

# UNITÉ DE RECHERCHE DOCUMENT PROJET

## I. INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom de l'unité pour le contrat en cours : <b>Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Tours</b>
Nom de l'unité pour le prochain contrat (en cas de changement) :
Acronyme pour le contrat en cours : <b>LIFAT</b>
Acronyme pour le prochain contrat (en cas de changement) :
Domaine scientifique (si évaluation interdisciplinaire, indiquer 2 domaines) : <b>Informatique</b>
Sous-domaines scientifiques (dans la nomenclature du Hcéres) par ordre décroissant d'importance :
<b>Panel 1 : ST5 : Sciences pour l'ingénieur</b>
<b>Panel 2 : ST6 : Sciences et technologies de l'information et de la communication - STIC</b>
<b>Panel 3 : ST1 : Mathématiques</b>
Directrice / directeur pour le contrat en cours : <b>Jean-Yves Ramel</b> (3 ans) <b>puis Hubert Cardot</b> (2 ans)
Directrice / directeur (ou porteur de projet) pour le prochain contrat : <b>Hubert Cardot</b>

### 1. Type de demande :

Renouvellement à l'identique <input checked="" type="checkbox"/>	Fusion, scission, restructuration <input type="checkbox"/>	Création ex nihilo <input type="checkbox"/>
--	--	---

### 2. Établissements et organismes tutelles :

Liste des établissements et organismes tutelles de l'unité de recherche pour le contrat en cours et pour le prochain contrat.

Contrat en cours :

- **Université de Tours**
- **INSA CVL**
- **CNRS**

Proposition pour le prochain contrat :

- **Université de Tours**
- **INSA CVL**

## II. PROJET DU LIFAT

Le LIFAT est un laboratoire d'informatique, domaine en forte croissance. Il regroupe les enseignants chercheurs de l'université de Tours de plusieurs composantes : EPU (Polytech Tours), Faculté des Sciences (site de Grandmont et Blois), IUT de Blois, IUT de Tours et INSA CVL (site de Blois). Il contient 3 équipes :

- BdTIn (Bases de données et traitement des langues naturelles, 14 EC, 16 doctorants) : les recherches portent sur la représentation de données, connaissances et services, et l'extraction de connaissances par des solutions centrées utilisateur.
- RFAI (Reconnaissance des formes et analyse d'images, 19 EC, 6 doctorants) : Les domaines d'intérêt et de compétences de l'équipe RFAI relèvent de l'analyse d'images, de la visualisation de données et de la reconnaissance des formes.

- ROOT (Recherche Opérationnelle, Ordonnancement et Transport, 13 EC, 8 doctorants) : Les activités scientifiques de l'équipe s'inscrivent dans le domaine de la Recherche Opérationnelle avec des contributions à la résolution de modèles génériques d'ordonnancement et/ou de transport, ainsi que des contributions au champ des méthodes.

## 1. Analyse SWOT

Voici une auto-analyse du LIFAT dans sa globalité.

### Points forts

L'unité du laboratoire progresse au fur et à mesure des années. A la suite d'incitations, les équipes ont mis en place des travaux à l'intersection de 2 équipes avec des doctorants co-encadrés et des projets déposés par des membres d'équipes différentes. Fortement encouragées, ces coopérations se sont révélées riches en idées et nous projetons de continuer sur cette voie.

Un grand nombre de projets régionaux ont été acceptés sur la période 2016-2021 (16 dont 8 LIFAT porteur) ainsi que des bourses CIFRE (15) ce qui montre une forte reconnaissance régionale et partenariale.

Les nombreux financements permettent au total d'obtenir un budget relativement stable autour de 900 k€ par an dont 90 k€ de récurrent.

Sur le précédent contrat, nous avons eu de nombreuses mobilités entrantes (314 semaines) et sortantes (108 semaines) qui ont favorisé les collaborations internationales et ont en particulier abouti à 197 publications avec co-auteurs étrangers (79 BDTLN, 30 RFAI, 88 ROOT).

Nous avons maintenu un bon niveau de publications tant en quantité qu'en qualité (en moyenne par an : 23,6 revues et 63,8 conférences). Nous avons aussi maintenu un bon niveau de représentations dans des organismes nationaux et internationaux comme l'IAPR et son TC15 sur les graphes, le GDR RO, le GDR Madics, la participation à des bureaux de sociétés savantes comme la ROADEF et l'AFRIF.

Comme on peut le voir sur les graphiques ci-après, le CETU ILIAD3 a eu une belle croissance sur le dernier contrat avec plus qu'un doublement du nombre de personnels et du chiffre d'affaire.



## **Faiblesses**

Le LIFAT n'a aucun ingénieur (d'études ou de recherche) dans ses effectifs permanents (cf §2.4). Cela rend difficile la valorisation et la pérennisation de résultats de recherche ainsi que l'exploitation d'outils communs comme des serveurs de calcul dédiés ou des services évolués.

Le secrétariat a été fragilisé par le départ en disponibilité de la secrétaire en poste, nous fonctionnons actuellement avec un demi-poste CDI financé sur notre budget récurrent et avec des CDD de 6 mois nécessitant une formation à refaire à chaque fois.

Bien que ce problème ne soit pas spécifique au LIFAT, les enseignants-chercheurs constatent que les charges administratives augmentent régulièrement laissant un temps qui se réduit pour la recherche. Notre dispersion dans plusieurs composantes accroît le nombre de charges à porter.

Nous remarquons aussi une baisse des mobilités sortantes des doctorants liée à la crise sanitaire. Nous devons être vigilant à inciter ces mobilités dans l'avenir pour maintenir le niveau de notre formation doctorale par une prise en charge et une mise à disposition de destinations possibles.

Ces dernières années, nous avons eu un faible taux de succès comme porteur de projet financés par l'ANR et au niveau international mais il a augmenté récemment (1 ANR acceptée sur 16 dépôts comme porteur – taux de réussite < 6% sur ce contrat).

## **Opportunités**

Nous avons la chance que la demande sociétale soit forte dans les domaines de recherche de nos 3 équipes autour de l'IA, en particulier en science des données, en TAL (traitement automatique des langues) et en RO (Recherche Opérationnelle).

En conséquence, nous sommes régulièrement sollicités par des partenaires académiques et par des entreprises. Notre principal critère de sélection est de lever des verrous scientifiques dans nos thématiques, cependant, ce n'est pas le cas d'une partie des sollicitations qui nécessite qu'une prestation en informatique. Un poste d'ingénieur pérenne nous permettrait de faciliter la continuité de nos travaux et d'accepter plus de projets avec un volant valorisation et transfert de technologie.

Le LIFAT a une longue expérience de la pluridisciplinarité en particulier dans les domaines de la santé, du handicap et des documents anciens. Avec la démocratisation de l'IA, d'autres domaines (comme la santé, les sciences humaines ou l'environnement) s'ouvrent à des collaborations qui vont au-delà d'un simple transfert (Optimedias, programme ARD Junon...).

## **Menaces**

La concurrence de grosses structures privées ou publiques (par exemple entreprises du GAFAM) ayant des moyens humains et matériels sans comparaison avec les nôtres, rend parfois notre positionnement scientifique compliqué. De plus, l'attractivité (salariale,

notoriété...) de ces structures attirent nos potentiels doctorants, post-doctorants ou même enseignants-chercheurs.

## 2. Projet scientifique

### 2.1 Politique scientifique générale et objectifs

#### **Production scientifique**

Sur la période écoulée, nous avons amélioré la qualité globale de nos publications (rang A ou B, facteur d'impact) avec une légère baisse sur le nombre des conférences. Cette baisse peut être imputée à la crise sanitaire et à la volonté de réduire notre empreinte carbone qui a naturellement diminué l'envie de participer à ces conférences même si des solutions en distanciel existaient.

L'objectif est de continuer sur cette dynamique et de privilégier la qualité sur la quantité. Nous garderons la possibilité de corrections d'articles de revues prise en charge par le laboratoire.

L'utilisation systématique de HAL est maintenant bien établie, les listes bibliographiques du laboratoire et des équipes se font uniquement à partir de HAL et la majorité des articles sont déposés pour un accès ouvert à la communauté.

#### **Formation doctorale**

Le nombre de doctorats en cours chaque année est assez stable autour de 30 pour le laboratoire même s'il existe des variations ponctuelles entre équipes. L'objectif est d'au moins maintenir ce nombre.

Nous avons subi plusieurs abandons de thèse sur décision des doctorants. Une des raisons est l'attractivité (au recrutement et en cours de thèse) du privé qui malgré les hausses des bourses proposent des salaires largement supérieurs. Pour diminuer ces abandons, nous proposons de faire encore plus attention au bien-être des doctorants, à l'encadrement (en général une réunion toutes les une à deux semaines et échanges informels quasi-quotidien), au recrutement (motivation) et nous désirons augmenter le recrutement de doctorants ayant fait un stage localement.

Pour ce dernier point, l'école polytech Tours et la faculté des sciences ont fait ou vont faire évoluer leurs maquettes avec plus de possibilités de formation par la recherche : des options en liens avec les thématiques de recherche des équipes, allongement des stages afin de permettre des stages de dernière année au laboratoire (impossible actuellement à polytech à cause d'un minimum de semaines en entreprises). A la faculté des sciences, l'accueil d'étudiants en stage de licence 3, master 1 et 2 au LIFAT est déjà fréquent.

Des échanges ont lieu actuellement pour la mise en place d'un nouveau master dans lequel pourraient intervenir les membres du laboratoire des différentes composantes avec un effort de mutualisation avec les enseignements existants. Ce master, qui pourrait avoir une

dimension internationale, aura aussi une partie importante de formation par la recherche permettant de préparer d'éventuels doctorants pour le laboratoire LIFAT. D'autres échanges en cours avec des partenaires italiens et vietnamiens pourraient aussi avoir des retombées positives pour le LIFAT.

Il nous semble important que les doctorants puissent avoir des expériences à l'extérieur du laboratoire grâce à des participations à des conférences et à des mobilités. Nous réfléchissons à des incitations pour ces mobilités en proposant contacts et aides financières.

L'encadrement des doctorants se fait généralement à 2 (voire 3) EC. Cela permet une disponibilité accrue pour le doctorant avec un accès à des compétences complémentaires ainsi qu'une collaboration intra et inter-équipes. De plus l'expérience ainsi acquise par les MCF non HDR leur permet de préparer leur dossier pour passer leur HDR dans de bonnes conditions.

## **Ouverture**

Au niveau international, notre objectif est de maintenir la dynamique actuelle avec des cotutelles, des invitations d'EC entrantes et sortantes, des participations à des projets internationaux et l'organisation de manifestations internationales. Nous espérons ainsi déboucher sur le portage par le LIFAT d'un projet international conséquent.

Au niveau national, nous allons continuer notre participation à des projets ANR, aux sociétés savantes (TC15, SIF, EGC, GDR MAGIS, GDR MADICS, GDR IA, GDR RO, consortiums de la TGIR HumaNum...) et l'organisation de conférences nationales (ROADEF). Un objectif est d'augmenter le taux de réussite sur les ANR avec le LIFAT porteur.

Au niveau régional, les projets communs avec les laboratoires de domaines voisins (LIFO, IDP, PRISME-IRAUS) se sont multipliés et l'objectif est d'intensifier encore ces collaborations (par exemple par des stages master et des thèses co-encadrés). La participation forte du LIFAT au projet régional ARD JUNON en est une illustration. Nous avons aussi la fédération ICVL qui réunit les deux laboratoires en informatique de la Région (LIFO et LIFAT), elle a déjà permis d'intensifier nos collaborations et les deux laboratoires sont volontaires pour que cette fédération accroisse son activité. Elle est étendue dans le Réseau Thématique Régional DIAMS, également co-piloté par nos deux laboratoires et dont l'existence a été prolongée par la Région CVL jusqu'en 2023.

Au niveau local à Tours et Blois, il existe déjà de nombreuses collaborations (CITERES et MSH Val de Loire, CESR, INSERM, INRAE, IRBI, SFR, Umanis, ATOS, Wordline, MACIF...) qui seront poursuivies.

## **Positionnement vis-à-vis du CNRS**

Lors des deux précédents contrats l'équipe ROOT était associée avec le CNRS. Cette situation va s'arrêter principalement du fait de la politique du CNRS visant à réduire ses associations aux unités dans lesquelles du personnel CNRS est présent.

Dans ce contexte nous n'envisageons plus une association avec le CNRS à court terme. Une possibilité à moyen terme serait de se rapprocher d'un laboratoire régional déjà associé avec le CNRS (IDP) ce qui demandera un travail de préparation important. Une étape intermédiaire pourrait être la mise en place d'une fédération avec un tel laboratoire.

## 2.2 Principaux verrous scientifiques

Parmi l'ensemble des verrous traités par les trois équipes, nous désirons mettre en avant des verrous portés par au moins deux équipes. D'autres verrous mono-équipes seront décrits dans les projets équipes §III.

Le premier concerne **l'explicabilité et la visualisation**. Actuellement, beaucoup de systèmes d'aide à la décision ou de recommandation sont des boîtes noires. Plusieurs projets ont pour objectif de proposer des systèmes complexes capables de justifier leur choix. Ces systèmes sont associés à des visualisations avancées favorisant l'interprétation et la mise en avant des faits saillants justifiant ces choix.

Le deuxième verrou est dans la continuité du premier. L'explicabilité débouche souvent sur une phase d'interaction où l'utilisateur peut affiner ses objectifs. De plus, les systèmes complexes développés doivent intégrer l'utilisateur à toutes les étapes (user in the loop). Cette **interactivité** avec l'utilisateur est donc un verrou central de plusieurs de nos recherches.

Pour apprendre, les systèmes d'apprentissage profond ont besoin d'une quantité importante de données étiquetées. Or, le plus souvent, nous disposons de quantité de données étiquetées relativement faible. Qui plus est, la qualité de ces données peut être variable (données incomplètes) et ces données sont issues de **sources hétérogènes**. Le troisième verrou commun est donc de proposer des systèmes d'apprentissage tolérants (capables de traiter ces données et robustes) et pouvant se contenter d'un volume de données plus faible.

Finalement, nous travaillons de plus en plus à **l'interaction des domaines de l'apprentissage automatique (AA) et de la recherche opérationnelle (RO)**. Soit l'AA pour améliorer les algorithmes de RO dans le domaine de l'ordonnancement, soit la RO pour améliorer les modèles d'AA dans le domaine de la reconnaissance de formes. Cette dualité forme un bouclage de pertinence qui revêt un caractère novateur.

Les verrous attaqués dans l'axe RO pour l'AA sont par exemple l'intégration d'algorithme de RO dans les architectures de *deep learning* posant la question épineuse de la différentiation à travers des couches combinatoires. Dans le second axe « AA pour la RO », le verrou visé est l'utilisation d'un prédicteur statistique pour guider l'exploration d'une méthode de résolution d'un problème d'ordonnancement.

Il faut aussi noter que les trois équipes partagent leurs compétences et emploient des outils théoriques communs. Nous pouvons citer par exemple les outils d'apprentissage automatique et, les formalisations et les traitements à l'aide de graphes.

L'essor important depuis plusieurs années de l'IA nous met de plus en plus en concurrence avec les gros laboratoires publics et privés. Nous devons donc nous spécialiser dans des niches intéressantes (sujets à fort potentiel sur lesquels ces concurrents ne sont pas encore).

## 2.3 Axes transversaux

### **Développement durable – Environnement**

C'est un nouvel axe applicatif dans lequel nous souhaitons nous investir.

Le LIFAT se sent fortement concerné par l'application et l'impact de ses recherches sur la société et l'environnement. Deux projets de recherches regroupant un grand nombre de chercheurs viennent d'être lancés ou proposés. Le projet régional Junon (porteur BRGM) où le LIFAT participe à la conception de nouveaux services numériques pour améliorer le suivi et la compréhension de l'environnement, pour une meilleure gestion des ressources naturelles. De même, dans le cadre du projet ANR MEMO (porté par l'IGN resoumis sous le nouveau nom IntForOut en 2022 après de très bonnes évaluations en 2021), le LIFAT participe à la définition de nouveaux outils de surveillance d'écosystèmes via l'intégration de données enrichies sémantiquement par des sources complémentaires et de définition d'activités résilientes pour les humains.

En ce qui concerne l'impact de notre recherche sur la société, l'un des sujets principaux concernant le numérique nous semble être l'impact des activités humaines sur la planète, les espèces animales et végétales, l'eau, l'air, le climat. Le LIFAT prend en compte ce problème dans ses activités de recherche. Par exemples, via la définition de méthode d'échantillonnage représentatif de gros volume de données, par l'apprentissage semi-supervisé ou avec peu de données et sur l'élagage de réseaux de neurones. Ainsi, des analyses énergivores peuvent être lancées sur des jeux de données de taille beaucoup plus faible.

Des travaux de recherche seront menés sur les mobilités de biens et de personnes dans un contexte important de développement durable. Il s'agit de repenser les modes et organisations de transports, optimiser les aspects écologiques et promouvoir et améliorer les mobilités douces.

Globalement le LIFAT se sent de plus en plus concerné par l'inclusion d'une dimension éthique et sociétale dans le choix et la rédaction de nos projets.

### **Industrie du futur**

L'industrie du futur consiste à transformer les systèmes de production en tirant partie des innovations technologiques (par exemple le déploiement généralisé du numérique pour optimiser la production).

L'université de Tours a décidé de mettre en place une chaire industrielle sur "l'industrie du futur" de manière à fédérer et dynamiser les investissements des entreprises dans leur développement principalement en Région. Cette chaire a l'originalité de développer des projets multidisciplinaires (entre sciences humaines et innovations technologiques) sur des problématiques concrètes soulevées par les entreprises confrontées aux inévitables transformations de leurs procédés de fabrication. Les laboratoires LIFAT, LAMé et GreMan sont associés à des laboratoires de SHS : Qualipsy, IRJI et Vallorem.

La chaire industrielle proposée se positionne moins comme un vecteur de développement de technologies spécifiques (de robotisation, de traitement des données...) que comme intégrateur soit comment faire coexister les différentes briques à mettre en œuvre dans le système industriel du futur ? Face aux problématiques complexes que soulève cette question,

le consortium de la chaire industrielle devra fournir des compétences pluridisciplinaires mais aussi interdisciplinaires, ce qui lui permettra d'avoir une démarche holistique. Il peut en effet mobiliser ses compétences en mécanique/matériaux, électronique/énergie, informatique, ..., mais aussi en sciences humaines et sociales, économie ou management. Et, grâce à cette dimension pluriculturelle, aborder l'industrie du futur en intégrant à la fois ses aspects technologiques et sociaux, en repensant les systèmes (système de systèmes).

### **Santé et Handicap**

C'est depuis longtemps un axe transversal applicatif fort et de nouveaux projets continuent d'arriver (APR OPTIMEDIAS, ANR SIRCUS...). Nous continuerons avec les approches « fouille de données » et « apprentissage profond » pour l'analyse et la classification de données médicales ainsi qu'avec des modèles statistiques et structurels pour l'analyse d'images et de vidéos. Ces travaux se feront en collaborations avec les partenaires en particulier de l'université de Tours, de l'INRAE, de l'INSERM, du CHRU et d'entreprises comme ATOS.

Une autre approche concerne l'« hôpital du futur » qui fait apparaître de nouveaux challenges de réorganisation des services de santé, de numérisation des informations, de personnalisation de soins ou encore d'efficacité à budget contraint.

Si le projet PiA4 qui doit être resoumis passe (voir ci-dessous § Intégration du projet dans la stratégie des établissements tutelles), le domaine de la santé serait fortement soutenu pour développer ses recherches, ce qui viendrait encore renforcer les travaux collaboratifs menés par le LIFAT en santé et handicap.

L'axe santé et handicap sera aussi alimenté par des collaborations avec le Living Lab UseTech'Lab, qui est un laboratoire de recherche mixte dédié à la compréhension des enjeux sociaux et sociétaux de l'Intelligence Artificielle et des outils numériques sur le champ de la santé. Plus en particulier le LIFAT envisage des montages de projets avec ce Living Lab autour de la thématique de l'accompagnement des personnes âgées et leur maintien en autonomie, à travers le développement d'outils d'analyse de vidéos et de classification/régression avec une attention particulière à la collecte de données respectueuse de la vie privée par la définition de méthode de edge computing.

### **Arts et sciences humaines**

Initié au contrat précédent, l'investissement de l'équipe BdTIn dans des collaborations sur la question de l'interopérabilité sémantique des ressources numériques élaborées par nos collègues en histoire de l'art, en archéologie ou en anthropologie s'est prolongé et a pris de l'ampleur, à travers plusieurs projets (APR, ANR, H2020) entre CITERES-LAT et plus globalement la MSH-CVL et le LIFAT. Ces collaborations se traduisent par des recrutements de postdoc et d'ingénieurs, par une délégation d'un an pour Béatrice Markhoff, par des publications, par des créations d'outils de gestion d'ontologies, par la création à la MSH Val de Loire d'un pôle Web sémantique au sein de son atelier numérique (soutenue par la TGR HumaNum).

Le LIFAT est également impliqué (comme co-porteur) d'un des axes du futur projet de la MSH qui sera présenté devant l'HCERES en 2023. Cet axe, intitulé "Interactions humaines et sciences des données", impliquera plus d'une douzaine de laboratoires SHS membres de la

MSH ayant indiqué leur intérêt envers cette thématique et ouvrira ainsi de nouvelles perspectives de collaborations régionales pluridisciplinaires.

Le LIFAT est également toujours impliqué dans différents projets (ANR, APR) et actions (séminaires Humanités Numériques) portés par le CESR de Tours et concernant le développement d'outils de fouille et annotations interactives de documents anciens numérisés. Le recrutement d'un IGR au LIFAT pendant un an est par exemple prévu début 2023 dans le cadre de l'ANR JCJC Typoref.

Finalement, dans le cadre du slow tourisme, Le LIFAT en collaboration avec l'UMR CITERES travaille à une meilleure intégration d'objets touristiques complexes flous (zones naturelles sensibles, points de vue, paysage, etc).

## 2.4 Moyens

Nos moyens actuels, en enseignants-chercheurs, doctorants, budgets, sont suffisants pour accomplir notre recherche et répondre aux différents projets dans lesquels le LIFAT participe (malgré des contraintes administratives croissantes).

Cependant le LIFAT n'a aucun ingénieur (CDD ou CDI ou fonctionnaire) ce qui limite fortement nos capacités pour pérenniser nos travaux de recherche et pour les valoriser. Nous devons aussi décliner de nombreuses sollicitations (privées ou académiques) pour lesquelles la partie transfert de technologies ou prestation est plus grande que la partie recherche.

Le CETU ILIAD3 est d'une grande aide pour répondre à ces sollicitations mais l'impossibilité administrative d'inclure du salaire des CDI du CETU dans nos projets limite aussi cette aide. Une autre possibilité serait de participer au montage d'une startup qui s'ajouterait à nos projets mais ce n'est pas encore dans la culture de notre laboratoire et au moins deux tentatives ont été infructueuses à cause des dispositifs et de ressources insuffisantes. Malgré les limitations administratives, nous avons prévu d'augmenter l'implication du CETU dès le montage des projets et en élargissant ses thématiques.

La meilleure solution serait d'obtenir un poste pérenne d'ingénieur qui pourrait suivre et pérenniser nos travaux de recherche et permettre leur transfert technologique. Le budget actuel de nos tutelles ne permet pas facilement de créer un tel poste alors que le LIFAT a laissé à l'université plusieurs centaines de k€ non dépensés sur quelques années. Nous serions prêts à mutualiser nos contrats pour permettre financièrement la création d'un tel poste. Une autre solution serait de transformer un poste pérenne d'ATER en ingénieur surtout qu'il est actuellement difficile de trouver de bons candidats pour ces postes mais cela reporterait le problème aux composantes d'enseignements qui ont déjà du mal à pourvoir à tous les enseignements.

Nos moyens budgétaires sont suffisants pour notre activité mais nécessitent une lourde charge de dépôts et de suivis de projets. Nous apprécions les efforts de nos tutelles (Université Tours, INSA CVL) et la Région de maintenir le niveau des budgets et financements de thèse récurrents.

Il y a une demande sociétale forte en informatique, en conséquence il y a une augmentation des charges d'enseignement du fait de l'ouverture et de l'évolution régulière des formations,

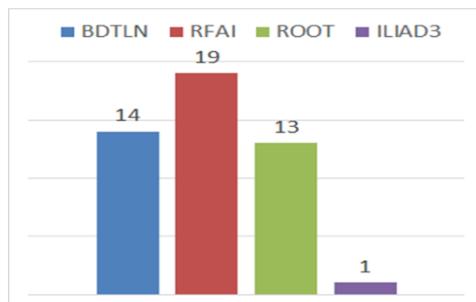
de plus des enseignements d'informatique sont assurés par des non informaticiens ce qui empêche l'obtention de nouveaux postes d'EC en informatique.

## 2.5 Structuration, effectifs et orientations scientifiques

### Structuration et effectifs

Le LIFAT est constitué de 3 équipes. L'équipe RFAI a absorbé il y a quelques années 2 petites équipes, c'est ce qui explique qu'elle ait un nombre plus grand d'EC.

Le CETU ILIAD3 n'est pas une équipe du LIFAT mais son interaction importante justifie à nos yeux de le citer ici. En plus de son permanent, le CETU recrute régulièrement des contractuels ingénieurs pour répondre aux besoins dans le cadre de projets.



Nous n'avons pas prévu de faire évoluer cette structure en 3 équipes car la stabilité sur ce point nous semble un avantage.

Au niveau des effectifs, les créations de poste d'EC vont surtout profiter aux équipes BDTLN et ROOT dans un objectif de rééquilibrage. Dans cet objectif, l'équipe BDTLN souhaite se renforcer en PU alors que l'équipe ROOT souhaite surtout des MCF.

### Stratégie partenariale

Grâce à la popularité dans les domaines de l'IA et du TAL, nous avons de nombreuses sollicitations d'entreprises ce qui nous permet d'envisager de continuer à monter des CIFRE. Cela apporte au labo des bourses de doctorats et un financement peu contraint qui complète le financement récurrent de nos tutelles.

Nous avons de nombreux partenaires régionaux grâce aux multiples réponses à des AAP régionaux, au réseau DIAMS et à des collaborations régulières avec plusieurs instituts/établissements (INSERM, CHRU, INRAE, BRGM, CNRS...).

Au niveau national et international, nous avons de nombreux partenaires. Ces collaborations seront continuées et si possibles intensifiées.

Au niveau du labo, nous souhaitons porter un projet ANR qui puisse s'appuyer sur 2 ou même sur nos 3 équipes. A l'international, une nouvelle collaboration avec l'université d'Örebro (Suède) débute dans le cadre de Neolaia (cf ci-après).

Nous menons une réflexion pour mettre en commun, en interne au LIFAT, nos partenaires industriels et académiques. Le premier objectif serait de faciliter les mobilités sortantes de nos doctorants.

### **Intégration du projet dans la stratégie des établissements tutelles**

L'université de Tours participe au projet Neolaia d'une université européenne. Ce projet a été rejeté mais sera resoumis l'année prochaine. Dans ce cadre nous échangeons avec l'université d'Örebro (Suède) pour un partenariat incluant la formation niveau master et la recherche.

Nous avons aussi participé activement au projet Loire Val-Health en réponse à l'appel à projet ExcellencES du 4<sup>e</sup> programme d'investissements d'avenir (PIA4). Ce projet n'est pas passé mais devrait être resoumis. Il a déjà permis de nombreux échanges internes à notre université sur le thème très large de la santé.

### **Positionnement et contribution des équipes et synergies entre les équipes**

Les compétences des 3 équipes sont complémentaires et de nombreux projets à l'intersection de 2 équipes ont vu le jour. Pour aller plus loin, nous souhaitons monter un projet transversal qui serait sur les 3 équipes afin de créer une nouvelle dynamique.

En plus des projets scientifiques de chaque équipe qui seront détaillés plus loin, le LIFAT encourage les travaux inter-équipes grâce en particulier à des bourses de thèses. Pour lancer ces travaux, nous avons mis pendant plusieurs années la moitié des financements académiques (établissement et Région), nous venons de réduire à un tiers de ces financements car les équipes ont maintenant pris l'habitude de mieux travailler ensemble.

### **Moyens mobilisés par l'unité de recherche et adéquation projet/moyens, incluant les aspects plateformes (instrumentales ou numériques), les infrastructures**

Au niveau des moyens matériels, le besoin principal est une station de travail performante pour chacun et des stations de calculs pour certains programmes. Les établissements et les composantes renouvellent régulièrement (environ 5 ans) les machines des enseignants-chercheurs, ce qui nous permet d'avoir des machines suffisamment performantes. Des machines (généralement des portables) sont mises à disposition des doctorants et post-doc, elles sont aussi suffisamment récentes pour les besoins. Quelques serveurs de calculs ont été acquis sur des projets mais la difficulté est la gestion de ces machines, des installations de logiciels spécifiques, mises à jour, gestion des accès utilisateurs... Nous avons aussi accès à des serveurs dont nous avons participé à l'achat et qui sont installés au BRGM (LETO) mais leur usage est délicat pour les besoins habituels de nos recherches.

Au niveau des actions, nous avons prévu :

- Amélioration de la communication interne avec l'ajout à la newsletter hebdomadaire d'articles sur les bons résultats (projet accepté...) et sur les compétences (quelques lignes proposées par un de nos membres).
- Amélioration du site web et ouverture vers l'extérieur avec un git labo, nous pourrions aussi ouvrir un compte twitter ou LinkedIn. Ce point demande du temps à y consacrer régulièrement et les bonnes volontés sont déjà saturées. Si nous réussissons à embaucher un BIATSS (ingénieur ou administratif), cette tâche pourrait faire partie de ses missions.
- Multiplication des moments conviviaux. Le séminaire labo (journée au vert) est devenue annuelle, les JIRC (journées de l'informatique en région centre maintenant organisées par la fédération ICVL) sont passées à 2 jours au lieu d'1 pour la 2<sup>e</sup> fois cette année avec succès au niveau participation, l'AG annuelle du labo est suivie d'un repas convivial (qui sera partagé cette année avec le dépt info de polytech car l'intersection est importante) puis

suivie par un moment d'échanges avec les doctorants (accueil des nouveaux doctorants, présentations des ressources et démarches du labo, présentation de la CNU 27...). Ces moments très appréciés pourront être multipliés en faisant attention à la redondance avec ceux de l'école doctorale MIPTIS et ceux des équipes.

- Nous pouvons aussi envisager des séminaires ou formations avec nos partenaires industriels et nos anciens doctorants. La mise en œuvre pourrait s'appuyer sur la chaire « industrie du futur ».

### **Liens formation recherche, école doctorale**

Le LIFAT ne gère pas les enseignements en informatique. Néanmoins, le LIFAT constate que la charge d'enseignement (cours et administrative) est de plus en plus importante pour ses membres, quelles que soient les composantes. De même le LIFAT est sensible à la formation par la recherche des étudiants en master et en école d'ingénieurs.

Dans ce cadre au niveau local, le LIFAT cherche à favoriser les rapprochements des formations entre elles et avec le LIFAT. Par exemple, nous pouvons citer plusieurs actions que nous encourageons tels la recherche de mutualisation, les échanges d'enseignants entre composantes, les stages dans les équipes du LIFAT.

De même, Le LIFAT attire l'attention des instances locales et nationales, sur des problèmes récurrents. Nous pouvons citer par exemple, le manque de poste en informatique, l'affectation des enseignements informatiques à des informaticiens, la simplification des démarches administratives pour les chercheurs, la diminution des financements récurrents, et finalement l'amélioration de la répartition des charges en accompagnant les collègues moins impliqués/expérimentés.

### **Efforts prévus pour réduire l'impact environnemental des activités de l'unité**

Des réflexions sur nos activités nous ont poussés à changer nos comportements. Par exemple, en favorisant largement les déplacements en train en France et en Europe, nous contribuons à la baisse de nos sources d'émission de GES (CO<sub>2</sub>) sachant que le poste déplacement est notre plus grosse source d'émission de GES sur lequel nous pouvons influencer (le chauffage est géré par les établissements et les composantes). L'usage de l'avion n'est pas proscrit mais doit être justifié par la faisabilité et non le coût. Pour inciter, un calcul est effectué (simple excel) qui permet de comparer les différentes options possibles.

Une démarche d'évaluation globale au labo de nos émissions GES avec le collectif Labos 1point5 <https://labos1point5.org/> est en cours pas seulement pour connaître nos émissions ou se rendre compte de leur évolution mais aussi pour engager l'ensemble du labo et inciter les membres dans cette démarche.

Un autre poste d'émissions GES plus spécifique à notre domaine est la consommation énergétique des gros calculs que nous avons besoin d'effectuer pour nos recherches. Il n'est pas actuellement aisé de savoir s'il vaut mieux les lancer sur une machine personnelle, sur un serveur de calculs géré par nos établissements ou sur des plateformes distantes (style AWS). Nous cherchons des solutions pour utiliser des architectures de *deep learning* moins gourmandes et à limiter le nombre de données nécessaires à leur entraînement. Bien sûr nous

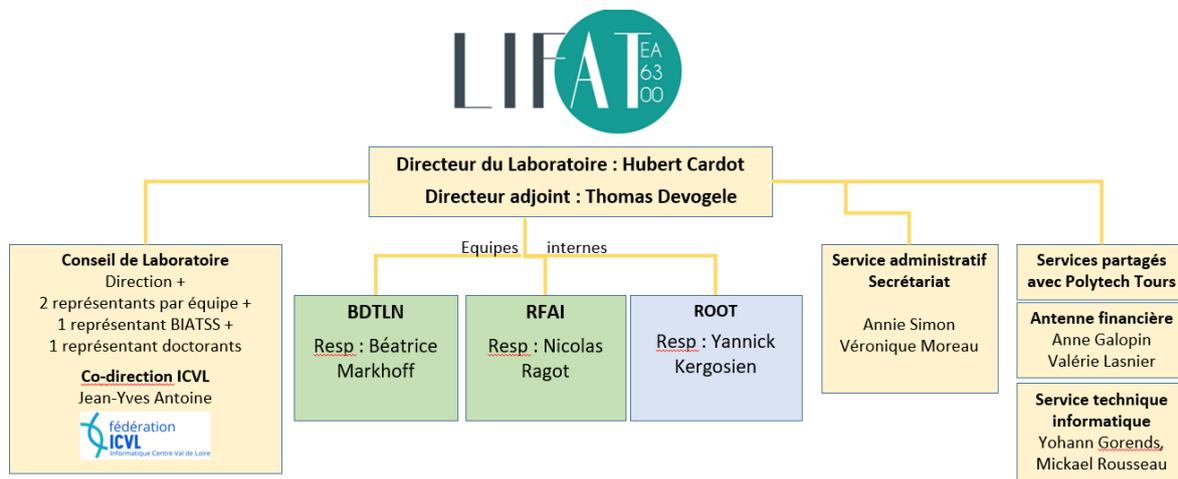
cherchons des algorithmes plus efficaces mais souvent il y a un effet rebond car alors nous visons de meilleurs résultats pour augmenter les chances de publications.

### Egalité femmes-hommes

Nous avons conscience que des efforts doivent être faits pour l'égalité femmes-hommes. En informatique au niveau national, la proportion de femmes enseignantes-chercheuses est déjà inférieure à 50% mais la proportion dans notre laboratoire est inférieure à cette moyenne nationale. De plus, nous n'avons qu'une seule femme parmi les professeurs.

A notre dernière journée au vert du laboratoire, nous avons fait intervenir une spécialiste de ce sujet lors de 2 ateliers. Nous participons financièrement à une journée annuelle FMI 2022 (filles et math-informatique) dont l'objectif est de donner envie à des lycéennes de s'engager dans des études en informatique. D'autres actions seront à prévoir dans les années à venir.

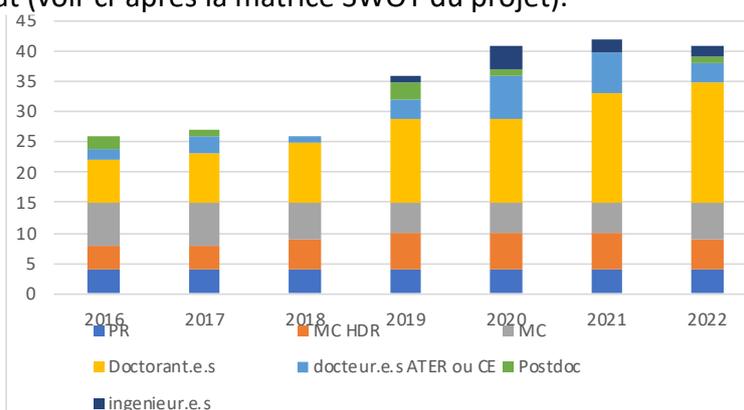
### Organigramme



### III. PROJET EQUIPES

#### 1. Projet de recherche équipe BdTIn

L'équipe BdTIn comptera en 2023 16 permanents, 5 PR et 11 MC. Fin 2022 elle compte 5 MC HDR, 2 MC sont inscrits pour soutenir leur HDR en 2023 et 2 autres sont en position de s'inscrire aussi. L'évolution de sa composition est illustrée ci-dessous : depuis 2020 elle comprend plus de 40 personnes, dont environ 25% de femmes (proche moyenne nationale en informatique). Les très nombreuses attentes sociétales vis-à-vis de ses spécialités de recherche laissent à penser qu'il serait bon de renforcer le nombre de ses permanent.es dans le prochain contrat (voir ci-après la matrice SWOT du projet).



L'animation collégiale de l'équipe s'appuie avec succès sur l'implication de tous ses membres grâce au soin mis par ses responsables successifs à partager toutes les informations liées à son fonctionnement et aux travaux de chacun, ainsi qu'à conduire des processus de décision éclairés par les positions de tous et toutes. Les échanges y sont organisés à différentes échelles de groupes (encadrements des thèses, projets, thématiques, équipe), dans divers lieux et à divers moments, mais avec pour tou.te.s une réunion plénière mensuelle et des présentations scientifiques communes, en début de réunions ou en séminaires d'équipe.

Son solide bilan en termes de thèses, de publications, de partenariats, de projets et de production de ressources en open source, détaillé dans le DAE remis à l'HCERES, permet à l'équipe d'aborder le prochain contrat avec une grande confiance dans ses forces, le désir de combler ses faiblesses, et l'espoir que les menaces recensées dans la matrice SWOT ci-après ne se concrétisent pas finalement par diverses démobilisations.

**L'identité scientifique** de l'équipe BdTIn repose sur ce qui l'a fondée et rassemble ses membres : la mise au point d'algorithmes, de mesures, d'optimisations ou de machines à états fini pour œuvrer dans le domaine de **l'apprentissage automatique** et **l'extraction de connaissances** à partir de **données**. Pour ce faire, ses membres contribuent à la proposition de langages, de méthodes de validation, d'interrogation, d'intégration, de composition ou de traitement de l'incertitude, via de la **modélisation formelle** autant que **numérique**. Nombreux sont enfin ses travaux sur la visualisation, la narration, l'exploration et l'analyse interactives, l'explicabilité et l'aide à l'interaction, qui mettent **les utilisateurs au centre** des modèles et des algorithmes. Du fait de ces nombreuses synergies, le réseau de collaborations internes à BdTIn ou dans le LIFAT à venir (co-directions de thèses et co-participations à des projets démarrés en 2022 ou déposés) est particulièrement dense.

Les domaines de recherche communs, qui donnent son identité à l'équipe, s'y déclinent selon **la nature des données traitées**, avec un solide noyau de spécialistes des **données (semi)structurées** d'une part et **langagières** d'autre part, d'où émergent des intérêts forts pour les notions de **trajectoires sémantiques** et de **narrations de données**, ainsi que pour les **connaissances** et **services** du Web. Pour beaucoup centrées utilisateur, les recherches de l'équipe s'appliquent tout naturellement dans les domaines privilégiés du LIFAT, en **arts et sciences humaines**, dans les **sciences de l'environnement** et en **santé et handicap**.

	<b>Forces</b>	<b>Faiblesse</b>
<b>Interne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bonne dynamique de production scientifique</li> <li>- nombreuses thèses en cours et qui démarrent, toutes avec plusieurs encadrants</li> <li>- capacité à motiver des étudiants du Master local</li> <li>- nombreux projets financés en cours ou qui démarrent</li> <li>- nombreuses collaborations régionales, nationales et internationales, souvent interdisciplinaires</li> <li>- dynamique interne, 4 HDR prévues, augmentation et évolutions naturelles des synergies entre axes historique de l'équipe et avec autres équipes LIFAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- membres (trop) engagés dans des responsabilités collectives</li> <li>- manque de temps et de support pour la communication au sens institutionnel, vers le grand public, ainsi que la valorisation et la pérennisation de nos réalisations, pour qu'elles puissent servir au monde socio-économique</li> </ul>
	<b>Opportunités</b>	<b>Menaces</b>
<b>Externes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses sollicitations</li> <li>- demande sociétale forte en science des données</li> <li>- demandes de coopérations de la part d'autres disciplines</li> <li>- demandes d'entreprises, surtout en TAL</li> <li>- politiques pour la science ouverte, principes FAIR, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de moyens humains à la hauteur des sollicitations</li> <li>- pas de création de poste</li> <li>- concurrence des autres disciplines sur les postes</li> <li>- absence d'organisme de recherche en support</li> <li>- risque de départs ou de démobilisations</li> <li>- Marché de l'emploi très concurrentiel</li> <li>- doctorant.es qui s'engagent en thèse puis démissionnent pour un poste dans le privé</li> <li>- difficultés à recruter sur des emplois précaires (ingénieurs, postdocs)</li> <li>- Changement climatique : nos pratiques en recherche doivent changer, nous devons renoncer à des déplacements en avion, limiter les charges de calculs des expérimentations, éviter de promouvoir une solution très énergivore juste pour un article de plus, etc. Mais changer seul.es nos pratiques sans qu'évoluent les critères d'évaluation de la recherche risque de pénaliser nos doctorant.es et notre bilan.</li> </ul>

Dans la suite, cinq directions essentielles sont détaillées, sachant qu'elles se complètent les unes les autres en bien des points : "langues naturelles", "connaissances et Web des données", "intégration de données et d'applications", "trajectoires sémantiques, fouille, exploration et narration de données" et "interaction utilisateurs : visualisation et IA explicable".

### **Langues naturelles**

L'analyse de l'évolution du TAL et des collaborations régionales (groupe de travail RITUEL du Réseau Thématique Régional DIAMS) nous conduit à renforcer nos contributions de niche originales, visant d'une part à questionner le domaine dans sa méthodologie de travail et d'autre part à servir de support à la communauté par l'élaboration et la diffusion libre de ressources dans des problématiques peu étudiées qui pourtant nous semblent constituer des

verrous scientifiques questionnant la discipline (coréférence, entités polylexicales, entités nommées). Soit des recherches :

- *d'ordre méthodologique* : pratiques d'évaluation, à la fois sur la qualité des corpus (explicativité des mesures d'accord inter-annotateurs) et sur celle des systèmes (performances d'approches symboliques ou d'apprentissage statistique ou neuronal, sur différentes langues), proposition de tâches d'évaluation originales (cohérence dans les résumés automatiques, mesure d'usage en correction orthographique, par exemple).

- *portant sur des cas résistants à l'analyse automatique mais masqués dans les évaluations globales* : cinq thèses ont démarré sur la résolution des anaphores indirectes, des coréférences, la reconnaissance d'entités polylexicales, la correction orthographique.

- *relevant de la linguistique computationnelle* : c'est-à-dire utilisant les techniques de traitement automatique des langues pour comprendre le fonctionnement de la langue.

*Côté applications* nous poursuivrons, mais sans exclusive, nos travaux sur l'aide au handicap, dans l'axe fédérateur Santé et Handicap du laboratoire, portés par le projet ANR AAC4ALL.

### **Connaissances et Web de données (Linked Open Data)**

Notre projet scientifique porte sur la représentation et l'induction de nouvelles connaissances suivant trois objectifs :

*Concevoir des ontologies et des processus de production de graphes de connaissances* – cet objectif repose sur nos interactions récurrentes avec l'UMR CITERES-LAT (projet européen 4CH) et désormais avec le BRGM et l'INRAe dans le projet Jumeau Numérique du programme régional JUNON, réunis dans le groupe de travail régional SeWin du RTR DIAMS. Outre la production de ressources libres, il permet l'analyse de la production de connaissances dans le LOD, qui à son tour ouvre des perspectives pour l'amélioration de leur exploitation.

*Profiler des graphes de connaissances* - ou qualifier des graphes de connaissances pour en améliorer l'utilisabilité (principes FAIR). Alors que nous avons déjà proposé des méthodes pour les résumer, évaluer la représentativité de leurs contenus et extraire des contraintes sur leurs données, une thèse dans JUNON portera sur la proposition de modèles génératifs pour mieux cerner leurs caractéristiques et étudier leur évolution. Cet objectif rejoint une partie des travaux de l'ANR SELEXINI sur l'évaluation de la diversité dans les corpus textuels.

*Exploiter le LOD pour analyser et extraire des connaissances* – à partir de notre expertise en extraction de motifs, nous contribuerons aux analyses des données du LOD en identifiant des indicateurs (thèse financement académique). Le double défi est de faire face à l'hétérogénéité des entités présentes et au volume de données, en générant les indicateurs à la demande afin de réduire les coûts de calcul tout en garantissant la fraîcheur des résultats. Cet objectif se retrouve dans la thèse CIFRE ATOS (co-direction Langues naturelles) pour résoudre les coréférences indirectes en reliant les entités détectées au LOD (graphe des références).

### **Intégration de données et d'applications**

Dans la continuité de nos travaux pour l'interopérabilité entre composants (données, applications, services, en particulier IoT) hétérogènes, s'appuyant sur les standards du Web (architectures orientées services, mashups, Smart Contracts, LOD) et les techniques de l'intelligence artificielle symbolique et non-symbolique, nous continuerons à viser une intégration contextualisée mettant dans la boucle l'utilisateur final et son environnement

(respect de la vie privée et sécurité des données et des échanges), en particulier dans le domaine de la Santé. Deux thèses sont en cours -1- sur la sécurisation des interactions via les smart-contracts et -2- sur l'intégration de la dimension "privacy" via le standard SOLID dans une architecture combinant le Linked Open Data (LOD) et l'IoT, et dans nos travaux futurs nous poursuivrons les deux objectifs suivants :

*Description, découverte, composition et déploiement personnalisés de services et d'objets connectés.* Nous revisiterons les architectures orientées services classiques avec le LOD, le Web social et l'IoT pour y intégrer de manière précoce les dimensions vie privée et sécurisation des interactions, qui imposent le défi de se contenter de "peu" d'information ou de données manquantes tout en continuant d'assurer une solution de qualité. Une thèse financée par le récent projet régional SQVALD que nous pilotons, portera ainsi sur l'organisation de parcours de Soins de support pour la Qualité de Vie des patients ALD.

*Annotation, publication et utilisation de Smart-Contract (SC) dans les Blockchain.* Pour l'intégration impliquant plusieurs entités indépendantes sur le Web, nous viserons le défi de la réutilisabilité des SC dans les Blockchain sans compromettre la spécificité de chaque SC, par la proposition d'un nouveau standard pour la publication, la découverte et l'intégration de SC à l'image de tout autre type de ressource dans les architectures orientées services.

### **Trajectoires sémantiques, exploration et narration de données**

L'automatisation des tâches d'exploration interactive de données, et dans une moindre mesure de la restitution des résultats d'exploration, reste un verrou fort tant elle repose sur l'expertise de l'humain, ses connaissances antérieures, ses préférences, etc. L'équipe BDTLN entend donc poursuivre son effort de recherche sur *l'assistance à l'humain dans les tâches d'exploration et de restitution de résultats d'explorations*, dans les directions suivantes :

- *Humain au centre et personnalisation* : nous étudierons différents profils riches et évolutifs, de l'analyste aux humains représentés dans les données (patients, apprenants, etc.), prenant en compte le contexte, les compétences cognitives et émotionnelles, les interactions avec les plateformes ou avec les autres dans le cadre de collaboration.

- *Construction de narration et d'explications* (deux thèses en cours) : nous poursuivrons nos développements de primitives d'exploration avec en visée un véritable système de manipulation de narrations de données. L'objectif est un cadre déclaratif pour la construction de narrations de données depuis l'exploration des données jusqu'à la restitution des découvertes sous la forme d'un ensemble structuré de messages graphiques. Un verrou est la réception de la narration, qui interroge les liens entre narration de données et explication.

- *Trajectoires sémantiques* ou séquences de données avec une sémantique riche (activités touristiques, parcours de vies sous la forme de séquences d'événements et d'actions professionnelles / médicales / sociales, ou séquences de requêtes dans un langage formel) : l'interrogation à des fins d'exploration, la recommandation de trajectoires sémantiques, mais également la prise en compte de nouveaux types de trajectoires sémantiques (parcours d'apprenant, trajectoires de patient) sont autant de challenges que l'équipe abordera.

Les domaines d'application liés aux projets en cours, acceptés ou déposés sont le social (thèse CIFRE sur la recommandation de parcours de vie), la santé (projet régional OPTIMEDIAS piloté par l'INSERM sur l'étude de données médicales et projet INSERM MESSIDORE sur l'étude de trajectoires de patients atteints de SLA), l'éducation (action EDUCATION du GDR MADICS sur la compréhension de populations d'apprenants), l'environnement (projet Prédiction de

JUNON avec le BRGM) et les ressources humaines (thèse CIFRE sur l'analyse des parcours des employés versus l'attrition).

### **Interactions utilisateurs : visualisation et IA explicable**

Les équipes BdTIn et RFAI travaillent sur des moyens de permettre aux utilisateurs *de comprendre et d'orienter* les processus d'analyse de données, de plus en plus complexes. Nous contribuerons à de nouvelles *interactions utilisateurs* selon deux axes principaux :

- *Analyse visuelle et visualisation des données* : à l'aide d'un langage graphique de visualisation, nous limiterons la charge cognitive des usagers impliqués dans l'exploration interactive tout en offrant des informations de contextualisation des phénomènes observés/observables pour de meilleures explications. C'est important tant pour les experts/décideurs que pour le grand public. Nous visons donc des outils de visualisation spatio-temporelle qui, via des interactions de l'utilisateur avec le système, lui faciliteront la découverte d'objets saillants en complément des outils d'interrogation usuels. Rejoignant la direction précédente (profils d'utilisateurs, narration/explication), nous répondrons aux verrous scientifiques que sont la détection automatique de signaux faibles pour l'identification de phénomènes émergents, l'explication des phénomènes par la construction de résumés visuels informant sur les possibles facteurs, la gestion des flux de données et donc le choix des données et des agrégations, la construction de tableaux de bord exploitables par les novices. Ces travaux seront menés dans le projet Data de JUNON et l'ANR BI4People.

- *Intelligence artificielle explicable (eXplainable Artificial Intelligence)* : pour permettre une transparence des modèles et un contrôle humain sur le fonctionnement de ces derniers, principes éthiques centraux qui doivent à nos yeux guider le développement de l'Intelligence Artificielle, l'équipe a mis en œuvre des méthodes d'explication post-hoc dans le cadre de la recommandation sous deux formes : (i) classiquement comme un modèle additif ou (ii) en s'intéressant à une formalisation ensembliste du problème de la recherche d'explications contrefactuelles. Les travaux futurs auront pour objectifs :

1. *Une explication comme une exploration de données*, en s'inspirant de travaux en théorie de l'information et en exploration automatique de données (direction précédente), tout en conservant les propriétés de ce qui forme une bonne explication du point de vue des sciences cognitives. Cet axe rejoint la thématique de l'atelier Fender du GdR MADICS.
2. *L'audit des méthodes d'explicabilité* : l'explicabilité des méthodes d'IA devient une obligation légale qu'il convient d'outiller selon les données et le modèle d'analyse / prédiction appliqué. Nous proposerons une méthode pour lier automatiquement les mesures aux propriétés des données ou des algorithmes d'analyse.
3. *L'automatisation des explications (autoXAI)* d'un pipeline de traitement de données. Cet axe rejoint les travaux initiés dans l'action Help du GdR MADICS.

Les domaines d'application sont nombreux : données géologiques dans le projet régional Data de Junon, données éditoriales avec la société Kalidéa Up (thèse CIFRE en cours), données d'éducation dans le cadre de la future action EDUCATION du GdR MADICS.

En conclusion, la relation entre les humains et la machine est centrale dans ce projet, que ce soit pour l'intégration de données et d'applications, la modélisation, l'interrogation, l'analyse et l'extraction de données et de connaissances, le traitement automatique des langues. Enfin, l'équipe s'engage pour le prochain contrat à porter une attention particulière aux impacts sur l'environnement de son fonctionnement et de ses recherches, par exemple en suivant les actions du GDR Labo1.5.

## 2. Projet de recherche équipe RFAI

L'équipe RFAI (Reconnaissance de Formes et Analyse d'Images) est composée de 19 permanents répartis sur 5 sites différents (dont Blois et Lille) : 5 PR (dont 1 en poste à Lille sur les mêmes thématiques qu'un PR local), 14 MCF dont 4 HDR. L'équipe est complétée par en moyenne 11 doctorants en 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> année et 2 à 3 post doctorants.

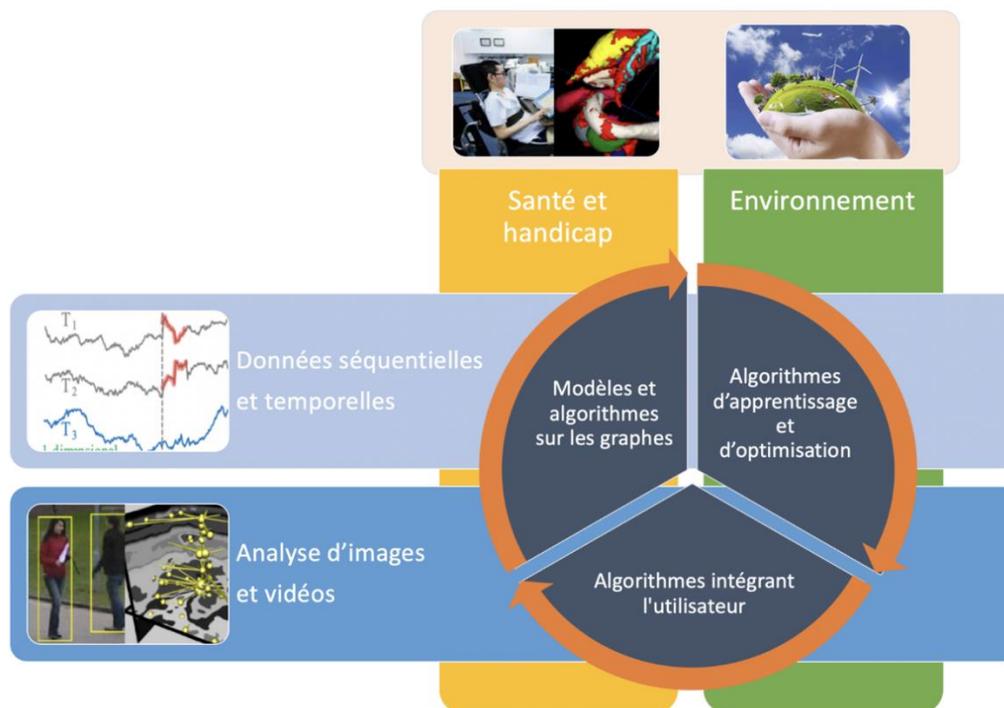
Le SWOT de l'équipe RFAI présenté ci-dessous permet de faire un état des lieux du précédent contrat :

	Forces	Faiblesse
Interne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Originalité de certains travaux (fast template matching, couplage Recherche Opérationnelle /Machine Learning, analyse et reconnaissance interactives...)</li> <li>- Visibilité qui se mesure notamment au travers               <ul style="list-style-type: none"> <li>- de partenariats internationaux forts (Hong Duc University au Vietnam, Italie)</li> <li>- des associations pour le dépôt de projets</li> <li>- des publications avec des co-auteurs étrangers ou nationaux</li> <li>- de l'animation (organisations de conférences ; animation dans les sociétés savantes, associations et groupes de recherche)</li> <li>- participation à l'édition de revues</li> </ul> </li> <li>- Bonne visibilité et stratégie partenariale régionale               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses collaborations pluridisciplinaires (INSERM, INRAE, CHRU, CESR, CITERES/MSH , BRGM...)</li> <li>- projets régionaux (ARD Junon, APRs)</li> </ul> </li> <li>- Qualité des publications en revues</li> <li>- Production logicielle et efforts de valorisation (Gits et production logicielles, tentatives de startups, ...)</li> <li>- Aucun membre non publiant sur le contrat</li> <li>- Aucun abandon de thèses sur le contrat</li> <li>- Augmentation du nombre d'HDR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumétrie et qualité améliorables pour les publications en conférences</li> <li>- Hétérogénéité de la production dans l'équipe</li> <li>- Publications avec des co-auteurs internationaux à diversifier et renforcer</li> <li>- Communication auprès du grand public qui pourrait se renforcer (là encore surtout par manque de temps)</li> <li>- Manque de personnel pour aider au suivi de l'équipe et notamment des projets (tâches administratives, suivi des indicateurs, communication sur les travaux et activités (diffusion web et réseaux))</li> <li>- Difficulté à pérenniser et maintenir certains travaux sur des domaines où l'on gagne en compétences et visibilité               <ul style="list-style-type: none"> <li>- dépendance aux projets</li> <li>- manque d'un ingénieur recherche pour pérenniser les productions (bibliothèques, Gits...) et appuyer la valorisation, assurée en partie les EC</li> </ul> </li> </ul>
	Opportunités	Menaces
Externes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thématiques (Apprentissage Machine, Reconnaissance des Formes, Analyse d'Images) très porteuses</li> <li>- Collaborations inter-équipes riches (RO/ML, Fouille/RdF, explicabilité...)</li> <li>- Implication dans les réseaux régionaux et participation au dépôt de projets structurants (PIA4 et ARD Junon, RTR DIAMS)</li> <li>- Tissu régional avec des domaines applicatifs forts : santé, environnement, tourisme</li> <li>- Soutien du CETU ILIAD3 pour le transfert et la valorisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Domaines liés au machine learning très compétitifs</li> <li>- Nombre de doctorants fluctuant et publications relativement liées aux encadrements de thèse (un peu plus de 50%)</li> <li>- Charges de certains collègues ne permettant pas une production homogène entre membres, ni un taux d'encadrement plus important</li> <li>- Cohérence et cohésion de l'équipe difficile à maintenir, à cause de son histoire, de sa dispersion géographique, de la disponibilité de chacun</li> </ul>

### Projection à 5 ans

#### Positionnement scientifique

L'équipe n'envisage pas de réorientation majeure quant à ses objets d'étude scientifique. Les algorithmes d'apprentissage (notamment autour du deep learning) et les outils et méthodes de reconnaissance de formes restent le fondement de tous nos travaux. Seule l'importance des axes et leur structuration est susceptible d'évoluer de la façon suivante :



#### Axes principaux :

- Modèles et algorithmes sur les graphes : axe historique très fort qui va se poursuivre avec des travaux qui vont se renforcer autour des Graph Neural Networks et des graphes dynamiques ou spatio-temporels (lien avec l'axe données temporelles en plus du lien déjà existant avec l'axe analyse d'images). Ces travaux sont déjà engagés au travers de notre participation à l'ANR CodeGNN
- Algorithmes et méthodes d'apprentissage ou d'optimisation : cet axe qui a émergé au cours du contrat, qui intègre notamment des collaborations avec l'équipe ROOT autour du couplage entre Recherche Opérationnelle et Machine Learning est également susceptible de se renforcer avec environ 4 permanents travaillant sur le sujet. Une thèse sur le sujet vient de commencer.
- Algorithmes intégrant l'utilisateur : cet axe qui vise à produire des outils pour les utilisateurs et qui intègrent ceux-ci dans le processus d'analyse et de décision va également perdurer et se renforcer. C'était déjà historiquement un point fort de l'équipe et il est devenu encore plus indispensable aujourd'hui avec la pénétration de l'IA (du deep learning notamment) dans la société et en regard de nos domaines applicatifs (santé et handicap notamment). Si cet axe devait intégrer des problématiques d'explicabilité des méthodes et outils lors du contrat qui s'achève, cela n'a pu se faire. Cet aspect devrait enfin pouvoir émerger au travers des projets qui viennent d'être lancés (projet OPTIMEDIAS en santé, projet d'ARD Junon en environnement).

#### Axes transversaux :

Ces axes transversaux sont relatifs aux spécificités des algorithmes par rapport aux principaux types de données traités dans l'équipe.

- Modèles et algorithmes d'analyse d'images et de vidéos : cet axe historique, qui fédère une grande partie des chercheurs de l'équipe va évidemment perdurer avec ses spécificités (analyse d'images temps réel, reconnaissance d'action dans les vidéos,

segmentation sémantique d'images médicales, architectures et modèles spécifiques -deep ou non deep...).

- Modèles et algorithmes dédiés aux données temporelles : cet axe devait se renforcer lors du contrat qui s'achève mais il est resté en sommeil, faute de financements. Pour le contrat à venir, il devrait prendre une importance considérable avec les projets qui viennent d'être lancés : Projet région Desherbrob (une partie de thèse sur la prédiction géolocalisée de mauvaises herbes), ANR CodeGNN (1 thèse sur les graphes dynamiques et spatio-temporels), ARD Junon (1 thèse et 2 postdocs sur la prédiction de séries temporelles pour les géosciences), Projet OPTIMEDIAS (1 thèse CIFRE incluant la prédiction pronostique pour la sclérose latérale amyotrophique).

#### *Domaines d'application :*

- Santé et Handicap : cet axe applicatif fort (lié notamment à l'activité régionale CHRU, INSERM, INRAE, livingLab...) va perdurer et se renforcer notamment suite au Studium et à l'ANR Sircus qui viennent de démarrer mais aussi au travers du projet OPTIMEDIAS. Ce renforcement va se faire en ajoutant aux données images sur lesquelles nous travaillons déjà des travaux sur d'autres données de santé (cliniques, biologiques) qui sont désormais accessible au travers des grandes plateformes régionales (HUGO pour le grand ouest). Cela devrait permettre d'ajouter à nos méthodes et outils la possibilité de travailler dans ce domaine en intégrant des données multimodales, point crucial pour l'évolution des outils destinés à la santé.
- Environnement : cet axe applicatif est en émergence. Il sera présent au cours du contrat à venir notamment grâce aux avancées qui seront faites dans le projet Desherbrob et au travers de l'ARD Junon. Des travaux émergents autour de l'IA frugale (architectures deep) pourraient également venir renforcer cet axe.
- Arts, Humanités et Patrimoine : l'activité dans cet axe, historique dans l'équipe, et le nombre de personnes impliquées a commencé à se réduire lors du précédent contrat pour diverses raisons. Il ne subsistait qu'au travers de collaborations historiques et peu de financements sont allés vers cette thématique. Avec la fin de l'ARD Ipat au niveau régional, il est également probable que les financements deviennent encore moins fréquents dans ce domaine. Malgré tout, une activité va perdurer puisque qu'une ANR avec le CESR et un projet avec la MSH viennent de débiter et que des actions de transfert ou valorisation (notamment en lien avec les activités du CETU) peuvent se poursuivre. En résumé, si l'activité va encore se poursuivre pendant le contrat à venir, elle sera réduite et cet axe n'est donc plus considéré comme prépondérant. Il faudra réévaluer à l'issu du contrat prochain contrat le fait de le maintenir ou non.

#### **Politique/stratégie scientifique**

La stratégie scientifique au cours des 5 ans à venir reste également sensiblement identique à celle qui préexiste, avec des efforts à porter sur quelques points.

#### *Publications*

Nous souhaitons continuer à publier en priorité dans des revues ou conférences de qualité et éviter la dispersion dans des communications peu visibles. Il s'agit donc de garder l'accent sur le qualitatif plutôt que sur le quantitatif. Néanmoins, une attention particulière sera portée d'une part aux publications des doctorants (de façon à éviter de les pénaliser) et d'autre part à la participation aux colloques qui doit être suffisante pour maintenir un lien avec la

communauté scientifique et assurer de nouvelles collaborations et une diffusion rapide de nos travaux notamment dans les domaines applicatifs (essentiel pour le montage de projets et la mise en place de collaborations). A l'heure actuelle, il n'y a pas de problème budgétaire associé à ces actions de communication en colloque (notamment parce que les habitudes ont changé suite aux crises récentes).

#### *Participation des membres de l'équipe (encadrement doctoral et implication dans les projets)*

Actuellement, il n'y a aucun collègue non publiant dans l'équipe. Cela est possible grâce à un effort d'intégration et d'accompagnement dans les encadrements doctoraux et/ou dans les projets. Nous désirons poursuivre dans cette voie. En particulier, l'encadrement doctoral est presque systématiquement assuré par au moins deux personnes et l'implication des HDR est souvent très forte (les % indiqués dans les dossiers ne permettent pas de traduire cette implication). L'objectif reste ici d'assurer une formation doctorale de qualité et d'accompagner au mieux les doctorants selon les situations individuelles, si possible pour une soutenance au bout de 3 ans. Cette stratégie délibérément collective est importante pour permettre une activité de recherche à tous. Par ailleurs, ces collaborations internes permettent aussi de nourrir la réflexion scientifique par des points de vue différents. Le financement de stages de Master (via le budget équipe ou via l'incitation dans le dépôt de demandes au travers des dispositifs locaux - RTR DIAMS, fédération ICVL, financements universitaires... - seront également des possibilités à exploiter pour aller dans ce sens.

#### *Stratégie partenariale*

L'équipe est bien implantée et visible au niveau régional, que ce soit au niveau des collectivités que des autres organismes de recherche (INSERM, INRAE, BRGM, CHRU...). Nous maintiendrons notre participation dans ce cadre notamment au travers des réponses aux appels à projets (régionaux, liés aux organismes, ANR...). En ce qui concerne les relations industrielles, même si nous recevons de nombreuses sollicitations, nous ne sommes pas en mesure de répondre à toutes, à la fois pour des raisons de disponibilités mais aussi pour des raisons de retours sur investissement (CIFRE avec des start-up fragiles, encadrements de stages ne débouchant pas sur des collaborations plus solides, sujets très orientés ingénierie...). Nous souhaitons donc renforcer nos collaborations sous forme de CIFREs mais plutôt avec des acteurs solides et sur des sujets en adéquation avec nos thématiques, qui puisse permettre une collaboration plus pérenne. Une collaboration industrielle plus large pourra être maintenue notamment au travers de projets régionaux qui semblent plus adaptés.

Sur le plan international, nos relations avec le Vietnam et l'Italie vont perdurer et se renforcer (notamment au travers du MOU avec le Vietnam). Cela reste néanmoins insuffisant et de nouvelles collaborations scientifiques doivent être trouvées. La participation à des collaborations au travers de l'Université Européenne Néolaïa et la participation à des ANR internationales ou des projets Européens suite aux projets récents (ARD Junon, OPTIMEDIAS...) sont des pistes à explorer.

#### *Reproductibilité et intégrité scientifique*

L'équipe a toujours été sensible aux problématiques d'évaluation des performances et de reproductibilité des résultats, notamment parce que les sujets traités ne permettent pas toujours d'accéder à de nombreuses données expertisées. Dans ce contexte, l'équipe a déjà fait un gros travail pour la mise en place de bases d'expérimentation ouvertes (cf. page web

de l'équipe). Nous souhaitons poursuivre dans cette voie en faisant en sorte que nos algorithmes et données soient accessibles (si les accords de consortiums le permettent) notamment au travers des outils et moyens mis en place par l'université (Git, hébergement - base STVD). Dans ce contexte, une incitation forte est faite pour que les travaux de thèse (à minima sur bourses académiques) soient mis à disposition. Les outils seront présentés aux doctorants et les encadrants auront à charge de faire en sorte qu'ils soient exploités. En revanche, aucune pérennisation de ces outils ne peut être assurée correctement (maintenance et mise à jour des librairies) faute d'ingénieur à disposition. En ce qui concerne les publications, celles-ci sont déjà déposées systématiquement sous HAL.

#### *Diffusion (valorisation industrielle, vulgarisation)*

Au cours du précédent contrat, un véritable travail de valorisation a été conduit, traduisant à la fois une certaine maturité de travaux engagés plus tôt mais aussi un effort de la part des collègues. Il est très difficile de se projeter sur cet aspect pour les années à venir car cela dépend à la fois des projets qui seront réalisés (certains comme les projets régionaux par ex. nécessitant plus d'efforts dans ce domaine) mais aussi des ressources qui seront disponibles. Nous continuerons pour cela à nous appuyer sur le CETU ILIAD3 mais le potentiel RH de ce dernier ainsi que les difficultés à embaucher des ingénieurs sur projet (salaires peu attractifs, projets avec beaucoup de participants et donc pas assez de ressources pour tous, disponibilité pour l'encadrement) rendent cette valorisation compliquée.

Pour ce qui est de la diffusion grand public, des efforts ont été faits par certains collègues mais nous pouvons considérer que cela reste à renforcer. Quelques interventions sont déjà prévues cette année (UTL, Détours des sciences) mais cette action reste globalement moins prioritaire étant donné les disponibilités de chacun.

#### **Ressources humaines et fonctionnement de l'équipe**

Une augmentation du nombre de permanents ne semble pas nécessaire. Cela risquerait de rendre la cohésion et le pilotage de l'équipe encore plus délicat. Il semble plus intéressant de redonner du temps recherche aux membres de l'équipe qui souhaitent s'impliquer, en les déchargeant de tâches qui se cumulent et deviennent chronophages (meilleure répartition, meilleur soutien sur les tâches administratives et techniques ou de valorisation, ...). En particulier si l'équipe ou le LIFAT avait la possibilité de recruter plus facilement (et hors projet pour assurer la pérennité) des ingénieurs ou assistant administratifs, cela améliorerait sensiblement la situation. On notera que ce n'est pas un problème de crédits stricto sensu puisque tous les ans de l'argent est mis en réserve (celles-ci s'élèvent actuellement à 200k€ environ). La difficulté réside plus dans la levée de restrictions liées à l'usage de ces fonds.

Le nombre d'HDR dans l'équipe a également augmenté considérablement et cela va se poursuivre (2 HDR au moins sont envisageables à moyen terme, dont une à court terme). Ce qui témoigne de la bonne dynamique de l'équipe. Cependant, il existe un risque de lassitude si l'on considère à la fois les perspectives d'évolution conjointement à l'exercice de tâches lourdes.

Pour ce qui concerne les modalités de fonctionnement de l'équipe, suite à la période COVID, on ressent une perte de cohésion qu'il faudra essayer de retrouver autour d'une animation scientifique plus soutenue, qui peut se faire notamment en s'appuyant davantage sur les doctorants et travaux de thèse (ce qui implique un soutien de la part des encadrants). Là encore cela ne sera possible que si chacun retrouve suffisamment de disponibilité pour participer.

### 3. Projet de recherche équipe ROOT

#### INFORMATIONS GÉNÉRALES

L'équipe Recherche Opérationnelle, Ordonnancement et Transport (ROOT) est composée aujourd'hui de 13 membres permanents (5 PR et 8 MCF). Les activités de recherche de l'équipe s'articulent autour de deux grands domaines de la Recherche Opérationnelle (RO) : l'ordonnancement et le transport. Les contributions scientifiques de l'équipe s'inscrivent aussi bien dans le développement scientifique du champ des méthodes de la RO que du champ des modèles et des processus organisationnels. Ses travaux de recherche portent principalement sur l'étude et la résolution de problèmes d'optimisation combinatoires. Les principaux modèles abordés relèvent donc des problèmes d'ordonnancement et/ou des problèmes de transport et de logistique. Une partie importante des travaux de recherche vise à apporter des solutions à des problématiques industrielles (production, logistique) et sociétales (santé, mobilité, développement durable).

#### PROJET ET STRATÉGIE À CINQ ANS

Le projet et la stratégie de l'équipe à cinq ans sont présentés en trois parties : 1) une analyse SWOT synthétisant les points forts, les points d'amélioration, les opportunités et les risques, 2) la structuration et l'organisation envisagées, et 3) les orientations scientifiques visées. Ce projet est proposé en supposant des moyens humains constants. Comme la plupart des équipes de recherche, l'équipe ROOT souhaite augmenter ses effectifs pour pouvoir répondre aux nombreuses sollicitations et augmenter son spectre d'actions.

#### 4. Analyse SWOT

POSITIF	NEGATIF
<p><b><u>Forces :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Qualité de la publication scientifique</li><li>• Formation doctorale</li><li>• Visibilité nationale et internationale</li><li>• Implication dans l'animation de la communauté scientifique au niveau national et international</li><li>• Lien avec le monde industriel</li></ul>	<p><b><u>Faiblesses :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Production scientifique non uniforme au sein des membres de l'équipe</li><li>• Abandons de thèse</li><li>• Charges collectives lourdes pour environ la moitié des membres</li></ul>
<p><b><u>Opportunités :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Intensification des collaborations inter-équipes</li><li>• Large réseau solide national et international</li><li>• De nombreux travaux en lien avec des défis sociétaux, une chaire industrielle et des liens historiques avec le CHRU</li></ul>	<p><b><u>Menaces :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faible réussite dans le portage de projets financés (ANR, Région, etc.)</li></ul>

Les points forts de l'équipes sont :

- **Une publication scientifique de bonne qualité** : l'équipe publie environ 9 articles par an dans des revues internationales et reconnues du domaine et de très bonnes qualités pour les deux tiers d'entre elles (Q1 selon Quartile SJR). A moyens constants, l'équipe cible toujours ce niveau de publication. Concernant les publications en conférences nationales ou internationales, l'équipe souhaite revenir à son niveau de plus d'une trentaine de communications en conférence par an (suite à la crise sanitaire, ce nombre était tombé à une vingtaine par an).

- **Une formation doctorale soutenue** : l'équipe encadre une dizaine de doctorants par an. Ce nombre est raisonnable puisqu'il permet d'avoir au moins deux encadrants par thèse et assez de budget pour financer des écoles d'été et conférences du domaine. L'équipe est également attentive au partage équitable de bourses institutionnelles de thèses entre membres permanents de l'équipe et de la définition des sujets qui doivent être en cohérence avec le projet scientifique de l'équipe présenté. L'implication des jeunes collègues dans l'encadrement doctorale est aussi largement recherchée.
- **Une bonne visibilité nationale et internationale** : cette bonne visibilité est principalement due à une participation régulière dans des conférences récurrentes du domaine, des séjours scientifiques dans des laboratoires étrangers, l'accueil de chercheurs invités et de nombreuses participations à des comités de programme de conférences nationales et internationales. Cette visibilité se traduit notamment par la participation à des projets de recherches nationaux et des publications communes avec des chercheurs internationaux. L'équipe souhaite poursuivre sur ces activités en incitant notamment sur les mobilités entrantes et sortantes. Trois laboratoires en France, le CERMICS, le LAAS et le LIMOS, ainsi que deux laboratoires à l'étrangers, le CIRRELT (Montréal) et Politecnico di Torino (Turin), sont ciblés par l'équipe pour fortifier les coopérations scientifiques déjà existantes via des mobilités, des thèses en cotutelles et des demandes communes de financements de projets.
- **Une implication notable dans l'animation de la communauté scientifique au niveau national et international** : des membres de l'équipe sont très investis dans la participation d'instances importantes de notre communauté comme la ROADEF (Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision) ou le GdR RO. Certaines sont récentes et perdureront les prochaines années. Elle envisage aussi d'organiser à Tours une édition du congrès national du domaine : la conférence ROADEF en 2026 (500 participants attendus). Au niveau, international, des membres de l'équipe sont impliqués dans l'advisory board d'un GT au niveau Européen (EURO working group on Project Management and Scheduling), éditeurs de revues internationales et membres des comités de programme d'une majorité de conférences réputées en ordonnancement.
- **Lien avec le monde industriel** : l'équipe ne mène pas qu'une recherche académique mais s'intéresse aussi à des applications réelles. Elle a un lien direct avec le monde industriel au travers de CIFRE ou de collaborations moins formelles via l'encadrement de projets étudiants en ingénieurs en informatique. Elle souhaite poursuivre cette démarche et même l'intensifier.

Les points à améliorer de l'équipe sont :

- **Production scientifique non uniforme au sein des membres de l'équipe** : la production scientifique n'est pas uniforme au sein des membres de l'équipe (quelques collègues sont non publiants). Bien qu'il soit difficile d'inciter des collègues à "reprendre" une activité de recherche, l'équipe restera vigilante à toujours donner l'opportunité à participer à des projets de recherche voire les inclure dans des co-encadrements de thèses. L'équipe est aussi très attachée au début de carrière des MCF et implique ces jeunes chercheuses/eurs en les incitant dans les encadrements des thèses et à participer, et même déposer, des projets de recherche financés par des entreprises ou des institutions publiques.
- **Abandons de thèse** : L'équipe, ayant eu 3 abandons de thèse depuis 2016, souhaite être plus vigilant au bien être de leur doctorant et perfectionner les phases d'évaluation de candidatures (notamment sur le critère "motivation") et de suivi de thèse (en alignement avec le nouveau décret de l'Arrêté du 26 août 2022).
- **Charges collectives lourdes pour environ la moitié des membres** : ce dernier point de vigilance reste difficile à rectifier. Une solution serait une augmentation de l'effectif des permanents de l'équipe.

Les opportunités sont :

- **Intensification des collaborations inter-équipes** : depuis quelques années, le laboratoire mène une politique d'incitation de projets de recherche inter-équipes via des bourses de thèses dédiées à ce type de projet. L'équipe envisage donc dans son orientation scientifique des années à venir, des travaux de recherche inter-équipes, notamment autour de l'association d'outils de la RO et de l'apprentissage automatique (I.A.). Certains travaux de thèse ont commencé avec l'équipe RFAI et d'autres sont en phase de prospection avec l'équipe BDTLN.
- **Large réseau solide national et international** : le réseau national et international de l'équipe peut également créer des opportunités de nouveaux projets de recherche collaboratifs, de nouvelles thèses en cotutelle, ou encore de séjours scientifiques. L'équipe souhaite donc fortement s'appuyer sur son réseau pour mener de nouveaux projets notamment en lien avec la santé, la logistique des circuits courts et la combinaison de techniques d'apprentissage avec des méthodes de résolution issues de la R.O.
- **De nombreux travaux en lien avec des défis sociétaux** : l'orientation scientifique de l'équipe, présentée plus loin dans le document, porte sur l'étude et la résolution de problématiques d'optimisation liées à plusieurs défis sociétaux. Parmi ces défis sociétaux, l'équipe souhaite mener des travaux pour répondre à la problématique du développement durable. Elle souhaite également continuer ses collaborations avec le CHRU et initier de nouveaux travaux en lien avec le futur hôpital Trousseau (étudier et résoudre des problématiques de dimensionnement, de logistique de parcours, de nouvelle organisation ou de planification). Enfin des membres de l'équipes participe actuellement à la création d'une chaire industrielle sur l'industrie du futur (qui vise aussi à des collaborations entre équipes du LIFAT mais aussi interdisciplinaires entre équipes de recherche d'autres laboratoires de l'université de Tours).

Les risques sont :

- **Faible réussite dans le portage de projets financés** (ANR, Région, etc.) : Actuellement, l'équipe ne porte plus de projets financés par l'ANR, la région ou encore d'autres instances publiques en dehors de contrats CIFRE (néanmoins elle participe encore à quelques projets). Après la fin des projets financés dont l'équipe était porteuse, plusieurs projets ont été déposés à l'ANR mais aucun n'a encore été accepté. L'équipe envisage donc de continuer, voire intensifier, cette dynamique dans les prochaines années, en incitant les jeunes chercheuses/eurs à déposer des projets ANR JCJC ou encore les collègues à déposer des projets ANR PRC (en s'appuyant sur leurs réseaux nationaux et des projets régions et sur les relations existantes entre l'équipe et le monde socioéconomique). A noter que les travaux actuellement menés dans l'équipe et ceux définis dans l'orientation scientifique de l'équipe sont sujets à de nombreuses innovations algorithmiques et verrous scientifiques qui peuvent être traités par le biais de ce type de projets financés.

## 5. Structuration, effectifs et organisations

L'équipe ROOT n'envisage pas de changement important de structuration ou d'animation. L'équipe mène une politique qui favorise les synergies entre ses membres aux compétences complémentaires. Chaque membre de l'équipe peut développer un sujet de recherche en RO de son choix et collabore librement avec qui il veut, en fonction de ses compétences et motivations. L'équipe incite tout de même les jeunes collègues à s'impliquer dans l'encadrement doctoral. Par ailleurs, l'équipe instaure des réunions mensuelles qui permettent de partager les informations sur la vie de l'équipe et du laboratoire. Ces réunions sont également un lieu où sont prises les grandes décisions relatives à la politique de l'équipe (à propos du budget, participations aux conférences, sujets de thèse, etc.). D'autre part, une à deux fois par mois, l'équipe organise des séminaires de recherche ou des brainstormings.

Les séminaires traitent généralement d'un sujet de recherche précis et sont réalisés par des enseignants-chercheurs de l'équipe, par des doctorants ou par des chercheurs extérieurs invités. Les brainstormings ont un objectif différent des séminaires : ils visent à aborder des sujets de recherche très ouverts ou réfléchir, voire définir, des potentiels futurs projets de recherche. Enfin, l'équipe espère pouvoir renforcer ses effectifs afin de développer ses nouvelles orientations scientifiques en recrutant de nouveaux chercheurs/eurs ayant des compétences complémentaires à ceux déjà présents dans l'équipe (par exemple des compétences en planification stochastique ou sous incertitude).

## 6. Orientations scientifiques à cinq ans

*Au vu des travaux de recherche en cours, des expertises acquises par les membres de l'équipe et des directions de recherche prises, l'équipe a réfléchi à de futurs axes de recherche prometteurs et à de grandes thématiques de recherche auxquelles elle souhaite contribuer. Tout d'abord, ses travaux continueront à s'inscrire dans le domaine de la Recherche Opérationnelle, et plus précisément dans le développement de nouveaux algorithmes en optimisation combinatoire. Les contributions scientifiques sur lesquelles l'équipe projette de travailler peuvent être regroupées en deux axes non exclusifs :*

- **La modélisation et la résolution de problèmes** : l'objectif principal de cet axe est d'étudier de nouvelles problématiques, la plupart issues de défis sociétaux décrits plus loin, et de proposer des méthodes de résolutions innovantes, pertinentes et performantes. Parmi les grands thèmes de recherche que l'équipe souhaite développer ces prochaines années, nous trouvons :
  - Les modèles théoriques pour l'ordonnancement ou le transport, car les nouveaux contextes identifiés apportent de nouvelles contraintes de fonctionnement (techniques, réglementaires) et de nouveaux objectifs à optimiser. De plus, l'ordonnancement et le transport sont les deux domaines de recherche fondateurs de l'équipe. Malgré la richesse de la littérature dans ces deux domaines, de nombreuses contributions sont encore possibles, notamment pour palier au décalage entre les modèles dit académiques et ceux rencontrés sur le terrain et en lien avec les défis mentionnés ci-après.
  - Les modèles intégrés correspondent à des problèmes qui sont composés de plusieurs sous-problèmes combinatoires difficiles, ce qui rend leur résolution encore plus difficile. Pourtant, ces modèles intégrés permettent de considérer des problèmes plus vastes pour une meilleure prise de décision. Ces dernières années, l'équipe a travaillé sur ce type de modèles, en particulier sur le couplage de problèmes de production (ordonnancement) et de livraison (tournée de véhicule). Elle souhaite poursuivre ses recherches dans cette direction toujours très prometteuse.
- **La conception de nouvelles techniques d'optimisation** : l'objectif principal est de concevoir et analyser de nouvelles méthodes en développant de nouvelles techniques d'optimisation. Parmi cet axe, l'équipe souhaite continuer à explorer les champs suivants :
  - L'association d'outils de la RO et de l'apprentissage automatique pour : (1) améliorer l'efficacité de la résolution de problèmes combinatoires, ou (2) améliorer des méthodes d'apprentissage par une meilleure optimisation de certaines de ses étapes, ou encore (3) accroître la robustesse des solutions dans des environnements dynamiques ou aléatoires en intégrant des phases de prédiction de données dans les méthodes de résolution. D'un point de vue général, les systèmes informatiques récupérant de plus en plus de données de nature variée, et dont il faut tenir compte, cette association de techniques guidera le système à mieux décider en termes de gestion des ressources et planification de tout type d'opérations (production, transport, maintenance et de transfert). Ces perspectives viennent aussi renforcer les collaborations avec les autres équipes de recherche du LIFAT : avec l'équipe

BDTLN lorsqu'il s'agit de travailler sur les données ou avec l'équipe RFAI lorsque l'on s'intéresse aux modèles et aux connaissances pour l'apprentissage.

- Les méthodes basées sur l'algorithmique modérément exponentiel visent à résoudre de façon exacte des problèmes d'optimisation difficiles dans un temps de calcul au pire cas qui soit modérément exponentiel. Ces recherches sont en premier lieu théoriques et les résultats obtenus fournissent des informations quantitatives sur la difficulté d'un problème combinatoire. Néanmoins, cet axe de recherche ne s'arrête pas à des études théoriques : créer des algorithmes exponentiels c'est avancer dans la compréhension de mécanismes permettant de réduire la combinatoire d'un problème et d'en dériver des techniques efficaces en pratique. Ce champ de recherche fait également l'objet de collaborations scientifiques naissantes avec des mathématiciens de l'Institut Denis Poisson.
- Les méthodes de type matheuristique : l'association de méthodes dites « mathématiques », comme la programmation linéaire, la programmation par contraintes, ou d'autres issues des deux premières (génération de colonnes, décomposition de Benders, etc.), et des méthodes dites « heuristiques/métaheuristiques », restent encore une perspective de recherche d'actualité en RO. Il existe en effet de nombreuses possibilités de combinaison, qui dépendent de la nature des méthodes choisies et de la manière dont elles sont imbriquées les unes dans les autres. L'équipe ayant déjà eu plusieurs succès dans le développement de ce type de méthodes, plusieurs membres souhaitent approfondir ce domaine.

L'équipe **se concentrera sur les trois grands défis suivants** : la santé, l'industrie du futur et les mobilités de biens et/ou de personnes. Ces défis s'inscrivent dans les grands défis de la société mis en avant par le CNRS dans son dernier contrat d'objectifs et de performance 2019-2023, signé avec l'Etat (notamment l'intelligence artificielle, la santé et l'environnement, les territoires du futur et la transition énergétique).

- Dans le milieu de la **santé**, l'« hôpital du futur » fait apparaître de nouveaux challenges de réorganisation des services de santé, de numérisation des informations, de personnalisation de soins ou encore d'efficacité à budget contraint. De nouveaux outils d'aide à la décision pour des problèmes de dimensionnement, de coordination, de planification, ou plus généralement d'organisation devront être développés, ce qui nécessitera l'étude, la modélisation et la résolution de nouveaux problèmes. De par son expérience dans le domaine de l'organisation des systèmes de santé, l'équipe a tous les atouts pour aborder les problématiques qui apparaîtront dans les futurs systèmes de santé. De plus, le projet du nouvel hôpital Trousseau du CHRU de Tours est une opportunité de collaboration et de cas d'étude concret pouvant donner lieu à des outils d'aide à la décision innovant pour cette nouvelle structure.
- **L'industrie du futur**, autrement dit la modernisation de l'outil de production et l'accompagnement des entreprises industrielles dans leur transformation numérique, est un enjeu de compétitivité majeur. Cette transition nécessite pour les entreprises un accompagnement, pour moderniser leur système de production, pour accompagner le personnel dans le changement de leur mode de travail, et pour traiter toutes les données récoltées et créer les bons outils d'aide à la gestion. Un des objectifs de l'industrie du futur est de mettre en place une gestion des ressources qui soit plus flexible, plus efficace, grâce à des remontées d'informations et à des systèmes dits "experts" d'aide à la décision. Ces nouveaux environnements de production et les nouvelles informations qui seront disponibles permettront d'aborder les problèmes classiques d'optimisation de la production sous un nouvel angle, avec notamment en perspective une collaboration très nette entre les techniques d'optimisation et les techniques d'apprentissage. La combinaison de ces deux techniques permet de développer des solutions innovantes rendant possible au système de percevoir et comprendre son environnement, de mieux décider en fonction de l'état de sa santé, du contexte et des usages.

Les collaborations que l'équipe a amorcées avec les collègues d'autres équipes du LIFAT et son expertise des systèmes de production, la place dans une situation très favorable pour aborder ces problèmes.

- Enfin, le dernier défi concerne les **mobilités de biens et de personnes** dans un contexte important de développement durable. Il s'agit de repenser les modes et organisations de transports, optimiser les aspects écologiques et promouvoir et améliorer les mobilités douces. Les outils de la Recherche Opérationnelle peuvent être un atout considérable pour répondre à ces challenges de mobilités, à condition qu'ils soient bien adaptés et efficaces, ce qui ouvre de nombreuses perspectives de recherche. De plus, la transition vers des énergies décarbonées et renouvelables fait émerger de nouvelles problématiques organisationnelles et logistiques, aussi bien du côté de leurs productions, leurs transports et leurs consommations. Par exemple, des travaux récents sur l'électrification de réseaux de transports en commun ou de planification d'opérations de recharge de bus électriques en tenant compte de la dégradation de la batterie ont montré la nécessité d'études et de développements de nouveaux outils d'aide à la décision.

Le schéma ci-dessous synthétise et conclut le projet scientifique de l'équipe ROOT.

