisée au sein de ses quatre axes thématiques (Section 2.4.2 et chapitre 4). Chaque axe se réunit une à deux fois par an autour de séminaires scientifiques (Table 2.5) permettant de fournir un aperçu des activités normandes dans une thématique scientifique et de discuter au sein de l'axe des priorités à établir.

Formation par la recherche

Une part importante de l'activité formation par la recherche réalisé par NormaSTIC a pris la forme de financements de stages (Table 2.6) qui sont en très grande majorité des stages de M2. Outre leurs aspects formation, ces stages ont également pour but d'initier ou de renforcer des collaborations entre des membres du GREYC et du LITIS. Notons que quelques stages Math/STIC co-financés par les deux fédérations ont également eut lieu (page 13). NormaSTIC finance en moyenne 3 à 4 stages par ans. De ce point de vue, l'année 2020 (6 stages) est une exception. Plus d'information sur ces différents stages est fourni au chapitre 4 où chaque axe décrit ses activités.

La fédération NormaSTIC a également soutenu une co-direction de thèse entre Frédéric Jurie (GREYC) et Laurent Heutte (LITIS) via le financement des déplacements Caen/Rouen du doctorant. Cette thèse a donné lieu à 4 publications [13, 14, 15, 16] co-signées par les deux laboratoires et a été soutenue en 2016.

La fédération a également soutenu un ensemble d'évènements principalement à destination des jeunes chercheurs. On peut notamment citer :

- En 2019, la 6^e édition d'ALEA-Young, une rencontre internationale de jeunes chercheurs autour de l'analyse de structures aléatoires discrètes. Elle a réuni une trentaine de participants, dont la moitié d'étrangers, autour de cours et d'exposés longs et courts.
- En 2018, la venue du professeur Luc Devroye qui a donné à Caen une série de cours de niveau Master deux concernant une introduction aux arbres aléatoires.
- Toujours, en 2018, la fédération a soutenu l'organisation d'une école d'été à l'interface entre Mathématiques et informatique puisqu'elle traitait des statistiques pour les sciences

des données (S4D). Cette école d'été a réuni 86 participants de 20 pays à Caen.

- En 2017, la fédération a soutenue l'organisation de la conférence Orasis qui a regroupé soixante jeunes chercheurs (doctorants et post doctorants) en vision par ordinateur. Cette conférence qui s'est tenue sur quatre jours a permis de créer des liens entre les jeunes chercheurs du domaine et d'écouter les cours de quatre conférenciers invités prestigieux (Jean-Michel Morel, Gabriel Peyre, Josef Sivic, Sylvain Picard et Matthijs Douze).

Rayonnement

Conférences soutenues par NormaSTIC La fédération co-finance des événements nationaux ou internationaux (Table 2.7) en lien avec les activités de ses axes et se déroulant en Normandie⁴. Une description de ces conférences peut également être trouvée au chapitre 4 lors de la description des activités de chaque axe.

Parmi les conférences nationales, on peut remarquer la conférence CAP 2018 qui réunit la communauté apprentissage française, ainsi qu'Orasis 2017 qui réunit les jeunes chercheurs Français en Vision par ordinateur.

Parmi les conférences internationales, la conférence STACS 2018 est une référence mondiale sur l'informatique mathématique, sur la même thématique, la conférence ALEA YOUNG 2019 réunit les jeunes chercheurs.

Bien que l'événement ne se soit pas produit en Normandie, nous pouvons signaler que des membres du GREYC et du LITIS ont été fortement impliqués dans l'organisation d'une **compétition internationale autour de la distance d'édition** qui a eut lieu lors de la conférence ICPR 2016.

Invitation de chercheurs étrangers La fédération NormaSTIC invite régulièrement des chercheurs renommés ou participe à leurs séjours. Les principales occasions, sont les journées des deux fédérations (Table 2.4) NormaSTIC/NorMath mais également des journées d'axe (Pasquale Foggia 2015, Guozu Dong) ou des invitation pour monter des projets nationaux ou Européens (Gianmario Motta, 2017).

Projets portés par la fédération ou initiés par celle-ci

La fédération porte les projets du LITIS gérés par le CNRS (Table 2.3.5). Ceci comprend des projets purement CNRS tels que les PEPS, mais également des projets internationaux tel que le projet de collaboration avec le Brésil OPSTRUCT et nationaux comme le projet de collaboration DGA/CNRS. NormaSTIC permet donc au LITIS d'accéder aux partenariats internationaux

4. Les détails des événements peuvent être trouvés sur le site de NormaSTIC en cliquant sur ceux-ci dans la version électronique de ce document

Year	DAC	SC	AlgoComb	Images	Total
2020	2	2		2	6
2019	1			2	3
2018	1			1	2
2017	2	1		1	4
2016	1,5	1		1	3,5
2015	1	1	1		3

TABLE 2.6 – Stages financés par NormaSTIC. Répartition par axe et année.

(a) Conf. Internationales

année	conférences	nombre
2020	DyNet, IHAW	2
2019	Roadef, IWNMP-DEA, ALEA Young, RPM	4
2018	STACS, STODEP, S4D, CAEN, ICISP	5
2017		0
2016		0
2015	ISWAG 2015	1

(b) Conf. Nationales

année	conférences	nombre
2020	ACROCRYPT	1
2019	ARCOCRYPT	1
2018	ARCOCRYPT, CAP	2
2017	Structures et Modèles Discrets, Orasis,	2
2016	Journées JFSMA 2016	1
2015		0

TABLE 2.7 – Conférences Internationales(a) et Nationales (b) supportées par NormaSTIC.

noyés par le CNRS mais permet également de faciliter des projets nationaux (comme avec la DGA) avec des entités qui désirent que les contrats soient gérés par le CNRS.

L’animation scientifique des axes a également permis de nombreux rapprochements scientifiques entre les membres du GREYC et du LITIS qui se sont concrétisés par des projets régionaux (Table 2.8). La fédération interagi avec ces projets régionaux soit en favorisant leur création lors des rencontres organisés par les axes de NormaSTIC, soit en finançant des dépenses non prises en compte dans les projets.

acronyme	période	axes impliqué	interaction
ALENOR	2018-2021	AlgoComb	initié
ARTIQ	2018-2021	AlgoComb	soutenu
SiCoPaD		SystCmplx	initié
DeepNormand	2017-2019	DAC, SystCmplx	initié
MONOMAD	2018-2020	Images	initié
Guide Muséal	2020-2022	Images	initié
ASTURIAS		DAC	soutenu
AGAC	2017-2019	DAC	initié

TABLE 2.8 – Projets régionaux *soutenus* par NormaSTIC ou *initié* suite à des rencontres lors des journées organisées par NormaSTIC

Diffusion de l’information scientifique

La fédération a tenu un stand en 2016 et 2017 aux manifestations Normandie Digital qui rassemblent les professionnels Normands du numérique. Ces journées ont permis de montrer les activités de nos laboratoires au monde professionnel.

2.4 Organisation et vie de l'unité

2.4.1 Potentiel humain et scientifique

Potentiel humain

L'ensemble des ressources humaines des laboratoires composant NormaSTIC peut se décomposer de la manière suivante (Table 2.10) :

- 150 Professeurs et maître de conférences,
- 1 DR
- 5 CR,
- 23 personnel technique et administratif,
- 131 postes non permanents (docteurs, post-doctorants, professeurs invités, ...)

Nous obtenons ainsi un total de 178 postes permanents et 131 postes non permanents.

La répartition des enseignants chercheurs par section CNU est disponible Table 2.11. Les principales sections en termes d'effectifs sont les sections 27, 61 et 63. Les chercheurs quant à eux dépendent des sections 6, 7 (informations technologies) et 8 (électronique) du CNRS. Les activités de la fédération se déroulent au sein de l'institut « sciences de l'information et de leurs interactions » (INS2I) et « sciences de l'ingénierie et des systèmes » (INSIS) du CNRS.

Potentiel Scientifique

Le potentiel scientifique de NormaSTIC provient des différentes équipes de recherche des laboratoires composant la fédération.

La fédération permet de combiner des recherches complémentaires et pluridisciplinaires sur les domaines de recherche composant les axes de la fédération (Section 2.4.2).

La liste des compétences recherche des laboratoires associés au sein de NormaSTIC peut être résumé par la courte liste de mots-clés suivante :

- Algorithmique,
- La sécurité,
- Systèmes complexes et multi-agents,
- Traitement et analyse d'images,
- Apprentissage machine et reconnaissance des formes,
- fouille de données

année	type	acronyme	montant(k€)
2020	collab. DGA	SAICC	24
2019	FAPs INRIA-CNRS	Robust feature representation for computer vision problems	7
2018	FAPs INRIA-CNRS	Robust feature representation for computer vision problems	7
	PEPS	REGGAN	6
	PIA	HomeKeeper (de 2018 à 2020)	251
2017	FAPs INRIA-CNRS	Robust feature representation for computer vision problems	7
2016			
2015	PEPS FasciDo	Topase	20

TABLE 2.9 – Projets portés par NormaSTIC au CNRS

	Professeurs	Maîtres de conférences (dont HDR)	DR CNRS	CR CNRS (dont HDR)	ITA/BIATSS
GREYC	23	53(15)	1	5(3)	17
LITIS	31	42(5)	0	0	6,5
NormaSTIC	54	95(20)	1	5(3)	23,5

TABLE 2.10 – Typologie des membres de la fédération.

	sections CNU							
Laboratoire	26	27	43	47	51	61	63	64
LITIS	2	51	1	1	3	25	3	1
GREYC	0	55	0	0	0	5	16	0
NormaSTIC	2	106	1	1	3	30	19	1

TABLE 2.11 – Répartition des effectifs du GREYC et du LITIS par section CNU. Le GREYC compte également 1 CR en section 6, 3 en section 7 et 1 en section 8.

- traitement de documents,
- mobilité,
- Électronique.

2.4.2 Axes scientifiques

La définition des axes scientifiques de NormaSTIC est bien sûr basée sur les compétences des équipes de recherche des laboratoires composant la fédération (Section 2.4.1). Considérant également le potentiel de recherche situé autour de la Normandie (Saclay, Lille, Rennes), nous avons décidé d’adopter une stratégie de niche afin d’affirmer un ensemble de domaines d’excellence correspondant à l’identité scientifique des STIC Normands.

Nous avons donc décidé d’organiser les activités de recherche de la fédération en quatre axes principaux décrits ci-après :

Algorithmique et combinatoire

Les membres de l’axe AlgoComb partagent une culture commune, celle de l’Informatique Mathématique, telle qu’elle est définie et pratiquée sur le terrain national par le **GdR IM** « Informatique Mathématique ». Cet axe rassemble presque exactement les scientifiques de **NormaSTIC** qui travaillent en IM. Il faut d’ailleurs noter que des membres de l’axe AlgoComb de **NormaSTIC** exercent ou ont exercé des responsabilités importantes à l’intérieur de ce **GdR IM**. Cette culture est fondée sur des objets et des concepts dans des domaines assez variés de l’IM avec des approches complémentaires : combinatoires (combinatoire des mots, combinatoire algébrique, combinatoire analytique, combinatoire dynamique), théorie de l’information et algorithmique du texte, arithmétique, calcul formel, codage et cryptographie, complexité et logique, etc. Avec l’ensemble de ses membres, l’axe AlgoComb participe à de nombreux groupes de travail du **GdR IM** : Alea, Comatege (combinatoire des mots, algorithmique du texte et du génome), SDA2 (systèmes dynamiques, automates et algorithmes), CombAlg (combinatoire algébrique), Arith, calcul formel, C2 (codage et cryptographie), CMF (complexité et modèles finis), CoA (complexité et algorithmes), ALGA (automates, logique et jeux).

L'axe est composé d'une trentaine de membres permanents, une dizaine de doctorants et de membres non-permanents (Professeurs émérites, post-doctorants, ATER, associés etc.) répartis sur les 2 sites (Caen-Rouen). La plupart des membres appartiennent à l'une des trois équipes suivantes : AmaCC (GREYC), « Combinatoires et Algorithmes » (LITIS) et « Traitement de l'Information en Biologie-Santé » (LITIS). La totalité des membres des deux premières et la moitié de la dernière émarginent à l'axe.

Les compétences scientifiques que l'on retrouve au sein de l'axe sont les suivantes :

(a) *Aspects fondamentaux du calcul.* On s'intéresse ici à l'informatique classique et quantique. Dans le cas classique, on s'intéresse à l'étude de la calculabilité, et à la notion de complexité du calcul *via* les classes de complexité. On étudie aussi les structures algébriques fondamentales modélisant l'information (mots, monoïdes libres), des aspects fondamentaux du calcul (automates, séries génératrices), ou en liaison avec le calcul formel et des utilisations en cryptologie. Nous appliquons également des outils de combinatoire algébrique à l'ordinateur quantique, pour mieux comprendre la nature de l'information quantique, pour classer des systèmes ou simplifier des circuits quantiques.

(b) *Algorithmique.* On s'intéresse ici à l'analyse approfondie de la complexité des algorithmes, dans le pire des cas ou dans le cas moyen. Parmi les compétences se trouvent l'étude des structures aléatoires dans un cadre probabiliste et la protection de l'Information, notamment en codage et cryptographie, avec une activité algorithmique amont en théorie de l'information et arithmétique, où sont élaborés des algorithmes et des analyses. Il existe aussi une recherche transversale en algorithmique dite « non exacte » qui utilise une approche probabiliste, souvent complétée par un point de vue d'approximation.

Des compétences sont aussi avérées autour des méthodes et des structures pour rechercher, indexer et extraire des informations pertinentes dans des données biologiques (génomomes et expression des génomes). Les travaux concernés visent à améliorer la compacité, l'efficacité et la dynamique des structures de données sous-jacentes à l'algorithmique du texte, et tout particulièrement, la principale, l'arbre des suffixes, et ses variantes, les vecteurs de suffixes et les tableaux de suffixes.

Systèmes complexes

Un système complexe est un système composé de plusieurs entités qui interagissent entre elles simultanément et dont le comportement ne peut être compris par la seule analyse conventionnelle de chacun de ses constituants. Un des enjeux fondamentaux de la recherche actuelle sur les systèmes complexes, au sens des travaux décrits dans les feuilles de route du Réseau national des Systèmes Complexes (RNSC), est le développement de modèles et de méthodes intégratives. En effet, on s'intéresse à couvrir l'ensemble des maillons de la chaîne de traitement allant de la modélisation aux applications. Dans l'axe *Systèmes Complexes* (SC) de la fédération, nous contribuons selon cette approche transversale et travaillons de manière complémentaire en nous focalisant sur les aspects de modélisation et de simulation de systèmes dynamiques. Notre objectif est de développer des outils d'analyse, de simulation, de diagnostic, d'aide à la décision ou de la décision autonome pour les systèmes territoriaux, la robotique, les véhicules intelligents et les objets connectés.

Les enjeux sociétaux adressés concernent plusieurs domaines comme l'analyse spatiale du risque, les réseaux et la mobilité (réseaux sociaux, réseaux de transport, ...) ou encore le développement de l'intelligence territoriale par les sciences numériques. En particulier, on retrouve les systèmes logistiques comprenant les systèmes de transport intelligents, les objets connectés et réseaux de capteurs, les robots dans les lieux publics intégrés dans des approches et des analyses

spécialisées. Ces systèmes complexes prennent en compte la gestion et la prévention de divers événements pour proposer des services adéquats aux usagers en situations dites normales ou en situation de crise comme des éléments clés du développement durable territorial. En effet, les lieux publics (aéroports, gares, centres commerciaux, musée, hôpitaux, ...) deviennent de plus en plus complexes de part leur architecture, la densité de leur signalisation et la fréquence des usagers mettant en difficulté les personnes fragiles pour évoluer confortablement et les personnes actives pour un gain de temps et de performances. Les systèmes complexes ont vocation à formaliser de tels environnements et des actions pro-actives pouvant aider les usagers à mieux les utiliser.

Ces enjeux ouvrent plusieurs défis scientifiques pour la formalisation de tels systèmes. L'axe SC de la fédération a pris ses inspirations de l'Institut pluridisciplinaire des Systèmes Complexes en Normandie pour organiser une activité de recherche en se fondant sur les sciences numériques. Ainsi, il est organisé en trois thèmes, à savoir :

1. **Modélisation** : la recherche développée concerne d'abord des approches de représentation comme les graphes, graphes dynamiques et réseaux mais aussi de la modélisation spatio-temporelle de divers environnements.
2. **Formalisation** : dans ce thème on étudie les approches fondées sur l'*intelligence artificielle distribuée* comme les systèmes multi-agents mais aussi les approches bio-inspirées (fourmis, abeilles, poissons, flocking, ...).
3. **Algorithmes de résolution** : ce thème se focalise sur l'étude et le développement d'une méthodologie et d'algorithmes innovants pour la détection d'organisation, le raisonnement multi-échelle et la prise de décision autonome dans des environnements stochastiques entre entités artificielles et parfois en interaction avec des humains.

Cette recherche fondamentale trouve ses applications dans les domaines liés aux enjeux sociétaux cités ci-dessus comme le véhicule intelligent et logistique, la robotique en lieu public, les territoires intelligents et les objets connectés mais aussi la gestion, l'analyse et la prédiction spatio-temporelle du risque.

Ces thèmes de recherche avec leurs domaines d'application privilégiés concernent principalement les équipes MAD du GREYC ainsi que MIND, RI2C et STI du LITIS.

ImageS

L'axe accueille des chercheurs de l'équipe Image du laboratoire GREYC et des équipes Quantif, Docapp et STI du laboratoire LITIS. L'équipe Image du GREYC a développé une solide expérience dans le développement de méthodes de traitement des images. Ces méthodes sont fondées sur divers modèles mathématiques pour la description des images et leur caractérisation (géométrie, statistique, topologique) et s'appuient sur différents schémas d'optimisation (optimisation convexe, optimisation des formes et les contours actifs, les approches variationnelles et les EDP, l'optimisation discrète basée sur la théorie des graphes). En outre, le LITIS possède une expertise reconnue dans différents domaines tels que l'analyse du document et le repérage de modèles, l'imagerie médicale, l'analyse d'images multimodales à l'aide d'algorithmes de fusion originaux, la segmentation, la caractérisation et la classification des images, mais aussi des systèmes de vision innovants pour les véhicules intelligents.

L'objectif principal de cet axe de recherche est de favoriser l'interaction des chercheurs des deux laboratoires dans le domaine d'analyse et du traitement des images et des données, en mettant l'accent sur les caractéristiques complexes et inhabituelles des données (par exemple, images multimodales, images médicales en 2D ou 3D, manuscrits anciens, données 3D incomplètes

du patrimoine culturel, images à capteurs multiples). Cette recherche s'appuie sur les compétences complémentaires développées par les deux laboratoires concernés et porte sur des applications pratiques, notamment dans les domaines suivants : imagerie médicale, véhicule intelligent et préservation et valorisation du patrimoine.

Dans le cadre de cet axe, trois thèmes seront examinés :

— Restauration, segmentation, extraction d'attributs.

Ce premier thème regroupe classiquement les trois principales catégories de processus impliqués dans l'analyse d'images :

1. La restauration est un outil important pour éliminer le bruit et les artefacts dans les manuscrits anciens ce qui augmente la qualité de l'image afin de faciliter les traitements ultérieurs.
2. La segmentation permet de délimiter des régions et des objets complexes à l'intérieur des images pour des étapes ultérieures de quantification et d'analyse.
3. L'extraction des attributs des régions. Ces attributs sont essentiels pour toute étape de classification ou de catégorisation, mais sont également utiles pour l'appariement, le suivi et la reconnaissance des objets.

Les applications pratiques concernent essentiellement la préservation du patrimoine et la valorisation des manuscrits anciens (où l'étape de restauration est particulièrement importante et la segmentation des textes reste difficile), la mobilité, et l'imagerie médicale qui offrent toujours des structures complexes à délimiter et à quantifier.

— Caractérisation de l'image pour l'appariement des régions. Les images de documents manuscrits médiévaux sont particulièrement riches en illuminations et en couleurs, et nécessitent le développement de techniques de traitement d'images spécifiques. En particulier, le repérage des motifs, qui facilite l'indexation et la recherche d'informations dans ces bases de données médiévales relativement complexes, doit s'appuyer, d'une part sur, des descripteurs de couleur et des représentations éparpillées d'un dictionnaire de mots visuels, et d'autre part, sur l'intégration de mécanismes permettant de préserver et de représenter l'organisation spatiale des couleurs. Ce thème trouve également des applications dans les systèmes mobiles de guidage et de localisation.

— Fusion d'informations.

La fusion des informations joue un rôle important dans de nombreux domaines. La multimodalité et les multiples sources d'information sont exploitées pour prendre une décision. On retrouve ces questions à la fois dans l'imagerie médicale (anatomique 3D (CT, IRM) et fonctionnelle (PET et SPECT)), qui sont des sources importantes pour la prise de décision, et aussi dans les systèmes mobiles ou les capteurs multiples (GPS, LIDAR, caméra), qui fournissent des informations pertinentes sur l'état et/ou la position des caméras.

Données, Apprentissage et Connaissances

Avec l'essor des outils numériques et le développement des Technologies de l'Information et de la Communication, la quantité de données quotidiennement générées ne cesse de croître et leur exploitation et leur analyse sont devenues un défi majeur. Cette problématique forme l'épine dorsale de l'axe « Données, Apprentissage, Connaissances » (DAC). Au sein de celui-ci, les chercheurs de la fédération NormaSTIC développent des activités fondamentales et appliquées sur les thématiques de l'apprentissage machine et de l'optimisation, la modélisation statistique, la reconnaissance de formes dans les images et les vidéos, les graphes, les technologies du langage humain, la fouille de données, l'extraction d'information, la science de données, la monétique et la biométrie... Les thématiques de recherche de l'axe se retrouvent au niveau national dans celles

des GDR MaDICS (Masses de Données, Informations et Connaissances en Sciences), ISIS (Information, Signal, Image et ViSion), TAL (Traitement automatique des langues) et des membres de l'axe DAC s'investissent aussi dans ces structures.

L'axe scientifique DAC regroupe une quarantaine de membres permanents essentiellement des équipes "Contraintes, Data Mining, Graphes", "HUMAN Language TECHNOLOGY" et Image et GREYC et des équipes "Apprentissage", "Multi-Agent, Interaction, Décision" et "Traitement de l'information en Biologie Santé" du LITIS. Les journées de l'axe sont annoncées à tous les membres des deux laboratoires afin de favoriser l'ouverture et le développement de coopérations.

Les compétences des membres des laboratoires se complètent dans plusieurs domaines tels que l'apprentissage fondé sur un traitement statistique des masses de données ou exploitant des données discrètes, les méthodes supervisées et non supervisées, l'extraction et les usages de descripteurs texte et image, etc. Plus précisément, le GREYC est plus spécialisé sur l'apprentissage machine non supervisé et la fouille de données, les noyaux de graphes, la recherche dans des images et les vidéos alors que le LITIS est plus axé sur l'apprentissage statistique et l'apprentissage profond, les modèles markoviens (HMM multi-streams, champs aléatoires, CRF), les méthodes d'ensembles et l'analyse d'images issues de documents. Notons qu'un des membres de la fédération est lauréat d'une chaire IA en 2019 (projet Raimo : A road toward safe artificial intelligence in mobility).

Synergies au sein de l'axe

Les recherches dans cet axe sont axées sur le traitement d'énormes quantités de données hétérogènes (textes, images, vidéos, séquences, données chimiques, structures...) pour lesquelles l'extraction d'informations pertinentes devient une question cruciale pour la prise de décision. Au sein de cet axe, nous échangeons donc pour concevoir de nouveaux modèles, de nouvelles méthodologies et de nouveaux algorithmes optimisés et temps réel pour traiter des données dans le contexte du Big Data. Les activités scientifiques de l'axe DAC s'articulent autour de quatre thèmes :

- Optimisation et apprentissage machine (apprentissage collaboratif, incrémental, apprentissage et noyaux, optimisation multi-objectif) : l'optimisation est partout et est d'une importance cruciale pour la conception d'algorithmes d'apprentissage machine efficaces qui seront en mesure de traiter les Big Data. Nous visons ici à étudier la combinaison entre des descripteurs avancés (noyaux de graphes, hiérarchiques, des sacs de mots...) et des techniques récentes d'apprentissage machine (collaborative, progressive, active...) pour relever le défi de la question de l'apprentissage machine à partir de données complexes qui ne sont pas nécessairement multidimensionnelles.
- Graphes et reconnaissance de formes (noyaux de graphes, analyse de données représentées par des graphes, analyse d'images et de documents, extraction de structures) : les données basées sur les graphes sont désormais collectées quotidiennement dans de nombreuses applications et la communauté scientifique a encore besoin d'algorithmes et de méthodes sophistiqués pour analyser/traiter ces données. Nous nous intéressons ici à l'étude des noyaux de graphes, à la propagation des équations aux dérivées partielles sur les graphes, aux ondelettes sur les graphes pour résoudre les problèmes inverses dans le traitement des images et l'apprentissage machine, mais aussi à l'apprentissage machine sur les graphes basés sur des champs aléatoires conditionnels 1D ou 2D, ou la similarité entre les graphes basée sur l'isomorphisme de graphes.
- Indexation (descripteurs d'images et de documents, découverte d'associations (ou motifs) et de modèles) : il n'y a pas d'extraction ni de recherche d'informations efficaces sans une bonne description des documents ou des images. Dans ce thème, nous étudions les descripteurs utilisés pour caractériser les images naturelles, les images de documents et les documents textuels afin de tirer parti de leur complémentarité. Nous étudions également

l'utilisation de nouveaux descripteurs compacts au lieu des descripteurs classiques de type "bag-of-visual-words" pour des systèmes de recherche d'images évolutifs.

- Extraction d'information et fouille de données (exploitation et analyse de traces, de données, accès personnalisé à l'information, apport de méthodes symboliques pour l'explicabilité et la transparence de méthodes d'apprentissage profond) : notre objectif est d'établir des liens méthodologiques entre les techniques d'apprentissage machine supervisées et non supervisées pour extraire des informations des données ou découvrir de nouvelles connaissances sous forme de modèles récurrents par exemple. En particulier, nous étudions comment faire coopérer des modèles globaux et des modèles locaux dans l'exploration de données et de traces.

2.4.3 Axes transverses

. La fédération a également défini trois domaines d'application principaux. Ces domaines d'application, également appelés axes transversaux, correspondent à :

1. Sécurité des systèmes,
2. Analyse de documents,
3. Systèmes mobiles.

Ces axes transversaux correspondent à des domaines d'application forts des deux laboratoires en étroite collaboration avec le pôle de compétitivité TES, les départements de sciences humaines des universités de Caen et Rouen et les pôles Mov'eo et Nov@log (Section 2.2.3).

2.4.4 Organisation de la fédération

Les processus de décision de NormaSTIC sont menés par différents conseils définis dans sa convention. Notez cependant que l'animation scientifique de NormaSTIC est menée conjointement par ces conseils et les responsables des quatre axes scientifiques qui composent la fédération (Section 2.4.2).

Direction de la fédération

La direction de la fédération est assurée par un directeur et un directeur adjoint. Le directeur met en œuvre la politique de la fédération et veille à l'utilisation des fonds de la fédération. Son rôle comprend également l'animation scientifique de la fédération et l'accès à l'information. Le directeur et le directeur adjoint sont nommés pour quatre ans. Leur poste peut être renouvelé deux fois avec l'accord de toutes les institutions de tutelle.

Pour ce mandat, le directeur est Luc Brun et le directeur adjoint est Stéphane Canu.

Comité de direction

Le comité de direction est composé du directeur et du directeur adjoint de la fédération, des directeurs des unités constituantes ou de leurs représentants. Il se réunit sur l'initiative du directeur de la fédération. Il assiste le directeur dans l'organisation des activités communes, la négociation et la répartition des ressources de la fédération.

Conseil de fédération

Il est institué un conseil de fédération dont la composition est :

- Le comité de direction, membres de droit

— Les responsables des axes de la fédération.
Ce conseil est consulté sur l'état, le programme et l'orientation des recherches, les moyens budgétaires à demander par la fédération et la répartition de ceux qui lui sont alloués.

Chapitre 3

Projet et stratégie à cinq ans

Nous commençons par présenter une analyse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) à partir de laquelle nous positionnons notre projet en termes d'activités scientifiques et d'animation puis par rapport à l'environnement de la fédération et sa gouvernance. Ce projet est porté par Sébastien Adam (LITIS) et Bruno Crémilleux (GREYC) avec une volonté de direction conjointe.

3.1 Auto-evaluation (SWOT)

Forces

- une animation scientifique continue, les membres de la fédération se sentent bien à travailler ensemble.
- un effet levier sur le montage et l'acceptation de projets régionaux (8 projets régionaux acceptés depuis 2017).
- 21 stages de master co-encadrés depuis 2015 : certains ont donné lieu à des thèses, à des projets communs (région, dépôt d'ANR,...).

Points à améliorer

- des activités cloisonnées dans les axes et peu d'activité scientifique inter-axes.
- pas de réelle activité des axes transverses (sécurité des systèmes, analyse de documents, systèmes mobiles).
- place de l'électronique (équipe du GREYC) au sein de la fédération.

Opportunités liées au contexte

- une attention et un soutien des directions de laboratoire (GREYC, LITIS) à la fédération.
- une synergie des acteurs de l'espace de l'enseignement et de la recherche (ESR) normand avec une forte implication des membres du GREYC et du LITIS : école doctorale commune pour les activités du GREYC et du LITIS, le périmètre du pôle Sciences du Numérique de Normandie Université correspond au Réseau d'Intérêt Normand (RIN) "Normandie Digitale" de la Région. Ce fonctionnement collectif a certainement aidé à l'obtention de 2 chaires IA et d'allocations IA, il est aussi bénéfique à la fédération.
- le projet EUR Minmacs, bien qu'évalué très positivement par l'ANR, n'a finalement pas été retenu. Son implémentation démarre toutefois en septembre 2020 sous la forme d'une Graduate School financée par la région Normandie et soutenue par les établissements.

Cette nouvelle structuration de la formation normande en STIC devrait rapidement alimenter le vivier de futurs doctorants et ingénieurs de bon niveau, déjà sensibilisés aux problématiques de recherche communes aux laboratoires de Normastic.

Risques liés au contexte

- une politique nationale qui vise à renforcer les sites à vocation mondiale. Le maintien d'une recherche de haut niveau en STIC en Normandie bénéficie peu de la politique actuelle de l'ESR par rapport au territoire.

3.2 Activités scientifiques

3.2.1 Axes scientifiques

Notre vision de l'animation scientifique de la fédération s'inscrit dans la continuité du travail mené par la direction actuelle. Ainsi, nous souhaitons poursuivre une animation scientifique structurée au sein d'axes qui :

- rassemblent des membres de *chaque* laboratoire ;
- soutiennent la complémentarité des activités scientifiques des laboratoires ;
- ont un positionnement scientifique qui soit un "juste milieu", c'est-à-dire un champ thématique suffisamment large pour rassembler une part significative des membres des laboratoires tout en étant suffisamment délimité pour que les participants d'un axe partagent une culture commune et puissent ainsi échanger et collaborer ensemble ;
- soient évolutifs de telle sorte que les axes forment un *ensemble structurant* couvrant au mieux les thématiques, elles mêmes évolutives, des laboratoires.

La préparation de ce projet a été l'occasion de repenser et de redynamiser l'animation scientifique pour entraîner plus loin les membres des laboratoires de la fédération après maintenant plus de 6 années d'existence. Notre démarche dans ce cadre a consisté à demander à chaque axe, en plus de la préparation de leur bilan, de rédiger un projet scientifique propre à l'axe accompagné d'une stratégie de mise en œuvre. Ce travail, présenté dans les sous-sections "Projet et stratégie" de chaque axe (chapitre 4) a démontré à la fois une volonté de continuité des travaux, mais aussi des pistes d'ouverture scientifique pour le projet quinquennat. On peut citer à titre d'exemple les projets de l'axe "AlgoComb" autour des graphes dynamiques, qui pourraient impliquer de nombreux collègues. C'est également le cas des perspectives concernant l'interprétabilité des modèles de Deep Learning au sein de l'axe "DAC" ou des travaux autour des modèles d'interaction entre entités autonomes dans l'axe "Systèmes Complexes".

Au vu de ces projets propres aux axes, des discussions ont été menées au cours du premier semestre 2020. Elles ont mis en exergue plusieurs objectifs d'améliorations pour le prochain contrat, qui concernent principalement :

- une meilleure intégration des équipes "Electronique" et "Monétique et Biométrie" du GREYC, actuellement peu impliquées dans la fédération
- la possibilité de soutenir des travaux de recherche transverses à plusieurs des axes actuels, que ce soit sur des thématiques applicatives communes, éventuellement en lien avec les SHS, ou sur des sujets de recherches à l'interface des axes actuels.

3.2.2 Electronique et biométrie

Comme indiqué à la section 2.3.4, l'équipe électronique du GREYC est peu impliquée dans la fédération. En terme scientifique, il n'y a pas au LITIS de pendant direct de cette équipe. Les

collaborations de l'équipe électronique du GREYC avec l'ex Haute-Normandie se font via des RINs (projets issus des Réseaux d'Intérêts Normands) avec d'autres laboratoires. Des discussions préliminaires ont montré des points de convergence avec différentes activités menées au LITIS et aussi avec d'autres équipes du GREYC. Une idée générale est la construction d'un ensemble méthodologique allant du capteur à l'application dans différents contextes : données issues de bancs de mesures, données acquises dans le cadre des véhicules intelligents avec l'équipe STI, de capteurs de la santé avec l'équipe RI2C, sur les objets connectés avec l'équipe MIND, sur des algorithmes de machine learning avec l'équipe Apprentissage.

Un autre constat qui émane du quinquennal actuel est le peu d'activité au sein de la fédération impliquant l'équipe Monétique et Biométrie du GREYC qui réalise des travaux de recherche en sécurité informatique suivant 2 axes (la confiance et la biométrie). Pour le nouveau quinquennal, cette équipe évolue pour devenir l'équipe SAFE (Sécurité, Architecture, Forensique, biomÉtrie) avec une restructuration de ses activités autour de la biométrie, les architectures et modèles de sécurité et la forensique. Une meilleure intégration dans NormaSTIC doit être possible, que ce soit au sein de l'axe DAC par exemple via des collaborations autour de la donnée comme l'analyse de traces numériques mais aussi au sein des axes Image (reconnaissance d'images et deep learning) ou AlgoComb (cryptographie, sécurité).

Dans les deux cas, une première étape sera la mise en place dès 2021 de journées centrées sur ces équipes qui apporteront une meilleure connaissance mutuelle.

3.2.3 Activités transverses et émergentes

Le défi est ici de susciter des nouvelles dynamiques autour de thématiques scientifiques à l'interface des axes actuels éventuellement liées à l'environnement socio-économique comme la santé, la mobilité, le patrimoine et plus généralement les activités de recherche des STIC en lien avec les SHS. Plutôt que de créer ex-nihilo des axes dont la définition reste difficile, notre idée est d'inciter une démarche ascendante au travers de :

- l'organisation et le financement par la fédération de journées scientifiques sur des thématiques susceptibles de donner lieu à des collaborations autour de ces activités transverses
- le lancement d'un appel à projets "léger" doté d'un soutien financier pour développer des activités émergentes et/ou transverses et aller, si les acteurs concernés souhaitent s'investir et si les résultats sont convaincants, vers un nouvel axe.

A titre d'exemple, nous avons d'ores et déjà identifié des domaines et des collègues intéressés autour du traitement de l'information médicale ou encore autour des graphes et de leurs applications.

3.2.4 Événements NormaSTIC : journées scientifiques, école d'été, soutien aux thèses régionales

Chaque année, nous organiserons 1 ou 2 journées scientifiques les plus fédératrices possibles, ouvertes à tous les axes et même à l'extérieur de la fédération. De tels événements pourraient prendre la forme d'une journée de la fédération hors les murs, laissant de la place à la fois à 1 ou 2 exposés d'invités extérieurs de renom (colloquium), des exposés des membres des laboratoires (jeunes chercheurs et chercheurs seniors). Les interactions avec la fédération de mathématiques (fédération Normandie Mathématiques) doivent naturellement être poursuivies et renforcées et une journée scientifique annuelle commune pourra être organisée. Le développement de ces interactions sera facilité par le fait que le périmètre de la graduate school Minmacs est similaire à celui des fédérations Normandie-Mathématiques et NormaSTIC.

Ces différentes journées seront organisées après échange avec les laboratoires, les pôles de recherche et l'école doctorale afin d'éviter des redondances et tendre vers une animation optimale.

Une façon de renforcer les coopérations régionales est de développer des thèses régionales co-encadrées par un membre du GREYC et un membre du LITIS. Plusieurs formes non exclusives sont possibles pour la réalisation de cet objectif : participation aux frais de fonctionnement de thèses co-encadrées, "label" NormaSTIC sur des sujets de thèse, prix de thèse. . .

Nous souhaitons la mise en place d'un événement phare faisant rayonner les STIC en Normandie comme par exemple une école d'été, une telle école pouvant être pilotée par un axe et soutenue par la fédération et les laboratoires. Nous poursuivrons le soutien de la fédération à l'organisation d'événements comme les conférences. Via l'organisation d'événements internationaux, nous souhaitons développer nos relations à l'international.

Du fait de son positionnement intrinséquement régional, nous pensons que NormaSTIC a vocation à être un des acteurs de la réflexion sur les formations normandes en STIC. Pour initier cette volonté commune de travail, nous proposons qu'un membre de la graduate school Minmacs intègre le conseil de la fédération (cf. section 3.3).

Actuellement, les industriels ne sont pas réellement associés à la fédération. Une première démarche est de les inviter aux journées scientifiques.

3.3 NormaSTIC et son environnement

Les évolutions du contexte normand (création du pôle Sciences du Numérique par Normandie Université, Réseaux d'Intérêts Normands (RIN) de la région, école doctorale MIIS) ont naturellement un impact sur le rôle de la fédération. L'école doctorale MIIS est en charge de la formation des doctorants tandis que les pôles sont quant à eux au centre des appels à projets régionaux et de l'administration de la recherche. Ces aspects recentrent encore davantage le rôle de Normastic sur un objectif d'animation et de "vitrine" scientifique des activités STIC menées en Normandie.

Notre volonté est de mener cette animation en concertation étroite avec les directions de laboratoires et l'ensemble des acteurs de l'ESR normand (école doctorale, pôles région) ainsi que les pôles de compétitivité. La fédération doit également être un porte parole scientifique des STIC en Normandie, non seulement en son nom, mais aussi comme fédération des deux laboratoires.

Il nous semble particulièrement important de coordonner les objectifs de la fédération et des laboratoires au bénéfice de tous. Au-delà des échanges informels, nous proposons que les directions de laboratoire soient représentées au conseil de la fédération (cf. section 3.4). Il nous semble aussi important que la fédération effectue chaque année un retour aux conseils des laboratoires de la fédération.

Plus généralement, les thématiques scientifiques de la fédération se retrouvent au niveau national dans celles de plusieurs GDR comme les GDR IM (Informatique Mathématique), GDR MaDICS (Masses de Données, Informations et Connaissances en Sciences), ISIS (Information, Signal, Image et ViSion), TAL (Traitement Automatique des Langues) dans lesquels des membres de NormaSTIC exercent ou ont exercé des responsabilités. Nous encouragerons les membres de la fédération à inscrire leurs activités aussi dans le cadre de ces GDR et notamment les jeunes chercheurs afin de mieux contribuer à leur formation à la recherche.

3.4 Gouvernance

Au regard de l'objectif principal d'animation scientifique, la gouvernance d'une fédération doit être simple. Outre le comité de direction de la fédération, nous pensons toutefois que la création d'un conseil de fédération qui se réunirait 2 fois par an permettrait de mieux articuler et coordonner les actions des différentes structures. Ce conseil se composerait de :

- direction de la fédération ;
- directions (ou leurs représentants) des laboratoires ;
- responsables (ou leurs représentants) d'axes ;
- un représentant des membres de chaque laboratoire de la fédération ;
- un représentant de chaque pôle régional concerné ;
- un représentant de l'école doctorale ;
- un représentant de la graduate school Minmacs.

Les réunions de ce conseil permettront de débattre des orientations scientifiques, de leur coordination, de différents projets et moyens à leur allouer et de veiller au suivi des actions décidées.

D'autre part, le comité de direction de la fédération aura un rôle plus opérationnel sur la vie et l'orientation scientifique régulière de la fédération ainsi que sur la gestion de l'appel à projets interne de la fédération. La composition du comité de direction est :

- direction de la fédération ;
- responsables (ou leurs représentants) d'axes.

Le comité de direction se réunira au moins 2 fois par année :

- 1 réunion dont l'objet principal est la sélection des réponses à l'appel à projet ;
- 1 réunion sur la vie de la fédération, ses orientations scientifiques.

L'appel à projets interne à la fédération existe depuis sa création. Son objectif est de soutenir via des financements les activités créant ou renforçant des collaborations entre laboratoires (déplacements entre laboratoires, organisation de journées scientifiques ou de réunions thématiques de recherche, financement de stages de master co-encadrés entre deux laboratoires, invitation de conférenciers sur une thématique d'un des axes de recherche,...). Cet appel à projets se veut souple et les exemples précédents ne forme pas une liste exhaustive.

Chapitre 4

Bilan et projets des axes de la fédération

4.1 Algorithmique et combinatoire

4.1.1 Bilan

Identification de synergies au sein de l'axe

Nous avons identifié trois thématiques où des synergies potentielles existent, et nous avons cherché à les développer.

(a) *Combinatoire des mots, algorithmique du texte et théorie de l'information.* Beaucoup de questions, qui se posent dans la combinatoire des mots ou sur les automates, peuvent se généraliser quand les symboles ne sont plus équiprobables ou indépendants. Les propriétés probabilistes de la source qui produit les mots jouent alors un rôle important dans l'analyse de ces principaux phénomènes. Il y a deux volets complémentaires en algorithmique du texte : une activité créatrice sur les structures de données et une expertise dans l'analyse des propriétés probabilistes de ces structures.

(b) *Arithmétique, calcul formel, cryptographie et codage.* Il y a un réel intérêt partagé pour les algorithmes travaillant sur des structures mathématiques, de nature algébrique (polynômes), ou arithmétique (nombres entiers, ou réseaux euclidiens), avec une culture commune sur ces domaines. De plus, les équipes partagent une expertise sur l'analyse probabiliste de ces algorithmes. Les équipes « **Combinatoires et Algorithmes** » et **AmaCC** se retrouvent aussi dans le domaine du codage et de la cryptographie, notamment dans des activités de cryptanalyse. La aussi, il y a deux approches complémentaires : l'une utilise davantage des outils arithmétiques (par exemple les réseaux euclidiens), et l'autre davantage des outils de calcul formel (les systèmes polynomiaux). Chacun des deux sites étudient également la complexité des algorithmes utilisés dans ces cryptanalyses. Ces synergies auraient pu se retrouver également au sein de la fédération dans l'axe applicatif transverse « Sécurité », mais cet axe transverse n'a pas fonctionné.

(c) *Combinatoires analytique, algébrique et énumérative.* Les séries génératrices interviennent dans deux approches complémentaires pour étendre les modèles classiques sous-jacents à la définition des algorithmes et à leur analyse :

Le premier est centré sur l'analyse probabiliste des structures aléatoires et des algorithmes. Dans

son volet méthodologie, nous poursuivons le développement du cadre réaliste pour la modélisation des algorithmes, où ceux-ci sont vus comme des systèmes dynamiques. La série génératrice associée à l'algorithme est alors étendue en un opérateur générateur (associé à l'opérateur de transfert du système dynamique).

La généralisation des séries génératrices à d'autres structures notamment non-commutatives. En particulier, nous étudions les fonctions symétriques, les algèbres de Hopf et les opérades. La notion d'opérade, issue de la topologie algébrique, permet de modéliser les propriétés algébriques des opérateurs n -aires. Elle s'applique naturellement en Combinatoire Algébrique et en Physique Combinatoire. Nous développons aussi une approche nouvelle en modélisant certains opérateurs intervenant en théorie des langages grâce à ces structures. Plus généralement, l'informatique mathématique peut devenir un terrain de jeu idéal pour les opérades.

Actions

L'axe a choisi de susciter ou de soutenir des actions dans des cadres variés (local, national, international), dans le cadre d'un cours de master qu'il a co-organisé, ou dans le cadre de projets RIN qu'il a contribué à définir. Il a privilégié ces cadres aux rencontres internes de l'axe.

(a) *Organisation de deux rencontres thématiques internes.* Elles sont constituées d'exposés scientifiques et de discussions autour de l'axe, en complément des journées de la Fédération, inter-fédérations et des autres événements impliquant les membres de l'axe.

1. **Satellite AlgoComb de la journée Maths-STIC du 20 mai 2016 à Rouen ;**
2. **28 mai 2019 à Caen.** Les nouveaux chercheurs qui ont intégré l'axe (doctorants, post-doctorants, ou nouveaux membres permanents) ont exposé leurs travaux.

(b) *Contributions à l'organisation de rencontres internationales.* L'axe soutient des événements internationaux portés par ses membres :

1. La première occurrence de la conférence internationale ISWAG (Deauville, 2015) dans la thématique de l'algorithmique du Web ;
2. Une des plus importantes conférences européennes dans le domaine de l'informatique théorique, **STACS** (Mars 2018 à Caen). Elle a regroupé 96 participants répartis sur 18 pays. 183 articles ont été soumis, 54 acceptés, dont les thèmes ont été très variés (calculabilité, complexités, algorithmiques, théorie des langages, logiques, vérification, preuves automatiques, etc), un tutoriel sur l'analyse probabiliste et la génération aléatoire et 3 exposés invités ont été donnés ;
3. La 6^e édition de la rencontre internationale de jeunes chercheurs ALEA-Young (Falaise, mai 2019), à mi-chemin entre école et conférence, autour de l'analyse des structures aléatoires discrètes. Elle a réuni une trentaine de participants, dont la moitié d'étrangers, autour de cours, d'exposés longs et courts ;
4. L'équipe **AmaCC** du **GREYC** est membre du laboratoire international CNRS SINFIN (France-Argentine), et participe à l'équipe RAofA de ce laboratoire (Randomness and Analysis of Algorithms). Elle co-organise une réunion internationale dans ce cadre à Colonia (Uruguay) en Avril 2020.

(c) *Contributions à l'organisation de journées thématiques* Les membres de l'axe se sont investis dans la préparation de rencontres nationales, que l'axe a aussi soutenu financièrement

1. **Structures et Modèles Discrets** (Rouen, 2017), regroupant informaticiens et mathématiciens autour de la thématique des structures discrètes dans le cadre du projet régional **MOUSTIC**. Ces journées, organisées sur 3 jours et soutenues conjointement par les deux fédérations **NormaSTIC** et **Normandie-Mathématiques**, ont regroupé une cinquantaine de personnes, du **LITIS**, du **LMRS** ainsi que des extérieurs ;
2. **CAEN'18**, autour de la cryptographie et de la théorie algorithmique des nombres, organisée à Caen. Le colloque, organisé sur 3 jours, a regroupé une soixantaine de participants, répartis sur plusieurs pays, et a impliqué des membres du **LITIS**, du **GREYC** et du **LMNO**, avec des invités de France et de l'étranger. L'évènement a été soutenu par les fédérations **NormaSTIC** et **Normandie-Mathématiques** ;
3. **STODEP'18**, sur le thème des modèles stochastiques et dans le cadre du projet régional **MOUSTIC**, organisée à Rouen. Le colloque, organisé sur 3 jours, a regroupé une quarantaine de participants, dont quelques étrangers, et a impliqué des membres du **LMRS** et du **GREYC** ;
4. **RPM'19** a eu lieu à Rouen fin septembre 2019. C'est à la fois un événement satellite de l'**ICIAM'19** (International Congress on Industrial and Applied Mathematics, 15–19 juillet 2019, Valence), mais aussi l'édition 2019 des Rencontres de Probabilités (étendue à une semaine) qui sont organisées chaque année à Rouen depuis près de 20 ans sur les thèmes de la mécanique statistique et des systèmes de particules. En 2019, la thématique d'analyse d'algorithmes est bien présente, et l'axe AlgoComb participe au Comité Scientifique. Les trois post-doctorants nouvellement recrutés dans le cadre normand ont présenté leurs travaux ;

ainsi que dans des rencontres à vocation plutôt régionale :

5. les journées annuelles ArCoCrypt sont organisées, depuis 2017, conjointement par le **LMNO** et le **LITIS**, alternativement à Caen et à Rouen. C'est une l'occasion d'échanges sur des thématiques à l'interface de l'arithmétique, la théorie des codes, et la cryptographie. Elles regroupent une quinzaine de participants (essentiellement normands), mais aussi quelques scientifiques extérieurs. Elles sont co-financées par les deux laboratoires et les deux fédérations **NormaSTIC** et **Normandie-Mathématiques**.

(d) *Contribution à la mise en place d'un cours régional de niveau Master.* C'est un cours organisé dans le cadre des projets RIN Action Sup soutenus par la Région, au début décembre 2018, donné par un spécialiste international dans le domaine de l'Alea, Luc Devroye, sur le sujet général des arbres aléatoires (central à la fois pour le côté Alea d'AlgoComb et les probabilistes du **LMRS**). Ce cours a été soutenu par les deux fédérations **NormaSTIC** et **Normandie-Mathématiques**, *via* le financement de missions de scientifiques et d'étudiants de Master rouennais pour venir assister aux cours à Caen. Ce cours a regroupé un public de niveaux variés (étudiants de Master, doctorants, post-doctorants, mais aussi chercheurs confirmés), aussi bien mathématiciens qu'informaticiens. Il y a eu une assistance en moyenne de vingt personnes et un polycopié a été distribué.

(e) *Contributions de l'axe à la mise en place de projets régionaux, recrutement de post-doctorants.* Deux projets régionaux contribuent à un approfondissement et une meilleure structuration des collaborations au sein de l'axe. Ils se situent à l'interface entre les deux fédérations de laboratoires normands **Normandie-Mathématiques** et **NormaSTIC** et sont soutenus par les deux fédérations. L'axe AlgoComb abonde en frais de missions internes, qui ne sont pas couverts par la Région.

1. Le projet RIN ALENOR (1/10/18–31/9/21), regroupe des membres du LMRS et des trois équipes participant à l’axe. Son objectif est de modéliser de manière fine certaines des données qui sont des « briques de base » des grandes masses de données, et à étudier l’efficacité des réponses algorithmiques à des problèmes centraux sur ces « briques ». Il adopte un point de vue original, le point de vue probabiliste, qui lui permet d’analyser les données et leurs algorithmes associés, de manière générique. Cette approche, souvent orthogonale à l’approche classique, est bien adaptée à la complexité des données et à leur forte corrélation ; le projet partage aussi l’outil des systèmes dynamiques, qui lui permet de bien mesurer et quantifier les phénomènes liés à la forte évolutivité des données. Dans le cadre du projet ALENOR, nous avons recruté en 2019–2020 trois post-doctorants qui sont appelés à jouer un rôle central dans les collaborations de l’axe ;
2. Le projet RIN ARTIQ (1/10/18–31/9/21) regroupe l’ensemble des thématiques de l’axe Modèles discrets du RIN « Normandie Digitale ». Il vise à renforcer, inciter et concevoir des coopérations entre le LITIS et le LMNO qui émergent de la comparaison et de la combinaison de certaines des thématiques centrales dans les deux laboratoires, notamment autour de l’informatique quantique. Il s’appuie aussi sur les collaborations avec d’autres laboratoires d’informatique et mathématiques, en Normandie (en particulier au LMRS), mais aussi ailleurs en France. Un des objectifs est d’appliquer des méthodes issues de la combinatoire algébrique à l’information quantique. Il s’agit de mieux comprendre la nature de l’information quantique, de développer des outils pour la manipuler et la stocker. Un autre objectif est de favoriser les émulations avec le LMNO autour de la théorie des langages, par exemple. Dans le cadre du projet ARTIQ, trois post-doctorants ont été recrutés.

Discussion

L’axe AlgoComb adopte une démarche un peu différente de celle des autres axes : il ne soutient pas en priorité le financement de stages de Master co-dirigés (un seul sur la période). Il soutient plutôt les manifestations organisées par ses membres, en finances et en logistique. Les rencontres internes de l’axe, de bonne tenue, suscitent de l’intérêt en interne.

Le projet ALENOR concrétise le renforcement des interactions internes à l’axe. D’autres projets, à venir, peuvent permettre de développer de nouvelles interactions avec d’autres axes.

La mise en place de projets régionaux (MOUSTIC, ALENOR, ARTIQ), l’organisation commune de manifestations régionales (CAEN, ArCoCrypt, STODEP, RPM) ou la création d’un cours de Master, renforcent les collaborations inter-disciplinaires (entre les mathématiques, l’informatique et la physique), et développent les interfaces entre les deux fédérations NormaSTIC et Normandie-Mathématiques.

L’axe soutient également les activités internationales de ses membres (conférences ISWAG, Alea-Young, STACS’18, laboratoire international SINFIN).

4.1.2 Projet et stratégie

L’axe AlgoComb juge utile de conserver une unité thématique en son sein, et une spécificité liée à sa proximité de l’informatique mathématique. Il pense aussi important d’ouvrir ses thématiques, notamment dans deux domaines précis :

Graphes dynamiques. Des recrutements récents ont accru les compétences de l’axe dans le domaine des graphes. Au sein de NormaSTIC, beaucoup d’aspects des graphes sont maintenant abordés (théorie des graphes, algorithmique des graphes, recherche opérationnelle). En particulier, le thème des graphes dynamiques apparaît riche en possibles collaborations. Le modèle des

graphes dynamiques est bien adapté pour traiter des problèmes concrets liés à l'évolutivité de réseaux : un graphe dynamique a un ensemble fixé de sommets, et associe à chaque arête la liste de périodes où elle est vivante. C'est un modèle très riche qu'il faut bien analyser ou classifier, en précisant notamment le cycle de vie des arêtes. Il faut aussi étudier le réalisme de ces modèles et leur génération aléatoire.

Ces questions feront l'objet d'un projet régional, qui impliquera à la fois des membres de l'axe AlgoComb et de l'axe « Systèmes complexes ». Des rencontres préparatoires seront organisées en 2020.

Protection et sécurité de l'information. C'est un domaine d'interface, où se retrouvent déjà, outre les membres de « **Combinatoires et Algorithmes** » et **AmaCC**, des mathématiciens et des membres de Biométrie, notamment dans le cadre de ArCoCrypt. Il avait déjà été question en 2015 de créer un axe transverse sur ce thème, qui rassemblerait aussi des spécialistes plus appliqués. C'est une question qui reste d'actualité.

4.2 Systèmes Complexes

4.2.1 Bilan

Pour animer cet axe, nous avons mis en place une stratégie inspirée de certaines communautés internationales comme les Symposiums AAAI de la communauté américaine de l'IA. Cette animation se fait soit sous forme de panels pour faire des bilans soit sous forme d'ateliers pour y étudier des questions scientifiques précises. Ainsi, l'animation de l'axe SC se fait selon les modes suivants :

1. **Journées thématiques** : pendant les journées thématiques, nous nous focalisons sur un aspect des systèmes complexes comme *les modèles et les réseaux d'interaction, la décision et le raisonnement, les systèmes multi-agents* mais aussi sur des domaines d'application comme *l'intelligence territoriale, la robotique,...* L'objectif de ces journées est de déceler des accointances entre les différents chercheurs et de définir une feuille de route de coopération.
2. **Réunions restreintes** : ces réunions ont pour objectif de faire des avancées autour de certaines questions scientifiques définies lors des journées thématiques. Ces travaux sont souvent soutenus soit par la fédération autour d'un projet Master, soit par le conseil régional autour d'un projet RIN.

Les journées thématiques comme les réunions restreintes sont animées par les chercheurs des deux laboratoires GREYC et LITIS. Nous trouvons des chercheurs des équipes MIND, RI2C et STI du LITIS et des chercheurs de l'équipe MAD du GREYC. Bien-entendu, il arrive que les chercheurs des autres équipes participent pour apporter leurs expertises pour des questions scientifiques précises.

Dans ce qui suit, nous présentons les actions de l'axe qui se traduisent en terme de coopération entre les membres autour de projets de master, de projets collaboratifs initiés lors des journées thématiques et des réunions restreintes.

Journées thématiques

1. **Journée sur l'interaction** : cette journée a été organisée par Bruno Zanuttini (GREYC - MAD) et Laurent Vercouter (LITIS - MIND) et a eu lieu le 2 Février 2015 à Caen. Dans cette journée, plusieurs travaux sur l'interaction ont été proposés par les différentes équipes des deux laboratoires. Cela nous a permis de faire un bilan sur les compétences

et les complémentarités entre les équipes. Les thèmes qui ont émergés de cette journée concernent les modèles formels de l'interaction, les agents conversationnels, l'interaction homme-robot. Ce bilan a permis de mettre en place quelques collaborations qui ont donné lieu au projet RIN SICoPaD (voir section Actions de l'axe 4.2.1).

2. **Journée sur les SMA** : cette journée a été organisée par Gregory Bonnet (GREYC - MAD) et Julien Saunier (LITIS - MIND) et a eu lieu le 19 Mai 2015 à Rouen. Dans cette journée, des travaux autour des systèmes multi-agents comme la vérification des propriétés multi-agents, les systèmes de réputations, ..., ont été présentés. Plusieurs points de collaborations ont été identifiés dont le plus notable est autour des systèmes de réputation. Ce sujet a été objet d'un financement de stage de Master en 2016-2017 (voir section Actions de l'axe) .

3. **Journée sur les *Smart Territories*** : cette journée a été organisée par Jean-Claude Duvallet (LITIS - RI2C) et Maroua Bouzid (GREYC - MAD) et a eu lieu le 1 Juin 2017 au Havre. Dans cette journée, plusieurs travaux ont été proposés autour de la mobilité intelligente, le transport et la logistique, la simulation de déplacement de foules, le véhicule intelligent et la robotique en lieux publics. Une feuille de route sur les 2 années suivantes a été établie. Dans cette feuille plusieurs thèmes ont été identifiés pour les activités de recherche à venir, à savoir :

- la modélisation des *Smart Territories* et la représentation de leurs structures multi-niveaux et de leurs interactions (les trois niveaux) ;
- la simulation des perturbations et l'impact sur le territoire (Niveaux infrastructure et réseaux de transports) ;
- l'étude des réseaux de transports et de la chaîne logistique (niveau transport)
- l'étude des services intelligents d'assistances et l'utilisation des objets connectés et de la robotique (niveaux transport et usage).

Cette journée a permis de mettre an place une collaboration entre (GREYC - MAD) et (LITIS - STI) autour de la navigation et l'interaction sociales dans le cadre du thème DeepRobotics du projet RIN DeepNormand (voir section Actions de l'axe).

4. **Journée sur la robotique** : cette journée a été organisée Frédéric Guinand (LITIS - RI2C) et a eu lieu le 19 Novembre 2019 au LITIS au Havre. Dans cette journée, des travaux autour de la robotique pour la logistique, la robotique de service, la robotique de sécurité ont été présentés. Ces travaux vont dans la direction des thèmes identifiés lors de la journée *Smart Territories*. Plusieurs défis scientifiques ont été identifiés comme les problèmes d'interaction entre robots et drones, l'interaction entre hommes et robots, la prise en compte de normes sociales en navigation et en interaction et enfin, la décision autonome en environnement compétitif et hostile.

Actions de l'axe

1. **Soutien de stages de Master** : la fédération a soutenu :
 - 2014-2015 : le stage sur le thème du raisonnement temporel hiérarchique porté par Maroua Bouzid (GREYC - MAD) et Cyrille Bertelle (LITIS - RI2C). Les résultats de ce stage ont donnée lieu à la publication [11] (rang A*) . Il a été poursuivi en thèse soutenue en novembre 2017.
 - 2015-2016 : le stage sur le thème de la dynamique de foule vue comme un réseau complexe porté par Rodolphe Charrier (LITIS - RI2C) et Nathalie Corson (LMAH).

- 2016-2017 : le stage sur la réputation dans les systèmes multi-agents porté par Gregory Bonnet (GREYC - MAD) et Laurent Vercouter (LITIS - MIND). Les résultats de ce stage ont donnée lieu à la publication [3] .
 - 2019-2020 : le stage sur le thème des graphes dynamique pour l’analyse du sport collectif porté par Geraldine Del Mondo (STI/LITIS) F. Rioult et A. Zimmermann (CODAG - GREYC) et. Eric Sanlaville, Rodolphe Charrier (RI2C - LITIS)
 - 2019-2020 : le stage sur le thème de l’étude et de l’expérimentation des objets mobile connectés porté par Cécilia Zanni-Merk (MIND - LITIS) et Maroua Bouzid (MAD - GREYC)
2. **Soutien de manifestations scientifiques** : les membres de l’axe sont très actifs et ont organisé des manifestations nationales majeures en lien avec les thématiques de l’axe et qui ont été soutenues par la fédération, parmi elles :
- **JFSMA’2016** : journées francophones sur les systèmes multi-agents qui se sont tenues du 5 au 7 octobre 2016 à Rouen.
 - **ROADEF’2019** : conférence nationale de la recherche opérationnelle qui s’est tenue du 19 au 21 février 2019 au Havre
3. **Soutien de projets collaboratifs**
- **Projet RIN SICOpaD** : ce projet s’intéresse à l’analyse et au traitement de données issues d’objets connectés déployés chez des patients hospitalisés à domicile. Il a pour objectif d’utiliser des réseaux de capteurs et le concept de l’interaction pour la remontée des données chez un patient afin d’éviter des questions intrusives et de les analyser pour en extraire des signaux faibles utiles pour la prise de décision.
 - **Thème DeepRobotics du projet RIN DeepNormand** : Ce thème étudie les modèles probabilistes spatio-temporels augmentés de la corrélation entre le comportement humain et des propriétés spatiales. L’objectif est de fournir un modèle et des algorithmes pour la navigation sociale en respectant les déplacements des personnes puis de s’adapter afin de mieux les assister.
 - **Projet FEDER/ANR/DGA GARDES** : le projet étudie des robots autonomes qui se déplacent en formation en s’adaptant aux mouvements de robots télé-opérés (stratégie de déplacement inconnue). Leur mission est de soutenir un groupe de personnes (combattants) pour reconnaître, surveiller ou sécuriser leur environnement immédiat. L’axe SC a soutenu une demande d’achat d’équipements de robots.

Discussion

Pendant la période de 2015 à 2019, nous avons mené des actions à la fois d’animation en organisant des journées (2015, 2017 et 2019) et des panels de projets (2016 et 2018) et de soutien à des actions spécifiques de recherche pour aider au montage de projet (SICOPAD et DeepRobotics du projet RIN DeepNormand) et à des stages de master en 2015, 2016, 2017 et 2019. Ces actions ces actions ont été fructueuses car ont permis l’initiation de collaborations entre les deux laboratoires dont certaines ont fini par le montage de projet comme SICOPAD et le thème DeepRobotics dans DeepNormand. Aussi, elles ont permis l’identification et l’émergence de nouvelles directions de recherche et de projets collaboratifs entre les membres de l’axe dont les plus notables sont :

- l'étude des réseaux d'**interaction**, leur modélisation, leur représentation hiérarchique et leur usage en logistique, en transport et pour la mobilité ;
- l'étude des modèles formels pour le **raisonnement** et l'interaction entre entités hétérogènes et leur usage dans les "smart territories" ;
- l'étude des facteurs humains dans la prise de **décision** comme les normes sociales, l'éthique et les émotions et enfin, la décision autonome et semi-autonome dans les systèmes hétérogènes.

Ces directions de recherche identifiées constitueront les défis scientifiques majeurs autour desquels nous allons focaliser les actions d'animation de notre projet que nous décrivons dans la section suivante.

Par ailleurs, dans le cadre de ces actions, nous avons rencontré des difficultés à intégrer d'autres équipes malgré que certains de leurs thèmes peuvent s'inscrire dans le cadre des défis de l'axe.

4.2.2 Projet et stratégie

Le projet de cet axe est construit autour des compétences des équipes impliquées, dans la continuité des thèmes classiques des systèmes complexes. Par ailleurs, nous nous ouvrons à de nouvelles thématiques représentant les évolutions des directions de recherche des membres impliqués comme l'étude des facteurs humains et leurs impacts dans la prise de décision. Plus particulièrement, nous envisageons de renforcer notre animation autour des thèmes suivants :

1. **Thème 1 : modèles d'interaction pour les entités autonomes hétérogènes**

Nous développerons des actions autour des **réseaux, système dynamiques, graphes d'influence et Bayésiens** (compétences des équipes MAD et RI2C) pour modéliser les interactions avec une illustration dans des exemples de transports, de mobilité et de logistique (compétences des équipes MAD et STI).

2. **Thème 2 : Raisonement et Décision dans les systèmes complexes**

Nous nous intéresserons aux **modèles de raisonnement logique et de décision avec prise en compte des facteurs humains** comme l'éthique, l'émotion et les normes sociales (compétences des équipes MAD et MIND).

3. **Thème transversal : Usages et services intelligents**

Les équipes des deux laboratoires, impliquées dans l'axe, développent des applications des systèmes complexes autour de **la robotique de services et la logistique** (compétences des équipes MIND et MAD), des **objets connectés** (équipe MIND) et de **l'intelligence territoriale** (compétences des RI2C et STI). Nous proposerons des actions d'animation autour de ces applications afin de fédérer les compétences des diverses équipes pour proposer des projets collaboratifs ambitieux.

L'animation de cet axe autour des thèmes précédemment décrits va concerner à la fois la mise en commun de compétences pour le montage de projets collaboratifs mais aussi l'organisation de journées et d'ateliers pour les échanges entre équipes et pour la formation à la recherche pour des étudiants en début de cursus doctoral (Master et Doctorat). En effet, nous envisageons mener les actions suivantes :

- **Organisation des journées thématiques** en se focalisant principalement sur ces domaines applicatifs et leurs défis scientifiques pour cerner davantage l'espace de l'axe. Dans ce contexte, une journée sur le thème des objets connectés sera organisée le 29 Avril 2020 à Rouen. Aussi, afin de s'ouvrir davantage aux autres axes, nous envisageons organiser

des journées scientifique plus larges sur des thèmes transversaux comme l'apprentissage machine. Nous pensons également entamer des discussions avec l'axe Algorithmique et combinatoire autour de l'algorithmique des graphes dynamiques qui constitue un des pilier de nos thématiques.

- **Organisation d'ateliers** dont l'objectif est d'inviter des spécialistes d'un domaine scientifique en lien avec l'axe. Dans cette perspective, nous organiserons un atelier autour des modèles formels de l'interaction et des graphes dynamiques.
- **Soutien à la participation aux réseaux nationaux, type GDR** dont l'objectif est de contribuer à la formation à la recherche en encourageant les jeunes chercheurs à participer davantage aux réseaux et conférences nationaux.
- **Actions incitatives aux montages des projets collaboratifs** en soutenant des sujets de projets Masters mais aussi des réunions restreintes de travail pour le montage de projets. On peut aussi inciter des collaborations sur des thèmes prioritaires comme les objets connectés ou intelligence territoriale par exemple .

4.3 ImageS

4.3.1 Bilan

Pendant le quinquennat 2015-2020, l'axe image a cherché à réunir les chercheurs des deux laboratoires autour d'activités fédératrices (rencontres scientifiques, co-encadrement de stage de master) et d'encourager dans la mesure du possible l'organisation de colloques. Ainsi des rencontres scientifiques ont été organisées en journée thématiques. Ces journées thématiques animées par les chercheurs des deux laboratoires, ont permis de se focaliser sur un sujet donné afin d'en faire l'inventaire des avancées et de soulever les verrous scientifiques. Des coopérations entre les membres ont été menées sous différents aspects. Nous en présentons ci-dessous la liste :

Soutien de rencontres scientifiques

- 2018
 1. 06 juin 2018, **une demi-journée intitulée "Imagerie médicale normande"** a été organisée à Caen. Des chercheurs de Caen et de Rouen y ont participé pour présenter leurs récents travaux. L'objectif principal de cette journée était d'établir un état des lieux des travaux menés en Normandie sur l'imagerie médicale.
- 2017
 1. 27 janvier 2017, **une journée intitulée "Méthodes Variationnelles et Statistiques appliquées au Traitement d'Images"** a été organisée à Rouen. Orateurs invités : Stéphanie Allassonnière (Professeur de mathématiques à l'Université Paris Descartes) et Denis Fortun (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne). Cette journée était organisée dans le cadre d'une action de rapprochement de la fédération NORMASTIC et de la fédération Normandie Mathématiques, et également dans le cadre du projet M2NUM (GRR LMN).
- 2016
 1. 21 octobre 2016, **une journée GDR-ISIS intitulée "Méthodes d'apprentissage statistiques et applications à la santé"** a été organisée à Paris. Cette journée a rassemblé

plus d'une centaine de participants venant de toute la France. Orateurs invités : Gaël Varoquaux (INRIA Saclay), Benjamin Quost (Heudiasyc, UT), Dinggang Shen (l'Université de Caroline du Nord).

— 2015

1. 09 avril 2015, **une journée intitulée "Traitement d'Images" a été organisée à Rouen**. Orateurs invités : Vincent Duval (INRIA, Rocquencourt), Etienne Mémin (INRIA, Rennes). Cette journée de traitement d'images s'intégrait dans le cadre du projet M2NUM du GRR LMN.

Soutien de stages de master

— 2020

1. "Segmentation non supervisée d'images par des modèles de variétés différentielles Riemanniennes".
Encadrants : J. Lapuyade-Lahorgue (Univ. Rouen), S. Bougleux (Univ. Caen)
2. "Segmentation 'naturelle' d'images : application à l'affichage de représentations de certaines scènes de la tapisserie de Bayeux sur une tablette à stimulation tactile".
Encadrants : A. El Moataz Billah (Univ. Caen), E. Pissaloux (Univ. Rouen)

— 2019

1. "Développement d'une méthode basée sur l'apprentissage profond pour la classification des images alvéoscopiques".
Encadrants : J. Lapuyade-Lahorgue (Univ. Rouen), A. Mahboubi (Univ. Caen).
2. "Vers une segmentation « naturelle » des images de peintures : application à l'affichage des peintures sur une tablette à stimulation tactile pour les déficients visuels". Les résultats de ce stage ont donné lieu aux communications [27, 26].
Encadrants : A. El Moataz Billah (Univ. Caen), E. PISSALOUX (Univ. Rouen)

— 2018

1. "3D lymphoma detection and segmentation in PET-CT images with supervoxel and CRFs". Les résultats de ce stage ont donné lieu à la communication [28]
Encadrants : A. El Moataz Billah (Univ. Caen) et S. Ruan (Univ. Rouen).

— 2017

1. "Concept de carte géographique augmentée et son affichage sur un support à stimulation tactile" réalisé dans le cadre du projet "TETMOST" du CNRS/Mission pour l'Interdisciplinarité (Défi AUTON). Les résultats de ce stage ont donné lieu à la communication [24]
Encadrants : Edwige Pissaloux (Univ. Rouen), Simon Gay (Univ. Rouen), Catherine Achard (ISIR).

— 2016

1. "Segmentation automatique de tumeurs en imagerie d'émission de positons". Les résultats de ce stage ont donné lieu à la communication [18].
Encadrants : S. Jehan Besson (Univ. Caen) et S. Ruan (Univ. Rouen).

Événements sponsorisés

— 2020

1. **IHAW 4-6 Mai 2020 Rouen**. Première édition. Cette conférence vise à être une plateforme de présentation de recherches multi- et inter- disciplinaires à la frontière entre les technologies numériques (recherche et industrie) et la recherche dans les domaines bio- et para- médicaux, les sciences cognitives et la psychologie expérimentale.
- 2018
1. **ICISP 2-4 Juillet 2018 Cherbourg en Cotentin**. Conférence internationale de rang C qui réunit chercheurs, ingénieurs autour des thématiques liées au traitement/analyse du signal/images ou données.

Discussion

Durant ce quinquennat, la collaboration au niveau de co-encadrement de stages de master a été positive. Sept stages ont été financés par Normastic. Parmi eux, plusieurs stages ont fait l'objet de communications dans des conférences nationales [24, 27] et internationales [18, 26, 28]. Grâce à ces collaborations, deux projets régionaux ont été montés : projet RIN "MONOMAD" (2018-2020), et projet Tremplin "Guide muséal" (2020-2022). En effet le co-encadrement de stages de masters et le financement de frais de déplacement pour des réunions de travail ont donné l'impulsion au montage de ces projets régionaux.

Les réunions d'échanges entre Caen et Rouen ont été difficiles à organiser. Les membres se rencontrent à travers leurs projets ou des réunions en petits groupes (stage de master). Ce serait plus intéressant d'organiser conjointement des journées scientifiques avec les autres partenaires.

4.3.2 Projet et stratégie

Riche des collaborations du quinquennat 2015-2020, nous continuons nos collaborations. Nous envisageons de soutenir de nouvelles collaborations sur des thématiques de recherche nouvelles et des collaborations avec les autres axes (frais de déplacement pour des réunions de travail et l'indemnité de stage de master, etc). Nous privilégierons les stages qui pourront avoir une perspective de monter une thèse commune. Pour avoir plus de rayonnement, nous envisageons d'organiser des journées scientifiques qui fonctionnent bien dans le dernier quinquennat.

4.4 Données, Apprentissage, Connaissances

4.4.1 Bilan

Les activités scientifiques de l'axe "Données, Apprentissage, Connaissance" ont toujours été guidées par des objectifs scientifiques s'appuyant sur des coopérations régionales et les forces des laboratoires. Comme nous le verrons ci-dessous, ces activités ont souvent eu un effet levier pour développer des projets plus ambitieux. De façon plus concrète, cette politique s'est instancée dans les actions suivantes :

- journées thématiques afin de favoriser une connaissance mutuelle et développer une culture commune ;
- soutien à des stages de master en priorité co-dirigés GREYC/LITIS et faisant émerger de nouvelles coopérations ;
- soutien à des événements co-organisés par des membres de l'axe ;
- de façon ponctuelle, soutien à des déplacements intra Normandie ainsi que pour des conférences pour une présentation d'un article co-signé GREYC/LITIS.

Journées thématiques

Afin de développer une culture commune et un goût de l'échange, nous avons organisé 6 journées thématiques régulièrement réparties sur le quinquennat. Ces journées ont comporté des exposés susceptibles d'intéresser un public plutôt large (plus de 60 participants au tutoriel sur l'apprentissage profond donné en 2016) mais aussi des discussions plus pointues et plus propices au montage de collaborations concrètes. La plupart de ces journées ont comporté un tutoriel sur un sujet relatif aux activités de l'axe et proposant un panorama lié au thème de la journée. Nous avons aussi invité des chercheurs extérieurs à la Normandie :

- Vincent T'Kindt (Université de Tours) : « La Recherche Opérationnelle ou l'art de bien optimiser : un panorama » ;
- Pasquale Foggia (Univ. Salerno, Italy) : « Graph matching for biological databases and social network data » ;
- Guozhu Dong (Wright State University, US) : « Pattern Aided Regression Modeling ».

Afin de faciliter les échanges et les coopérations, certains exposés avaient une forme relativement peu formelle. De plus, lors de chacune de ces journées, nous avons gardé un temps pour des échanges sur la vie de l'axe afin de mieux orienter les activités de l'axe et de favoriser les échanges pour le montage de nouveaux projets et groupes de travail.

Nous donnons ci-dessous la liste de ces journées qui étaient ouvertes et annoncées à tous les membres des laboratoires (le programme détaillé et de nombreuses présentations sont accessibles via les liens) :

- 23 mai 2019 : **journée autour de l'optimisation** (optimisation continue, discrète, combinatoire, RO et programmation linéaire, planification/ordonnancement,...) Cette journée a comporté un tutoriel de Vincent T'Kindt et a permis de développer des liens entre apprentissage automatique et techniques de recherche opérationnelle.
- 4 juillet 2018 : **journée sur les modèles de traitement des séquences** dans le contexte général de la science des données. Cette journée a comporté un tutoriel de Thierry Paquet (LITIS) sur les modèles de séquences (type HMM, CRF, LSTM,...) et des exposés portant sur des applications en reconnaissance d'écriture manuscrite et OCR afin d'illustrer différents aspects de ce domaine de recherche
- 30 mars 2017 : **journée sur les activités autour de la fouille de données** au sein de NormaSTIC et plus généralement de la science des données (apprentissage automatique, statistique et analyse de données, exploration et visualisation des données, ingénierie et représentation des connaissances, web sémantique et données ouvertes, sécurité des données, passage à l'échelle, protection de la vie privée, hétérogénéité et versatilité des données, applications sur les données biomédicales, systèmes de recommandation, images, TAL, etc.). Réflétant la multiplicité des domaines concourant à la science des données, les intervenants provenaient de plusieurs disciplines : informatique, statistiques/mathématiques, chémo-informatique, sciences du langage. Cette journée incluait un tutoriel de Bruno Crémilleux sur la fouille de données centrée utilisateur.
- 28 juin 2016 : **cette journée, consacrée au « Deep Learning »** et plus généralement à l'apprentissage automatique, a rencontré un vif succès (plus de 60 participants). Elle a comporté un tutoriel de Romain Hérault (LITIS) sur les réseaux de neurones profonds et plusieurs exposés illustrant différents aspects de ces domaines de recherche.
- 2015
 - 1er octobre : **cette journée était plus particulièrement dédiée aux graphes**, cette journée a aussi accueilli des chercheurs du LIFAT (Tours) en vue de la préparation d'un projet

- ANR. Exposé invité de Pasquale Foggia (Univ. Salerno, Italy) : « Graph matching for biological databases and social network data ».
- 19 mai : l'année 2015 ayant été celle de la science des données, l'axe DAC a marqué à sa façon cet événement en colorant une journée autour de cette thématique transverse à nos laboratoires. Le programme a comporté aussi bien des exposés sur les théories fondatrices de ce domaine que sur leurs applications. Exposé invité de Guozhu Dong (Wright State University, US) : « Pattern Aided Regression Modeling ».

Soutien à des projets s'appuyant sur des stages de master

- 2020 :
 - « Peuplement d'ontologie à partir de petites annonces ». Encadrants : Céline Alec et Pierre Beust (GREYC, UNICAEN), Jean-Philippe Kotowicz (Insa Rouen). Stagiaire : Quentin Leroy.
 - « Forêts aléatoires et clustering sous contrainte ». Encadrants : Simon Bernard et Laurent Heutte (LITIS, URN), Albrecht Zimmermann et Bertrand Cuissart (GREYC, UNICAEN), Ronan Bureau (CERMN, UNICAEN). Stagiaire : Marie Gribouval.
- 2019 :
 - « Caractérisation de dynamiques spatiales dans le cadre de sources géolocalisée et non géolocalisée ». Encadrements : Géraldine Del Mondo et Sébastien Adam (LITIS, INSA Rouen et URN) et Bruno Crémilleux (GREYC, Caen). Stagiaire : Josquin Havard. Ce stage a donné lieu à un dépôt de projet ANR (cf. ci-dessous).
- 2018 :
 - « Cadre interactif de fouille de motifs avec prise en compte des préférences de l'utilisateur ». Encadrements : Samir Loudni (GREYC, UNICAEN) et Stéphane Canu (LITIS, INSA Rouen). Ce stage a donné lieu au projet CaIDeMo (Cadre interactif de découverte de motifs avec prise en compte des préférences utilisateurs), cf. ci-dessous.
- 2017 :
 - « Relations entre voies de signalisation et littérature scientifique ». Encadrements : B. Cuissart (GREYC, UNICAEN) et Lina Soualmia (LITIS, URN). Stagiaire : Vaishali Chaudhari. Ce stage a donné lieu au projet BioPathMinder (Méthodes de fouille de données pour le traitement informatique des réseaux biologiques), cf. ci-dessous.
 - « Distance d'édition entre graphes vue comme la minimisation d'une fonctionnelle quadratique » : L. Brun et S. Bougleux (GREYC, ENSICAEN) et B. Gaüzère (LITIS, INSA Rouen). Stagiaire : Evariste Daller. Ce stage a donné lieu à une publication [12]
- 2016 :
 - « Développement de méthodes statistiques pour l'analyse de données RNA-Seq. ». Encadrements : Caroline Bérard (LITIS, URN) et Nicolas Vergne (LMRS, URN). Stagiaire : Mathilde Sautreil. Le travail mené dans ce stage associait informaticiens et des statisticiens.
Financement du stage à 50% par NormaSTIC.
 - « Classification optimisée et interactive pour l'analyse de dialogues ». Encadrements : Alexandre Pauchet (LITIS, INSA Rouen) et Arnaud Knippel (LMI, INSA Rouen). Stagiaire : Étienne Leclercq. Le travail mené dans ce stage associait informaticiens et mathématiciens.
- 2015 :
 - « Analyse stratégique de trajectoires de joueurs dans du jeu vidéo compétitif ». Encadrements : François Rioult (GREYC, UNICAEN) et Alexandre Pauchet (LITIS, INSA Rouen). Stagiaire : Alexandre Letois.

L'axe attache une grande importance aux résultats de ces stages aussi bien du point de vue scientifique que sur l'impact au niveau des sciences du numériques en Normandie. Ainsi, pour tout stage financé par la fédération, le stagiaire ou à défaut ses encadrants viennent présenter les résultats du stage à une journée de l'axe.

Certains de ces stages ont été le terreau de projets régionaux qui ont été acceptés. D'autre part, un projet ANR issu d'un stage ayant eu lieu en 2019 a été accepté par l'ANR à la première étape de l'appel à projets 2020 et va être soumis pour la seconde étape du processus de sélection de cet appel à projets :

- le stage « Caractérisation de dynamiques spatiales dans le cadre de sources géolocalisée et non géolocalisée » (2019) est à l'origine du projet GRANIT soumis à l'appel à projets 2020 de l'ANR (accepté pour la première étape, va être soumis à la deuxième étape).
- le stage « Cadre interactif de fouille de motifs avec prise en compte des préférences de l'utilisateur » a donné lieu au projet CaIDeMo (Cadre interactif de découverte de motifs avec prise en compte des préférences utilisateurs) financé par un RIN doctorant (2018-2021).
- le stage « Relations entre voies de signalisation et littérature scientifique » a donné lieu au projet BioPathMinder (Méthodes de fouille de données pour le traitement informatique des réseaux biologiques) financé par un RIN doctorant (2017-2020) avec un co-encadrement GREYC/LITIS et publications conjointes.
- Mathilde Sautreuil a continué en thèse à CentraleSupélec (Université Paris-Saclay) et Evariste Daller en co-tutelle avec l'Université de Salerne, Italie.

Notons aussi que l'axe a co-financé en 2019 deux stages de recherche d'étudiants de L3 (« Analyse de textes numérisés via un système OCR » et « Enrichissement sémantique de vieux journaux ») en appui au projet RIN ASTURIAS (GREYC/LITIS).

Soutien à des événements

- 2020 : **WebScience Summer School** : WSTNet Web Science Summer School (WWSSS2020)
- 2019 : participation au financement de la mission du Prof. Alceu Britto Jr, PUCPR, Curitiba, Brazil, invité par NormaSTIC et l'Université de Rouen Normandie / LITIS, dans le cadre du projet FAP-CNRS-INRIA avec le Brésil, porté par NormaSTIC
- 2018 : **conférence sur l'Apprentissage automatique (CAp)** : cette conférence est le rendez-vous majeur et annuel de la communauté francophone dans le domaine de l'apprentissage automatique
- 2018 : **S4D 2018** : Research Summer School on Statistics for Data Science (école thématique)
- 2017 : financement d'une mission en conférence internationale dans le cadre d'un article co-signé GREYC/LITIS
- 2017 : participation au financement du livre « Dessillement numérique - Irruption d'un sens (?)¹ - Plaidoyer pour une aide à l'interprétation » aux éditions PIE Peter Lang Éditions scientifiques internationales. Ce livre est un synthèse de résultats du groupe "Nouveaux Usages" et a été coordonné par Maryvonne Holzem et Jacques Labiche.
- 2016 : groupe « Nouveaux Usages » : colloque « Quelles places pour les utilisateurs, les textes et les cultures dans les environnements numériques de travail? », Tatiou, du 16 au 18 juin 2016

1. Le ? est dans le titre de l'ouvrage

L'axe comme soutien au montage et dépôt de projets

Les activités de l'axe ont nourri des échanges conduisant au montage de plusieurs projets associant le GREYC et le LITIS :

- 2020 : RIN SCHISM (en cours d'évaluation), ANR Granit (accepté pour la première étape, va être soumis à la deuxième étape)
- 2019 : RIN INCA (Interactions Naturelles avec des Compagnons Artificiels)
- 2019 : Stéphane Canu (LITIS, INSA Rouen) est lauréat d'une chaire IA (projet Raimo : A road toward safe artificial intelligence in mobility)
- 2018 : NormaSTIC porteur du projet PIA "Grands Défis du Numérique" : HomeKeeper
- 2017 : RIN AGAC « Analyse de Graphes Appliquée à la ChémoInformatique »
- 2017 : RIN Normanddeep
- 2017 : Dépôt de l'ANR Malagga (non retenue). Ce projet était une suite du groupe de travail « graphes » de l'axe DAC.
- 2017 : Co-organisation d'une compétition internationale avec le laboratoire LIFAT (Tours) autour de la distance d'édition
- 2017 : NormaSTIC porteur français du projet FAP-CNRS-INRIA / INS2I « Robust feature representation for computer vision problems » avec le Brésil (UFPE, UFPR, PUCPR) (porteur : Laurent Heutte, LITIS)
- 2016 : ANR « Deep in France » (porteur : Stéphane Canu, LITIS)

Bilan et discussion

Les activités menées au sein de l'axe (notamment les journées scientifiques et le soutien aux stages de recherche) ont permis de développer une culture commune entre les membres et une meilleure identification des compétences de chacun. Sans la fédération, il est vraisemblable que la plupart des projets indiqués à la section 4.4.1 n'auraient pas été déposés. Deux thématiques ont eu une activité particulièrement intensive sur la période (nous n'indiquons ci-dessous que les publications communes GREYC/LITIS) :

- autour de l'apprentissage profond et plus généralement du machine learning : 1 ANR et 1 projet régional RIN ainsi qu'une thèse en co-tutelle. Les résultats scientifiques ne portent pas seulement sur les méthodes et applications de l'apprentissage [16, 14, 15, 13] mais aussi sur des thématiques connexes comment l'apport de la sémantique à l'apprentissage profond [20].
- autour du traitement de données représentées par des graphes et plus spécifiquement des molécules : 1 projet régional, 1 autre est en cours d'évaluation. Les travaux ont plus particulièrement porté sur la définition de métriques entre graphes et le calcul de sous graphes communs dans des problématiques de chimie et de biologie ([10, 12, 8, 17, 9, 5, 4, 6, 1, 7]).

Il est à noter que d'autres collaborations ont donné lieu à des publications communes comme par exemple le projet BioPathMinder (Méthodes de fouille de données pour le traitement informatique des réseaux biologiques) qui est issu des résultats d'un stage de master. Ainsi, afin de pouvoir prendre en compte plusieurs couches de description entre objets, l'article [21] propose une nouvelle méthode de détection de liens dans les graphes bi-partis et multi-couches.

Nous revenons sur quelques perspectives scientifiques à la section 4.4.2.

Nous terminons ce bilan par une difficulté bien connue mais qu'il est important de garder à l'esprit afin de mieux la surmonter : il reste toujours difficile de transformer l'essai, c'est-à-dire

de passer d'échanges scientifiques (typiquement menés lors de journées d'animation) au montage et à l'acceptation de projets. Ce travail nécessite un effort important, généralement mené par un groupe restreint de personnes sur une thématique précise. La notion de groupes de travail pourrait être un tremplin pour cette démarche, mais il reste difficile de faire vivre dans la durée un groupe de travail entre des personnes situées sur des sites distincts si celui-ci n'a pas un objectif précis.

4.4.2 Projet et stratégie

Les activités scientifiques de l'axe DAC sont guidées par le principe d'échange et de partage de connaissances entre les membres des équipes du GREYC et du LITIS dans les domaines de l'apprentissage automatique et de l'optimisation, de la modélisation statistique, de la fouille de données, de l'extraction d'information et du traitement automatique des langues. Si la période précédente a permis de développer une culture commune entre les membres et une meilleure identification des compétences de chacune des équipes impliquées, la place de plus en plus importante que prend le machine learning dans les recherches en IA a mis en évidence le besoin des équipes à croiser leurs compétences complémentaires en apprentissage supervisé, fouille de données, apprentissage profond, analyse de données représentées par des graphes, pour concevoir de nouveaux modèles en dépassant leur strict cadre supervisé ou non supervisé mais s'enrichissant des deux paradigmes.

Par exemple, une des questions essentielles de l'IA actuelle est de permettre à un utilisateur d'adhérer à un modèle, ce qui place nos activités dans le cadre de l'interprétabilité des modèles, et plus généralement de l'intelligence artificielle explicable (explainable AI). Ce domaine est actuellement encore plus important suite à l'évolution de la législation. Il existe dans la littérature des méthodes, comme LIME et SHAP, sur la production d'explications de résultats de classifieurs quelconques. Le principe de ces méthodes est de construire, pour chaque élément classé par un classifieur non interprétable, un classifieur local qui soit interprétable, par exemple un modèle linéaire simple. Nous nous proposons d'étudier l'utilisation de motifs (au sens du "pattern mining") qui seraient localement appris pour aider à l'interprétation de résultats de classification. Cette thématique de recherche, que nous souhaitons développer dans l'axe DAC, est une excellente opportunité d'associer l'expertise des équipes du LITIS sur la construction de classifieurs et la construction de descripteurs et celle des équipes du GREYC en pattern mining.

Bibliographie

- [1] Z. Abu-Aisheh, B. Gaüzère, S. Bougleux, J.-Y. Ramel, L. Brun, R. Raveaux, P. Héroux, and S. Adam. Graph edit distance contest : Results and future challenges. *Pattern Recognition Letters*, 100 :96–103, 2017.
- [2] G. Bonnet, A. Cordier, S. Despres, S. Ranwez, and L. Vercouter, editors. *Dernières avancées en intelligence artificielle*, volume 29. Lavoisier, 2015.
- [3] G. Bonnet, L. Vercouter, and D. Lelerre. Confidentialité dans les systèmes de réputation. 27e Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agent. In *27th Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents, JFSMA 2019*, Toulouse, France, July 2019.
- [4] N. Boria, S. Bougleux, B. Gaüzère, and L. Brun. Generalized Median Graph via Iterative Alternate Minimizations. In D. Conte, J.-Y. Ramel, and P. Foggia, editors, *IAPR International workshop on Graph-Based Representation in Pattern Recognition*, volume 11510 of *Graph-Based Representations in Pattern Recognition 12th IAPR-TC-15 International Workshop, GbRPR 2019*, pages 99–109, Tours, France, June 2019. Donatello Conte, Jean-Yves Ramel,, Springer.
- [5] S. Bougleux, L. Brun, V. Carletti, P. Foggia, B. Gaüzère, and M. Vento. A Quadratic Assignment Formulation of the Graph Edit Distance. Research report, Normandie Université ; GREYC CNRS UMR 6072 ; LITIS, Dec. 2015.
- [6] S. Bougleux, L. Brun, V. Carletti, P. Foggia, B. Gaüzère, and M. Vento. Graph edit distance as a quadratic assignment problem. *Pattern Recognition Letters*, 87 :38 – 46, Feb. 2017.
- [7] S. Bougleux, B. Gaüzère, D. Blumenthal, and L. Brun. Fast linear sum assignment with error-correction and no cost constraints. *Pattern Recognition Letters*, Mar. 2018.
- [8] S. Bougleux, B. Gaüzère, and L. Brun. Appariement d’ensembles avec édition : Application à la distance d’édition bipartite entre graphes. In *20ème Congrès National sur la Reconnaissance des Formes et l’Intelligence Artificielle*, Clermont Ferrand, France, June 2016.
- [9] S. Bougleux, B. Gaüzère, and L. Brun. Graph Edit Distance as a Quadratic Program. In *ICPR 2016 23rd International Conference on Pattern Recognition*, Proceedings of ICPR 2016, Cancun, Mexico, Dec. 2016. IEEE.
- [10] S. Bougleux, B. Gaüzère, and L. Brun. A Hungarian Algorithm for Error-Correcting Graph Matching. In P. Foggia, C.-L. Liu, and M. Vento, editors, *11th IAPR-TC-15 International Workshop on Graph-Based Representation in Pattern Recognition (GbRPR 2017)*, volume 10310 of *Graph-Based Representations in Pattern Recognition 11th IAPR-TC-15 International Workshop, GbRPR 2017, Anacapri, Italy, May 16–18, 2017, Proceedings*, pages 118–127, Anacapri, Italy, 2017. Pasquale Foggia, Springer.
- [11] Q. Cohen-Solal, M. Bouzid, and A. Niveau. An Algebra of Granular Temporal Relations for Qualitative Reasoning. In *Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial*

- Intelligence, IJCAI 2015*, Proceedings of the Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2015, Buenos Aires, Argentina, July 25-31, 2015, Buenos Aires, Argentina, July 2015.
- [12] É. Daller, S. Bougleux, B. Gaüzère, and L. Brun. Approximate Graph Edit Distance by Several Local Searches in Parallel. In *7th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, Funchal, Madeira, Portugal, Jan. 2018.
 - [13] S. En, F. Jurie, S. Nicolas, C. Petitjean, and L. Heutte. Linear Discriminant Analysis for Zero-shot Learning Image Retrieval. In *International Conference on Computer Vision Theory and Applications*, pages 70–77, Berlin, Germany, Mar. 2015. SCITEPRESS - Science and Technology Publications.
 - [14] S. EN, S. Nicolas, C. Petitjean, F. Jurie, and L. Heutte. New public dataset for spotting patterns in medieval document images. *Journal of Electronic Imaging*, 26(1) :011010, Jan. 2017.
 - [15] S. En, C. Petitjean, S. Nicolas, L. Heutte, and F. Jurie. Pattern localization in historical document images via template matching. In *2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, pages 2054–2059, Cancun, Mexico, Dec. 2016. IEEE.
 - [16] S. En, C. Petitjean, S. Nicolas, L. Heutte, and F. Jurie. Region Proposal for Pattern Spotting in Historical Document Images. In *2016 15th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, pages 367–372, Shenzhen, China, Oct. 2016. IEEE.
 - [17] B. Gaüzère, S. Bougleux, and L. Brun. Approximating Graph Edit Distance using GNCCP. In *Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition*, volume 10029 of *Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition - Joint IAPR International Workshop, S+SSPR 2016, Mérida*, pages 496–506, Mérida, Mexico, Nov. 2016. LNCS.
 - [18] K. Gosse, S. Jehan-Besson, F. Lecellier, and S. Ruan. Comparison of 2D and 3D region-based deformable models and random walker methods for PET segmentation. In *IEEE Sixth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)*, Image Processing Theory Tools and Applications (IPTA), 2016 6th International Conference on, Oulu, Finland, 2016. IEEE.
 - [19] M. Guinin, P. Buyssens, L. Massoptier, S. Ruan, L. Nkhali, B. Dubray, and I. Gardin. Segmentation d’organes à risque du pelvis masculin à l’aide de superpixels. Congrès Annuel de la Société Française de Radiothérapie et d’Oncologie, 2014. Poster.
 - [20] X. Huang, C. Zanni-Merk, and B. Crémilleux. Enhancing Deep Learning with Semantics : an application to manufacturing time series analysis. *Procedia Computer Science*, 159 :437–446, 2019.
 - [21] M. Koptelov, A. Zimmermann, B. Crémilleux, and L. F. Soualmia. Link Prediction via Community Detection in Bipartite Multi-Layer Graphs. In *35th ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing*, Brno, Czech Republic, Mar. 2020.
 - [22] J. Lapuyade-Lahorgue, J.-H. Xue, and S. Ruan. Segmenting Multi-Source Images Using Hidden Markov Fields With Copula-Based Multivariate Statistical Distributions. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(7) :3187 – 3195, July 2017.
 - [23] A. Malas, M. El Falou, S. El Falou, M. ITMI, and A. Cardon. A massive multi-agent approach for On-Demand Transport problem. In *ICCES*, Barcelone, France, July 2016.
 - [24] M.-A. Rivière, K. Romeo, S. Gay, E. Pissaloux, M. Chottin, P. Ancet, I. Toussaint, and R. Velazquez. Vers une aide à la mobilité basée sur la connaissance de l’espace pour les personnes ayant une déficience visuelle. In *Handicap 2018*, Paris, France, June 2018.

- [25] M. Sanchez Garcia, P. Buysens, I. Gardin, R. Lebtahi, and A. Dieudonné. Partial volume effect restoration in dose volume histograms for Y-90 dosimetry : a proof of concept. Annual Meeting of the Society of Nuclear Medicine, 2015. Poster.
- [26] A. Souradi, S. Gay, M.-A. Rivière, C. Lecomte, K. Romeo, A. Elmoataz, and E. Pissaloux. Towards tactile discovery of cultural heritage with multi-approach segmentation. In *ICISP'2020*, Marrakech, Morocco, 2020.
- [27] A. Souradi, M.-A. Rivière, S. Gay, K. Romeo, C. Lecomte, A. Elmoataz, and E. Pissaloux. Vers la découverte tactile d'images de broderie et de peintures avec une segmentation multi-approche. In *Rencontres Universitaires Numériques Normandes (RUNN)*, Caen, France, Nov. 2019.
- [28] J. Zha, P. Decazes, J. Lapuyade-Lahorgue, A. Elmoataz, and S. Ruan. 3D lymphoma detection in PET-CT images with supervoxel and CRFs. In *IPTA'2018*, Xi'an, China, Nov. 2018.
- [29] J. Zha, P. Decazes, J. Lapuyade-Lahorgue, A. Elmoataz, and S. Ruan. Detection de lymphomes à partir des images TEP-TDM. In *RITS 2019*, Tours, France, May 2019.