



Laboratoire des Sciences pour la
conception, l'optimisation et la production
de Grenoble

G-SCOP UMR 5272

Document d'autoévaluation

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2019-2020

VAGUE A



Laboratoire des Sciences pour la conception,
l'optimisation et la production de Grenoble

G-SCOP UMR 5272

Document d'autoévaluation

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2019-2020

VAGUE A

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom de l'unité pour le contrat en cours : **Laboratoire des Sciences pour la conception, l'optimisation et la production de Grenoble**

Acronyme pour le contrat en cours : **G-SCOP**

Domaine scientifique : **ST**

Sous-domaines scientifiques (dans la nomenclature du Hcéres) par ordre décroissant d'importance :

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

ST5 Sciences pour l'ingénieur

Directrice / directeur pour le contrat en cours : **François VILLENEUVE**

Directrice / directeur (ou porteur de projet) pour le prochain contrat : **Bernard PENZ**

Type de demande :

Renouvellement à l'identique

Fusion, scission, restructuration

Création ex nihilo

Établissements et organismes de rattachement :

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

Contrat en cours :

- GRENOBLE INP

- U. GRENOBLE ALPES

- CNRS

| Prochain contrat :

| - GRENOBLE INP

| - U. GRENOBLE ALPES

| - CNRS

Choix de l'évaluation interdisciplinaire de l'unité de recherche (ou d'une ou plusieurs équipes internes) :

Oui

Non

Activités de recherche clinique :

Oui

Non

BILAN	9
1. PRESENTATION DE L'UNITE	9
1.1 <i>Introduction</i>	9
Historique, localisation de l'unité	9
Structuration de l'unité.....	9
1.2 <i>Effectifs et moyens</i>	10
Evolution des moyens humains	10
Analyse de la situation financière du laboratoire	11
1.3 <i>Politique scientifique</i>	13
2. PRESENTATION DE L'ECOSYSTEME RECHERCHE DE L'UNITE	15
3. PRODUITS ET ACTIVITES DE LA RECHERCHE DE L'UNITE.....	16
3.1 <i>Production de connaissances, activités et collaborations académiques concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique</i>	16
3.1.a Publications	16
3.1.b Quelques autres éléments de produits et activités contribuant au rayonnement de l'unité	17
3.1.c Relations contractuelles institutionnelles aux niveaux européen, national, régional et local.....	18
3.1.d Post Doctorants et chercheurs accueillis, séjours à l'étranger et autres indices de reconnaissance ..	22
3.2 <i>Interactions avec l'environnement non académique, impacts sur l'économie, la culture, la santé</i>	22
3.2.a Quelques faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique.....	22
3.2.b Relations contractuelles avec les entreprises	23
3.3 <i>Implication de l'unité dans la formation par la recherche</i>	25
3.3.a Les écoles doctorales et les HDR	25
3.3.b Encadrement des doctorants	25
3.3.c Production scientifique des doctorants.....	27
3.3.d Devenir des doctorants	28
3.3.e Vie des doctorants	28
3.3.f Implication dans les Masters Recherche du site et les Masters Internationaux	28
3.3.g Autres actions de formation par la recherche.....	29
<i>Participation aux projets de formation de l'IDEX Université Grenoble Alpes :</i>	29
<i>Montage de plateformes d'enseignement :</i>	29
<i>Participation à la Fête de la Science :</i>	29
3.4 <i>Faits marquants</i>	30
4. ORGANISATION ET VIE DE L'UNITE.....	32
4.1 <i>Pilotage, animation, organisation de l'unité</i>	32
4.1.a Organisation fonctionnelle et animation scientifique.....	32
4.1.b Organisation financière	33
4.1.c Évolution des moyens expérimentaux	34
4.2 <i>Parité ; Intégrité scientifique ; Hygiène et sécurité ; Développement durable et prise en compte des impacts environnementaux ; Propriété intellectuelle et intelligence économique</i>	36
Parité.....	36
Hygiène et sécurité	36
Développement durable et prise en compte des impacts environnementaux	36
Propriété intellectuelle et intelligence économique	37
PROJET ET STRATÉGIE À CINQ ANS	38
1. ANALYSE SWOT DU LABORATOIRE	38
Les points forts (strengths)	38
Les points à améliorer (weaknesses)	38
Les opportunités liées au contexte (opportunities)	38
Les risques liés au contexte (threats).....	39
2. STRATEGIE ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES POUR LE FUTUR CONTRAT	39
2.1 <i>ADN du laboratoire</i>	39
2.2 <i>Une contribution à des enjeux de société</i>	40
2.3 <i>Des axes de recherche</i>	40
2.4 <i>Un laboratoire qui devra évoluer</i>	41
BILAN ET PROJETS DES EQUIPES	43
1. BILAN DE L'EQUIPE 1 : OPTIMISATION COMBINATOIRE (OC).....	43

1.1	Présentation de l'équipe.....	43
1.2	Produits et activités de la recherche de l'équipe	44
	Faits marquants	44
	Pilotage, animation, organisation de l'équipe	44
2.	PROJET ET PERSPECTIVES A 5 ANS DE L'EQUIPE 1 : OC.....	45
2.1	SWOT de l'équipe.....	45
	Les points forts (strengths)	45
	Les points à améliorer (weaknesses)	45
	Les opportunités liées au contexte (opportunities)	45
	Les risques liés au contexte (threats).....	45
2.2	Projet de l'équipe.....	45
	L'équipe.....	45
	Pour les liens avec les mathématiques, nous pensons plus particulièrement aux domaines suivants :	46
	Pour les interactions avec l'informatique théorique :	46
3.	BILAN DE L'EQUIPE 2 : RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION (ROSP).....	47
3.1	Présentation de l'équipe.....	47
3.2	Produits et activités de la recherche de l'équipe	48
	Faits marquants	49
4.	PROJET ET STRATEGIE A 5 ANS DE L'EQUIPE 2 : ROSP	50
4.1	SWOT de l'équipe.....	50
	Les points forts (strengths)	50
	Les points à améliorer (weaknesses)	50
	Les opportunités liées au contexte (opportunities)	50
	Les risques liés au contexte (threats).....	50
4.2	Projet de l'équipe.....	51
	Les axes que l'équipe souhaite développer durant le CQ 2021-2025	51
	Les évolutions possibles/probables de l'équipe.....	51
5.	BILAN DE L'EQUIPE 3 : GESTION ET CONDUITE DES SYSTEMES DE PRODUCTION (GCSP).....	53
5.1	Présentation de l'équipe.....	53
5.2	Produits et activités de la recherche de l'équipe	53
	Thème 1 : Gestion des flux dans la chaîne logistique et les unités de production.....	53
	Thème 2 : Gestion des flux énergétiques et de production de soins	54
	Thème 3 : Sécurité, Surveillance, Supervision et Maîtrise des risques	54
	Rayonnement et attractivité académiques.....	55
	Interaction avec le monde socio-économique.....	56
6.	PROJET ET STRATEGIE A 5 ANS DE L'EQUIPE 3 : GCSP.....	56
6.1	SWOT de l'équipe.....	56
	Les points forts (strengths)	56
	Les points à améliorer (weaknesses)	56
	Les opportunités liées au contexte (opportunities)	56
	Les risques liés au contexte (threats).....	56
6.2	Projet de l'équipe.....	57
	Les dénominateurs communs de l'équipe	57
	Les axes de développement.....	57
	Les évolutions	57
7.	BILAN DE L'EQUIPE 4 : SYSTEME D'INFORMATION, CONCEPTION ROBUSTE DES PRODUITS (SIREP)	58
7.1	Présentation de l'équipe.....	58
	Eléments de fonctionnement de l'équipe	58
7.2	Produits et activités de la recherche de l'équipe	58
	Axe système d'information agiles (Lilia Gzara, Michel Tollenaere, Jean Bigeon).....	58
	Axe modélisation assemblage /désassemblage pour la réalité virtuelle (Peter Mitrouchev/ Michel Tollenaere).	59
	Axe optimisation robuste (Pierre Genevois, Peter Mitrouchev, Gilles Foucault, Jean BIGEON)	60
	Faits marquants et production scientifique	61
	Rayonnement et attractivité académiques.....	61
	Coopérations internationales.....	61
	Interactions avec l'environnement social, économique et culturel	61
8.	PROJET ET PERSPECTIVES A 5 ANS DE L'EQUIPE 4 : SIREP.....	62
8.1	SWOT de l'équipe.....	62
	Les points forts (strengths)	62
	Les points à améliorer (weaknesses)	62

Les opportunités liées au contexte (opportunities)	62
Les risques liés au contexte (threats)	62
8.2 <i>Projet de l'équipe</i>	62
Les axes de développement de SIREP	62
9. BILAN DE L'EQUIPE 5 : CONCEPTION PRODUIT PROCESS (CPP)	64
9.1 <i>Présentation de l'équipe</i>	64
Introduction	64
Effectifs et moyens.....	64
Politique scientifique	64
Présentation de l'écosystème recherche de l'unité.....	65
Pilotage, animation, organisation de l'équipe	65
9.2 <i>Produits et activités de la recherche de l'équipe</i>	66
Bilan scientifique.....	66
Faits marquants	67
10. PROJET ET PERSPECTIVES A 5 ANS DE L'EQUIPE 5 : CPP.....	67
10.1 <i>SWOT de l'équipe</i>	67
Les points forts (strengths)	67
Les points à améliorer (weaknesses)	68
Les opportunités liées au contexte (opportunities)	68
Les risques liés au contexte (threats).....	68
10.2 <i>Projet de l'équipe</i>	68
Les axes que l'équipe souhaite développer durant le CQ 2021-2025	68
Les évolutions possibles/probables de l'équipe.....	69
11. BILAN DE L'EQUIPE 6 : CONCEPTION COLLABORATIVE (CC)	70
11.1 <i>Présentation de l'équipe</i>	70
11.2 <i>Produits et activités de la recherche de l'équipe</i>	70
Moyens : Plateformes techniques.....	70
Approches méthodologiques : expérimentation, observation, terrain.....	71
Quelques résultats marquants.....	71
12. PROJET ET STRATEGIE A 5 ANS DE L'EQUIPE 6 : CC.....	72
12.1 <i>SWOT de l'équipe</i>	72
Les points forts (strengths)	72
Les points à améliorer (weaknesses)	72
Les opportunités liées au contexte (opportunities)	72
Les risques liés au contexte (threats).....	72
12.2 <i>Projet de l'équipe</i>	72
Axes que nous souhaitons développer	73
Les évolutions possibles de l'équipe	74
ANNEXE 1 : LETTRE D'ENGAGEMENT	75
ANNEXE 2 : ORGANIGRAMME FONCTIONNEL.....	76
ANNEXE 3 : ÉQUIPEMENTS, PLATEFORMES, LOGICIELS.....	78
1. PLATEFORME VISION-R	78
1.1 <i>Salle expérimentale collaborative (Mexico)</i>	78
1.2 <i>Salle de visualisation et d'interaction 3D pour la conception</i>	79
2. PLATEFORME FABRICATION ADDITIVE	83
3. PLATEFORME OPERATIONS MANAGEMENT	85
4. DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX DIVERS	86
4.1 <i>Dans le domaine de la gestion de l'énergie</i>	86
4.2 <i>Cybersécurité industrielle (SCADA et Industrial IoT)</i>	87
4.3 <i>IoT et Sécurité et Santé au Travail (SST)</i>	87
5. RESSOURCES INFORMATIQUES DU LABORATOIRE.....	87
6. LOGICIELS DEVELOPPES AU LABORATOIRE	88
6.1 <i>Logiciels développés dans le cadre des activités de réalité virtuelle</i>	88
6.2 <i>Logiciels dans le cadre des recherches en éco conception</i>	89
6.3 <i>Logiciels dans le cadre de recherches en recherche opérationnelle</i>	89
6.4 <i>Logiciels dans le cadre de recherches en gestion de production</i>	90
6.5 <i>Divers autres logiciels</i>	90

BILAN

1. Présentation de l'unité

1.1 Introduction

Historique, localisation de l'unité

Le laboratoire G-SCOP a été créé en janvier 2007. Il a eu le statut de FRE CNRS en 2007 et 2008. Puis, suite à une évaluation à mi-parcours, il a obtenu le statut d'UMR CNRS/UJF/Grenoble INP au 1^{er} janvier 2009. L'ensemble de ses bureaux et de son espace expérimental est situé sur le site « Viallet », dans les locaux historiques de Grenoble INP, à côté de la gare de Grenoble.

C'est un laboratoire encore jeune qui a fêté ses 10 ans en 2017. Cependant G-SCOP est l'aboutissement sur Grenoble d'une très longue histoire d'avancées scientifiques et de collaborations dans le domaine des systèmes de production, de la conception des produits, de la recherche opérationnelle et de l'optimisation. Chaque communauté s'était développée dans son secteur disciplinaire en y menant des recherches au cœur de sa discipline, souvent liées aux systèmes de production. Les lieux de rencontre entre ces communautés étaient nombreux. En effet, le site grenoblois a plus de vingt ans d'expérience de collaboration pluridisciplinaire dans le domaine des systèmes de production.

G-SCOP est donc un laboratoire pluridisciplinaire regroupant des communautés STIC et SPI autour d'une problématique de recherche concernant la conception, l'optimisation et la gestion des produits et des systèmes de production.

Le système de production et de conception de produits doit être compris comme l'ensemble des parties et de leurs interactions participant au cycle de vie d'un produit, de sa définition à sa fin de vie en passant par les phases de conception, de production, de distribution, d'usage puis de recyclage, réemploi ou destruction. Le terme « produit » intègre également la notion de service et le système de production peut adresser aussi bien les industries manufacturières que les systèmes de santé, les systèmes de gestion et d'usage de l'énergie...

Sur la période de référence, le laboratoire a été dirigé par François Villeneuve accompagné de la directrice adjointe, Gülgün Alpan. Le mandat du directeur et de la directrice adjointe se terminent en décembre 2020, et l'un et l'autre souhaitent mettre fin à ces responsabilités au terme de leur mandat. Afin de préparer le projet du laboratoire pour la période 2021-2025, le conseil de laboratoire a proposé en avril 2019, après un appel à candidature et une consultation de l'ensemble du laboratoire, Bernard Penz et Peggy Zwolinski comme futurs directeur et directrice adjointe. En vue d'établir une continuité, Gülgün Alpan a proposé de céder sa place à Peggy Zwolinski en janvier 2020, qui assurera la fonction de directrice adjointe pour un an en compagnie de François Villeneuve.

Structuration de l'unité

Pour illustrer cette structuration, un organigramme fonctionnel est en annexe 2. L'unité est dirigée par le directeur, François Villeneuve, assisté de la responsable administrative de l'unité, Myriam Torlini. Le directeur travaille en relation étroite avec la directrice adjointe, Gülgün Alpan, plus particulièrement en charge du conseil scientifique du laboratoire, des doctorants et des allocations doctorales. Trois chargés de mission sont adjoints à la direction : une chargée de l'information scientifique et des publications, Marie-Laure Espinouse, assistée de Marie-Josèphe Perruet (IATS), un chargé des relations internationales, Jean Bigeon, et un assistant prévention, Pierre Genevois.

D'un point de vue administratif, le laboratoire a rattaché les ressources humaines de type ITA/IATS à la direction. Les services administratifs et techniques sont au nombre de 3, un service administratif et RH piloté par Myriam Torlini, un service finance piloté par Amandine Monin, un service moyens informatiques et systèmes d'information réparti en 3 responsabilités, Kevin Barra pilote le système et réseau, Bernard Penz (PR) pilote le développement informatique, Patrick Maigrot pilote la plateforme de réalité virtuelle et augmentée pour la conception (Vision-R).

Depuis sa création en 2007, le laboratoire est organisé en 6 domaines de compétences, appelés équipes depuis le quinquennal 2016-2020. La vie scientifique au quotidien du laboratoire est conduite dans les équipes. La répartition des 57 chercheurs et enseignants chercheurs permanents entre ces équipes est assez équilibrée. La répartition des équipes de G-SCOP a été voulue pour permettre d'une part un approfondissement au cœur

des disciplines tout en permettant d'autre part de fortes synergies entre ces équipes. La liste des équipes et de leur responsable est ci-dessous. Les numéros des équipes, utilisés dans le fichier Excel Données_du_contrat_en_cours, sont indiqués entre parenthèse, accolés à l'acronyme de l'équipe.

- Louis ESPERET est responsable de OPTIMISATION COMBINATOIRE (OC, E1)
- Nadia BRAUNER est responsable de RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LES SYSTÈMES DE PRODUCTION (ROSP, E2)
- Jean-Marie FLAUS est responsable de GESTION ET CONDUITE DES SYSTEMES DE PRODUCTION (GCSP, E3)
- Jean BIGEON est responsable de SYSTÈME D'INFORMATION, CONCEPTION ROBUSTE DES PRODUITS (SIREP, E4)
- Henri PARIS est responsable de CONCEPTION PRODUIT PROCESS (CPP, E5)
- Jean-François BOUJUT est responsable de CONCEPTION COLLABORATIVE (CC, E6)

1.2 Effectifs et moyens

Le laboratoire comprend, à la date du 30/06/19, 150 membres (hors stagiaires) se répartissant comme suit (voir onglets 3.1 à 3.3 de Données_du_contrat_en_cours) :

- 57 chercheurs ou enseignants-chercheurs
 - 17 professeurs des universités
 - 4 directeurs de recherche CNRS
 - 31 maîtres de conférences
 - 5 chargés de recherche CNRS
- 1 PAST
- 1 Chercheur associé HDR
- 6 ATER
- 13 IATS ou ITA dont 12 permanents et 1 CDD (pour un total équivalent temps-plein de 11,7)
- 1 ingénieure d'étude chargée de mission industrie 4.0 en co rattachement avec la direction de la recherche Grenoble INP
- 17 post-doctorants, ingénieurs affectés à des projets de recherche, invités...
- 54 doctorants.
Il s'agit des doctorants n'ayant pas encore soutenu leur thèse, quelle que soit leur année d'inscription, hors doctorants co encadrés rattachés à d'autres unités que G-SCOP

Parmi les 57 chercheurs ou enseignants-chercheurs :

- 33 Habilités à Diriger des Recherches (HDR)
- Les 48 enseignants-chercheurs (EC) dépendent des 4 Sections CNU suivantes : 20 EC en 60, 15 en 61, 12 en 27, 1 en 26
- 8 des 9 chercheurs (C) CNRS appartiennent à la section 6, 1 à la section 8

Evolution des moyens humains

Le laboratoire G-SCOP, au cours de ce quinquennal a stabilisé la forte dynamique d'évolution de ses personnels vécue depuis sa création. Ainsi le bilan du dernier quadriennal faisait état au 30/06/09 d'un effectif de 132 membres hors stagiaires pour 134 aujourd'hui. De 53 chercheurs et enseignants-chercheurs en 2009 (48 EC et 5 C), nous sommes passés à 56 en 2014 (48 EC et 8 C) pour 57 aujourd'hui (48 EC et 9 C) que l'on peut ramener à 56 si on enlève un collègue professeur en disponibilité depuis deux ans. De 15 IATS en 2009 (dont 2 sur fonds propres), nous sommes passés à 17 en 2014 (dont 1 sur fonds propres) et retombés à 13 (dont 1 en CDD), donc une diminution assez préoccupante pour cette catégorie de personnel. La relative stabilité globale des effectifs masque en fait un certain nombre de départs et d'arrivées dont nous donnons le détail ci-après (on peut aussi se référer au fichier Excel des Données_du_contrat_en_cours pour avoir un bilan détaillé des arrivées et des départs).

En ce qui concerne les chercheurs et enseignants chercheurs :

- Gautier Stauffer, PR, est depuis 2 ans en disponibilité sur un poste à Bordeaux
- Frédéric Maffray, DR, est décédé en août 2018
- 3 professeurs sont partis. Gerd Finke, Serge Tichkiewitch et Denis Naddef, qui étaient émérites, ont fait valoir leur droit à la retraite. Depuis, Gerd Finke est décédé.
- 5 maîtres de conférences sont partis : Jean-Philippe Gayon et Khaled Hadj Hamou ont été promus professeur, l'un à Clermont Ferrand et l'autre à Lyon. Michel Burlet, Jean-Luc Marcelin et Guy Prudhomme ont fait valoir leur droit à la retraite.
- Joël Mosca, PAST, a fait valoir ses droits à la retraite.

- 5 maîtres de conférences ont rejoint le laboratoire : 2 en 2014 (Maud Rio sur recrutement et Éric Gascard, qui a changé de laboratoire (ex TIMA)), 3 en 2018 (Margaux Nattaf, Romain Pinquière et Zakarya Yahouni).
- 3 chargés de recherche ont choisi G-SCOP au cours du quinquennal : Alantha Newman en 2014, déjà comptabilisée au quinquennal précédent du fait de son arrivée en janvier, Benjamin Lévêque, à la mutation en 2016 et Nicolas Bousquet en 2016.

Si on fait abstraction des professeurs émérites, le quinquennal actuel se traduit par un déficit en enseignants chercheurs $-2 \text{ EC} = -6$ (incluant la disponibilité de G. Stauffer) $+ 4$ (hors changement de laboratoire de Eric Gascard) alors que le quinquennal précédent avait été équilibré (-9 pour $+9$). La stabilité de l'effectif total C/EC est donc principalement due aux recrutements de chargés de recherche CNRS au cours de ce quinquennal $+1 \text{ C} = -1 + 2$ (hors Alantha Newman déjà comptée en 2014), comme d'ailleurs lors du quinquennal précédent ($+2 \text{ C}$). Cela est bien sûr une preuve d'attractivité de G-SCOP mais les fonctions d'enseignants chercheurs sont également très importantes pour la contribution à la formation et la diffusion des savoirs.

En ce qui concerne les ITA et IATS :

- Dans le service informatique, Olivier Brizard nous a quittés sur mutation en 2016. Il a été remplacé par Olivier Szydlo, dans un premier temps en CDD, puis comme titulaire suite à son succès au concours de recrutement de la fonction publique.
- Toujours dans le service informatique, Jean-Louis Allard et Fabrice Gravelat nous ont quittés en 2017 sur mutation vers d'autres postes de Grenoble INP.
- Au service finances, Christine Rouzier nous a rejoints en avril 2014, dans le cadre d'une NOEMI CNRS. Son arrivée avait compensé le départ en congé longue maladie de Roxane San Filippo.
- Toujours au service finances, Kheira Tourki est partie sur mutation interne en avril 2015. Elle a été remplacée, sur CDD, par Carine Heynemann jusqu'à l'automne 2018.
- Encore au service finances, Claudia Drogo a fait valoir ses droits à la retraite à l'automne 2018. Nous avons alors obtenu par mutation un temps plein de titulaire, poste sur lequel nous a rejoint Lionel Balducci à l'automne 2018, qui compensait les 2 mi-temps de Claudia Drogo et Carine Heynemann.
- Lionel Balducci nous a quitté pour une disponibilité depuis février 2019 et nous l'avons remplacé par le CDD de Léa Reveillas pour un an, sans visibilité actuellement pour l'avenir de ce support.
- Enfin, Caroline Léonard, embauchée sur fonds européens pour la gestion de l'association européenne EMIRAcle, fonds gérés par le laboratoire, a terminé son contrat à l'automne 2015 sans être remplacée jusqu'à la fin de l'association EMIRAcle.

On constate donc une érosion des postes d'IATS et ITA. Le bilan est de $-3 \text{ ITA/IATS} = -4 + 1$ (CDD), hors poste EMIRAcle, alors que le quinquennal précédent avait permis, de manière légitime, une légère croissance ($+1$). Il est donc indispensable que nous retrouvions au minimum la situation antérieure pour le laboratoire. D'autre part, l'évolution forte de la part expérimentale au laboratoire ne s'est pas traduite par une augmentation des fonctions IATS/ITA en soutien à la recherche. Enfin ces mouvements importants de personnel sur un effectif modeste sont très perturbants pour la sérénité et la continuité du service.

Analyse de la situation financière du laboratoire

La situation budgétaire (« disponible sur facturé ») au 31 décembre de chaque année en k€ s'établit comme suit :

31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018
1 497	1 346	1 423	1 638	1 060

Cette situation budgétaire n'est pas un bilan de trésorerie. Elle correspond pour chaque année à la différence entre :

- les crédits ouverts (sur la base des contrats signés et des ressources provenant des tutelles) + les reliquats des années précédentes,
- les dépenses effectuées au cours de l'année.

Nous veillons bien sûr à maintenir cette situation à un montant raisonnable pour assurer la pérennité des finances du laboratoire, et si nécessaire nous engageons des actions pour rééquilibrer la situation. Par exemple nous avons proposé des actions du type appel à projet ou évolution des taux de prélèvement interne sur les contrats. Ces actions ont été à chaque fois dans le sens de la diminution des reliquats financiers du laboratoire qui avaient tendance à croître inutilement. Elles seront évoquées au paragraphe 4.1 organisation financière de ce rapport.

Le bilan financier des années 2014 à 2018 (onglet 6 de Données_du_contrat_en_cours) est construit de la façon suivante.

- Pour les dotations provenant des établissements de rattachement (CNRS, Grenoble INP, UGA) nous avons distingué la dotation dite récurrente (tout en fonctionnement) des ressources venant d'appel à projet locaux portés par nos tutelles (par exemple les appels à projets BQR, AGIR, SEI, IRS, investissement...) ou d'allocation exceptionnelle de moyen (par exemple les ressources obtenues dans le cadre des « Moyens FEI : Rubrique B. Equipements expérimentaux » de la campagne DIALOG du CNRS).
- Pour les ressources propres, bien qu'il s'agisse théoriquement de ressources, nous avons choisi d'indiquer les dépenses effectuées par année pour tous les contrats institutionnels (par exemple contrats ANR) et les recettes pour les contrats non institutionnels (par exemple contrats industriels). En effet, concernant les ressources institutionnelles, les recettes sont ventilées sur plusieurs années à notre convenance et les reliquats d'une année sont ré ouverts l'année suivante tant que le contrat n'est pas fini, il est donc plus clair d'indiquer les dépenses.

Sur l'onglet 6 de Données_du_contrat_en_cours, ainsi qu'en résumé sur le tableau ci-dessous (en €), on constate que le budget, hors salaires des permanents, est en moyenne de 1,9 M€, chiffre stable depuis le quinquennal précédent. Sur ces 1,9 M€ nous avons 7% de recettes provenant des tutelles (dotations récurrentes de fonctionnement), pourcentage en baisse par rapport au précédent quadriennal (11%), ce qui illustre à la fois l'augmentation de la part contractuelle du laboratoire et la baisse des dotations. Ce pourcentage passe à 13% en moyenne annuelle si on inclue l'ensemble des dotations provenant des tutelles, y compris celles issues d'appels à projets locaux. Cependant la courbe est descendante sur les 5 années.

	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne annuelle
Ressources annuelles	2 096 423	2 094 896	1 843 799	1 599 066	1 811 672	1 889 171
dont Dotation totale	386 783	287 980	227 707	181 945	126 098	242 102
% du budget annuel	18%	14%	12%	11%	7%	13%
dont Dotation récurrente de Fonctionnement	163 500	146 480	164 480	121 695	109 802	141 191
% du budget annuel	8%	7%	9%	8%	6%	7%

De manière plus détaillée on constate pour cette dotation dite récurrente (voir tableau ci-dessous le montant et le pourcentage de chaque tutelle dans la dotation récurrente de fonctionnement)

- une augmentation de la part du CNRS qui a été voulue par l'INS2I dans le but de rééquilibrer la dotation des unités de son périmètre,
- une légère diminution de la part de l'UGA liée au plan de retour à l'équilibre mis en œuvre depuis 2017,
- une diminution de la part de Grenoble INP liée à un changement de modèle financier qui compense largement cette diminution apparente. En effet, Grenoble INP assume pour une large part les coûts d'infrastructure de l'unité estimés à 87 000 € par exemple pour 2018.

	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne annuelle
Dotation récurrente - Fonctionnement	163 500	146 480	164 480	121 695	109 802	141 191
CNRS	52 000 32%	55 000 38%	55 000 33%	60 000 49%	60 000 55%	56 400 40%
GRENOBLE INP	71 500 44%	51 480 35%	69 480 42%	23 766 20%	13 802 13%	46 006 33%
U GRENOBLE ALPES	40 000 24%	40 000 27%	40 000 24%	37 929 31%	36 000 33%	38 786 27%

En résumé, la situation financière du laboratoire est saine. Elle illustre le dynamisme des actions contractuelles menées. Nous reviendrons sur ce point dans la partie « 3. Produits et activités de la recherche de l'unité ».

1.3 Politique scientifique

Rappelons que G-SCOP est un laboratoire de recherche pluridisciplinaire répondant aux enjeux de la conception, l'optimisation et la gestion des produits et des systèmes de production pour répondre aux défis scientifiques posés par les mutations du monde industriel. Le Système de Production et de conception de produits doit être compris comme l'ensemble des parties et de leurs interactions participant au cycle de vie d'un produit, de sa création à sa fin de vie en passant par les phases de conception, de production, de distribution, d'usage puis de recyclage, réemploi ou destruction. Le terme « Produit » intègre également la notion de service et le Système de Production peut adresser aussi bien les industries manufacturières que les systèmes de santé, les systèmes de gestion et d'usage de l'énergie, ... Dans ce contexte, nous avons analysé que les enjeux scientifiques majeurs des années à venir concernant les sciences des systèmes de production et de conception de produits et de services se déclinaient en 2 grands défis : Accomplir la transition numérique des systèmes de production et de conception de produits et services ; Développer le système de production et de conception de produits et services centré humain et société.

Tout le développement de l'usine du futur est porté par les avancées de l'univers numérique. La chaîne de production et l'ingénierie de conception est jalonnée d'outils logiciel (ERP, CAO, FAO, MEF...) qui se développent sans cesse. Le numérique est également bien présent dans le pilotage et l'animation des objets matériels : conduite des machines, outils de communication homme-machine, internet des objets mis à la disposition des opérateurs révolutionnant le partage de l'information et de la décision. Le développement accéléré du numérique n'a pas encore atteint l'usine dans son ensemble. Mais c'est bien cette révolution qui est en train de se produire. La recherche doit se concentrer sur une approche « système » visant à créer une chaîne numérique cohérente produit, procédé, usine d'une part et conception, fabrication, usage, fin de vie d'autre part. L'humain en tant que consommateur ou acteur de la production est traditionnellement dans le cycle de vie du produit. Nous abordons à présent une dimension autrement plus large et plus intégrée où le client peut devenir le propre concepteur des produits qu'il utilise, où l'employé interagit avec les environnements numériques pour piloter le système ou le concevoir. Au-delà de l'humain, le système de production doit intégrer tout l'environnement pour anticiper la préservation des ressources en énergie ou en matière, ou intégrer l'impact des implantations des lieux de production et des transports. G-SCOP aborde ces défis par des recherches menées en Gestion des flux et en Conception intégrée de produit, appuyées sur une compétence transverse en Systèmes d'Information industriels. Les recherches menées et à venir, en gestion des flux ou en conception intégrée adressent généralement les 2 défis. De plus, la complexité inhérente à l'intégration de ces défis renforce encore la nécessité de développer les travaux en méthodes d'optimisation, tant dans leur déclinaison finalisée que fondamentale, en particulier en optimisation combinatoire.

Ces deux grands défis se déclinent en 4 grandes voies de recherche autour du système de production et de conception de produits et services du futur. G-SCOP n'a pas prétendu bien sûr se saisir de ces 4 voies dans leur intégralité, mais pense qu'elles doivent guider ses orientations de recherche. Ces 4 voies présentées dans le projet du quinquennal précédent sont : (a) intégrer la dimension virtuelle ; (b) être connecté et piloté ; (c) être performant environnementalement ; (d) bien intégrer l'homme.

Les travaux qui ont été menés lors de ce quinquennal rencontrent bien les voies qui avaient été tracées. Quelques exemples cités dans le projet précédent et qui ont été développés : les développements de recherche en logistique de proximité (équipe ROSEP essentiellement) ont contribué principalement à (c) et (d), mais également à (a) et (b). Le développement important de la thématique fabrication additive métallique (équipes CPP et CC) au cours de ce quinquennal adresse avant tout (c) et (d) mais également (a). Les travaux menés en visualisation et interactions (principalement à CC) contribuent principalement à (a), (d) et (b). Ceux concernant les méthodologies d'écoconception (équipe CPP) contribuent principalement à (c) et (d). Les travaux en conception robuste (équipe SIREP) adressent principalement (a) mais également (c). Les travaux en gestion énergétique des bâtiments (équipe GCSP) adressent principalement les thématiques (c), (d), (b) mais également (a). Ceux concernant les risques environnementaux et le degré de confiance (équipe GCSP) contribuent principalement à (c), (d) et (a). Les travaux menés sur les algorithmes d'approximation (équipe OC) irriguent en amont les problématiques d'optimisation posées par les 4 voies.

La vie scientifique au quotidien du laboratoire est conduite dans les équipes. La répartition des équipes de G-SCOP a été voulue pour permettre d'une part un approfondissement au cœur des disciplines tout en permettant d'autre part de fortes synergies entre ces équipes. Pour donner une vision claire des cœurs de compétence de chacune des équipes, les thématiques et les effectifs de personnel permanent de ces 6 équipes sont résumés dans le tableau de la page suivante.

	Responsable	Permanents	Axes de recherche	Mots clés
Equipe 1 : OPTIMISATION COMBINATOIRE (OC)	András SEBŐ, DR puis Louis ESPERET, CR-HDR	11 personnes : 2 PR (section 27), 2 DR (section 6), 3 MCF (section 27) dont 1 HDR, 4 CR (section 6) dont 2 HDR	- Analyse de problèmes : bonnes caractérisations, complexité, structure et algorithmes - Méthodes géométriques et topologiques - Mathématiques de la RO, programmation en nombres entiers, approximations	graphes, mathématiques discrètes, optimisation ; polyèdres, géométrie et topologie combinatoires et algorithmique ; combinatoire extrémale, algorithmes d'approximation, integer programming ; couplages, fiabilité des réseaux, rigidité
Equipe 2 : RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION (ROSP)	Bernard PENZ, PR puis Nadia BRAUNER, PR	11 personnes : 4 PR (2 en 27, 2 en 61), 6 MCF (4 en 27, 1 en 26, 1 en 61), 1 CR (section 6)	- Chaîne logistique - Transport et localisation - Ordonnancement - Optimisation combinatoire appliquée et Optimisation Globale	recherche opérationnelle, analyse de la complexité, optimisation, logistique, ordonnancement, production, graphes, programmation linéaire, méta-heuristiques, programmation dynamique, programmation par contraintes.
Equipe 3 : GESTION ET CONDUITE DES SYSTEMES DE PRODUCTION (GCSP)	Jean-Marie FLAUS, PR	12 personnes : 4 PR (section 61), 1 DR (section 6), 7 MCF (61) dont 3 HDR	- Gestion des flux dans la chaîne logistique et les unités de production - Gestion des flux énergétiques et de production de soins - Sécurité, Surveillance, Supervision et Maîtrise des risques	systèmes à événements discrets, systèmes cyber physiques outils de la recherche opérationnelle, outils stochastiques (Réseaux de Files d'Attente, Réseaux de Petri Stochastiques...), outils déterministes (Programmes Linéaires, Automates, Modèles par intervalles...).
Equipe 4 : SYSTEME D'INFORMATION, CONCEPTION ROBUSTE DES PRODUITS (SIREP)	Jean BIGEON, DR	6 personnes : 1 PR (section 61), 1 DR (section 8), 4 MCF (2 en 60, 2 en 61) dont 2 HDR	- Modélisation des SI pour gérer les données industrielles et retour vers la conception - Modélisation assemblage/désassemblage - Conception / Pré dimensionnement robuste	Systèmes d'informations industrielles ; Processus métiers agiles ; Optimisation robuste ; Incertitudes ; Assemblage/désassemblage
Equipe 5 : CONCEPTION PRODUIT PROCESS (CPP)	Peggy ZWOLINSKI puis Henri PARIS, PR	8 personnes : 4 PR (section 60), 4 MCF (section 60) dont 1 HDR	- Intégration de la dimension environnementale en conception - Conception/Fabrication, en particulier fabrication additive	cycle de vie du produit, conception intégrée, fabrication, éco-conception, fabrication additive
Equipe 6 : CONCEPTION COLLABORATIVE (CC)	Jean- François BOUJUT, PR	9 personnes : 2 PR (section 60), 7 MCF (section 60) dont 3 HDR	- Activités collaboratives de conception de produit et/ou de services - Coopération inter-personnelle - Coopération intra-organisationnelle - Coopération inter-organisationnelle	Environnements augmentés et virtuels ; Innovation ouverte ; Management de la conception ; Analyse de protocole ; Conception de produits

2. Présentation de l'écosystème recherche de l'unité

Le laboratoire G-SCOP dépend de 3 tutelles, Grenoble INP, entité hébergeante, l'Université Grenoble Alpes (UGA) et le CNRS.

Concernant l'entité hébergeante, les recherches menées à G-SCOP sont en lien avec les 4 grandes transitions mises en avant par Grenoble INP : numérique, industrielle, énergétique et environnementale. Le laboratoire est rattaché à deux des 4 directions scientifiques de Grenoble INP : Environnement et production éco-efficiente ; Sciences du numérique : données, modèles et simulation.

Les instances pilotes de la recherche à Grenoble sont maintenant structurées par les pôles de recherche, au niveau de la Communauté Université Grenoble Alpes (COMUE), qui traitent en particulier les questions des profils de postes d'enseignants chercheurs et de personnels IATS/ITA soutien à la recherche, mais aussi des demandes de mobilités type CRCT ou délégations, les demandes de professeurs invités... Du fait de sa pluridisciplinarité, le laboratoire dépend de 2 pôles ; le pôle Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (MSTIC) qui concerne essentiellement les problématiques liées aux personnels des sections CNU 27 et 61 et de la section 6 du CNRS ; le pôle Physique, Ingénierie, Matériaux (PEM) qui concerne essentiellement les problématiques liées aux personnels des sections CNU 60 et de la section 8 du CNRS.

En ce qui concerne le CNRS, le laboratoire est rattaché à l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (Ins2i) en principal et à l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (Insis) en secondaire.

Concernant nos interactions avec la formation par la recherche, nous sommes rattachés à 3 écoles doctorales (ED) qui sont pilotées au niveau de la COMUE ; l'ED Ingénierie, Matériaux, Mécanique, Environnement, Énergétique, Procédés, Production (I-MEP2) (70% des thèses) ; l'ED Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information, Informatique (MSTII) (15% des thèses) ; l'ED Electronique, Electrotechnique, Automatique et Traitement du Signal (EEATS) (15% des thèses).

D'autre part, sur le site grenoblois, nous sommes partenaires de deux Labex, le Labex Persyval (*Pervasive Systems and Algorithms*) et le labex Cemam (*Centre of Excellence of Multifunctional Architected Materials*). Nous sommes également partenaires de deux Carnot, le Carnot Energies du futur (Carnot EF), et le Carnot Logiciels et Systèmes Intelligents (LSI). Enfin nous sommes associés à la fédération de recherche Innovation, Connaissances et Société (SFR Innovacs).

Au point de vue régional, le laboratoire a des liens importants avec l'écosystème de la région Auvergne Rhône Alpes, par l'intermédiaire tout d'abord de la structure ARC – Communautés académiques de recherche, en particulier l'ARC 8 – Industrialisation et Sciences du Gouvernement qui a été piloté par notre collègue Daniel Brissaud et l'ARC 6 – T.I.C. et usages informatiques innovants. Ces structures sont à présents terminées, mais elles ont financé des projets et des thèses du laboratoire. Le SRESRI Auvergne Rhône Alpes a fait ressortir 8 grands domaines d'excellence pour la région. Nous sommes au cœur de deux d'entre eux (Industrie du futur et production industrielle, Numérique) et certaines de nos recherches touchent à 3 autres domaines (Santé, Energie, Mobilité, systèmes de transport intelligents).

D'autre part, les interactions avec le milieu industriel sont soutenues par les pôles de compétitivité régionaux, en particulier le pôle Viaméca (mécanique), dont deux membres du laboratoire sont membres du bureau et du CA, mais aussi le pôle Minalogic (technologies du numérique), le pôle Axelera (Chimie et environnement), le pôle Tenerrdis (transition énergétique) ou le pôle Plastipolis (plasturgie). Le laboratoire est également membre du consortium Initiative 3D qui regroupe les acteurs majeurs de la région en fabrication additive et de l'AFIS (Agence Française de l'Ingénierie Système) Rhône-Alpes.

Au niveau national, les activités de l'unité résonnent dans les défis suivants de la stratégie nationale de la recherche : Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique, Le renouveau industriel, Santé et bien-être, Transports et systèmes urbains durables, Société de l'information et de la communication, Sociétés innovantes, intégratives et adaptatives. D'autre part, l'unité a des interactions soutenues avec différents regroupement ou GDR ; Le GDR RO (Recherche opérationnelle) et la ROADEF (Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision) dont un membre du laboratoire a été présidente ; Le GDR MACS (Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes Dynamiques) dont un membre du laboratoire a été directeur adjoint ; le pôle Aip Priméca maintenant appelé S.mart, dont plusieurs membres du laboratoire ont été directeur du pôle Dauphiné Savoie ; le laboratoire est également impliqué dans la plateforme Mecafuture-FR qui regroupe 7 pôles de compétitivité autour des technologies mécaniques, des systèmes de production et des nouveaux matériaux.

Enfin au niveau international, G-SCOP est impliqué dans un certain nombre de réseaux dont ; le CIRP (world leading organization in production engineering research) dont plusieurs membres du laboratoire sont associate ou fellow members ; la Design Society dont un membre du laboratoire est membre élu de l'advisory

board ; l'association EuroVR (réalité virtuelle) dont un membre du laboratoire est corporate member de l'executive committee ; le comité technique IFAC, TC 5.2, dont le laboratoire compte un membre ; l'European Academy for Industrial Management (AIM). Nos chercheurs ont des projets en lien avec l'EIT (KIC) Raw Material et ont participé activement à la création de l'EIT (KIC) Manufacturing.

3. Produits et activités de la recherche de l'unité

3.1 Production de connaissances, activités et collaborations académiques concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique

3.1.a Publications

En ce qui concerne l'activité de publication du laboratoire, nous avons recherché une continuité dans les critères nous permettant une comparaison de notre production au regard du précédent quinquennal. Le détail des publications du laboratoire est en Annexe 4 I.1, 2 et 3, d'abord pour l'ensemble du laboratoire, puis pour chacune des 6 équipes et enfin pour les publications antérieures des collègues qui sont arrivés en cours de quinquennal.

Les effectifs étant globalement stables depuis le début de ce quinquennal (57 C et EC pour 56 C et EC en 2014), nous avons moyenné nos résultats sur 57 C et EC pour ce quinquennal.

Le classement des publications a été fait sur la base des catégories recommandées par l'HCERES en distinguant en particulier les articles en revues dans deux catégories (voir le détail en Annexe 4 I.1.1 « Articles scientifiques »). Les RI sont les articles dans des revues internationales avec comité de lecture répertoriées dans les bases de données internationales (ISI Web of Knowledge, Scopus). Les RN sont les articles dans des revues avec comité de lecture nationales ou internationales mais non encore répertoriées dans les bases précitées.

Le tableau suivant donne le nombre de publications dans chacune des catégories.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (6 mois)
RI : Articles en revues internationales référencées ISI Web ou Scopus	61	44	53	63	58	19
<i>dont ISI Web</i>	49	38	46	54	51	14
RN : Articles en revues nationales ou internationales non référencées ISI Web ou Scopus	2	6	6	2	6	2
RS : Articles en revues sans comité de lecture, pré-publication	5	6	5	10	7	6
Articles de synthèse / revues bibliographiques						
DO : Directions d'ouvrages ou de revues ou d'actes colloques	-	1	1	1	-	-
OS : Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages	6	3	6	8	9	2
IN : Conférences invitées	2	6	12	3	4	-
CI : Communications avec actes, congrès international	63	67	58	74	45	16
CN : Communications avec actes, congrès national	11	18	2	12	7	1
CS : Autres produits présentés dans des colloques	24	36	28	19	27	6

Publications du laboratoire : nombre par année

Les moyennes dans le tableau suivant sont obtenues en divisant le nombre total de publications par le nombre de chercheurs et enseignants chercheurs présents sur la période (57 en moyenne) et par le nombre d'années. Nous avons fait ces moyennes sur deux périodes : la période de 5 ans « 2014-2018 » et la période de 5 ans et demi « 2014-juin 2019 ».

Les moyennes par année et par chercheur pour les publications dans des revues internationales référencées sont de 0,98 sur « 2014-2018 » et 0,95 sur « 2014-juin 2019 ». En comparant avec la dernière colonne qui rappelle les moyennes et totaux du précédent quinquennal, on constate une très légère baisse des publications en revues référencées (279 pour 281) mais une augmentation de la qualité ou du moins du référencement ISI Web (238 pour 222).

	Total 2014-2018	Moyenne 2014-2018	Total 2014-mi 2019	Moyenne 2014-mi 2019	Rappel Total 2009- 2013	Rappel moyenne 2009-2013
RI : Articles en revues internationales référencées ISI Web ou Scopus	279	0,98	298	0,95	281	1,05
<i>dont ISI Web</i>	238	0,84	252	0,80	222	0,83
RN : Articles en revues nationales ou internationales non référencées ISI Web ou Scopus	22	0,08	24	0,08	21	0,08
RS : Articles en revues sans comité de lecture, pré-publication	33	0,12	39	0,12	N/A	N/A
Articles de synthèse / revues bibliographiques	-	-	-	-		
DO : Directions d'ouvrages ou de revues ou d'actes colloques	3	0,01	3	0,01	14	0,05
OS : Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages	32	0,11	34	0,11	36	0,13
IN : Conférences invitées	27	0,09	27	0,09	39	0,15
CI : Communications avec actes, congrès international	307	1,08	323	1,03	351	1,31
CN : Communications avec actes, congrès national	50	0,18	51	0,16	68	0,25
CS : Autres produits présentés dans des colloques	134	0,47	140	0,45	119	0,44

Publications du laboratoire : totaux et moyenne par année et par personne

Nous proposons ci-dessous un dernier tableau permettant de se faire une idée du taux moyen de publication de chaque chercheur et enseignant chercheur permanent du laboratoire. En effet, une bonne part des articles publiés par des membres du laboratoire est cosignée par plusieurs permanents du laboratoire. Si nous voulons avoir une idée de la production par permanent, il faut donc compter par année la somme des publications de chaque permanent, qui est par conséquent supérieure aux publications de l'année du laboratoire. En appliquant cette formule pour les permanents (hors doctorants) nous constatons qu'en moyenne un membre chercheur ou enseignant chercheur du laboratoire publie 1,25 articles référencés par an dont 1,05 articles dans des revues référencées ISI Web.

	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL	Moyenne 2014-2018
RI : Articles en revues internationales référencées ISI Web ou Scopus (somme des articles de chaque auteur permanent du laboratoire)	84	53	60	78	80	355	1,25
<i>dont ISI Web</i>	67	46	52	66	69	300	1,05

Publications en revues référencées comptées pour chaque co-auteur : totaux et moyenne

3.1.b Quelques autres éléments de produits et activités contribuant au rayonnement de l'unité.

Les informations de ce paragraphe s'appuient sur les items de l'annexe 4 I.4 à 8.

Logiciels

Ci-dessous quelques logiciels développés au laboratoire, qui sont un peu l'ADN de nos équipes, et qui montrent la diversité des développements réalisés, les interactions avec les problématiques clés du domaine de recherche de G-SCOP, les collaborations entre équipes (noms des équipes entre parenthèse). Pour plus de détails voir Annexe 4, I.4.

- plusieurs solveurs développés dans le cadre du challenge Roadef et qui ont conduit à des prix : Luc Libralesso et Florian Fontan (doctorants), vainqueurs classement général, open source et junior du challenge 2018, Nicolas Catusse (MCF) vainqueur du Sprint du challenge 2016, (équipe ROSP, E2)
- Licence d'exploitation Pro@DESIGN : logiciel de prédimensionnement créé par un membre de l'équipe SIREP, qui est en cours de négociation avec le CNRS pour une mise à disposition Open Source. (équipe SIREP, E4)
- INDICOM : logiciel en Python pour le traitement de données de bâtiment développé dans le cadre du projet COMEPOS (divers constructeurs de bâtiments BEPOS, CEA & CSTB) (équipe GCSP, E3)

- "KiMe2, logiciel d'analyse des mouvements issue de la Kinect (Kinect Medical Measurement), Logiciel développé au cours de la thèse de Justine Coton sur l'évaluation clinique des activités motrices de patients pour traiter et analyser les mouvements capturés." (équipe CC et CPP E6-E5)
- Prix au challenge ESICUP 2015 (EURO Special Interest Group on Cutting and Packing) et Renault, à destination des chercheurs, consistant à écrire un logiciel de remplissage de conteneurs pour l'expédition de pièces de Renault à travers le monde. L'objectif était de minimiser le volume de conteneurs utilisés en respectant certaines contraintes industrielles. Le challenge se décomposait en 2 catégories : logiciel rapide (moins d'une heure pour traiter le jeu d'instances) et lent (6 heures). Olivier Briant et Denis Naddef ont gagné le premier prix dans les deux catégories. (équipe OC, E1)
- Jumeau Numérique d'Usine pour le pilotage. Un logiciel de jumeau numérique testé sur une usine réelle (4 chaînes de productions complètes) pour la supervision collaborative à distance (projet CSF4.0). (équipes CC, ROSP et GCSP, E6-E2-E3)

Activités éditoriales

Pour plus de détails voir Annexe 4, I.7.

Les membres du laboratoire sont présents dans de nombreux comités de programme de conférences nationales et internationales ; au moins une trentaine de conférences différentes sur la période avec des participations récurrentes à certaines conférences. Citons parmi elles : PLM, EuroVR, International Design, Roadef, IPCO, SODA, MOSIM, CIGI, ICED, diverses conférences du CIRP...

Comme il se doit également, l'activité est très forte dans les comités éditoriaux de nombreuses revues. Quelques exemples ci-après : CIRP Annals Manufacturing Technology, IJPLM, Design Science Journal, Journal of Graph Theory, Discrete Optimization...

Activités d'évaluation

Pour plus de détails voir Annexe 4, I.8.

Les évaluations menées par les membres du laboratoire sont également importantes. Tout d'abord les Reviewing sur lesquels nous ne reviendrons pas vu leur nombre, et qui concernent toutes les revues importantes citées par les différentes équipes dans leur bilan scientifique. Ensuite le travail de plus en plus important d'évaluation de projets, au national comme à l'international, mais plus encore la responsabilité prise dans certaines instances d'évaluations. Enfin les évaluations de laboratoires qui ont été menées par plusieurs seniors du laboratoire.

Quelques exemples ci-dessous extraits de l'annexe 4 I.8

Evaluations de projets Canadiens (NSERC), pour la NSA, pour l'Allemagne, les Etats Unis, Israël, la Belgique...

Nombreuses évaluations de projets ANR et ANRT.

Membres de l'ANR CES 10, du CPSD (Comité de Pilotage Scientifique de Défi) de l'ANR, du CNU 60, CNU 61, de pôles de recherches PEM et MSTIC...

Evaluation HCERES, en tant que membre et/ou président, des laboratoires Ircsyn, LS2N, LCFC, LCPI, LGI, LIP...

3.1.c Relations contractuelles institutionnelles aux niveaux européen, national, régional et local

Durant la période 2014 à mi 2019, le laboratoire et les équipes le constituant ont monté ou ont été actifs dans de nombreux contrats institutionnels.

Le détail des différents projets ayant obtenu un soutien est listé en annexe 4 (I.9. Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives, 9.1 Contrats européens, 9.2 Contrats nationaux et financement de l'innovation, 9.3 Contrats avec les collectivités territoriales et CPER, 9.4 Soutiens des tutelles, fédérations et labex sur appel à projet). Tous les contrats sont ceux signés ou démarrés sur la période quinquennale. Ils sont classés dans l'annexe par équipe principale responsable et par date de début. Nous n'incluons que les sommes effectivement imputées à G-SCOP. Concernant le nombre de projets obtenus par équipe et par catégorie, on se reportera à l'onglet 4 Produits et activités de la recherche, de l'Excel Données_du_contrat_en_cours.

Avant d'aborder l'historique contractuel, signalons que le laboratoire a de nombreux contrats en cours qui se répartissent comme suit :

- 9 européens (BIFOCALPS, SPARK, OIPEC, CIRCUIT, CYBSPEED ainsi que 4 projets EIT (Kic) Raw Material) auxquels on peut ajouter OPEN, qui est une ANR franco-allemande.
- 11 ANR (OPEN, INVOLVED, FA2SCINAE, CONCLUDE, GEOCAM, ORCILAB...)
- 4 BPI France FUI ou PIA (CSF4.0, VISION 4.0, ALMEE, REAL 3D)
- 6 ADEME, DGA, INERIS (VALORABES, DGA Sicard, INERIS Oueidat...)

- 2 financements d'innovation avec la SATT Linksum (Cybersmartlearn et Symbiotrack
- 6 Région Auvergne Rhône Alpes (EXPESIGNO, FAIR, INDUSTRIE 4H, SCUSI...)
- 2 Fondation Grenoble INP (thèse Haidar, chaire Hydrolike)
- 1 CEA
- 2 Carnot (Filière Carnot IMP, avec LSI et Energie du Futur)
- 6 projets Idex CDP et ISP dont 2 pilotés par G-SCOP (Circular, Codev4SmartPSS, Eco-Sesa, Risk@UGA, Cybersecurity, Glyco@alps)
- 3 projets soutenus par la Comue UGA (RAGE, SACRE, ORACLE)
- 21 industriels bilatéraux (Addup, Airbus helicopters, ANACT, BAYER, DPRI, ECP, ELICHENS, KAISEN Solution, Mentor Graphics, Quemera, Renault, SNCF, ST Microelectronics, SOCITEC, SYLEPS, TOTAL, VALLOUREC)

Ces contrats continuent de croître en nombre de quinquennal en quinquennal, en particulier pour les contrats européens et les ANR, tout en maintenant une relation contractuelle directe soutenue avec les entreprises. Les 55 contrats industriels bilatéraux et actions financées par les Carnot seront analysés plus en détail dans la partie 3.2.

Les relations contractuelles institutionnelles menées par le laboratoire actuellement et au cours du quinquennal écoulé nous semblent caractériser fortement le rayonnement et l'attractivité académique du laboratoire. Nous proposons ci-après quelques éléments d'analyse de cette activité (voir détail en annexe 4 I.9.).

Le total des 17 contrats européens s'élève à 1 572 k€ (à comparer aux 6 contrats pour 1 202 k€ du quinquennal précédent). Signalons les contrats ERN et CIRCUIT dans le domaine de l'éco conception et du remanufacturing, ou l'important projet SPARK en réalité augmentée pour la créativité. Les projets EIT (Kic) Raw Material sont nombreux et présagent de contrats à venir intéressants avec la création récente de l'EIT Manufacturing. Enfin nous avons eu le plaisir d'apprendre en 2019 le succès du projet ANR Franco-Allemand OPEN Next qui fera suite au projet OPEN actuellement en cours.

Le total des 30 contrats nationaux et financement de l'innovation s'élève à 4 234 k€ (dans la continuité des 32 contrats pour 4 813 k€ du quinquennal précédent). Le tableau de l'annexe inclut les ANR, les financements ministériels ou émanant d'organismes dépendant d'instances nationales tels que OSEO, BPI France, ADEME, les FUI, ... ainsi que les financements obtenus dans le cadre du financement de l'innovation, par exemple avec la SATT Linksum. On constate encore une bonne stabilité du positionnement du laboratoire dans le domaine, avec 12 ANR sur le quinquennal, et ces dernières années une progression remarquable des ANR obtenues dans le domaine de la fabrication additive. La dynamique se maintient, avec par exemple en 2019 pour le laboratoire 5 projets qui ont passé le premier tour de sélection ANR. Un autre point remarquable est la croissance des FUI (4 et bientôt 5) qui illustrent la maturité des recherches menées ainsi que, pour la première fois au laboratoire, deux projets de financement de l'innovation avec la SATT Linksum, dans un domaine en pleine croissance ayant trait à la cybersécurité des systèmes physiques.

Le total des 21 contrats avec les collectivités territoriales et CPER s'élève à 548 k€ (à comparer aux 36 contrats pour 1 473 k€ du quinquennal précédent). Le tableau en annexe 4 inclut les contrats obtenus à partir d'appels à projets émanant d'organismes régionaux comme la Région Rhône Alpes (RRA), devenue au cours du quinquennal Région Auvergne Rhône Alpes, en particulier via le cluster GOSPI, les ARC 6 et 8 et à présent les appels Ambition et IRICE ; le conseil général de l'Isère ; le Contrat Plan Etat Région (CPER) ... On constate une érosion de ces ressources, que nous pouvons analyser comme allant de pair avec la disparition dans la nouvelle région du dispositif des clusters ARC. Les soutiens de la région ciblent aujourd'hui beaucoup plus les coopérations industrielles que la recherche.

Enfin le total des 36 financements « locaux » s'élève à 975 k€ (à comparer aux 36 financements pour 519 k€ au quinquennal précédent). Ils incluent les soutiens obtenus à partir d'appels à projets émanant des trois tutelles du laboratoire, Grenoble INP, UGA et CNRS, ainsi que de la Structure Fédérative de Recherche (SFR) Innovacs et le labex Persyval. Les soutiens financiers pour l'accueil de chercheurs étrangers sont également comptabilisés. Sont enfin inclus les soutiens sur appels à projet proposés par l>IDEX de la COMUE Grenobloise. Cette dernière contribution est parfois difficile à chiffrer car, par exemple, les soutiens Cross Disciplinary Programm (CDP) sont totalement gérés financièrement en dehors du laboratoire. Pour donner une idée de la contribution, nous avons inclus ces soutiens importants en faisant une estimation financière des bourses de thèses, d'ingénieurs et de stagiaires de master obtenues sur ces appels. Ils constituent un apport nouveau lié à la création de l'Idex Grenoblois. Concernant l'Idex, il est remarquable de constater que G-SCOP, après seulement deux appels à projet, est d'ores et déjà présent dans 5 projets (Circular, Eco-Sesa, Risk@UGA, Cybersecurity, Glyco@alps) Idex Cross Disciplinary Program (CDP) dont un, le projet Circular, que nous pilotons et qui est particulièrement emblématique des problématiques recherche de G-SCOP. De plus ce projet implique 3 équipes du laboratoire. Signalons également que G-SCOP pilote le projet international (ISP) Codev4SmartPSS en coopération avec le Brésil.

Nous proposons ci-dessous quelques analyses d'une part des typologies de financements obtenus par les chercheurs du laboratoire, d'autre part de leur évolution dans le temps.

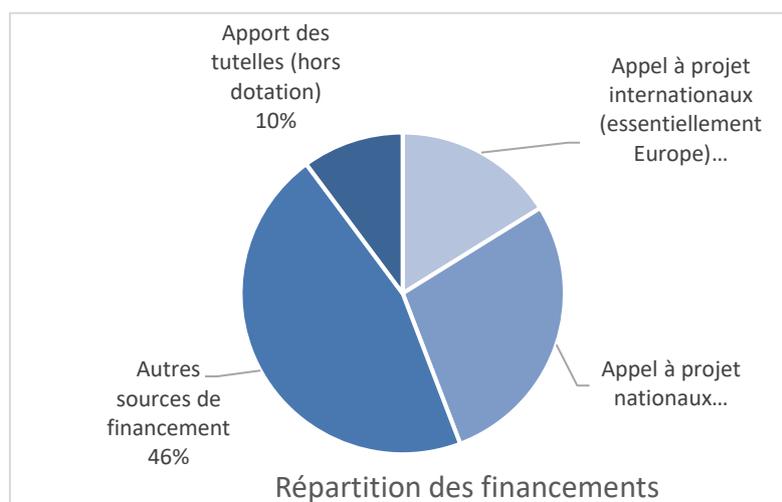
Le premier tableau ci-dessous propose une vision financière de la contractualisation au cours de ce quinquennal. Il est différent du bilan comptable recette et dépenses annuelles du tableau Excel Données_du_contrat_en_cours, car il s'agit de montrer l'activité contractuelle du laboratoire. Nous avons retenu le montant total des contrats démarrés une année dans les différentes catégories préconisées par l'HCERES sur les 5 années pleines 2014 à 2018.

Il est à noter que ces données financières n'incluent pas les soutiens réguliers des écoles doctorales pour financer une partie des écoles d'été suivies par les doctorants, ni les soutiens occasionnels accordés à l'unité par les tutelles pour l'organisation de conférences.

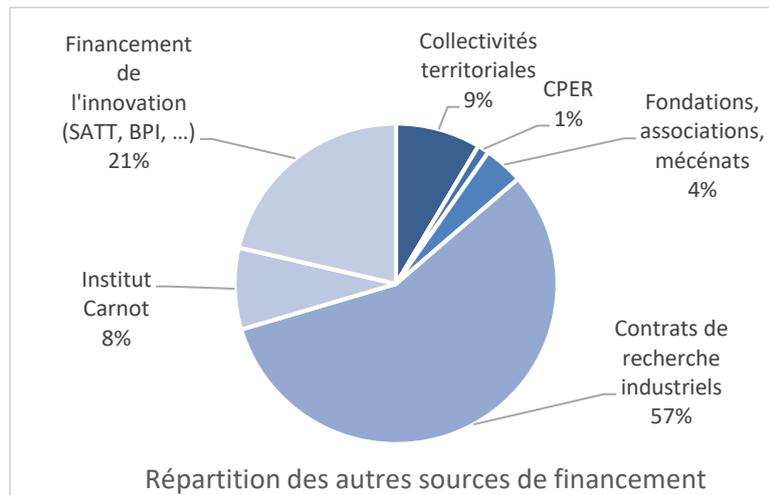
	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
Projets internationaux	0	283 495	1 041 173	96 300	95 939	1 516 906
Programmes européens hors ERC et hors fonds struct.	0	269 733	937 056	96 300	95 939	1 399 028
Fonds structurels européens	0	13 762	104 117	0	0	117 879
Projets nationaux	417 100	358 335	921 341	579 576	373 080	2 649 432
Appels à projet ANR (hors PIA)	296 350	175 045	297 336	579 576	271 080	1 619 387
Programme Investissement d'Avenir	103 750	0	391 960	0	0	495 710
Autres financements publics sur appels à projets	0	0	72 042	0	0	72 042
Autres financements publics	17 000	183 290	160 003	0	102 000	462 293
Autres sources de financement	824 214	550 680	971 591	836 030	1 116 829	4 299 344
Collectivités territoriales	97 839	53 000	40 500	33 500	141 489	366 328
CPER	0	0	0	50 000	0	50 000
Fondations, associations, mécénats	0	57 080	113 000	0	0	170 080
Contrats de recherche industriels	726 375	440 600	148 575	288 800	835 840	2 440 190
Institut Carnot	0	0	304 000	50 000	0	354 000
Financement de l'innovation (SATT, BPI, ...)	0	0	365 516	413 730	139 500	918 746
TOTAL intermédiaire	1 241 314	1 192 509	2 934 104	1 511 906	1 585 848	8 465 682
Tutelles hors dotation	122 345	84 807	54 753	142 378	551 000	955 283
T1 - JCJC, SFR INNOVACS, PEPS, COOPERATION, LPSC...	7 000	51 500	1 793	7 500	0	67 793
T2 - AGIR, IRS, BQR, SEI...	29 500	11 921	18 500	0	25 000	84 921
T3 - AAP Equipt, FAIR, FEI CNRS Equipt	75 000	20 000	20 000	38 570	6 000	159 570
T4 - CDP, IDEX	0	0	0	89 000	520 000	609 000
T5 - Profs invités	10 845	1 385	14 460	7 308	0	33 999
TOTAL GENERAL	1 363 659	1 277 316	2 988 857	1 654 284	2 136 848	9 420 965

Montants des contrats et des projets l'année de leur démarrage

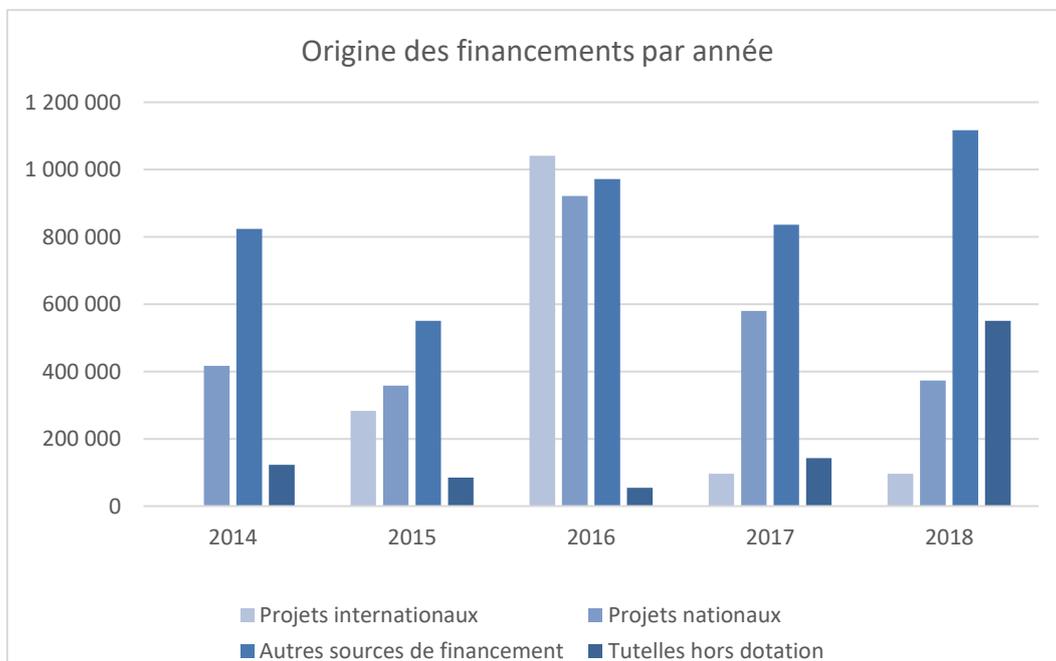
En moyenne sur 5 ans les financements se répartissent de la façon ci-dessous avec une part largement majoritaire des Autres sources de financement.



Ces autres sources de financement (46% du tout) se répartissent comme ci-dessous, avec un poids très important pour les contrats de recherche industriels (57%). La proportion de la contractualisation industrielle sur les ressources totales sera abordée dans la partie 3.2.



Enfin le graphique ci-dessous montre que tant le volume que la typologie des contrats varient fortement d'une année sur l'autre avec, comparé au quinquennal antérieur, un volume financier en baisse pour les contrats institutionnels et en hausse pour les contrats industriels.



Nous proposons ci-après les indicateurs financiers résumant l'activité sur les 5 années pleines de 2014 à 2018 (montants en k€).

	2014	2015	2016	2017	2018	Total 2014 - 2018
Contrats institutionnels (hors apport des tutelles) (k€)	515	752	2 786	1 223	750	6 026 k€
Contrats Industriels bilatéraux (k€)	726	441	148	289	836	2 440 k€
TOTAL	1 241	1 193	2 934	1 512	1 586	8 466 k€

Somme des montants des contrats du laboratoire signés par année (en k€)

Le tableau ci-dessous ramène ces chiffres en moyenne par an et par permanent, sur la période 2014-2018, en utilisant les effectifs de chercheurs et d'enseignants chercheurs déjà utilisés pour les publications, c'est-à-dire 57 C et EC en moyenne sur le quinquennal. On constate un léger tassement de cette moyenne par rapport à la période 2009-2013 (de 34,5 à 29,7) tout en restant largement au-dessus des montants initiaux du laboratoire (période 2005-2008 à 19,7). Ce tassement est lié à la diminution des montants des contrats

institutionnels, en particulier ceux de la région. Les montants moyens des contrats industriels sont par contre en hausse (8,6 par rapport à 7,6).

	Moyenne par permanent et par an sur 2005-2008	Moyenne par permanent et par an sur 2009-2013	Total 2014 - 2018	Moyenne par permanent et par an sur 2014-2018
Contrats institutionnels (hors apport des tutelles) (k€)	16,7	26,9	6 026	21,1
Contrats Industriels bilatéraux (k€)	3,0	7,6	2 440	8,6
TOTAL	19,7	34,5	8 466	29,7

Moyenne des montants des contrats du laboratoire par an et par permanent (en k€)

3.1.d Post Doctorants et chercheurs accueillis, séjours à l'étranger et autres indices de reconnaissance

Les informations disponibles dans ce paragraphe correspondent aux détails fournis dans l'Annexe 4 I.10. et I.11.

Au moins 17 prix de différentes natures ont été remportés par les membres du laboratoire. Certains récompensent des « best papers » en conférence, d'autres des succès à des concours de solveurs de recherche opérationnelle, d'autres des thèses.

Nos membres exercent de nombreuses responsabilités dans des réseaux régionaux, nationaux et internationaux : GDR MACS (Y. Frein, Directeur adjoint), Cluster ARC 8 région RA (D. Brissaud, Directeur), ROADEF (N. Brauner, Présidente), Association européenne EMIRAcle (S. Tichkiewitch, Président), Design Society (J.F. Boujut, Directeur scientifique de l'Advisory Board), comité technique IFAC (G. Alpan, membre), European Academy for Industrial Management (AIM) (G. Alpan, membre), Associate ou fellow members du CIRP (D. Brissaud, H. Paris, A. Riel, S. Tichkiewitch), Corporate member à l'Executive Committee EuroVR Association (Frédéric Noël)...

Le laboratoire a organisé les conférences suivantes à Grenoble durant ce quinquennal : 2 Workshops Publish ED, ICGT 2014 (300 P.), Cargèse WS on CO 2014, journées STP de GDR MACS 2016 (150 p.), 10 ans de G-SCOP 2017 (3 conférences et 1 colloque IE avec GI, 1 journée spéciale), AIP Priméca La Plagne (2017, avec S.mart), Journée Graphes et algorithmes (2018), 3rd WS on CoRe (2019), ICCAD'19 (à venir en juillet) et en préparation CIRP LCE 2020.

Conférences données par des invités extérieurs au laboratoire. L'Annexe 4 I.10.3. en donne la liste détaillée, mais on peut déjà indiquer que plus de 100 séminaires ont eu lieu sur la période d'évaluation, dont plus de 80 par des chercheurs extérieurs à Grenoble, et au moins 60 par des chercheurs étrangers.

Parmi les Visiteurs et Post Doctorants, hors ATER, venus à G-SCOP sur la période : 62 visiteurs sur une durée de plus de 1 mois, pour près de 10430 jours de visites en tout. Ils sont venus de l'étranger à 87% et sont de 23 nationalités différentes. Pour une liste détaillée, se référer à l'Annexe 4 I.10.3.

Nos chercheurs sont également invités dans des conférences à l'étranger. La liste des conférences invitées est dans l'annexe 4 I.3.1 également.

Enfin, à l'occasion en général de CRCT ou de délégations CNRS, nos chercheurs sont invités, parfois sur des périodes longues dans de nombreux pays. Au moins 10 chercheurs du laboratoire ont effectué des séjours longs, dans des pays comme l'Australie, le Japon, les USA, la Biélorussie, le Canada, l'Allemagne, la Suisse.

3.2 Interactions avec l'environnement non académique, impacts sur l'économie, la culture, la santé

3.2.a Quelques faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique

Ces éléments sont détaillés dans l'annexe 4, II. Les relations contractuelles avec les entreprises et les thèses CIFRE sont analysées dans le paragraphe 3.2.b.

1 brevet, 1 déclaration d'invention et 2 dépôts logiciels APP ont été effectués au cours du quinquennal.

Des réseaux en relation avec des entreprises se sont constitués ou ont été rejoints par des membres du laboratoire : association PIL'ES (qui regroupe plus de 100 entreprises en logistiques), projet INVOLVED (Sté Elithis, Sté Vesta-System), RAFAM, réseau de chercheurs de la région Auvergne Rhône Alpes en Fabrication Additive métallique.

Ce quinquennal a vu la naissance de 2 projets de maturation avec la SATT LinkSium. Le projet CybersmartLearn, porté par Jean-Marie Flaus, et le projet de maturation de startup SymbioTrack avec Eric Zamai.

Signalons que le projet de filière Carnot IMP Industries mécaniques et procédés, dans lequel G-SCOP a été impliqué, comporte deux défis, fabrication additive et conception virtuelle et collaborative. Ce projet support aux Carnot pour démontrer et favoriser la recherche partenariale industrielle a permis le financement d'ingénieurs CDD pour les plateformes Fabrication additive et VISION-R.

Signalons également la création, et le développement, d'une société de type start-up, DP research Institute (DPRI). Le laboratoire héberge la société DPRI dont le conseiller scientifique est Frédéric Vignat. Cette société a été créée suite aux travaux menés en CFAO de la fabrication additive par l'équipe CPP. A propos de start-up il faut souligner la pérennité des start-ups que l'unité a accompagnées. En effet les 4 start-ups signalées lors du bilan quinquennal précédent sont encore en activité, à savoir Finoptim, le Bon Côté des Choses, Save Innovations et Vesta System, avec qui nous travaillons encore.

3.2.b Relations contractuelles avec les entreprises

Durant la période 2014 à mi 2019, le laboratoire et les équipes le constituant ont monté ou ont été actifs dans de nombreux contrats bilatéraux avec les entreprises. Le détail des différents contrats ayant obtenu un soutien sont listés en annexe 4 (II.2. Interactions avec les acteurs socio-économiques 2.1 Contrats industriels, contrats sur financement privé). Le tableau de l'annexe inclut les contrats bilatéraux avec des industriels ou les financements privés, ainsi que les financements obtenus par le biais du Carnot Energie du futur et du Carnot Logiciels et Systèmes Intelligents. Sur ce dernier point, sont inclus les financements issus de la création de la filière Carnot IMP Industries mécaniques et procédés, défi fabrication additive et défi conception virtuelle et collaborative. Ces financements permettent des recrutements d'ingénieurs pour les plateformes de recherche que G-SCOP partage avec la plateforme AIP Priméca DS (appelée S.smart Grenoble Alpes aujourd'hui).

Les contrats sont ceux signés ou démarrés sur la période quinquennale. Ils sont classés par équipe principale responsable et par date de début. Nous n'incluons que les sommes effectivement imputées à G-SCOP. Concernant le nombre de projets obtenus par équipe et par catégorie, on se reportera à l'onglet 4 Produits et activités de la recherche, de l'Excel Données_du_contrat_en_cours.

Avant d'aborder l'historique contractuel, rappelons comme nous l'avons signalé au paragraphe 3.1.c que le laboratoire a de nombreux contrats en cours. En ce qui concerne les contrats industriels bilatéraux 21 sont en cours avec les entreprises suivantes (par ordre alphabétique) : Addup, Airbus helicopters, ANACT, BAYER, DPRI, ECP, ELICHENS, KAISEN Solution, Mentor Graphics, Quemera, Renault, SNCF, ST Microelectronics, SOCITEC, SYLEPS, TOTAL, VALLOUREC.

Au cours du quinquennal un total de 55 contrats pour un montant s'élevant à 3 037 k€ a été réalisé. Le nombre de contrats est comparable au quinquennal précédent (de 56 en 2014 à 55 en 2019) avec un montant total supérieur (de 2 334 k€ en 2014 à 3 037 k€ en 2019). D'autre part, 3 contrats d'accompagnement de thèse CIFRE ayant démarré en 2018-2019 sont encore en cours de négociation ce qui devrait encore augmenter le nombre et le montant des contrats.

Le nombre de thèses CIFRE et industrielles sur la période s'établit à 31 (23 CIFRE et 8 thèses industrielles), dont 18 (12 CIFRE et 6 thèses industrielles) démarrées sur la période (voir la liste en annexe 4, II.2.2). Ce chiffre est comparable au précédent quinquennal (30 versus 31) et la tendance est à la hausse avec 6 nouvelles CIFRE et 2 nouvelles thèses industrielles en 2018 et 2019.

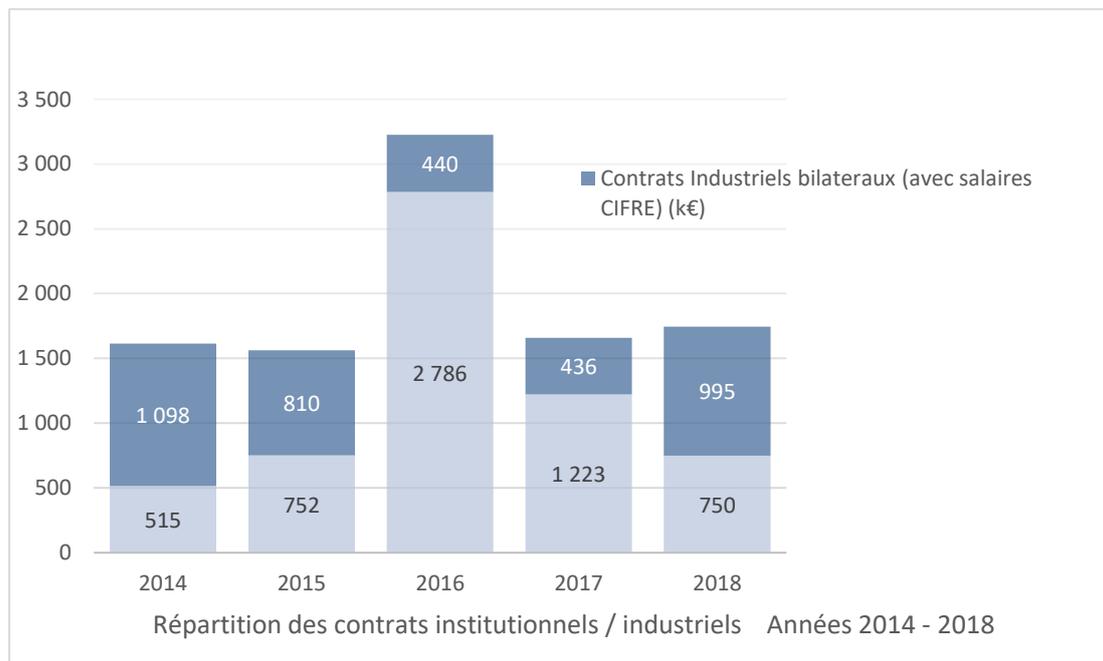
A propos de CIFRE, signalons que les montants contractuels de ces contrats n'incluent pas les salaires des doctorants dont le montant ne passe pas par le laboratoire G-SCOP. Si l'on calcule les montants des salaires de doctorants payés par les entreprises sur les contrats concernés, salaires chargés valorisés à 36k€ par an, il faut ajouter au montant des contrats industriel un total de 1338 k€ sur 5 ans.

Nous reprenons ci-après les indicateurs financiers résumant l'activité sur les 5 années pleines de 2014 à 2018 (montants en k€), déjà montré au paragraphe 3.1.c en y ajoutant les montants des salaires de doctorants CIFRE, salaires chargés valorisés à 36k€ par an, même si ces sommes ne passent pas par le laboratoire. En effet, dans les contrats institutionnels une part significative des montants concerne des salaires (doctorants, post-doctorants, ingénieurs) qui passent par le laboratoire et sont donc comptés directement. La comparaison des chiffres des contrats institutionnels et contrats bilatéraux nous semble ainsi plus significative.

	2014	2015	2016	2017	2018	Total 2014 - 2018
Contrats institutionnels (hors apport des tutelles) (k€)	515	752	2 786	1 223	750	6 026 k€
Contrats Industriels bilatéraux (hors salaire CIFRE) (k€)	726	441	148	289	836	2 440 k€
TOTAL sans salaire CIFRE (k€)	1 241	1 193	2 934	1 512	1 586	8 466 k€
Salaires CIFRE	372	369	291	147	159	1 338 k€
Contrats Industriels bilatéraux (avec salaires CIFRE) (k€)	1 098	810	439	436	995	3 778 k€
TOTAL avec salaires CIFRE (k€)	1 613	1 562	3 225	1 659	1 745	9 804 k€

Somme des montants des contrats du laboratoire signés par année incluant les salaires CIFRE (en k€)

Le diagramme qui suit nous donne une idée de l'équilibre entre contrats institutionnels et industriels au laboratoire. On constate qu'il y a un effet compensatoire chaque année entre le volume d'une catégorie et celui de l'autre, les chercheurs ne pouvant pas mener trop de démarches de front.



Enfin, le tableau ci-dessous reprend celui présenté en 3.1.c calculant une moyenne contractuelle par an et par permanent, sur la période 2014-2018, en y ajoutant les salaires CIFRE. Hors salaire CIFRE, les montants moyens des contrats industriels sont en hausse par rapport au quinquennal antérieur (8,6 par rapport à 7,6) mais le volume des CIFRE ayant baissé la moyenne totale avec les salaires CIFRE s'établit légèrement en dessous du quinquennal précédent (13,3 pour 15,3) mais toujours largement au-dessus des années 2005-2008 (8,6).

	Moyenne par permanent et par an sur 2005-2008	Moyenne par permanent et par an sur 2009-2013	Total 2014 - 2018	Moyenne par permanent et par an sur 2014-2018
Contrats Industriels bilatéraux (hors salaire CIFRE) (k€)	3,0	7,6	2 440	8,6
Salaires CIFRE (k€)	5,6	7,7	1 338	4,7
TOTAL avec salaire CIFRE (k€)	8,6	15,3	3 778	13,3

Moyenne des montants des contrats industriels du laboratoire par an et par permanent (en k€)

3.3 Implication de l'unité dans la formation par la recherche

Comme dans le quinquennal précédent, nous regroupons l'ensemble des implications dans la formation par la recherche dans un chapitre unique. En effet, chaque équipe, par l'intermédiaire de ses membres, contribue à ces actions qui forment un tout cohérent revendiqué au niveau du laboratoire.

3.3.a Les écoles doctorales et les HDR

Au 30 juin 2019, parmi les 57 permanents 33 ont une HDR (dont 10 MCF et 2 CR). Le quinquennal en cours est marqué par un nombre important de soutenances de HDR ; depuis le 1er janvier 2014, 8 HDR ont été soutenues par les membres du laboratoire. Le nombre de HDR reste toutefois stable compte tenu des départs (1 retraite, 3 fin d'éméritat, 1 décès et 2 essayages vers INSA de Lyon et ISIMA Clermont-Ferrand).

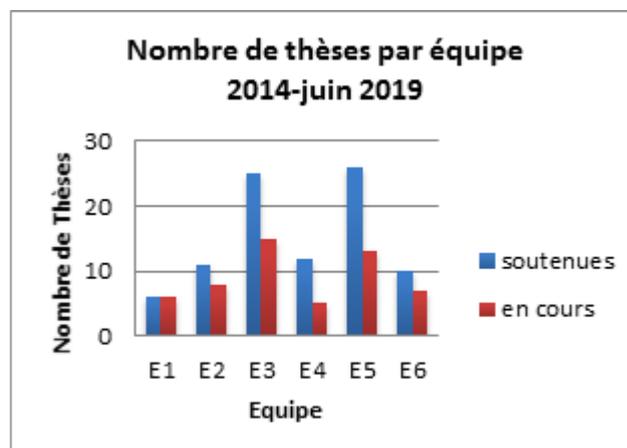
Le laboratoire est dans 3 écoles doctorales. Nous comptons un total de 144 doctorants du 1er Janvier 2014 au 30 Juin 2019 (dont 90 qui ont soutenu leurs thèses dans la période). Les rattachements des HDR, ainsi que la répartition des 144 doctorants dans les 3 écoles doctorales sont illustrés dans le tableau suivant.

Ecole Doctorale	Rattachement HDR	Thèses Soutenues	Thèses en cours
I-MEP2 ¹	20	63	37
MST2 ²	8	13	9
EEATS ³	5	14	8
Total	33	90	54

3.3.b Encadrement des doctorants

Toutes les équipes participent activement à l'encadrement doctoral. La figure ci-dessous donne la répartition des thèses par équipe de rattachement (c.à.d. l'équipe du principal HDR encadrant).

Rappelons que : E1 équipe OC, E2 équipe ROSP, E3 équipe GCSP, E4 équipe SIREP, E5 équipe CPP, E6 équipe CC.



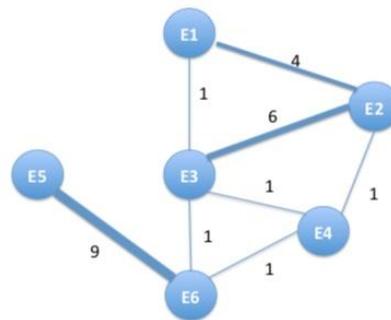
Une quantité non-négligeable de thèses co-encadrées par plusieurs équipes témoigne d'une riche interaction entre les équipes. Parmi les 90 thèses soutenues, 15 sont des co-encadrements inter-équipes. Pour les 54 thèses en cours, nous comptons 9 co-encadrements inter-équipes. Le graphe ci-après illustre les liens entre les équipes, à travers ces co-encadrements.

¹ I-MEP2 : Ingénierie – Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique, Procédés, Production.

² MSTII : Mathématiques, Sciences et technologies de l'information, Informatique.

³ EEATS : Electronique Electrotechnique Automatique Traitement du signal

Thèses co-encadrées

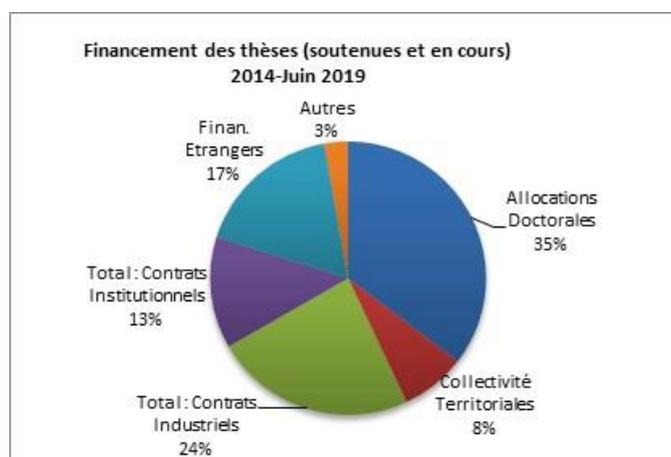


D'autre part, les membres du laboratoire continuent à entretenir des collaborations étroites avec d'autres laboratoires à travers des thèses co-encadrées. En plus de 144 thèses rattachées au laboratoire G-SCOP, nous comptons 19 autres thèses co-encadrées depuis 2014, dont le laboratoire de rattachement n'est pas G-SCOP. 12 thèses de ce type ont été soutenues et 7 autres sont actuellement en cours (voir en annexe 4, I.10.1 la liste des doctorants extérieurs au laboratoire).

Le nombre de thèses soutenues est en légère augmentation depuis le quinquennal précédent (90 en juin 2019 versus 85 en juin 2014). Le schéma suivant présente l'évolution des financements des thèses soutenues entre le quinquennal en cours et précédent : nous observons une baisse significative du nombre d'allocation doctorale, au profit d'une augmentation des financements contractuels et des bourses étrangères.

		Nombre de thèses	
		Soutenues (2009-Juin 2014)	Soutenues (2014-Juin 2019)
Financement	Allocations Doctorales	32	27
	Collectivité Territoriales	8	8
	Total Contrats (Institutionnel et Industriel)	33	36
	Finan. Etrangers	11	16
	Autres	1	3
TOTAL		85	90

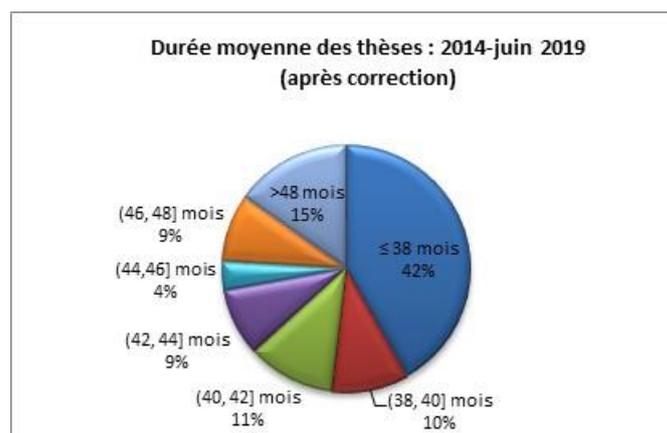
Toutefois, cette tendance concernant les allocations doctorales semble s'inverser depuis deux-trois ans, notamment grâce aux financements de l'IDEX. Ainsi, la répartition des financements pour les 144 thèses du laboratoire (soutenues et en cours) nous semble bien diversifiée et équilibrée entre les activités contractuelles et les bourses (cf. la charte de répartition et le tableau ci-dessous).



		Nombre de thèses		
		Soutenues (2014- Juin 2019)	En cours (au 30 Juin 2019)	TOTAL (2014-Juin 2019)
Financement	Allocations Doctorales	27	24	51
	Collectivité Territoriales	8	3	11
	Total : Contrats Industriels	22	12	34
	CIFRE	15	8	23
	Autres Contrats industriels	7	4	11
	Total : Contrats Institutionnels	14	5	19
	ANR	9	2	11
	Projets Européens	5	3	8
	Total Contrats (Institutionnels et Industriels)	36	17	53
	Finan. Etrangers	16	9	25
	Autres	3	1	4
TOTAL		90	54	144

Un autre indicateur important est la durée des thèses. Cet indicateur n'a pas beaucoup évolué depuis le dernier quinquennal et reste relativement élevé. Les 90 thèses soutenues sur la période ont eu une durée moyenne de 43,1 mois (42,5 mois pour le quinquennal précédent). Il est basé sur toutes les thèses soutenues et sur la durée brute des thèses. Certaines longues durées peuvent être expliquées : plusieurs thèses ont été faites par des enseignants-chercheurs étrangers qui restaient en poste dans leur pays pendant la thèse et effectuaient leur thèse à mi-temps (thèse de Jean Moïse Kobenan et Channarong Trakunsranakom, par exemple), par des doctorants salariés de leur entreprise (thèse de Martina Flatscher par exemple) ou par des doctorants en cotutelles pour lesquels la durée de la thèse est alignée sur les règles des universités partenaires (thèse de Gauthier Daras, Maria Calero Pastor, Bochra Maaref, Francielly Hedler Staudt, par exemple) ce qui conduit très logiquement à des thèses plus longues (en général au moins 48 mois). De plus, certaines doctorantes sont parties en congé maternité lors de leur thèse (Martina Flatscher, Hibo Said Check-Wais, Thi Ai Lahn Nguyen, par exemple) ou ont eu des arrêts maladies longs (Saleh Eddine Ben Jbara, par exemple). En excluant ces cas spécifiques décrits ci-dessus, nous obtenons une durée moyenne de thèse de 41,9 mois (toujours comparable au quinquennal précédent avec 41,4 mois).

Si nous admettons que la durée moyenne brute pour une thèse classique pourrait être acceptable jusqu'à 38 mois, un pourcentage important des thèses soutenues (42%) sera considéré dans les temps (cf. le schéma suivant). Toutefois le schéma illustre aussi que 15% des thèses ont une durée de plus de 4 ans, ce qui nécessite une vigilance.



3.3.c Production scientifique des doctorants

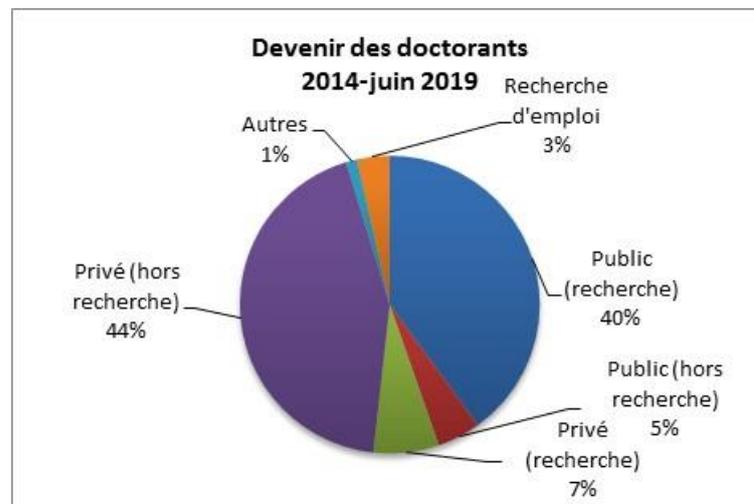
Pour effectuer l'analyse de la production scientifique des doctorants, nous avons considéré les publications depuis 2010. En effet un doctorant ayant soutenu début 2014 apparaît dans ce bilan quinquennal et nous devons considérer les publications qu'il a pu effectuer au cours de sa thèse, donc à partir de 2010 au plus tôt. Pour les 90 thèses soutenues, le nombre moyen d'articles publiés dans des revues à comité de lecture est de 1,6 par doctorant et le nombre moyen de communications est de 3,6 par doctorant (contre 1,4 et 4,7, respectivement, pour le quinquennal précédent). Pour les thèses en cours, nous observons 1,4 articles de conférences et 0,2 articles de revue par doctorant, en moyenne, toutes années confondues. Par ailleurs, 90%

des doctorants de 2ème (45% précédemment) et 90% de 3ème année ont au moins 1 publication (revues ou conférences). Ce pourcentage est de 29% pour les doctorants de 1ère année (28% précédemment).

Nous observons ainsi une nette évolution par rapport au quinquennal précédent : les doctorants commencent à être productifs plus tôt et privilégient les publications en revue par rapport aux communications en conférences. Toutefois, nous avons également observé que sur les 90 thèses soutenues, il y en a 3 sans articles de revue ou de conférences (ce chiffre était seulement 1 sur 85 dans le quinquennal précédent). Nous devons donc rester vigilants sur la disparité de la production scientifique.

3.3.d Devenir des doctorants

Le devenir des doctorants est un autre critère important. Ce critère est très satisfaisant pour l'ensemble du laboratoire. Nous connaissons la situation professionnelle de 85 doctorants ayant soutenu depuis le 1er janvier 2014. 82 d'entre eux ont des emplois, et 3 sont en recherche d'emploi (dont 1 dans une phase de changement de poste). Parmi les 82, 72% sont titulaires de leurs postes ou ont des contrats CDI. Les emplois occupés se répartissent comme suit :



Dans le graphique, nous avons compté toutes les activités académiques dans le secteur public. Notons que certains de ces ex-doctorants sont en poste dans les universités de leurs pays d'origine.

Les emplois impliquant des activités de recherche représentent 47% des emplois au total (public et privé confondus). Il s'agit d'une estimation faite à partir des intitulés des postes occupés. Ce chiffre était de 58% lors du quinquennal précédent (avec le même protocole d'estimation). Nous pensons que la baisse dans ce chiffre est d'une part liée à la pénurie des postes dans les universités ces dernières années et d'autre part à une baisse d'attractivité des métiers de chercheur et d'enseignant-chercheur. En effet, de plus en plus de nos doctorants préfèrent travailler dans le privé, où le doctorat commence à être de mieux en mieux valorisé. Les activités hors recherche dans le privé représentaient 38% des emplois il y a cinq ans, contre 44% aujourd'hui. Les activités hors recherche dans le privé regroupent essentiellement des postes de cadre et d'ingénieurs.

3.3.e Vie des doctorants

Au cours de leur thèse, les doctorants participent activement à la vie du laboratoire, à travers l'association des doctorants (A-DOC). L'association a plusieurs missions :

- Animer la vie du laboratoire par des activités scientifiques transverses (e.g. cours d'initiation à Latex, aide à la recherche bibliographique) ou plus ludiques (e.g. organisation de sorties, tournoi de Backgammon, ...). Les activités proposées sont variées et ouvertes à tous, doctorants et permanents.
- Faciliter l'intégration des nouveaux doctorants dans le laboratoire : une journée d'accueil est organisée par l'A-DOC chaque année en octobre.
- Organiser les journées du laboratoire qui ont lieu en mai ou juin chaque année, hors Grenoble. Ceci permet aux doctorants de prendre la responsabilité complète de l'organisation logistique et scientifique d'un événement de 2 jours pour une centaine de personnes.
- Garder le contact avec les anciens doctorants. Un groupe LinkedIn est créé à cette fin.

3.3.f Implication dans les Masters Recherche du site et les Masters Internationaux

Nous accueillons, en moyenne, 50 stagiaires par an dans le laboratoire (niveau M1, M2 et M2R). Les programmes de Master Recherche du site constituent un vivier important et de qualité pour notre recrutement

au niveau doctoral. Trois de ces programmes sont tout particulièrement proches de nos domaines de recherche :

- Master Génie industriel (GI)
- Master Mécanique – Parcours Génie Mécanique (GM)
- Master Mathématiques et Applications - Parcours Operations Research, Combinatorics and Optimization (ORCO)

Avec la réforme des Masters en 2016, la carte des offres de masters est renouvelée sur le site Grenoblois. Parmi les programmes cités ci-dessus, le thème du génie industriel est le plus impacté par le renouvellement. Avant 2016, le génie industriel était une spécialité du Master Management, Innovation, Technologie. Aujourd'hui, c'est un cursus de Master à part entière, grâce au projet de construction mené par les membres du laboratoire, sous la direction de Yannick Frein (E3). Il compte 3 parcours recherche et 1 parcours International. Le master Mécanique a également été réformé et son parcours Génie Mécanique comporte une option recherche.

De nombreux membres permanents du laboratoire interviennent dans les cours de ces trois programmes de Master, mais certains membres en portent la responsabilité aussi.

La responsabilité du Master GI est totalement assurée par les membres du laboratoire : Yannick Frein (E3) coordinateur, Lilia Gzara (E4) et Henri Paris (E5) co-responsables pédagogiques des parcours recherche, Maria Di Mascolo (E3) responsable pédagogique du parcours international. Henri Paris (E5) est responsable du Master Mécanique, Cédric Masclat (E6) assure la responsabilité du parcours GM de ce Master et François Villeneuve (E5) celle de l'option recherche du parcours. Enfin, le parcours ORCO du Master Mathématiques et Applications est sous la co-responsabilité de Van-Dat Cung (E2) et de Matěj Stehlik (E1).

3.3.g Autres actions de formation par la recherche

Participation aux projets de formation de l'IDEX Université Grenoble Alpes :

Plusieurs projets de formation portés par les membres du laboratoire ont été financés par le volet Formation de l'IDEX. Parmi ces projets nous pouvons citer : le projet « Industrie 4.0 » sur le développement de nouveaux cours sur le thème de l'industrie 4.0 (pilote par Michel Tollenaere (E4)) ; le projet « INDDEP » qui vise à développer les relations internationales avec l'Inde en s'appuyant sur notre partenaire indien Amrita University (pilote par Eric Blanco (E6)). Un summer camp est organisé cet été avec les étudiants M1 de l'école Génie Industriel. Projet « CaselNE 2.0 » qui concerne le développement d'une plateforme d'apprentissage en mathématiques, informatique et génie Industriel (pilote par Nadia Brauner (E2)). Ce projet a été initié en 2013 dans le cadre d'un projet Région Rhône-Alpes (H. Cambazard, N. Catusse) et a reçu d'autres aides depuis 6 ans (notamment du Labex Persyval).

Montage de plateformes d'enseignement :

La plateforme caseine.org, basée sur Moodle, permet le suivi pédagogique des étudiants, l'évaluation automatique de code informatique (par exemple algorithmes de graphes) et de modèles mathématiques (par exemple en Programmation Linéaire) et le partage d'exercices, d'activités et autres ressources pédagogiques. Cette plateforme est utilisée en cours par plusieurs universités françaises et une université Russe. Elle commence à être connue au niveau national et international en recherche opérationnelle : les animateurs ont été invités à donner des semi-plénières à la Roadef et à la conférence OR'2018 des sociétés Belges et Allemandes. Plusieurs chercheurs internationaux ont fait la promotion de la plateforme (sur twitter, LinkedIn ou facebook) et pour l'auto-formation de leurs étudiants

« Mecanisme » est une autre plateforme similaire à CaselNE (financé par l'IDEX). Nous participons activement à ce projet qui a pour but de favoriser la collaboration dans la communauté des enseignants en ingénierie mécanique pour : mutualiser les ressources et concevoir des parcours spécifiques à chaque cursus, et permettre la formation en autonomie (pilote par Marie-Laure Pérenon, PRAG, Génie Industriel).

Participation à la Fête de la Science :

Le laboratoire G-SCOP participe au Parvis des Sciences depuis 2015, avec plusieurs stands qui accueillent, pendant trois jours, des groupes scolaires (CM1, CM2 et Lycéens) et le grand public : un stand de jeu (animé par les équipes E1, E2 et E3) est dédié aux jeux combinatoires (e.g. voyageurs de commerce, partition, bin packing, pavage, ...) et illustre des problèmes industriels ou logistiques (e.g. ordonnancement des machines, tournées des véhicules, remplissages des camions, ...). Un autre stand (animé par l'équipe E6) est une plateforme basée sur la Kinect de Microsoft et illustre nos recherches sur la conception d'outils d'aide à la mesure de la fonction motrice, utilisé notamment pour la rééducation des personnes en situation de handicap.

3.4 Faits marquants

Il est particulièrement difficile de sélectionner quelques éléments caractéristiques de la recherche menée à G-SCOP sur la période écoulée sans engendrer un sentiment de frustration en ne citant pas les autres. Cependant, afin de donner une image synthétique de nos meilleures contributions, nous proposons de reprendre dans ce chapitre quelques éléments marquants soulignés par les équipes dans les différentes catégories du HCERES.

Les éléments proposés illustrent les différentes facettes de contributions du laboratoire, tant dans sa dimension fondamentale illustrée par des articles de revue, que dans son rayonnement national, international et socio économique. Ils illustrent les préoccupations affichées par le laboratoire depuis sa création, à savoir :

- Poursuivre des recherches d'approfondissement au cœur des disciplines tout en renforçant les collaborations entre les disciplines
- Veiller à la mise en œuvre conjointe d'approches inductives et déductives de la recherche. La première consiste, à partir de situations observées, à les modéliser, analyser pour en déduire des résultats sur le type de situations observées et à proposer des modèles génériques dont les propriétés peuvent faire l'objet de recherches théoriques (approche bottom-up). La deuxième approche consiste à travailler sur des modèles théoriques dont la vocation applicative n'est pas toujours immédiate, mais dont les résultats sont essentiels pour aborder les situations réelles (approche top-down).
- Développer nos relations partenariales, académiques ou industrielles, nationales ou internationales.

Visibilité dans les réseaux du local à l'international

Le laboratoire constate un positionnement marquant du laboratoire dans sa thématique, par le positionnement de ses membres au cœur des réseaux de la recherche, et ce aux niveaux locaux, régionaux, nationaux et internationaux. Ainsi si l'on reprend pour partie certains des faits présentés dans le reste du document, on retrouve ; des responsabilités ou des positions locales importantes (VP CA, VP formation, directeur d'école, responsables de masters, membres de pôles de recherche, responsable pôle AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes)) ; des positions au niveau régional (responsable ARC 8 AURA, membre du CA et bureau pôle de compétitivité Viaméca, consortium Initiatives 3D, ..) ; au niveau national (ROADEF, GDR MACS, Mecafuture-FR) ; au niveau international (CIRP members, Design Society, AIM, EIT Manufacturing, IFAC TC5.2., Euro VR...).

On peut ajouter sur le plan international les nombreux invités étrangers qui ont séjourné ou présenté des conférences à G-SCOP et les séjours internationaux longs effectués par nos chercheurs, en Australie, au Japon, aux USA, au Canada (1 membre du laboratoire est membre associé au GERAD depuis juin 2019), au Brésil...

Développement important des plateformes expérimentales

Le quinquennal écoulé a été marqué par un développement important des plateformes expérimentales avec des éléments de pointes qui sont venus renforcer le potentiel de recherche du laboratoire et des projets comme le projet CPER A2i qui va contribuer au développement de nouvelles plateformes. Rappelons quelques points : en fabrication additive, l'acquisition après l'EBM de moyens de finition et d'instrumentation (caméra thermique), puis d'un moyen additif de type WAAM ; en réalité virtuelle, l'inauguration d'un Mini Cave pour la conception (première mondiale) et le développement de nombreux autres environnements, le développement d'équipements pour la future plateforme Opération Management ; l'équipement de la plateforme de Cyber sécurité Physique ; le développement d'un environnement inédit de réalité augmentée dans le cadre du projet européen SPARK... A cela on peut ajouter les interactions et la mutualisation forte en particulier avec la plateforme AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes) et le laboratoire Simap.

Succès dans les appels à projets IDEX emblématiques

Concernant l'Idex, il est remarquable de constater que G-SCOP, après seulement deux appels à projet, est d'ores et déjà présent dans 5 projets (Circular, Eco-Sesa, Risk@UGA, Cybersecurity, Glyco@alps) Idex Cross Disciplinary Program (CDP) dont un, le projet Circular, que nous pilotons et qui est particulièrement emblématique des problématiques recherche de G-SCOP. De plus ce projet implique 3 équipes du laboratoire. Signalons également que G-SCOP pilote le projet international (ISP) Codev4SmartPSS en coopération avec le Brésil.

Forte présence dans des projets institutionnels à l'international

Rappelons que G-SCOP participe actuellement à 9 projets européens (BIFOCALPS, SPARK, OIPEC, CIRCUIT, CYBSPEED, 4 projets EIT (Kic) Raw Material) auxquels on peut ajouter OPEN, qui est une ANR franco-allemande. Au cours du quinquennal 17 contrats européens ont été conclus. Signalons les contrats ERN et CIRCUIT dans le domaine de l'éco conception et du remanufacturing, ou l'important projet SPARK en réalité augmentée pour la créativité, et également Cybspeed. Les projets EIT (Kic) Raw Material sont nombreux et présagent de contrats à venir intéressants avec la création récente de l'EIT Manufacturing. Signalons que

l'importante infrastructure européenne VISIONAIR, pilotée par G-SCOP et qui s'est terminée au cours de ce quinquennal, a manqué de peu la possibilité d'une suite. Par contre nous avons eu le plaisir d'apprendre en 2019 le succès du projet ANR Franco-Allemand OPEN Next qui fera suite au projet OPEN actuellement en cours. Enfin rappelons que G-SCOP pilote le projet international (ISP) Codev4SmartPSS en coopération avec le Brésil.

Fort rayonnement et transfert avec le monde socio économique

Rappelons qu'au cours du quinquennal un total de 55 contrats bilatéraux pour un montant s'élevant à 3 037 k€ a été réalisé. Le montant total de ces contrats a progressé par rapport au quinquennal précédent. A ces chiffres s'ajoutent 23 thèses CIFRE et 8 financements de thèse industrielles. Au-delà de cette activité contractuelle avec des entreprises, le laboratoire joue son rôle de transfert avec les 2 projets de maturation SATT Linksium, le projet CybersmartLearn, porté par Jean-Marie Flaus, et le projet de maturation de startup SymbioTrack avec Eric Zamaï. Signalons également la création, et le développement, d'une société de type start-up, DP research Institute (DPRI). Le laboratoire héberge la société DPRI dont le conseiller scientifique est Frédéric Vignat. Cette société a été créée suite aux travaux menés en CFAO de la fabrication additive par l'équipe CPP. Enfin les équipes sont amenées à développer régulièrement des logiciels en collaboration avec les entreprises, parfois avec des succès remarquables comme le Challenge ESICUP 2015, qui concernait une problématique industrielle avec Renault, remporté par Olivier Briant et Denis Naddef.

2 exemples de résultats fondamentaux publiés

Les résultats fondamentaux exceptionnels méritent d'être cités. Ils alimentent également les recherches avales. Résolution de la conjecture d'Erdős-Sands-Sauer-Woodrow (1982) par Nicolas Bousquet et ses coauteurs. Cette conjecture classique dit que tout tournoi dont les arcs sont coloriés avec k couleurs a un ensemble S de $f(k)$ sommets (pour une certaine fonction f), tel que tout sommet est relié à S par un chemin dirigé dont tous les arcs ont la même couleur. Nicolas Bousquet et ses coauteurs ont trouvé une preuve très courte et particulièrement élégante de la conjecture (RS-hal-01568316).

Résolution d'une conjecture d'Alon, Grytczuk, Haluszczak et Riordan (2002) sur la coloration non-répétitive des graphes planaires, par Louis Esperet et ses coauteurs. Selon la conjecture, il existe une constante C telle que l'on peut colorier tous les graphes planaires avec C couleurs, de manière à ce que pour tout chemin de taille paire, la suite des couleurs sur la première moitié du chemin est distincte de la suite sur la seconde moitié. Louis Esperet et ses coauteurs ont montré que la conjecture était vraie non seulement dans les graphes planaires, mais pour toute classe de graphes excluant un mineur topologique.

Travaux pour des systèmes de production de produits et de services soutenables

Cette thématique transverse à G-SCOP, continue de rester de première actualité pour le laboratoire. Elle impacte les travaux d'éco conception, de fabrication durable, les approches de logistique urbaine ou de circuits courts, l'optimisation des systèmes de soins et la gestion des flux énergétiques dans les bâtiments et à présent les approches d'économie circulaire, comme celles menées dans le projet CDP Circular. 4 des 6 équipes de G-SCOP sont directement impliquées. Sur ces travaux nous identifions 5 contrats européens, 7 contrats nationaux dont 2 ANR, 2 régionaux, 4 locaux et 6 contrats industriels, 3 thèses CIFRE et 17 thèses soutenues. L'ensemble de ces travaux illustrent la pertinence de l'orientation prise lors de ce quinquennal et du précédent sur une thématique transverse au laboratoire.

Très bonne contribution à la formation par la recherche

Les chercheurs contribuent à la diffusion de leur science en formation et nous pensons que cela mérite d'être mis en avant. Par exemple la plateforme Caséine d'enseignement en RO que plusieurs membres de ROSP développent et qui commence à être connue et utilisée au niveau national et international, plateforme également utilisée en recherche. Mais aussi l'excellent placement de nos doctorants après leurs thèses : sur les 85 doctorants ayant soutenu dont on a la connaissance, 82 ont des emplois, et 3 sont en recherche d'emploi (dont 1 dans une phase de changement de poste). Parmi les 82, 72% sont titulaires de leurs postes ou ont des contrats CDI.

Et pour conclure ce chapitre des faits marquants, mais plutôt d'un point de vue prospectif, signalons le récent succès grenoblois dans la candidature nationale à un institut d'IA (MIAI), qui devrait être associé à une chaire en Industrie 4.0 piloté par Gülgün Alpan, qui ouvrira de très belles opportunités, de même que la création récente de l'EIT Manufacturing, création qui a impliqué des collègues du laboratoire.

4. Organisation et vie de l'unité

4.1 Pilotage, animation, organisation de l'unité

4.1.a Organisation fonctionnelle et animation scientifique

Pour mémoire, un organigramme fonctionnel est en annexe 2. L'unité est dirigée par le directeur, François Villeneuve, assisté de la responsable administrative de l'unité, Myriam Torlini. Le directeur travaille en relation étroite avec la directrice adjointe, Gülgün Alpan, plus particulièrement en charge du conseil scientifique du laboratoire, des doctorants et des allocations doctorales. Trois chargés de mission sont adjoints à la direction : une chargée de l'information scientifique et des publications, Marie-Laure Espinouse, assistée de Marie-Josèphe Perruet (IATS), un chargé des relations internationales, Jean Bigeon, et un assistant prévention, Pierre Genevois. D'un point de vue administratif, le laboratoire a rattaché les ressources humaines de type ITA/IATS à la direction. Les services administratifs et techniques sont au nombre de 3, un service administratif et RH piloté par Myriam Torlini, un service finance piloté par Amandine Monin, un service moyens informatiques et systèmes d'information réparti en 3 responsabilités, Kevin Barra pilote système et réseau, Bernard Penz (PR) pilote le développement informatique, Patrick Maigrot pilote la plateforme Vision-R, de réalité virtuelle et augmentée pour la conception.

L'équipe de direction est constituée du directeur et de la directrice adjointe, ainsi que des responsables administratif, financier et informatique. Depuis janvier 2014, une réunion hebdomadaire de cette équipe a été instituée tous les lundis en début d'après-midi pour faire le point en une heure maximum sur les problématiques fonctionnelles du laboratoire nécessitant une concertation entre services ou une prise de décision.

Un bureau regroupant les responsables des 6 équipes, le directeur et la directrice adjointe ainsi que la responsable administrative se réunit toutes les 2 semaines. C'est un lieu d'échanges de tout ordre, fonctionnel, scientifique ou prospectif. Des points aussi divers que l'information sur les appels en cours, la réflexion sur les profils de postes ou les sujets de thèses, les avis sur les demandes de promotion... y sont discutés.

Le conseil de laboratoire se réunit environ 5 fois par an. Il est composé de 15 membres dont le directeur et la directrice adjointe, 3 personnels nommés et 10 élus. La direction rend compte devant le conseil de la bonne marche du laboratoire (2 points financiers par an, divers points RH sur les thèses et les profils de poste, ...) et le conseil débat de tout sujet nécessitant une avancée ou une prise de décision collective.

Un conseil scientifique (CS) interne au laboratoire a également été créé ; il se réunit 4 fois par an. Il est dirigé par la directrice adjointe depuis 2014. Cette instance, outre la direction comprend les responsables d'équipe et un membre proposé par chaque équipe. Selon la période de l'année, le conseil scientifique analyse et priorise les demandes d'allocations doctorales, les profils de poste de chercheur et d'enseignant chercheurs et de personnels IATS/ITA soutien ou support à la recherche, les demandes de CRCT et délégations, et réserve au moins un CS par an pour discuter de prospectives scientifiques. Le CS a été le lieu principal de débat pour la préparation du projet quinquennal à venir. Le CS est une instance de conseil auprès de la direction et rend compte de ses travaux en conseil de laboratoire.

La réunion de l'équipe de direction fait l'objet d'un relevé de décisions diffusé par mail aux intéressés. L'ensemble des autres instances rédige un compte rendu à chaque réunion, accessible par tous sur l'intranet du laboratoire.

Au-delà des instances du bureau, du conseil scientifique et du conseil de laboratoire, la vie scientifique du laboratoire est essentiellement menée par les équipes. Chacune d'entre elles organise de manière régulière des réunions internes, entre permanents ou avec les doctorants et les post doctorants. Des séminaires internes sont également proposés, dont la diffusion est étendue à l'ensemble du laboratoire. Enfin de nombreuses conférences présentées par des intervenants extérieurs sont organisées, soit de manière systématique comme les séminaires de recherche opérationnelle ou d'optimisation combinatoire les jeudis midi (midi ROSP) ou après-midi, soit occasionnellement, par exemple lors de la venue d'un professeur invité. L'annexe 4, I.10.3 « Conférences présentées au laboratoire par des invités extérieurs » donne le détail de ces conférences sur la période quinquennale.

Une assemblée générale des personnels a lieu au moins une fois par an, où la direction présente un bilan des actions menées et les projets en cours. A cette occasion, la parole est donnée à un intervenant chercheur ou enseignant chercheur qui présente un projet scientifique en cours (institut IA grenoblois, CDP risk@grenoble, projet Visionair 2...) et à un intervenant administratif et/ou technique qui présente un projet ou le mode de fonctionnement de son service (projet qualité de vie au travail, fonctionnement service finance, groupe de travail accueil ...). Des réunions récurrentes sont également organisées chaque année : journée d'accueil des doctorants, journée d'accueil des stagiaires, avec l'A-DOC et les personnels IATS, demi-journée de formation à la recherche documentaire et à la saisie sur Hal...

Tous les ans le laboratoire part deux jours « au vert » pour les journées du laboratoire, organisées avec les membres de l'A-DOC. Les doctorants de première et deuxième année font des présentations de leur travaux sous forme de montage power point ou de poster et d'autres interventions sont planifiées selon l'actualité (nouveaux arrivants, thématiques scientifiques des équipes, ateliers de réflexion prospectifs...). Pour exemple du succès de ces journées, 85 personnes sont venues aux journées 2019.

L'ensemble de cette organisation s'appuie sur notre système d'information (www.g-scop.grenoble-inp.fr). La version de ce système développé en interne sous Ksup a été mise en service fin 2012. L'intranet du laboratoire, repensé par un groupe de travail impliquant des représentants de la direction, des chercheurs, des IATS et des doctorants a été développé par l'équipe informatique du laboratoire et mis en service en mars 2014. Une « lettre d'information » hebdomadaire du laboratoire est rédigée par les services administratifs et disponible sur l'intranet du laboratoire ; un mail résumant son contenu est diffusé au laboratoire chaque mercredi. Un écran d'affichage dynamique, installé au cœur du laboratoire dans la cafétéria, relaie les informations importantes. Une importante remise à jour des supports et des contenus de communication a été menée au cours de ce quinquennal, avec l'appui de la responsable administrative du laboratoire et le soutien d'un spécialiste de la communication engagé pour quelques mois.

Nous disposons d'autre part d'un système d'information interne baptisé SILAB, hérité d'un développement interne de Gipsa Lab, qui permet la gestion des personnels et des contrats du laboratoire. Ce système, fort utile, atteint sa limite d'âge et le laboratoire est partie prenante d'un projet inter labo sur le site grenoblois de développement d'un nouveau SI labo. Nous sommes également, comme beaucoup de laboratoires UMR, confrontés à l'usage de multiples bases de données qui ne se parlent pas entre elles et que nos services doivent renseigner de manière redondante.

4.1.b Organisation financière

Depuis la création de G-SCOP en 2007 le fonctionnement financier est dit en « pot commun » avec un affichage régulier de la situation pour l'ensemble du laboratoire et au sein de chaque équipe. L'exécution du budget est suivie pour chacune des 6 équipes et pour les services communs (pour être précis 2 équipes, CPP et CC, partageant beaucoup de contrats communs, ont souhaité se regrouper du point de vue de ce suivi financier). La notion de pot commun se traduit en 4 points :

- La définition de règles de fonctionnement s'appliquant aux 6 équipes et permettant ainsi un fonctionnement homogène
- La définition d'une base de fonctionnement minimum financée sur le budget du service commun incluant un PC pour chaque nouvel arrivant, une dotation annuelle par permanent, une aide aux soutenances de thèse, une aide à l'organisation de séminaires scientifiques...
- Le budget du service commun est alimenté par les dotations des différentes tutelles mais aussi par des prélèvements sur les ressources contractuelles générées par les membres du laboratoire. Les montants de ces prélèvements sont votés par le conseil du laboratoire. Ces prélèvements peuvent évoluer dans les 2 sens. Ci-après sont détaillés quelques exemples de ces évolutions.
- Enfin, si nous encourageons évidemment à l'équilibre du budget de chacune des équipes, nous admettons qu'une équipe puisse être ponctuellement en déficit sur une période donnée, le laboratoire aidant alors l'équipe concernée sur cette période. Signalons que, depuis la création du laboratoire, aucune des 6 équipes ne s'est trouvée dans cette situation.

Ce fonctionnement suppose un budget pour les services communs du laboratoire, qui assure le fonctionnement transverse, par exemple les frais de reprographie, de téléphone, de fonctionnement informatique (serveurs, messagerie...), d'infrastructure... En plus de ce fonctionnement de base, les services communs du laboratoire redistribuent aux équipes, du fait des divers soutiens récurrents prévus, en moyenne 100 000 € par année.

Nous veillons bien sûr à maintenir la situation financière des services communs à un montant raisonnable pour assurer la pérennité des finances du laboratoire, et si nécessaire nous engageons des actions pour rééquilibrer la situation. Par exemple nous avons proposé des actions du type appel à projet ou évolution des taux de prélèvement interne sur les contrats. Ces actions ont été à chaque fois dans le sens de la diminution des reliquats financiers du laboratoire qui avaient tendance à croître inutilement. Quelques exemples de ces actions sont donnés ci-dessous.

- Sur la période 2015, 2016 et 2017 le laboratoire a financé 3 projets de recherche inter équipe à hauteur de 50 k€
- En 2016, dans le cadre du retour à l'équilibre de Grenoble INP, G-SCOP a été dépossédé des 148 k€ de fond de réserve dont il disposait. Cette perte a été prise en charge par les services communs de l'unité.
- Pour encourager les actions de valorisation de la recherche en partenariat avec la SATT Linksum, l'unité a décidé de ne pas prélever sur les contrats de valorisation.

- Les prélèvements des 3 tutelles de l'unité évoluant à la hausse (15% au lieu de 8% et 10%) à partir de janvier 2019, l'unité a décidé de rabaisser ses propres prélèvements de 15% à 10% sur les contrats industriels.
- En 2018 le conseil de laboratoire a voté une dépense sur 2019 de 20 k€ sur un projet porté par un membre de l'unité.
- Dernier exemple, le conseil de laboratoire a voté une mesure visant à renforcer la prise en charge financière des indemnités de stage par les services communs.

4.1.c Évolution des moyens expérimentaux

Le laboratoire G-SCOP s'appuie sur des développements théoriques, des pratiques de Recherche Intervention (où le chercheur participe à une activité sur le terrain et l'objet de la recherche consiste en une prise de recul sur le domaine) et des démarches expérimentales. Ces dernières sont nées du besoin de modéliser des expertises métiers notamment dans les processus de fabrication mais aussi de la difficulté de déployer certaines méthodes d'analyse dans des process industriels, tant ces méthodes peuvent impacter le fonctionnement de base des entreprises.

De manière générale, le développement de ces moyens expérimentaux s'est organisé avec des synergies d'acteurs du site Grenoblois pour mutualiser les ressources. Ainsi les moyens expérimentaux du laboratoire G-SCOP sont très majoritairement mutualisés au sein d'AIP Priméca Dauphiné Savoie (S.mart Grenoble Alpes) qui permet des partenariats notamment avec des structures de formation (notamment l'école Génie Industriel Grenoble INP, l'Université Grenoble Alpes, etc.) et d'autres laboratoires (notamment le laboratoire SIMAP).

Le quinquennal écoulé a été particulièrement marqué par le développement des plateformes, dynamisé par le projet CPER Ateliers Intelligents de l'Industrie (A2I). Ce projet vise à faire du site Viallet un campus de référence ouvert, partagé et évolutif où entrepreneurs, industriels, étudiants, personnels, enseignants et chercheurs, construisent ensemble une industrie du futur compétitive et durable. Ce projet piloté par un membre du laboratoire, Eric Blanco, a reçu un soutien financier de 4,8 M€ et des groupes inter composante (formation et recherche) ont travaillé ensemble depuis 2016 sur ce projet. Le projet architectural lauréat a été désigné en janvier 2018 et les travaux commenceront en hiver 2019. Il permettra de disposer de locaux fonctionnels et rénovés. Les équipements scientifiques seront amenés par les différentes composantes utilisatrices de ces plateformes, en particulier le laboratoire G-SCOP.

La description de ces moyens expérimentaux est détaillée en Annexe 3 : Équipements, plateformes.

Les éléments les plus visibles de ces ressources expérimentales ont donné lieu à de forts investissements pour :

- La recherche sur la conception et la production de pièces via des technologies de fabrication additives. Un partenariat G-SCOP/SIMAP/S.mart avec un très important soutien du Labex CEMAM a permis l'acquisition d'une machine de fabrication additive à faisceau d'électrons (Electron Beam Melting, EBM) qui fait du site grenoblois l'unique université en France disposant d'un tel moyen. Depuis octobre 2017, une cellule de soudage robotisée dédiée à la fabrication WAAM vient compléter l'EBM. Les technologies de Fabrication Additive nommées WAAM, utilisent un arc électrique pour fusionner un métal d'apport sous forme de fil, avec une technologie Cold Metal Transfert (CMT). AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes) a par ailleurs investi sur d'autres types de technologies de prototypage rapide permettant une analyse plus globale de l'intégration de ces moyens en conception. Les thèmes de recherche abordés concernent les matériaux architecturés, la caractérisation et la modélisation des procédés EBM et CMT, la conception et l'optimisation topologique des pièces pour la fabrication EBM, la maîtrise de la qualité des pièces fabriquées, le développement d'une chaîne numérique pour la fabrication additive, la gestion et l'intégration des connaissances relatives aux procédés au cours du processus de conception. Au sein de G-SCOP, l'équipe CPP est la plus impliquée dans ce domaine avec des connexions fortes avec l'équipe CC. De beaux succès contractuels, tant institutionnels (nombreuses ANR) qu'industriels ont confirmé la pertinence de ces investissements.
- Le développement des moyens expérimentaux pour la conception (MEXICO et VISION-R). A l'origine un laboratoire d'observation de pratiques collaboratives a été développé, observatoire dans lequel des périphériques support à la collaboration ont été déployés pour évaluer l'apport et les conséquences du déploiement de ces nouvelles technologies. Au cours de ce quinquennal et du quinquennal précédent, porté par la dynamique de l'infrastructure européenne VISIONAIR piloté Frédéric Noël, un fort investissement dans des techniques de réalité virtuelle et réalité augmentée ont complété la plate-forme. Technologie holographique, stéréoscopie, powerwall UHD, desktop3D, Head Mounted Device, bras haptique permettent de disposer de toutes les fonctions de perception 3D et de les étudier et les comparer dans le cadre de processus de conception. Des technologies uniques sont également développées pour le laboratoire. Par exemple à l'automne 2016 G-SCOP

inaugurait sa Mini-Cave, premier outil d'immersion 3D type Cave de la taille d'un poste de conception CAO. L'équipe CC (pratiques collaboratives, support à des expertises métiers, comparaison de périphériques) est à l'origine de ces développements mais a permis des développements dans CPP (support à la conception pour personnes handicapées) et des connections avec l'équipe SIREP (lien CAO-RV, analyse de trajectoires de robots, etc.) et l'équipe GCSP (projet de jumeau numérique CSF 4.0). Des projets importants comme le projet européen SPARK et le PIAVE CSF4.0 renforcent encore la visibilité et la pertinence de cette plateforme. Ainsi, dans le cadre de SPARK, a été développée une application de co-conception basée sur des techniques de réalité augmentée spatialisée permettant de réaliser des sessions de co-conception en présentiel avec 5 personnes.

- Le développement plus récent de la plateforme A2i Operations Management (A2i-OM) s'inscrit dans le programme national « Industrie du Futur » et vise la transformation de la plateforme LEAN existante sur le site Grenoble INP Viallet. A2i-OM va reproduire un système industriel réaliste permettant de tester différentes configurations de travail en utilisant des technologies 4.0 et permettre ainsi le développement d'activités de recherche. Il s'agit de concentrer sur cette plateforme A2i-OM des moyens numériques (gestion des données massives, IoT, intelligence artificielle, etc.) mais aussi des systèmes physiques (cobotique, réalité virtuelle/augmentée, exosquelette d'assistance aux tâches pénibles, etc.). Equipée de ces nouvelles technologies clefs de l'industrie 4.0, la chaîne de production reconstituée permettra d'émuler une chaîne logistique réelle afin de tester sa viabilité dans différents contextes de production (production linéaire classique, production circulaire tel que le réemploi, production sous contraintes d'incertitude, de forte variabilité...). La plateforme A2i-OM intégrera les locaux rénovés du site de Grenoble INP - Viallet, et fournira un outil de recherche central aux chercheurs du laboratoire G-SCOP et aux collègues de différentes disciplines associés.
- En collaboration avec les entreprises Vesta-System et GA SA, plus de 200 capteurs communicants par ondes radios, collectant pour la plupart leur énergie dans leur environnement, ont été déployés dans le but d'étudier les interactions occupants-bâtiment. Les espaces instrumentés ont servi de plateforme à divers projets de recherche impliquant des partenaires industriels comme EDF, ENGIE, ELITHIS, ... et institutionnels comme le CSTB, le CEREMA, ... (diverses ANR) en support de travaux sur l'estimation, la modélisation et la simulation des pratiques des occupants et leurs impacts physiques (énergie, qualité d'air, thermique, ...), mais également sur la génération de stratégies énergétiques avec les occupants dans la boucle.
- Une autre plateforme, en devenir, Sécurisation des Systèmes de Production Numérique, a déjà commencé son développement, notamment dans le cadre de partenariat recherche avec EDF et la DGA. Il s'agit de développer des environnements pour éprouver la vulnérabilité des systèmes de pilotage et améliorer la résilience du système de contrôle-commande industriel. Dans le domaine de la sécurité des systèmes cyber physiques, d'autres actions se développent avec en particulier des développements informatiques appuyés sur une approche à base d'IA, qui donne lieu à un transfert technologique via la SATT. L'équipe GCSP est particulièrement investie sur cette plateforme et travaille en particulier la question de la gestion combinée sûreté de fonctionnement/cybersécurité.

L'essentiel de ces ressources est mutualisé avec la plateforme AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes). Les investissements sont réalisés par l'obtention de financements sur des projets de recherche, des soutiens des tutelles Grenoble INP, UGA et CNRS et la région Auvergne Rhône Alpes, ou des projets de support à l'innovation pédagogique. S-mart gère la maintenance de ces moyens, financée par la recherche. La gestion des bâtiments est partagée par les acteurs. Un ingénieur d'études de G-SCOP, Patrick Maigrot, assisté à mi-temps par Sébastien Martin, gère le développement et la maintenance des plateformes G-SCOP et S-mart et l'école de Génie Industriel contribuent par leurs personnels. Signalons que le projet de filière Carnot IMP Industries mécaniques et procédés, dans lequel G-SCOP est impliqué, comporte deux défis, fabrication additive et conception virtuelle et collaborative. Ce projet support aux Carnot pour démontrer et favoriser la recherche partenariale industrielle a permis le financement d'ingénieurs CDD pour les plateformes Fabrication additive et VISION-R.

Ces ressources expérimentales indispensables à une recherche de qualité restent évidemment coûteuses en moyens financiers et humains et doivent être très régulièrement mises à jour pour rester à la pointe. En l'état G-SCOP souhaite continuer la stratégie de mutualisation des moyens qui lui a permis de se hisser à un niveau de visibilité internationale et qui lui donne l'occasion de dynamiser sa politique scientifique sur des objets de recherche très concrets permettant de répondre toujours plus aux nouveaux défis industriels.

4.2 Parité ; Intégrité scientifique ; Hygiène et sécurité ; Développement durable et prise en compte des impacts environnementaux ; Propriété intellectuelle et intelligence économique

Parité

Au 30 juin 2019 l'unité est composée (personnels et doctorants) de 45 femmes et 105 hommes soit une proportion de 30% de femmes. Ce ratio est assez cohérent avec la typologie des sections CNU dont nous dépendons, en particulier les sections 60 et 61 qui sont dérogatoires à l'obligation de parité dans les comités de sélection du fait du déséquilibre fort entre hommes et femmes dans ces sections.

Pour les chercheurs et enseignants chercheurs ce ratio chute à 25% (14 femmes pour 43 hommes). La progression est pourtant dans le bon sens car sur le quinquennal en cours 6 hommes sont partis pour 5 hommes et 3 femmes qui sont arrivés. Le laboratoire souhaite améliorer ce ratio, en particulier en participant aux actions menées par les tutelles pour la parité dans les comités de sélection, ou en retenant parmi les critères de décisions pour les demandes de CRCT les interruptions de carrière pour maternité.

En ce qui concerne les postes de responsabilité, nous comptons 5 femmes pour 9 hommes ce qui améliore un peu notre ratio (36% de femmes). Il est par exemple à noter que depuis 2014 l'équipe de direction associe un homme et une femme et que cela perdurera pour l'équipe à venir, et que le conseil scientifique du laboratoire est dirigé par une femme. Lors des dernières élections du conseil de laboratoire, le nombre de femmes du conseil est monté à 9 pour 6 hommes.

Hygiène et sécurité

Les aspects hygiène et sécurité du laboratoire G-SCOP sont pris en compte :

- par l'établissement hébergeur, Grenoble INP, en ce qui concerne l'agencement général des locaux (circulations, évacuations, dispositifs coupe-feux et extincteurs) et leur entretien, ainsi que pour la gestion de l'aspect hygiène et sécurité des interventions d'entreprises extérieures. Ces aspects sont suivis par les conseillers de prévention de Grenoble INP, qui organisent des réunions hygiène et sécurité de site.
- directement par G-SCOP pour les autres points : réunions sécurité pour l'accueil des nouveaux membres, postes de travail, agencement des bureaux, etc. L'assistant de prévention de G-SCOP, Pierre Genevois, est en charge de ces aspects.

Le laboratoire G-SCOP ne possède aucune installation engendrant des risques spécifiques, étant donné les domaines d'activité du laboratoire. Les plateformes pouvant présenter des risques, comme par exemple la plateforme Fabrication Additive, sont hébergées par S.mart. Le laboratoire participe sur ces plateformes à des actions d'amélioration continue de la sécurité (déploiement d'équipements de protection individuelle, étiquetage des dangers...).

L'évaluation des risques est réalisée par G-SCOP en relation avec les conseillers de prévention de Grenoble INP. La direction de G-SCOP valide ensuite cette analyse. La dernière analyse des risques n'a pas mis en avant de nouveaux problèmes.

Cette évaluation des risques est suivie par un plan d'action destiné à supprimer ou réduire les risques détectés, en collaboration entre G-SCOP et Grenoble INP, puis validé par la direction de G-SCOP.

Un registre hygiène et sécurité est à la disposition des personnels.

Développement durable et prise en compte des impacts environnementaux

Les aspects développement durable et environnementaux nous concernent particulièrement, étant donné qu'il s'agit d'une des thématiques phares de l'unité, tant sur les travaux en conception de produit qu'en production. Rappelons que l'unité pilote le projet Idex Circular qui se préoccupe de la boucle des produits et de l'environnement de production nécessaire à une réutilisation ou un réemploi. Plus directement dans le fonctionnement de l'unité, un certain nombre d'actions illustrent notre engagement dans le domaine.

Tout d'abord l'unité a remporté une fois au cours de ce quinquennal le challenge « tous à vélo » organisé annuellement sur Grenoble, ce qui illustre un engagement dans les déplacements doux des personnels de l'unité. Au-delà de ce challenge, le nombre de déplacements des personnels de l'unité en vélo ou en transports en commun ne cesse de croître.

Nous tendons à maîtriser notre consommation de papier, par exemple en ayant supprimé depuis 3 ans l'impression des actes des journaux du labo pour les proposer en ligne. Nous communiquons également régulièrement sur la maîtrise de l'usage des imprimantes, et publions les consommations. Parallèlement, la virtualisation d'un certain nombre de nos serveurs au cours du quinquennal a réduit notre consommation d'électricité et de climatisation.

Nous avons mis en place des poubelles de tri des déchets et demandé l'installation de stores extérieurs pour les bureaux particulièrement exposés au soleil. Enfin, dans le cadre d'une action qualité de vie au travail, nous avons développé un jardin partagé, le Garden-Scop, sur la terrasse du laboratoire.

Propriété intellectuelle et intelligence économique

En ce qui concerne la propriété intellectuelle (PI) nous sommes tout d'abord coordonnés avec nos 3 tutelles, qui sont parties prenantes de tous les accords contractuels nous concernant, en particulier sur la PI dont les éléments contractuels sont apportés par des spécialistes du domaine. Le laboratoire a invité ses membres à participer à des formations sur le montage de contrats avec une partie explicitement consacrée à la PI.

En ce qui concerne l'intelligence économique, nos actions vont essentiellement dans le sens de la protection des données. Tout d'abord le réseau du laboratoire est protégé par les dernières versions des logiciels de protection. Tous les matériels autorisés à se connecter physiquement sur le réseau sont configurés par le service système et réseaux de l'unité, les autres matériels ne pouvant qu'accéder au Wifi. Enfin une action particulièrement volontariste ces deux dernières années a conduit à chiffrer plus de 90% des portables de l'unité et nous encourageons les personnels amenés à se déplacer à l'étranger à partir avec des portables en prêt ne comportant que les données nécessaires à la mission menée.

L'unité a un référent chargé de la sécurité des systèmes d'information et un plan de SSI a été élaboré au niveau de la tutelle hébergeante.

PROJET ET STRATÉGIE À CINQ ANS

Le projet et la stratégie du laboratoire à cinq ans ont été discutés et élaborés entre l'actuelle et la future direction pressentie. Trois conseils scientifiques y ont été consacrés ainsi qu'un atelier collectif, lors des journées du laboratoire, en mai 2019. Ce projet a également été enrichi par les séminaires prospectifs menés lors de l'année des 10 ans du laboratoire en 2017. Nous présentons ici les résultats de ces prospectives, sous la forme d'une analyse SWOT du laboratoire et la description de notre stratégie et de nos perspectives scientifiques pour le prochain contrat quinquennal.

1. Analyse SWOT du laboratoire

Les points forts (strengths)

Très bonne visibilité régionale, nationale, internationale. G-SCOP est le plus gros laboratoire français sur les systèmes de production et la seule UMR donnant les systèmes de production comme thématique centrale. Des membres de G-SCOP assument des responsabilités au niveau régional (responsabilité du cluster ARC8), au niveau national (GdR MACS, ROADEF, AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes), ANR défi 3, MecaFuture) et au niveau international (association européenne EMIRAcle, Infrastructure européenne VISIONAIR, membres des communautés Euro-VR, CIRP, Design Society, AIM, IFAC ; de nombreux invités prestigieux sont accueillis). Les chercheurs et enseignants chercheurs recrutés sont extérieurs au site ce qui témoigne de l'attractivité.

Pluridisciplinarité. Le spectre disciplinaire est très riche, avec d'excellentes complémentarités. Les membres de G-SCOP développent des collaborations entre disciplines, attestées par les projets et les thèses transversaux aux équipes. De plus, l'histoire du site grenoblois et l'existence de la SFR Innovacs nous donnent beaucoup d'atouts pour travailler avec les collègues des disciplines Sciences Humaines et Sciences de Gestion et Economiques.

Qualité des indicateurs. Nombre des publications en revues de rang A, par personne et par an. Nombre de doctorant en croissance avec toujours un excellent placement post doctorat. Activité partenariale forte et variée (financements institutionnels : ANR, FUI, H2020, Idex, contrats bilatéraux avec les industriels). Nombreux prix et distinctions. Solidité financière avérée et pérenne.

Lien recherche formation expérimental. Forte collaboration avec l'école de Génie Industriel et bonne répartition des enseignants chercheurs dans les composantes Grenoble INP et UGA dans les secteurs mécanique, informatique, énergie... Implications nombreuses dans le pilotage de formations. Poursuite du développement important au cours de ce quinquennal de la plateforme du laboratoire en association avec AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes) (fabrication additive, VISION-R, Operations management, Cyber sécurité physique...)

Cohérence du projet laboratoire autour de la thématique des SP. Le laboratoire a désormais bien étayé sa visibilité autour de la thématique des Systèmes de Production. Les diversités d'approches menées, du fondamental à l'appliqué, se complètent pour contribuer à cet objectif.

Les points à améliorer (weaknesses)

Stratégie labo pour les financements institutionnels. Malgré nos excellents résultats sur des financements institutionnels, nationaux et internationaux, nous souffrons d'une part d'un taux de réussite faible pour certains domaines et d'autre part nous n'adressons pas certains outils comme par exemple les ERC. Il faudrait envisager des cellules de soutiens à ces actions : EN collaboration avec les tutelles.

Charges administratives et pédagogiques. Notre positionnement pluridisciplinaire alourdit les charges administratives (présence dans les différentes communautés). Nos enseignants chercheurs sont très impliqués (directeurs de composantes, VP CA, CEVU, RI, directeur d'école) ce qui est un atout pour le laboratoire mais aussi une perte en puissance de recherche.

Relations industrielles institutionnalisées. Même si nous contractualisons régulièrement avec les entreprises, nous devons développer des relations plus pérennes et à plus haut niveau, en encourageant par exemple la création de chaires. La Chaire d'Innovation industrielle a joué son rôle et nous sommes impliqués dans la chaire Hydrolike, mais d'autres domaines mériteraient d'être mieux explorés (chaire en fabrication additive par exemple). Une évolution positive à signaler dans ce quinquennal est la collaboration avec et l'accueil de la startup DPRI.

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

La construction de la Comue, l'Idex, l'UGA, puis l'Université Intégrée (UI) et l'Institut d'Ingénierie (II). L'université Grenoble Alpes a vu le jour, ainsi que l'Idex et se préparent l'UI et l'II. Nous considérons qu'il s'agit de très belles opportunités de développer encore la cohérence et la visibilité de nos travaux.

Renouveau industriel, Industrie 4.0 et Institut d'IA Grenoblois (MIAI) et EIT (KIC) Manufacturing. La prise de conscience politique, tant nationale qu'européenne, de la nécessité de réinvestir le secteur de la production de biens et de service (Factory of the Future, France Europe 2020...) est et sera un très fort stimulant pour notre laboratoire dont la thématique se retrouve au cœur de ces enjeux. Le récent succès grenoblois dans la candidature nationale à un institut d'IA (MIAI), qui devrait être associé à une chaire en Industrie 4.0 piloté par un membre du laboratoire sont de très bonnes opportunités, de même que la création récente de l'EIT Manufacturing, création qui a impliqué des collègues du laboratoire.

Projet CPER A2i et plateformes. Le projet Contrat Plan Etat Région Ateliers Intelligents de l'Industrie qui se concrétise cette année est un support fort au déploiement de nos plateformes expérimentales. Dans ce domaine, en particulier sur les 4 domaines clés du laboratoire, Fabrication Additive, Réalité Virtuelle et Augmentée, Operations Management et Cyber sécurité physique nous projetons une dynamique très positive.

Les risques liés au contexte (threats)

Fort taux de départ au cours du quinquennal à venir. L'analyse des pyramides des âges de chaque équipe et des potentialités de départ pour promotion des MCF et CR HDR peuvent conduire au renouvellement de près d'un tiers des permanents sur le quinquennal prochain. Pour certaines équipes cela conduit à plus de 60% d'effectif en moins. 2 risques forts : ne pas obtenir tous les postes correspondants aux départs ; souffrir d'un vivier trop faible de recrutement si tous les postes paraissent simultanément. Signalons également que de très bons candidats potentiels privilégient les postes industriels au détriment de la recherche, pour des raisons essentiellement financières.

Pénurie en postes et perspectives de carrières. G-SCOP continue à souffrir de l'effondrement des créations de postes, et particulièrement du manque de perspectives de carrières au niveau PR pour les MCF HDR.

Relative baisse des viviers et difficulté à recruter des doctorants. Dans le domaine des SP, beaucoup d'étudiants privilégient les débouchés ingénieur au détriment de la recherche, même si les masters grenoblois ont encore une bonne audience. Ce phénomène est compensé par une augmentation des recrutements de doctorants internationaux, souvent excellents, mais dont le niveau de recrutement est difficile à maîtriser. En particulier nous souffrons de plus en plus des conditions financières défavorables proposées aux doctorants en France.

2. Stratégie et perspectives scientifiques pour le futur contrat

2.1 ADN du laboratoire

Si l'on devait trouver un mot pour caractériser le laboratoire G-SCOP, diversité serait un bon candidat. Cette diversité est visible tout d'abord dans la constitution des équipes. Elle se retrouve également dans les outils mobilisés. Elle est également présente dans nos démarches scientifiques.

Le laboratoire G-SCOP est un laboratoire de recherche pluridisciplinaire qui s'intéresse principalement aux systèmes de production, de la création de l'offre (conception de produits et services) à sa réalisation (production, logistique). Ce thème, autour duquel le laboratoire a été fondé, reste le centre de gravité du laboratoire et mobilise principalement les disciplines suivantes : l'automatique, l'informatique, les mathématiques, le génie mécanique et le génie industriel, avec des chercheurs qui s'inscrivent principalement dans les sections CNU 27, 60, 61 et CNRS 06.

Les outils mobilisés dans les différentes équipes sont des outils de modélisation, d'analyse, d'optimisation, de simulation et d'expérimentation, avec des déclinaisons selon les domaines applicatifs. Les outils de modélisation peuvent par exemple recouvrir de la modélisation mathématique (Cf. théorie des graphes, programmation mathématique), de la modélisation de processus (Cf. modélisations stochastiques des systèmes de production ou de soins), de la modélisation de produits/process (modélisation d'opérations d'assemblage/désassemblage, modélisation des procédés de fabrication additive).

Les démarches scientifiques utilisées dans nos travaux sont elles aussi très variées. Il existe ainsi une grande diversité d'approches :

- Travail sur des objets théoriques (graphe, modèles idéalisés de systèmes de production, ...) avec des visés de résultats théoriques applicables à de nombreuses situations ;
- Recherche sur des systèmes et objets existants (construction d'expertises métiers tout au long du cycle de vie), souvent dans le cadre de collaborations industrielles, et avec pour objectif une montée en généralité ou l'identification de problèmes de recherche originaux ;

- Recherche à partir d'expérimentations (plateformes, terrains industriels) dont les résultats sont analysés, dans le but de valider des hypothèses, fournir des modèles de compréhension des phénomènes observés.

Pour améliorer la compréhension des systèmes de production et augmenter leurs performances, les travaux de recherche menés se basent principalement sur de la modélisation et de l'optimisation. Mais c'est surtout l'Homme qui est présent dans la quasi-totalité de nos recherches. En effet, s'il n'est pas le point d'entrée de la recherche, comme dans l'étude de son activité de travail en conception par exemple, il est le plus souvent le bénéficiaire et l'utilisateur des outils produits, outils d'aide à la décision pour l'essentiel. Les travaux menés sont donc sur ses activités, avec lui et/ou pour lui.

2.2 Une contribution à des enjeux de société

L'ensemble des travaux menés ont pour objectif l'amélioration globale de la performance des systèmes de production avec un enjeu plus global de réponse aux besoins sociétaux en pleine évolution. Ainsi, les actions que nous allons mener dans le prochain contrat quinquennal vont s'inscrire dans le cadre de grandes transitions actuelles : la transition écologique, la transition numérique et la transition des systèmes de production. Ces trois transitions ne sont pas sans lien, et beaucoup de nos travaux touchent deux voire trois de ces transitions. La prise en compte explicite de la production d'énergie renouvelable dans les modèles de planification de production en est un exemple. L'objectif des modèles est d'utiliser le plus efficacement possibles les sources d'énergie renouvelable, et ainsi réduire l'empreinte écologique des productions. Ce problème est un enjeu important dans la transition des systèmes de production, et il nécessite l'utilisation d'algorithmes avancés pour l'aide à la décision. Un autre exemple est lié à la mise en place de systèmes de production circulaires. Le réemploi de produits usagés comme intrants des systèmes de production pose la question de la gestion de données relatives à ces produits, de la valeur potentielle de ces produits sur le plan économique et environnemental, et de l'adaptation des systèmes de production.

Au niveau de la transition écologique, nous adresserons plus particulièrement la question des territoires durables avec par exemple les problématiques d'optimisation des transports, d'économie circulaire, de gestion optimisée de l'énergie, d'optimisation des soins à domicile, de la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les activités créées et pilotées. A titre d'exemple, l'équipe CPP (E5) développera des travaux sur la valorisation des produits dans un contexte de circularité, l'équipe GCSP (E3) travaillera sur la gestion des flux de services (flux énergétique et production de soins), et l'équipe ROSP (E2) sur des modèles d'ordonnancement et de planification prenant en compte explicitement les émissions de gaz à effet de serre.

Au niveau de la transition numérique, nous adresserons des questions très actuelles comme celles liées à l'usage des outils numériques, à l'analyse et l'utilisation de données numériques massives et au développement et à la mise en œuvre de l'Intelligence Artificielle pour des applications à l'analyse de données et aux systèmes de production. A titre d'exemple, l'équipe GCSP (E3) mobilisera des techniques de l'IA (machine learning) pour le diagnostic et l'équipe OC (E1) travaillera à la conception d'algorithmes efficaces en lien avec les fondements théoriques de la transition numérique. L'équipe SIREP (E4) travaillera sur des algorithmes efficaces pour des problèmes de conception robuste.

Quant à la transition des systèmes de production, nous nous inscrivons pleinement dans les problématiques liées à l'industrie du futur et travaillerons en particulier sur le développement et la mise en usage de nouvelles technologies telles que la fabrication additive et la réalité virtuelle et/ou augmentée. L'équipe CC (E6) travaillera aux techniques d'élaboration de jumeaux numériques pour les systèmes de production tandis que CPP (E5) continuera sur la modélisation des procédés de fabrication additive, avec en particulier les procédés EBM et WAAM. SIREP (E4) s'intéressera au développement de méthodologies pour la digitalisation des PME.

Ces recherches ont, pour la plupart, pour objectif d'aider l'Homme dans ses activités, ses prises de décision, selon des indicateurs de performance variés, au travers du déploiement de modèles et d'outils adaptés à leurs contextes d'usage.

2.3 Des axes de recherche

Cinq axes de recherche sont mis en avant par le laboratoire pour le contrat quinquennal à venir :

- la soutenabilité,
- les organisations innovantes et robustes,
- l'Intelligence Artificielle pour l'aide à la décision,
- les technologies innovantes pour la performance industrielle,
- les systèmes de santé.

Ces axes ont vocation à structurer la présentation de nos activités. Chaque équipe se retrouve dans plusieurs de ces axes, et chaque axe concerne directement au moins quatre équipes du laboratoire. Ils permettent de montrer la diversité de nos travaux, plus précisément la contribution que nous apportons aux

grandes transitions dans lesquelles nous nous inscrivons, et les potentielles interactions qui existent ou peuvent exister entre les équipes. Ils mettent aussi l'accent sur cinq points que nous souhaitons mettre en avant pour la période 2021-2025, points qui orienteront nos projets.

Pour la soutenabilité, il s'agira d'adopter des approches systémiques à même de pouvoir modéliser les fonctionnements de nos organisations et les impacts des activités humaines, d'optimiser l'utilisation des ressources matières et énergies en prenant en compte l'interdépendance entre ces ressources, de réduire les impacts environnementaux (limitation des gaz à effet de serre, substances toxiques, matériaux rares, ...) dans la conception des solutions innovantes et des nouvelles technologies. On retrouvera ici, par exemple, les travaux de l'équipe CPP (E5) sur l'évaluation environnementale des systèmes industriels circulaire (dans la continuité du CDP Circular) et ceux de ROSP (E2) visant l'intégration de la dimension développement durable dans l'optimisation et dans les outils, en particulier pour le transport / la mobilité.

L'axe Organisations innovantes et robustes va s'intéresser aux nouvelles chaînes de valeur, avec les systèmes industriels circulaires (en lien avec l'économie circulaire) ainsi qu'avec les organisations ouvertes, dépassant le périmètre de l'entreprise et s'ouvrant aux fournisseurs et utilisateurs. Au-delà des dispositifs à mettre en place dans ces nouvelles chaînes de valeur, comme les dispositifs liés aux risques et à la sûreté de fonctionnement, il s'agira d'examiner les nouvelles formes de coopération / collaboration et d'organisations logistique. La question des Systèmes d'information pouvant supporter ces nouveaux systèmes de production sera également adressée tout comme la place de l'Homme dans ces dispositifs. Par exemple, CC (E6) mènera ainsi des travaux sur les approches utilisant l'open source, tandis que GCSP (E3) travaillera sur la gestion des flux de production de biens, en utilisant des techniques de l'IA dans un contexte d'industrie 4.0.

Au niveau des équipes de conception, l'usage de l'IA doit permettre de mieux adresser les questions de Knowledge Management pour la Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) et la conception. L'IA pour l'aide à la décision va également concerner les systèmes énergétiques et le pilotage des Systèmes de Production avec des questions relatives au Machine Learning. D'un point de vue optimisation, on va pouvoir adresser les questions d'algorithmes efficaces (paramétrés, à performance garantie, heuristiques). SIREP (E4) travaillera sur ces points, en particulier sur les aspects de digitalisation des PME et de conception robuste tandis que GCSP (E3) continuera ses avancées dans le domaine de la gestion de l'énergie. OC (E1) s'intéressera au développement d'algorithmes sous-linéaires pour traiter des problèmes de très grande taille.

L'axe lié aux technologies innovantes et à la performance industrielle va s'attacher au développement de nouvelles technologies en lien avec la fabrication additive, la réalité virtuelle et la réalité augmentée. Les recherches liées aux techniques de conception robuste (SIREP-E4) et de Lean Design vont contribuer à l'amélioration des performances du produits, performance que l'on va réinterroger / requalifier du fait des nouveaux enjeux sociétaux. CPP (E5) travaillera au développement de la conception de produit pour la technologie WAAM et CC (E6) analysera les impacts de l'usage des nouvelles technologies sur les processus d'ingénierie.

L'axe des systèmes pour la santé va perdurer avec des travaux en bio-informatique, en analyse de données médicales, en conception de dispositifs médicaux et en organisation des soins et gestion des systèmes hospitaliers. L'équipe CC (E6) proposera des interfaces adaptées pour l'intégration des utilisateurs âgés ou handicapés dans les processus de conception, tandis que ROSP (E2) et GCSP (E3) continueront de développer leurs modèles de gestion des systèmes de soins. OC (E1) s'intéressera à des applications en biologie et ROSP (E2) à de l'analyse de données médicales.

Comme pour les contributions liées aux enjeux de société, ces axes s'intersectent. Ainsi, beaucoup de projets de recherche vont s'inscrire dans plusieurs de ces axes.

2.4 *Un laboratoire qui devra évoluer*

Les recherches du laboratoire évoluent continuellement en même temps que les enjeux de société et que l'évolution de la connaissance scientifique et technologique (apprentissage, gestion des connaissances, objets intermédiaires en conception, modèles de cycle de vie pour l'évaluation d'impacts environnementaux, nouvelles technologies de fabrication, modèles d'ordonnancement et planifications prenant en compte des contraintes environnementales...). Il continuera d'en être ainsi, mais plusieurs facteurs vont venir renforcer les évolutions à venir.

Devant le nombre grandissant d'appels à projets de tous ordres, nous souhaitons inciter et structurer les réponses à ces appels à projet en adoptant une vision au niveau du laboratoire. L'idée est de pouvoir mieux gérer en amont les réponses aux AAP, afin que les primo déposants puissent bénéficier de l'expérience des seniors déjà rompus à l'exercice et que les projets soient orientés vers les bons appels d'offres. Ceci permettra de créer non pas un partage des résultats de nos recherches, mais plus largement l'émergence de discussions sur les méthodes et questions de recherche.

Les besoins et techniques de valorisation de nos résultats de recherche changent et plusieurs chercheurs émettent le souhait de diffuser plus vers le grand public, en particulier dans le cadre de projets à fort impact

sociétal. D'autres souhaiteraient plus de valorisation auprès des industriels avec par exemple la mise en place de démonstrateurs ou de formations. Il s'agira durant le prochain contrat quinquennal, de mettre l'accent sur la « juste » valorisation des résultats de chacun. A nouveau, ici, on identifiera ensemble, les moyens les plus pertinents pour réaliser cette valorisation.

Les publics de doctorants changent également avec de plus en plus de candidats étrangers, qu'il s'agit de bien accompagner et intégrer en début de thèse. Si l'accompagnement scientifique reste bien du ressort des équipes de direction de thèse, l'accompagnement nécessaire à l'intégration dans la vie du laboratoire et dans la vie Grenobloise peut être amélioré. Nous encouragerons l'association des doctorants de l'unité (l'ADOC) en ce sens et l'accompagnerons dans la mise en place de la formule de parrainage des nouveaux qu'elle est en train de proposer.

Au niveau des services, un souhait est de mettre en place des procédures partagées. La réflexion sur la démarche qualité engagée au laboratoire sera ainsi poursuivie avec un objectif de formalisation plus poussé. Le laboratoire s'inscrira donc dans la durée dans un processus d'amélioration continue. Un autre aspect concerne la mise en place d'une commission des personnels pour, en particulier, le suivi de carrière. Cette commission permettra, entre autres, de travailler les évolutions de carrières des agents, les aider dans leurs souhaits d'avancement.

Enfin, une évolution importante de la composition du laboratoire pour les chercheurs et enseignants-chercheurs va se dérouler sur le contrat quinquennal 2021-2025. Ceci risque d'impacter de manière sensible nos axes de recherche futurs, voire notre organisation scientifique. Beaucoup de départ à la retraite sont prévus et beaucoup de Maitres de Conférences et Chargés de Recherche HDR pourraient potentiellement partir de Grenoble pour des promotions. L'évolution des composantes de formation va également influencer le profil des futurs candidats. Des concertations avec les directeurs des composantes de formations devront avoir lieu, afin de pouvoir faire évoluer de manière cohérente les profils d'enseignants-chercheurs. Il s'agira donc de préparer très en amont la future organisation du laboratoire. Pour cela un travail sera mené par l'ensemble du laboratoire sur l'année 2020-2021 et conduira à l'exploration des futurs axes de recherche et profils de postes à venir, ainsi que notre organisation scientifique.

BILAN et PROJETS des EQUIPES

1. Bilan de l'équipe 1 : Optimisation combinatoire (OC)

1.1 Présentation de l'équipe

L'équipe Optimisation Combinatoire est présente au sein du laboratoire G-SCOP depuis sa création. Son responsable a d'abord été András Sebő, puis Louis Esperet depuis Avril 2018.

L'équipe compte actuellement (au 1er mai 2019) onze membres permanents (dont un membre en disponibilité longue durée), ainsi qu'un collaborateur bénévole (PR à la retraite), 5 doctorants, et un ATER. Sur la période d'évaluation, un nouveau Chargé de Recherche CNRS a été recruté (Nicolas Bousquet), et un autre a rejoint l'équipe suite à une mutation (Benjamin Lévêque). Dans le même temps un Maître de Conférences est parti à la retraite (Michel Bulet), et un Directeur de Recherche CNRS est décédé (Frédéric Maffray). Six doctorants ont soutenu leur thèse sur la période : deux sont désormais Maîtres de Conférence, un est professeur en classes préparatoires, deux sont en post-doc à l'étranger, et une travaille comme ingénieure de recherche dans l'industrie. Deux des 3 ATER accueillis sur la période sont maintenant Maîtres de Conférence, et le 3ème est en post-doc à l'étranger.

L'équipe travaille sur des problèmes de recherche fondamentale en informatique théorique et mathématiques discrètes. Les thématiques principales de l'équipe sont l'optimisation combinatoire et la théorie des graphes, et leurs interactions avec les autres domaines des sciences. Les membres de l'équipe appartiennent à la fois à des communautés plutôt « Mathématiques » (combinatoire, théorie des graphes), où la recherche est majoritairement valorisée par des publications dans des journaux, et des communautés plutôt « Informatique » (optimisation, algorithmique) dans lesquels les publications les plus prestigieuses se font plutôt dans des conférences de références du domaine. Une recommandation de la précédente évaluation était d'ailleurs de faire davantage de communications dans des conférences de référence, ce qui a été mis en œuvre au cours de ce quinquennal, avec notamment plusieurs articles présentés dans des conférences de haut niveau du domaine (FOCS, SODA, IPCO, PODC).

Les travaux de l'équipe concernent des aspects variés des mathématiques discrètes, allant de problèmes d'optimisation comme le voyageur de commerce (qui doit passer par un certain nombre de villes tout en parcourant la plus petite distance totale), où l'on cherche des algorithmes efficaces, à des problèmes d'existence de certaines colorations dans les graphes, qui sont liés à des conjectures ou problèmes centraux du domaine. La plupart des questions étudiées viennent à l'origine de problèmes pratiques d'optimisation (notamment en logistique ou dans les systèmes de production), et sont souvent devenues au fil des années des questions théoriques fondamentales. L'équipe collabore également avec des entreprises (Amadeus, Mentor Graphics, Probayes, Fives Sileps) sur des questions plus appliquées.

L'équipe collabore avec d'autres équipes du laboratoire G-SCOP, en particulier l'équipe ROSP avec laquelle les liens sont très forts (notamment par le biais de co-encadrements de thèse, de séminaires communs, et d'organisation d'événements conjoints). L'équipe est également investie dans le labex Persyval, qui vient d'être renouvelé, et qui regroupe les laboratoires d'informatique et de mathématiques pures et appliquées du site grenoblois. À travers plusieurs projets ANR, l'équipe collabore beaucoup avec des laboratoires dans toute la France et en particulier dans la région (Lyon, Clermont-Ferrand), auxquels elle est aussi liée par l'organisation de manifestations régulières (les Journées Combinatoire Rhône-Alpes Auvergne). Au-delà de ces collaborations régionales, notre équipe s'inscrit dans plusieurs communautés nationales (GT "Graphes" et "Complexité et Algorithmes" du GDR Informatique Mathématique notamment : nous avons organisé les journées nationales du GT Graphes en 2018, un membre de l'équipe est dans le conseil scientifique du GDR IM, et un autre membre est dans le bureau scientifique du GT Complexité et Algorithmes).

Les membres de l'équipe entretiennent également de riches liens avec des universités à l'étranger, à la fois de manière formelle (trois PHC avec les Pays-Bas, la Slovaquie, et le Japon), et de manière informelle (le plus souvent), par le biais d'invitations de chercheurs étrangers dans l'équipe, de chercheurs de l'équipe à l'étranger, ou simplement de rencontres dans des événements scientifiques internationaux.

Les thématiques historiques de l'équipe (colorations, couplages, T-joints, connexité) se sont enrichies ces dernières années, notamment grâce à l'apport de nouveaux chercheurs ou de nouvelles collaborations. Les aspects géométriques et topologiques de la combinatoire ont été particulièrement développés, avec entre autres l'étude des graphes plongés sur les surfaces (leurs aspects énumératifs mais aussi structurels) et des graphes d'intersections d'objets dans l'espace. Des questions de combinatoire extrémale ont été étudiées, en

lien avec le "Property testing", à la fois dans un cadre abstrait et dans un cadre géométrique (en utilisant la théorie des algèbres de drapeaux). Les chercheurs de l'équipe se sont également intéressés à des questions de reconfiguration combinatoire, une discipline très jeune en lien avec la génération aléatoire de structures discrètes. Suite à des journées thématiques organisées sur le sujet de l'algorithmique distribuée, plusieurs chercheurs ont également entamé des travaux et des collaborations sur ce thème. Au-delà de la diversité des thématiques, on peut aussi souligner une variété des approches avec, en plus des outils classiques de l'optimisation combinatoire (programmation linéaire et semi-définie, matroïdes, polyèdres), des techniques utilisant les probabilités, l'algèbre, la topologie, l'analyse...

1.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

L'équipe a continué à valoriser ses recherches en les publiant dans des journaux ou conférences majeures du domaine, et à les disséminer en participant à des workshops, réunions, séminaires, et colloques en France et à l'étranger. Des solutions à plusieurs problèmes classiques du domaine ont été obtenues (voir ci-dessous). L'équipe a accueilli des chercheurs invités, des post-doctorants, et des ATER et a collaboré avec eux sur des sujets de recherche variés. Plusieurs membres de l'équipe ont été invités à l'étranger pour des périodes plus ou moins longues, dans des laboratoires ou dans le cadre de semestres thématiques. De manière générale l'équipe s'investit volontiers dans des activités d'administration de la recherche : la moitié des membres permanents de l'équipe fait partie d'un comité éditorial d'un journal international, ou a été membre d'un comité de programme d'une conférence internationale.

Faits marquants

Résolution de la conjecture d'Erdős-Sands-Sauer-Woodrow (1982) par Nicolas Bousquet et ses coauteurs. Cette conjecture classique dit que tout tournoi dont les arcs sont coloriés avec k couleurs a un ensemble S de $f(k)$ sommets (pour une certaine fonction f), tel que tout sommet est relié à S par un chemin dirigé dont tous les arcs ont la même couleur. Nicolas Bousquet et ses coauteurs ont trouvé une preuve très courte et particulièrement élégante de la conjecture (RS-hal-01568316).

Un algorithme polynomial à facteur d'approximation 1.53 pour le TSP-chemin métrique, par András Sebő et Anke van Zuylen (CI-hal-01420213). Étant donné un graphe complet avec des longueurs sur les arêtes satisfaisant l'inégalité triangulaire, ainsi que deux sommets s et t , on souhaite trouver un plus court chemin de s à t passant par tous les sommets. Le problème exact est difficile, mais on sait en trouver des approximations de manière efficace, et le but est de trouver le meilleur facteur d'approximation (le record est actuellement de 1.5, obtenu cette année).

Premier schéma d'approximation polynomiale pour la clique dans les graphes de disques (de rayons arbitraires), et les graphes de boules unitaires dans \mathbb{R}^3 , par Nicolas Bousquet et ses coauteurs (CI-hal-01962198), répondant à une question ouverte depuis une trentaine d'année. Étant donné un ensemble de points dans \mathbb{R}^3 , on cherche un ensemble de diamètre 1 contenant le plus de points possible. Un algorithme polynomial était connu pour le problème correspondant dans \mathbb{R}^2 depuis les années 90, mais pas en dimension supérieure. Nicolas Bousquet et ses coauteurs ont donné un algorithme polynomial résolvant le problème à une précision arbitraire dans \mathbb{R}^3 , et montré qu'un tel algorithme n'existait pas dans \mathbb{R}^4 (sous des hypothèses classiques de complexité).

Résolution d'une conjecture d'Alon, Grytczuk, Haluszczak et Riordan (2002) sur la coloration non-répétitive des graphes planaires, par Louis Esperet et ses coauteurs (RS-hal-02165018). Selon la conjecture, il existe une constante C telle que l'on peut colorier tous les graphes planaires avec C couleurs, de manière à ce que pour tout chemin de taille paire, la suite des couleurs sur la première moitié du chemin est distincte de la suite sur la seconde moitié. Louis Esperet et ses coauteurs ont montré que la conjecture était vraie non seulement dans les graphes planaires, mais pour toute classe de graphes excluant un mineur topologique.

Challenge ESICUP 2015, remporté par Olivier Briant et Denis Naddef. Le challenge ESICUP 2015 était proposé par ESICUP (EURO Special Interest Group on Cutting and Packing) et Renault, à destination des chercheurs, et consistait à écrire un logiciel de remplissage de conteneurs pour l'expédition de pièces de Renault à travers le monde. L'objectif était de minimiser le volume de conteneurs utilisés en respectant certaines contraintes industrielles. Le challenge se décomposait en 2 catégories : logiciel rapide (moins d'une heure pour traiter le jeu d'instances) et lent (6 heures). Olivier Briant et Denis Naddef ont gagné le premier prix dans les deux catégories.

Pilotage, animation, organisation de l'équipe

L'équipe organise un "séminaire de Mathématiques Discrètes" les jeudis après-midi à 14h30. Il y a eu 93 séminaires sur la période d'évaluation, dont 78 par des chercheurs extérieurs à Grenoble, et 53 par des chercheurs étrangers. <http://oc.inpg.fr>

En 2018-19, l'équipe a également participé à l'organisation d'un groupe de lecture en théorie algorithmique des jeux, à l'occasion de la remise du prix Jean Kuntzmann 2019 à Eva Tardos. https://persyval-lab.org/fr/Theorie_des_jeux_Eva_Tardos_prix_JK

Sur la période d'évaluation, l'équipe a également organisé plusieurs réunions ANR (pour les projets STINT et GATO), ainsi que les Journées Combinatoires Rhône Alpes Auvergne et les Journées Graphes et Algorithmes <http://oc.inpg.fr/conf/jga2018/>, des réunions thématiques régionales et nationales. Nous avons organisé des journées pour les 50 ans de notre collègue Zoltan Szigeti, avec plusieurs invités hongrois. En hommage à notre collègue Frédéric Maffray, décédé en août 2018, nous organisons en septembre 2019 un workshop sur ses thématiques de recherche et réunissant ses nombreux collaborateurs internationaux et sa famille académique <http://oc.inpg.fr/conf/fm2019/>.

2. Projet et perspectives à 5 ans de l'équipe 1 : OC

2.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- L'expertise et les capacités à mener des recherches de premier plan dans des domaines compétitifs, au carrefour des mathématiques et de l'informatique théorique, touchant plusieurs communautés ;
- nombreuses collaborations nationales et internationales (notamment sur des projets institutionnels) ;
- conférences invitées ;
- attractivité pour les candidatures aux concours de chercheurs et enseignants-chercheurs.

Les points à améliorer (weaknesses)

- développement de l'enseignement des aspects pratiques de l'Optimisation Combinatoire et des aspects théoriques de la Recherche Opérationnelle dans le bassin Grenoblois (et investissement dans les filières) ;
- rééquilibrage de la pyramide des âges (par le recrutement de jeunes enseignants-chercheurs et chercheurs) ;
- obtention de financements pérennes en limitant le gaspillage de temps et d'énergie ;
- collaborations industrielles.

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- Attractivité pour le recrutement d'étudiants en master ou doctorat au niveau local (Master ORCO), national (ENS, Polytechnique), et international (Allemagne, Italie) et pour les recrutements sur les concours de chercheurs et d'enseignants-chercheurs (avec des candidats de niveau international) ;
- Possibilité de collaborations non seulement au sein du laboratoire mais aussi avec des laboratoires proches dans les bassins grenoblois et lyonnais (informatique, mathématiques pures et appliquées).

Les risques liés au contexte (threats)

- Dangers liés au départ à la retraite ou à la promotion externe de membres de l'équipe (en particulier pour les chercheurs, qui forment une partie importante de l'équipe, et qui ne sont pas remplacés numériquement) ;
- coût énorme (en temps et énergie) de la réponse aux appels à projets à la probabilité de succès dérisoire ;
- puis à l'évaluation d'autres projets, ainsi qu'à la rédaction permanente de rapports liés aux projets et aux recherches personnelles.

2.2 Projet de l'équipe

Il est envisagé de 5 à 6 départs au cours du prochain quinquennal (retraites, promotions externes, mutations). Une attention toute particulière devra être portée aux opportunités de recrutement dans cette période.

L'équipe

L'équipe souhaite globalement conserver ses grands axes de recherche pour la période à venir (qui correspondent aux mots-clés "Optimisation" et "Modélisation" du laboratoire, et en particulier aux fondements théoriques de la transition numérique via la conception d'algorithmes efficaces), tout en les abordant sous des angles nouveaux. Une problématique qui revient régulièrement dans les discussions (non seulement dans l'équipe, mais avec les autres équipes du laboratoire) est le changement d'échelle de la taille des problèmes à

résoudre. C'est notamment le cas des problèmes liés à l'Intelligence Artificielle pour l'Aide à la Décision, un des axes majeurs du projet du laboratoire pour le prochain quinquennal. L'étude de certains graphes (par exemple le graphe du web ou de certains réseaux sociaux) rend impossible le simple fait de lire toutes les données en entrée. Cela nécessite des paradigmes algorithmiques différents. On peut noter par exemple :

- les algorithmes sous-linéaires (qui dans le cas des algorithmes de graphes consistent à regarder tous les sommets mais seulement un sous-ensemble bien choisi des arêtes),
- les algorithmes distribués ou parallèles, dont la complexité peut croître de manière extrêmement faible par rapport à la taille de l'entrée,
- les méthodes de type statistique, comme le test de propriété (qui consiste à ne lire qu'une infime partie de l'entrée, choisie au hasard), qui sont liées à des problèmes de combinatoire extrémale,
- pour des problèmes de taille intermédiaire, des algorithmes d'approximation ou à paramètre fixé.

D'autre part, du fait du positionnement particulier de la combinatoire au carrefour de l'informatique théorique et des mathématiques, il nous semble important de renforcer les collaborations avec nos collègues en mathématiques pures et appliquées d'un côté, et en informatique de l'autre.

Pour les liens avec les mathématiques, nous pensons plus particulièrement aux domaines suivants :

- géométrie (lien avec la recherche locale, notamment pour les algorithmes de clustering en basse dimension),
- combinatoire en haute dimension (expanders en haute dimension et applications en complexité, théorie des codes,
- applications de la topologie à des résultats combinatoires (Borsuk-Ulam),
- physique statistique et génération aléatoire d'objets combinatoires,
- méthodes algébriques en combinatoire extrémale, mais aussi en programmation semi-définie (hiérarchie de Lasserre, certificats Sum-Of-Square).

Pour les interactions avec l'informatique théorique :

- complexité de communication (bornes inférieures en algorithmique distribuée et pour les formulations étendues de polyèdres)
- ordonnancement (RO) : développement d'une théorie des algorithmes paramétrés en ordonnancement
- théorie algorithmique des jeux (et liens avec l'analyse d'algorithmes distribués entre autres)

En termes d'applications et de sources de problèmes, il nous paraît également important de continuer à développer des interactions avec les autres domaines des sciences (ingénierie et systèmes de production, biologie, physique, sociologie...)

3. Bilan de l'équipe 2 : Recherche opérationnelle pour les systèmes de production (ROSP)

3.1 Présentation de l'équipe

Les recherches de l'équipe ROSP (Recherche Opérationnelle pour les Systèmes de Production) du laboratoire G-SCOP portent aussi bien sur des travaux théoriques en lien avec les outils et les modèles de la Recherche Opérationnelle que sur des problématiques appliquées en partenariat avec des entreprises, des collectivités territoriales, des associations locales et des structures de recherche.

L'équipe a une expertise en modélisation, simulation et optimisation des systèmes de production de biens et de services. Elle travaille sur l'amélioration et l'évolution des solveurs d'optimisation (par exemple de Programmation Linéaire en Nombres Entiers ou Programmation par Contraintes) à travers en particulier des travaux sur le TSP (Travelling Salesman Problem), l'IRP (Inventory Routing Problem) et le packing. Les approches de résolution sont souvent algorithmiques et peuvent s'appuyer sur l'optimisation stochastique et robuste, la théorie des graphes, la science des données et la théorie de la complexité. Les modèles étudiés sont les problèmes classiques de RO : gestion des flux, conception de réseaux, lot-sizing, TSP et extension, ordonnancement, packing...

On peut positionner les travaux sur les systèmes de production selon trois niveaux liés au périmètre géographique. Les collaborations industrielles (CIFRE, collaborations de recherche) associées sont indiquées entre parenthèses. (1) La logistique des systèmes industriels permet d'étudier l'usine dans son environnement et la stratégie de l'usine autour de problématiques de mieux-être pour les employés, de développement durable ou de tournées de véhicules pour l'approvisionnement ou la distribution (STMicroelectronics, Volvo, Airbus, Airbus Helicopters). (2) La logistique territoriale s'intéresse aux services, à la santé, au bien-être, à la mobilité, à l'agriculture (Enedis, Probayes, Naver labs, région AURA, ADHAP, CEA Liten, chambres d'agriculture, Quemera, La Poste). (3) L'ordonnancement et le packing se situent dans l'atelier, sur la machine (Renault, Fives, CEA Leti).

Ces applications sont étudiées en gardant à l'esprit les grands enjeux du développement durable en situant les recherches sur des thématiques environnementales (énergie, mobilité, économie circulaire, agriculture) et sociales/sociétales (santé, collectivités territoriales, transport/mobilités) tout en prenant en compte les enjeux économiques (logistique industrielle, optimisation des coûts, changement de pratiques, tournées avec contraintes, packing, ordonnancement).

L'équipe compte en 2019, 11 membres permanents, dont 4 professeurs, 6 maîtres de conférences et 1 chargé de recherche CNRS. L'équipe présente une très belle parité chez les professeurs avec le même nombre de femmes que d'hommes ; chez les MCF, la répartition est plus en accord avec les chiffres habituels du domaine avec 2 femmes et 5 hommes. Il est à noter que Bernard Penz est vice-président CA et Jeanne Duvallat est vice-présidente Relations Internationales de Grenoble-INP. Plusieurs autres membres ont, ou ont eu, des responsabilités collectives importantes entre 2014 et 2018 : directeur des études de Grenoble-INP Génie industriel (Fabien Mangione), chef du département GEIL de l'IUT (Marie-Laure Espinouse), responsable de la mention de master Mathématiques et Informatique puis Informatique (Nadia Brauner), responsables de filières de Grenoble-INP Génie industriel (Hadrien Cambazard, Nicolas Catusse, Pierre Lemaire) et du parcours de Master ORCO (Van Dat Cung). Pendant la période, deux personnes ont quitté l'équipe (une promotion d'un MCF comme professeur et une fin d'éméritat) et une MCF a été recrutée (Margaux Nattaf). L'équipe a accueilli 27 doctorants, dont 10 co-encadrés avec une autre équipe du laboratoire : 3 avec OC, 6 avec GCSP et 1 avec SIREP. 12 doctorants sont encore en thèse et 10 étaient ou sont en contrat CIFRE ou industriel (dont 5 avec une autre équipe).

L'équipe est fortement impliquée dans la formation en Informatique, Mathématiques Appliquées et Génie industriel avec 10 enseignants chercheurs pour un effectif de 11 permanents. Les doctorants sont encouragés également à enseigner dans ces thèmes. Les cours donnés par les membres de l'équipe sont, pour la plupart, en lien avec les thématiques de recherche de l'équipe. L'équipe ROSP s'inscrit dans la communauté Math-Info et Génie industriel du site grenoblois. Les structures de formation (UFR IM2AG, Grenoble INP – Génie industriel, Grenoble INP - Ensimag) fournissent le vivier étudiant important pour le développement des collaborations industrielles via en particulier des stages qui aboutissent parfois à des thèses. L'équipe participe également à la formation par la recherche via en particulier son implication dans un programme de Master 2 en Recherche Opérationnelle (ORCO pour Operations Research, Combinatorics and Optimization) et l'encadrement de nombreux stagiaires, élèves ingénieurs ou doctorants académiques ou CIFRE. Plusieurs membres de l'équipe développent une plateforme d'enseignement en RO, caseine.org, qui commence à être connue et utilisée au niveau national et international.

Lors de la précédente évaluation, les évaluateurs avaient souligné "une faible implication des membres de l'équipe dans des comités de programme de conférences ainsi que dans les comités éditoriaux de journaux internationaux." Depuis, plusieurs membres de l'équipe se sont impliqués dans les comités de programme de

conférence avec par exemple la présidence du comité scientifique Roadef 2015 (Nadia Brauner), comité de programme de CP (Hadrien Cambazard), JFPC (Margaux Nattaf), la participation au board d'ECCO (Van-Dat Cung), la participation à l'organisation du challenge Roadef (Vincent Jost), la participation à plusieurs comités scientifiques de conférences (Roadef, Green Supply Chain Conference). L'équipe s'est également impliquée dans le conseil scientifique de PGM0 (Nadia Brauner), dans de nombreux comités de sélection et plusieurs membres de l'équipe sont experts pour des structures locales (projet Régions), nationales (HCERES, ANRT, ANR, PGM0, autres régions), ou internationales (Canada, Belgique, Allemagne).

Nous avons aussi été invités à "poursuivre ses efforts pour le montage et la labellisation de projets ANR et européens". L'équipe est très sollicitée pour des partenariats industriels ce qui lui offre la possibilité de choisir les collaborations qu'elle souhaite développer et d'avoir une bonne santé financière. Ces recettes lui permettent de développer des recherches plus amont et de financer des partenariats de recherche nationaux et internationaux (invitation de chercheurs et séjour à l'étranger). Des membres de l'équipe ont été associés au montage de projet ANR. Certains projets ont été acceptés et sont encore en cours.

Il a été aussi mentionné que "Des évolutions importantes sont prévues au sein de l'équipe à court terme (départ d'un PREM, prise d'importantes responsabilités administratives pour un professeur). L'équipe doit veiller à ce que les évolutions de personnel mentionnées ci-dessus ne compromettent pas la qualité et l'intensité de ses recherches.". Depuis la dernière évaluation, l'équipe a perdu deux membres (un départ à la retraite et une promotion) et a recruté une maître de conférences. Les responsabilités importantes de certains membres de l'équipe sont compensées par une bonne solidarité entre les membres de l'équipe, des collaborations importantes avec d'autres équipes et des codirections d'étudiants, ce qui leur permet de maintenir une activité de recherche.

Les trois principales structures de Recherche grenobloises auxquelles emmarge l'équipe sont le Pole MSTIC, le Labex Persyval et l'Idex du site. Ces structures nous fournissent des financements pour des thèses, des invitations de chercheurs, des missions... Elles ont permis des collaborations (séminaires, groupes de travail) avec d'autres chercheurs du site via des équipes/actions (équipe du Labex Persyval par exemple). L'équipe participe également à des projets ARC région qui, au-delà de l'aspect financier, favorisent et entretiennent les collaborations avec le monde socio-économique.

Concernant l'organisation et la vie de l'équipe, le responsable s'assure de la cohésion et du suivi budgétaire. Il est membre du bureau et du conseil scientifique du laboratoire. Les décisions sont prises de façon collégiale. Tous les membres de l'équipe sont localisés sur un même site. Nous encourageons les membres de l'équipe à déposer leurs publications et prépublications sur des archives ouvertes (Hal, ArXiv), sauf nécessité de confidentialité. Nous encourageons également l'utilisation et le développement de logiciels libres et de formats ouverts.

Le séminaire Midi-ROSP (environ un jeudi sur deux), permet aux doctorants et stagiaires de présenter leurs travaux, ou d'inviter des chercheurs et des industriels du domaine. Le public est composé des membres de l'équipe (permanents ou non), des étudiants de Master, de chercheurs et étudiants extérieurs. Ces séminaires ont un bon succès (une participation régulière d'environ 30 personnes). Est-ce l'horaire favorable, les pizzas proposées au début du séminaire ou la qualité des intervenants ? Certains séminaires sont ouverts plus largement (récemment par exemple : vainqueurs du challenge Roadef ; Machine Learning et RO) et attirent entre 50 et 100 personnes (dont des étudiants de Licence et Master). Régulièrement, à l'issue du séminaire, les permanents de l'équipe ROSP restent afin de régler les affaires courantes et de transmettre les informations pertinentes au reste de l'équipe.

3.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

Les recherches de l'équipe sont principalement valorisées par des articles dans des revues, dans des conférences avec actes et par des présentations dans des conférences du domaine. Parmi les articles de conférences, citons en particulier des papiers dans les conférences prestigieuses que sont IJCAI (A*), AAAI (A*) et CP (A). Sur la période d'évaluation, on compte 56 articles dans des revues qui sont listées ci-dessous. Pour les revues pour lesquelles l'équipe a plusieurs articles sur la période, nous précisons le facteur impact (IF) indiqué sur le site de la revue.

- Les revues classiques généralistes de RO : European Journal of Operational Research (4 articles, classée A par Core Ranking, IF 3.428), Operations Research Letters, Computers & Operations Research (4 articles, IF 2.962), Annals of Operations Research (5 articles, IF 1.864), 4OR).
- Les revues plutôt en Management et Génie Industriel : Computers & Industrial Engineering (6 articles, IF 3.195) Omega (2 articles, IF 4.311), International Journal of Production Economics (4 articles, IF 4.407), International Journal of Production Research (6 articles, IF 2.623).
- Également plusieurs publications dans des revues d'informatique théorique, Optimisation et combinatoire : Theoretical Computer Science, Journal of Combinatorial Optimization, Journal of Optimization Theory and Applications.

- Ou dans des revues spécialisées dans des domaines de la RO : Networks, Journal of Scheduling (4 articles, IF 1.153).

Enfin, l'activité d'aide à la décision pour la recherche médicale a donné lieu à des publications dans des revues de pédiatrie ou de pneumologie : PLoS ONE, Sarcoidosis, vasculitis, and diffuse lung diseases, BMC Pediatrics.

Sur 55 articles, 11 sont avec des chercheurs étrangers (Biélorussie, Pologne, Belgique, Pays-Bas, Canada) et 23 avec des équipes françaises non grenobloises.

Afin de favoriser les collaborations avec des chercheurs non grenoblois, nous avons des thèses en co-tutelle (Daras avec le Canada) et les doctorants sont encouragés à faire des séjours à l'étranger (Florian Fontan en Biélorussie, Florence Thiard en Italie, Muhammad Habibi en Inde) et à participer aux collaborations nationales de l'équipe. A l'étranger, nous entretenons également des collaborations régulières avec les universités de Bâle, Minsk, Liège, Poznań.

Les doctorants sur des sujets plutôt théoriques sont encouragés à participer à des challenges industriels (voir par exemple les résultats aux challenges Roadef) afin de compléter leurs compétences sur les métiers de la Recherche Opérationnelle et renforcer leur expérience de travail d'équipe.

Les membres de l'équipe ont une participation régulière à des jurys de thèse et HDR.

L'équipe a conclu sur la période 12 contrats de R&D avec des industriels pour un montant global de 329 900 euros (avant prélèvement labo, 2 contrats sont en collaborations avec d'autres équipes du laboratoire) dont 243 000 euros de contrats d'accompagnement de thèses CIFRE.

Faits marquants

L'équipe est très dynamique dans la communauté Recherche Opérationnelle et elle a une bonne visibilité. Nous sommes en particulier fiers de plusieurs prix au challenge Roadef :

- Luc Libralesso et Florian Fontan (doctorants), vainqueurs classement général, open source et junior du challenge 2018,
- Nicolas Catusse (MCF) vainqueur du Sprint du challenge 2016,
- Florence Thiard et Hugo Joudrier (doctorants), vainqueurs juniors du challenge 2014,
- un groupe d'étudiants du master, encadrés par des chercheurs de l'équipe, vainqueurs du sprint du challenge 2014,
- Nicolas Catusse et Hadrien Cambazard (MCFs) vainqueurs du prix scientifique du challenge 2014.

Les autres prix obtenus par des membres de l'équipe ou leurs étudiants sont

- prix du master en RO de la Roadef pour Lucie Pansart (doctorante) en 2016,
- best papers : Parisa Dolati (doctorante) et Van Dat Cung (Pr) à I3M 2017, Vincent Jost (CR) et Hadrien Cambazard (MCF) à CP 2017, technical track, Hadrien Cambazard à ICAPS (conférence A*),
- meilleur Poster de Lucie Pansart à la journée des doctorants de l'ED MSTII.

Plusieurs membres de l'équipe développent et animent la plateforme caseine.org. Cette plateforme, basée sur Moodle, permet le suivi pédagogique des étudiants, l'évaluation automatique de code informatique (par exemple algorithmes de graphes) et de modèles mathématiques (par exemple en Programmation Linéaire) et le partage d'exercices, d'activités et autres ressources pédagogiques. Cette plateforme est utilisée en cours par plusieurs universités françaises et une université Russe. Elle commence à être connue au niveau national et international en RO : les animateurs ont été invités à donner des semi-plénières à la Roadef et à la conférence OR'2018 des sociétés Belges et Allemandes. Plusieurs chercheurs internationaux ont fait la promotion de la plateforme (sur twitter, LinkedIn ou facebook) et pour l'auto-formation de leurs étudiants. Des méthodes originales pour l'évaluation ont été développées et devraient donner lieu à une valorisation scientifique.

Au-delà de la formation académique, l'équipe s'implique également dans la médiation scientifique avec des interventions régulières dans des événements comme la fête de la science (animation d'un stand sur la logistique), une intervention de Mehdi Kessar (doctorant) sur France Culture (la recherche montre en main). Pierre Lemaire, avec des élèves ingénieurs, conçoit et met en œuvre des activités pédagogiques auprès d'écoles élémentaire (CP au CM2), autour des mathématiques et de l'informatique. Hadrien Cambazard (MCF) a également été invité à donner des tutoriaux dans des conférences ou écoles (ACP Summer school 2016 Cork, CP 2015 Cork, ACP Summer school 2014 Bologna, Dixièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes, June 2014, Angers). Van-Dat Cung a été invité à trois reprises à des séminaires des chambres d'agriculture pour des interventions sur l'optimisation de la logistique et du transport dans le développement des circuits courts alimentaires.

L'équipe est très attachée également au transfert vers le monde socio-économique. Citons par exemple du code produit par des permanents et doctorants de l'équipe qui est utilisé en production : moteur de prédiction chez ST Microelectronics dans le cadre de la thèse de Kean Dequeant, logiciel d'ordonnement

au CEA Leti développé par Pierre Lemaire, participation au développement d'un logiciel d'observation d'objets céleste utilisé par des astrophysiciens au VLT au Chili. Un doctorant de l'équipe, Nicolas Brulard, a été classé 3ème sur le prix de thèse innovation du site.

4. Projet et stratégie à 5 ans de l'équipe 2 : ROSP

4.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- pyramide des âges équilibrée (des jeunes et des moins jeunes)
- cohésion des thématiques autour d'une communauté nationale très active et des outils communs
- collaborations nombreuses entre les membres de l'équipe (co-directions de thèses et de stages)
- collaborations avec plusieurs équipes du laboratoire
- séminaire midi-ROSP
- solidarité et solidité financière
- reconnaissance nationale des produits de la recherche et de l'enseignement (plateformes) et des personnes formées
- excellente recherche applicative reconnue par le tissu industriel et social local et national (collectivités territoriales, industries locales, industrie nationale) qui permet une bonne santé financière et une très bonne connaissance des problématiques réelles
- bon recrutement d'étudiants (stage, cours) avec un master international ORCO, master GI, deux écoles d'ingénieur (ENSIMAG, GI),
- attractivité des thèmes (intégration post diplôme, thématiques porteuses)
- très bonne intégration dans l'environnement académique grenoblois riche de nombreux laboratoires qui permet une meilleure prise en compte des problématiques recherches dans toute leur complexité.
- excellente intégration professionnelle des doctorants

Les points à améliorer (weaknesses)

- collaborations scientifiques internes plus larges
- collaborations nationales et internationales dans des cadres structurés (ANR, Europe)
- stratégie d'équipe pour les demandes de financement institutionnels
- visibilité de l'équipe dans les formations de master recherche du site (en cours de résolution)
- accompagnement des collègues maîtres de conférences ou chargés de recherche pour passer l'HDR et envisager les candidatures pour des postes de professeurs

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- nouveaux enjeux sociétaux (santé, transport/mobilité, développement durable) dans un contexte local très dynamique (collectivités territoriales et entreprises)
- création de l'institut IA à Grenoble
- excellente connaissance des outils et méthodes qui devrait permettre d'accentuer les recherches
- évolution constante des thématiques, sujets et objets de recherche
- réseau varié des anciens doctorants de l'équipe (entreprises industrielles, de conseil, postes académiques hors Grenoble)

Les risques liés au contexte (threats)

- forte implication des membres de l'équipe dans le pilotage et l'animation des structures locales, notamment d'enseignement, d'où une difficulté pour trouver du temps en recherche
- enseignants-chercheurs répartis dans diverses structures d'enseignement entraînant le risque d'isolement de certains
- diminution des sources de financement pour des thèses en recherche fondamentale ou d'exploration (bourses ministère en diminution, évolution des financements région qui nécessitent l'implication d'un industriel)
- montant des allocations de recherche faibles et qui peut décourager les élèves ingénieur ou les candidats à fort potentiel happés par un marché de l'emploi en tension dans le domaine de la Recherche Opérationnelle
- l'intégration professionnelle en industrie des jeunes docteurs étant excellente, il est difficile de les garder pour les postes dans le monde académique.

4.2 Projet de l'équipe

L'identité de l'équipe ROSP s'inscrit dans la communauté nationale et internationale en Recherche Opérationnelle. Elle développe une recherche théorique sur les outils et les modèles. Elle s'appuie sur de nombreuses collaborations industrielles et avec les collectivités territoriales pour aborder des situations réelles. Les recherches se situent dans un continuum de recherche de la théorie/fondements aux applications pratiques.

La vie de l'équipe est rythmée par les séminaires Midi-ROSP qui contribuent à la cohésion, à une veille scientifique, et permettent d'initier des collaborations scientifiques. Ils sont également une tribune pour nos collaborations industrielles ou nos doctorants et contribuent à la formation par la recherche de nos doctorants et étudiants de masters.

Les axes que l'équipe souhaite développer durant le CQ 2021-2025

Concernant ses axes de recherche, l'équipe souhaite poursuivre des travaux sur les analyses théoriques de problèmes (complexité, dominance, garantie de performance...) et la conception d'algorithmes dédiés. Elle souhaite aussi développer des travaux sur la combinaison des outils de résolution de la Recherche Opérationnelle (par exemple, utiliser la programmation linéaire pour faire du filtrage en programmation par contraintes). Dans les deux cas, ces résultats ont vocation à être intégrés dans des solveurs génériques et outils industriels pour permettre la description et la résolution de modèles à la fois plus puissants et accessibles. L'équipe aimerait également développer des collaborations aux interfaces en particulier avec les SHS (économie, gestion, sociologie) ; des premières collaborations ont déjà donné lieu à quelques travaux communs. L'équipe pourra également s'appuyer sur l'institut d'intelligence artificielle pour développer des recherches qui combinent Sciences de données et optimisation. Des premiers travaux sur l'utilisation de l'apprentissage pour la résolution de problèmes complexes ont été initiés.

L'équipe s'inscrit parfaitement dans l'objectif du laboratoire qui est de faire des recherches pour aider l'Humain dans ses activités comme dans ses prises de décision. Au-delà de ces outils, nous souhaitons continuer à être moteur dans la diffusion de la culture RO pour une meilleure utilisation des outils et des modèles aussi bien auprès d'un public averti ou simplement curieux mais non nécessairement spécialiste (étudiants de Licence, plateforme caseine, médiation scientifique) que pour la formation de haut niveau en RO (Master 2 ORCO par exemple). Par exemple, suite à la rédaction du SWOT pour ce document, les membres de l'équipe ont choisi de réinvestir de façon plus homogène et concertée le Master 2 ORCO afin de proposer aux étudiants une formation plus cohérente et plus en phase avec leur choix de parcours. Cette démarche permet également d'accroître les synergies dans l'équipe et a montré la solidarité des membres et le sens de l'équipe.

L'équipe ROSP s'inscrit dans la plupart des grands axes affichés par le laboratoire aussi bien du point de vue des enjeux sociétaux (transition écologique, numérique et des systèmes de production), des axes prioritaires (soutenabilité, IA, organisation et santé) que sur les outils (algorithmes, IA pour l'aide à la décision, modélisation). Les membres de l'équipe participent à des projets fédérateurs autour de l'Industrie du futur (Industrie 4.0), de l'économie circulaire (CDP Circular), de l'intelligence artificielle (Institut d'IA et chaire).

Concernant la transition écologique les membres de l'équipe souhaitent entretenir une vision développement durable des recherches avec une réflexion sur les opportunités du développement durable dans l'optimisation et dans les outils en particulier pour la santé et le transport/mobilité.

Concernant la transition numérique, l'équipe travaille avec les entreprises et les collectivités territoriales pour une meilleure organisation/transformation du service territorial en exploitant des données plus nombreuses, plus fiables et avec la réactivité permise par les outils de communication et de calcul actuels. Pour cela, l'équipe s'appuie sur son expertise dans les outils de l'optimisation et sa maîtrise des outils de l'IA.

Les évolutions possibles/probables de l'équipe

Bien qu'ouverte et collaborant avec d'autres équipes de recherche, l'équipe ROSP est stable et unie aussi bien dans les thématiques de recherche que dans la confiance et la solidarité entre les membres. Elle a montré son attractivité pour les étudiants (stagiaires), doctorants, et lors des recrutements de maîtres de conférences.

Concernant les évolutions de personnel, Jeanne Duvallat quittera probablement l'équipe dans les années qui viennent. Même si ses charges de Vice-Présidente ne lui permettent pas d'être très présente dans l'équipe, c'est la seule personne en section 26 (mathématiques appliquées) et elle anime par exemple des enseignements liés aux sciences des données dans lesquels interviennent des membres de l'équipe. Nous comptons ne pas perdre cette compétence et dynamique mathématiques appliquées et même la renforcer.

La plupart des thèses sont en co-encadrement afin d'accompagner les jeunes collègues vers une HDR ou pour faciliter l'intégration des nouveaux arrivants. Nous espérons que la création de l'établissement Public Expérimental (Université Grenoble Alpes) sera une opportunité pour le développement de l'équipe malgré un risque d'accroissement de la charge administrative de certains collègues et par conséquent, de la charge

d'enseignement des autres. De façon plus générale l'impact de l'implication dans différentes instances nationales ou locales de plusieurs membres de l'équipe tout en étant une richesse donne tout son sens à la solidarité et représente un risque important sur le temps dédié à la recherche scientifique.

Le budget sain de l'équipe permet à chacun de valoriser ses résultats et permet à nos doctorants de s'intégrer dans la communauté universitaire en participant à des conférences tant nationales qu'internationales. Les partenariats industriels offrent également l'opportunité de connaître le monde industriel, ses démarches de recherche et développement et ses problématiques qui peuvent alimenter une recherche plus fondamentale. Nous souhaitons continuer à développer ce type de collaborations.

L'ensemble des membres de l'équipe se retrouve dans des valeurs communes en particulier l'aide à la décision pour les grands enjeux sociétaux, économiques et écologiques actuels. Elle partage et développe des outils communs (algorithmique, graphes, complexité, programmation mathématique...) et s'inscrit dans une dynamique autour de projets fédérateurs (plateforme caseine, transport/mobilité, santé).

5. Bilan de l'équipe 3 : Gestion et conduite des systèmes de production (GCSP)

5.1 Présentation de l'équipe

L'équipe est composée de 12 membres (4 PR, 1 DR, 7 MCF dont 3 HDR) et a connu sur la période un départ (J.P. Gayon) et deux arrivées (E. Gascard, Z. Yahouni).

Les travaux menés concernent la gestion et la conduite des systèmes de production de biens et de services, et visent à développer des modèles, méthodes et algorithmes pour en optimiser les performances et en garantir le bon fonctionnement en cas d'aléas plus ou moins importants. Les systèmes étudiés sont des systèmes dynamiques dont il est difficile de représenter avec précision le comportement et qui sont sujets à un grand nombre d'aléas.

L'activité de l'équipe est organisée en trois thèmes : « la gestion des flux dans la chaîne logistique et les unités de production », « la gestion des flux énergétiques et de production de soins » et « la sûreté, surveillance, supervision et la maîtrise des risques des systèmes de production de biens et services ».

Ces différents thèmes utilisent un savoir commun composé des outils de modélisation, simulation, et optimisation des systèmes dynamiques continus et discrets. L'évolution, dans le cadre des nouveaux projets et des recrutements, se fait vers une intégration accrue des méthodes d'apprentissage automatique et de raisonnement automatique. Nos domaines d'applications sont très divers et concernent tous les domaines de production de biens et de services

Nous travaillons sur des sujets comportant des problèmes d'optimisation discrète en collaboration avec l'équipe ROSP avec laquelle nous partageons une expertise dans ce domaine. Pour les applications dans le domaine du pilotage des systèmes manufacturiers, nous travaillons avec les équipes SIREP, CPP et CC.

Des réunions régulières avec des exposés des travaux en cours, le plus souvent des doctorants, permet un échange scientifique au sein de l'équipe.

5.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

Thème 1 : Gestion des flux dans la chaîne logistique et les unités de production

Les problèmes traités dans ce thème sont les problèmes de modélisation, d'ordonnancement et de gestion et optimisation des chaînes logistiques.

a) Modélisation

Dans la thèse de SE. Ben Jbara, nous avons développé un méta-modèle mettant en cohérence les aspects structuraux et comportementaux de chaînes logistiques qui permet une construction facile des modèles pour les chaînes logistiques et les risques inhérents en vue de leur simulation. [CI-hal-01237003, CI-hal-01838534].

La complexité croissante des opérations dans les entrepôts a conduit les entreprises à adopter un grand nombre d'indicateurs de performances. Dans la thèse de F. Hedler Staudt nous avons proposé un modèle qui regroupe les indicateurs et donné une évaluation résumée de la performance globale de l'entrepôt compte tenu de toutes les informations pertinentes [RI-hal-01242474, CI-hal-01242034, CI-hal-01892086].

Dans la thèse d'Anas SALMI nous avons proposé une méthodologie de modélisation, dès ses phases amont, du problème de conception des systèmes d'assemblage. [RI-hal-00996255, CI-hal-01326201, RI-hal-01838499]

b) Ordonnancement

Dans la thèse de K. Aroui (thèse réalisée dans le cadre d'un FUI piloté par Renault Trucks-Groupe Volvo), nous avons considéré le problème du séquençement sur une ligne de montage multi-modèles de véhicules industriels et proposé une approche qui améliore significativement la qualité du séquençement en un temps de calcul raisonnable [RI-hal-01625887, CI-hal-01061444, CI-hal-01064346].

Par ailleurs, nous avons continué nos travaux sur le cross-docking et intéressés en particulier à la robustesse des ordonnancements (robust truck scheduling [CI-hal-01367336, RI-hal-01222838] et la prise en compte des opérateurs, notamment la planification des emplois du temps équitable [CI-hal-01178855]).

c) Gestion et optimisation des chaînes logistiques

Dans cette étude menée avec Renault [Thèse de L. Lim], nous présentons un modèle original de planification industrielle et commerciale (PIC) et une approche de simulation-optimisation multiobjectif [CI-hal-01236996]. Ces travaux de recherche peuvent être étendus à d'autres industries. Nous avons travaillé avec PSA [Thèse de Il. Lalami] [RI-hal-01497933, RI-hal-01682416] sur la planification d'une usine de mécanique en nous intéressant plus particulièrement à l'influence des échanges d'information avec le donneur d'ordres en

l'occurrence l'usine terminale. Dans le cadre d'une thèse CIFRE avec la PME KLS [RI- hal-01682444] nous avons étudié un maillon important d'une chaîne logistique, les plateformes logistiques, via l'optimisation du picking lorsque les produits sont stockés dans des stockeurs automatisés. Une collaboration a commencé avec Airbus Helicopters en 2017 (thèse CIFRE de David Pardo Melo) pour optimiser la chaîne logistique d'approvisionnement. Une autre étude est menée en collaboration avec A. Hasani Godarzi sur les réseaux de cross-docks soumis aux perturbations [RI- hal-01892051].

Des travaux plus théoriques nous ont permis d'investiguer différentes caractéristiques des chaînes logistiques (demande endogène, chaîne logistique verte, chaîne internationale, avec contrôle des délais, avec prise en compte des prix de transfert [RI- hal-01682406], ou bien le choix de fournisseurs [RI- hal-00955170]). Nous avons optimisé des chaînes multi-échelon avec contrôle des délais [RI- hal-00955167, RI- hal-01682372].

Sur les chaînes logistiques vertes, nous avons étudié le cas d'une demande sensible aux impacts environnementaux dans un contexte déterministe [Thèse de I. Nouria] [RI- hal-01682406, RI- hal-01275530, RI- hal-01275537] puis nous y avons combiné la prise en compte des taxes (dans la thèse de Amina Chelly (thèse co-tutelle avec l'ENIT – Tunisie dont la soutenance est prévue en 2019 ;RI- hal-01904663) nous travaillons sur les moyens de régulation gouvernementaux. D'autres travaux se sont développés avec des modélisations stochastiques du système de production. A travers la thèse d'Albana [RI- hal-01904644] nous avons étudié une chaîne logistique dont la demande est sensible au délai. Dans celle d'Asgari, débutée en 2017 et financée dans le cadre d'un contrat ANR, nous étudions une chaîne logistique où la demande est sensible à l'impact environnemental de la chaîne.

Thème 2 : Gestion des flux énergétiques et de production de soins

a) Gestion des flux énergétiques

Après avoir développé des solutions logicielles pour générer des stratégies de gestion énergétique optimisant des compromis confort (thermique, qualité de l'air,...) / coûts (énergie, euros,...), les recherches dans ce domaine se sont orientées, durant la période correspondant au rapport d'activités, vers une plus grande prise en compte des occupants, et avec diverses approches : apprentissage supervisé [RI- hal-01864741], base de connaissances et de réseaux Bayésiens [RI- hal-02111574], développement du concept d'apprentissage interactif [CI- hal-01864924], simulation des occupants par des approches à base de réseaux Bayésiens [CI- hal-00997064].

Dans le projet ANR INVOLVED, des développements de générateurs d'explication [RI- hal-01929051] [RI- hal-01865292] avec différents types de modèles ont été explorés : à base de connaissances physiques (modèles RC et équationnels) [CI- hal-01583296], à base de relations entrées-sorties [CI- hal-01691485]. Des outils de transformation automatique de modèles à base de connaissances physiques vers des solveurs PLNE ont été développés [RI- hal-01916982] [CI- hal-01395599].

Des techniques de diagnostic développées dans d'autres domaines par l'équipe GCSP ont été adaptées au contexte bâtiment où la problématique est très spécifique [CI- hal-01917072]. Les différentes méthodes proposées ont été testées sur différentes plateformes bâtiments : bureaux, plateforme universitaire PREDIS MHI et appartement résidentiel.

b) Systèmes de soins

Un premier aspect de nos travaux concerne la modélisation de systèmes réels, avec des études de terrain importantes (collaboration avec E Lanzarone (CNR IMATI Milan) et C Castelnovo (planificatrice dans une structure de soins à domicile à Milan), [CI- hal-01242660] ; et avec E Lamine et F Fontanili de l'Ecole des Mines d'Albi [CI- hal-01437942].

Le second volet concerne le développement de modèles génériques de systèmes de production de soins et a abouti à deux types de méta modèles : le modèle générique du processus de stérilisation hospitalière [CO- hal-02095713], [CO- hal-02055016] et le modèle générique de risques dans un service de stérilisation hospitalière et couplage avec l'évaluation de performances [CI- hal-00993729], [Thèse de Negrichi], [RI- hal-01441134], Negrichi et al], [CI- hal-01576270], CI- hal-01905397].

Enfin, le dernier aspect, réalisé en collaboration avec l'équipe ROSP, s'intéresse à la planification des activités dans la prise en charge à domicile, et plus particulièrement le développement d'outils d'aide à la décision pour le calcul de tournées des intervenants en Hospitalisation A Domicile, [CI- hal-01576247, CI- hal-01905416] ou en aide à domicile [CI14, Espinouse et al, CI- hal-01576247], CI- hal-01870940], mais aussi à la re-planification [CI- hal-01576252, CI- hal-02056345], [Thèse de Martinez].

Thème 3 : Sûreté, Surveillance, Supervision et Maîtrise des risques

Ce thème concerne la gestion des aléas dans le cadre du pilotage des systèmes de production. Les problèmes auxquels nous nous intéressons concernent les thèmes suivants.

a) Surveillance et diagnostic de systèmes

- Diagnostic des systèmes dynamiques modélisés par automates hybrides (dans le cadre des thèses de B. Maaref et L. Belkacem) [CI- hal-02076940, CI- hal-01348641, CI- hal-01348644, CI- hal-01718313, CI- hal-01718323, RI-hal-01936296, RI-hal-01500711]
- Modélisation et diagnostic de systèmes cyber-physiques : proposition d'une nouvelle approche adaptée au diagnostic dans la thèse M.A. Haj Kacem, [CI- hal-01414799] [CI- hal-01578624].
- Diagnostic centré événements et réseaux bayésiens : une approche centrée événements et modèles hybrides déterministes/probabilistes (réseaux Bayésiens/Réseaux de Petri) a été proposée [RI-hal-01294931], [RI-hal-01887977] [RI-hal-01201796], avec le développement du recalage temporel dans le cadre d'une thèse avec le DISP [Thèse de Tran Ngoc H.].
- Etude de la diagnosticabilité des systèmes à événements discrets [RI- hal-01376279].

b) Sûreté et maîtrise des risques

- Développement de méthodes et d'outils pour l'étude de la fiabilité basés sur les arbres de défaillances dynamiques [RI- hal-01883352].
- Prise en compte des incertitudes dans les analyses de risque en coll. avec INERIS : déterminer la probabilité est une étape difficile dans les analyses quantitatives. Nous avons proposé une méthode utilisant les probabilités floues et permettant de combiner les divers avis d'experts [Thèse de H. Abdo].
- Analyse d'impact prenant en compte les incertitudes : les analyses de risques industriels s'appuient sur l'évaluation des impacts des phénomènes dangereux pour déterminer la gravité des scénarios. Peu de méthodes ont été développées pour la prise en compte des incertitudes. Nous avons développé une approche ([Thèse de El Safadi], [CI- hal-00967512], [Thèse de H. Kanj]) basée sur le calcul par intervalles et l'avons appliqué dans le cadre des études de danger et des analyses de risques TMD dans le cadre d'un FUI.
- Modélisation d'un atelier de maintenance centralisé en utilisant le formalisme des réseaux de files d'attente et évaluation de ses performances (coût, temps de séjour, ...) pour le dimensionnement [RI- hal-00967512].
- Les travaux de recherche en data mining concernent sur l'exploitation des données hétérogènes pour l'identification de l'état de santé des systèmes [RI-hal-01186319].

c) Cybersécurité

- Une approche de détection à base de modèles représentant le comportement d'une partie opérative et de sa commande [Thèse de Sicard F., [CI- hal-01562593, CI- hal-01866255, CI- hal-01905511]. L'approche S.A.F.E. a fait l'objet d'une méthodologie de conception de filtres, d'un développement informatique et de tests concluants sur les plateformes industrielles de l'AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes).
- Lorsque le système est complexe, la gestion des règles d'un IDS industriel est difficile. Nous avons développé une méthode de design à base de modèle (Model based IDS, thèse M. Monzer). Par ailleurs, un autre aspect difficile à traiter dans le cadre d'un IDS industriel est la mise au point du modèle. Nous avons aussi développé une approche à base d'IA et proposé un algorithme d'apprentissage spécifique, qui a donné lieu à un transfert technologique via la SATT.
- Les méthodes d'analyse de risques industriels ne sont pas conçues pour prendre en compte les questions de cybersécurité. La question de la gestion combinée sûreté de fonctionnement/cybersécurité est une problématique sur laquelle nous travaillons. Dans le cadre d'une collaboration avec l'INERIS [Thèse de H. Abdo] [RI- hal-01609076], nous avons proposé une approche originale, combinant analyse de sûreté de fonctionnement et de cybersécurité, et permettant d'évaluer les risques avec une double métrique. Ce travail se poursuit dans le cadre d'une nouvelle thèse.

L'ensemble des travaux ci-dessus a donné lieu à 65 publications dans des revues, environ une douzaine de publications par an, soit en moyenne une revue par permanent et par an. L'équipe publie de façon notable dans IJPR (9), EJOR (9), IJPE (6) et CIE (5).

Rayonnement et attractivité académiques

Une partie importante des travaux développés dans l'équipe l'a été dans le cadre de projets institutionnels de type ANR (CONCLUDE, INVOLVED) ou FUI (GEOFENCING, VISION) ou dans le cadre de projets collaboratifs de type IDEX. Citons par exemple :

- Participation aux projets IDEX CDP CIRCULAR, CyberAlps et Risk@UGA
- Relations suivies avec les laboratoires LIG, G2Elab, l'Institut Fayol et le Centre Ingénierie et Santé (St Etienne), LASPI (Roanne), CIRRELT (Canada – Université Laval, Québec).

Par ailleurs, l'équipe est bien insérée dans la communauté scientifique :

- Y. Frein, directeur-adjoint du GdR MACS jusqu'au 31 décembre 2018 et membre de comités d'évaluation AERES (LGI, ICD – UTT Troyes, LS2N)

- G. Alpan Membre du Comité de Direction du GdR MACS (2019-2023) : Responsable des Actions Jeunes Chercheurs et Responsable Scientifique des écoles MACS
- M. Di Mascolo, Membre du Comité d'Evaluation Scientifique « Conception, Pilotage, Robotique, Signal et Images » (CES 27) de l'ANR en 2014, et revue à mi-parcours des projets en 2017, et en charge de l'expertise de plusieurs projets (Swiss National Science Foundation, ANR, ANRT)
- M. Di Mascolo, Co-animatrice du Groupe de travail GISEH (Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers) depuis début 2017 <https://sites.google.com/site/gtgiseh/>
- G. Alpan, Membre du comité technique IFAC, TC 5.2, depuis 2015 et membre du comité scientifique des conférences internationales : CoDIT (2015, 2016, 2017), CIE (2015), MOSIM (depuis 2012)
- Z. Simeu-Abazi, organisation du colloque ICCAD'19

Les relations internationales ont été développées, notamment dans le cadre de co-encadrement de thèses. Citons les collaborations avec M. Daoud Ait-Kadi avec l'Université Laval (Québec- CANADA) , M. Hédi Dhouibi, M. Hassani Messaoud et M. Chakib Bennjima de l'Université de Monastir (TUNISIE), Mme Nadji Bécharia de l'Université de Boumerdès (Algerie), M. K. Beydoun l'université libanaise de Beyrouth, avec E Lanzarone (CNR IMATI Milan) et avec l'ENIT – Tunisie

Interaction avec le monde socio-économique

L'équipe a une forte interaction avec le monde socio-économique et a obtenu des résultats tangibles. Tout d'abord, une animation ou une participation est assurée dans différents groupes de travail et d'expert :

- Z. Simeu-Abazi : membre expert de l'IEC- Commission de Normalisation UF 56 (Sûreté de fonctionnement).
- P. David, membre du bureau AFIS Rhône-Alpes
- J.M. Flaus, JMF : animateur du groupe de travail Cyber-sécurité des installations industrielles et Internet Industriel des Objets (IIoT), IMdR (Institut pour la maîtrise des risques) auquel participe de nombreuses grandes entreprises et instituts comme EDF, RATP, SNCF, APSYS, DGA, INERIS ...

Par ailleurs, un certain nombre de projets ont abouti à des résultats concrets :

- S. Ploix, déploiement d'un conseiller énergétique dans la tour Elithis Rhin-Danube à Strasbourg inspiré des travaux sur la génération automatique d'explications causales directes et différentielles (thèse de Amr Alyafi)
- M. Di Mascolo, développement d'un outil avec la société Quemera pour la replanification des activités de service à domicile
- J.-M. Flaus, porteur du projet CyberSmartLearn, projet d'incubation dans le cadre de la SATT Linksum s'appuyant sur le brevet (FR18/53618)

6. Projet et stratégie à 5 ans de l'équipe 3 : GCSP

6.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- Richesse du portefeuille applicatif et des partenariats
- Compétences pour traiter ces problématiques présentes dans l'équipe et formant un tout très cohérent en termes de modélisation et analyse d'une part, et de domaines applicatifs d'autre part
- Capacité à développer des outils logiciels transférables et à appréhender des contextes réels

Les points à améliorer (weaknesses)

- Visibilité liée à des domaines applicatifs plutôt qu'à des thématiques

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- La digitalisation de l'entreprise et le développement des outils IA pour le pilotage des systèmes industriels
- La sécurisation des systèmes devient un sujet de plus en plus important
- Expertise acquise (interaction homme-machine, machine learning, ...)
- Projet de chaire IA permettant de renforcer le développement de cette thématique

Les risques liés au contexte (threats)

- Nécessité de s'insérer dans des projets applicatifs (énergie, santé, logistique) pour trouver des ressources

- Forte sollicitation par des projets avec un risque d'avoir une stratégie opportuniste et de ne pas pouvoir mener une recherche de fond

6.2 Projet de l'équipe

Les dénominateurs communs de l'équipe

Les systèmes étudiés dans l'équipe (systèmes de production industriels, chaîne logistique, énergie, santé) ont des particularités : ils possèdent une partie physique, ce sont des systèmes cyber-physiques, et évoluent en temps réel. Ils sont également plongés dans un environnement générant de nombreux aléas. Ces systèmes comprennent souvent des éléments humains qui génèrent de l'incertitude mais apportent aussi des capacités de décision et d'adaptation fortes. Ces derniers ont une place prépondérante dans le système mais ne peuvent être traités comme un système purement technique.

A l'heure actuelle, avec de plus en plus de puissance de calcul disponible et répartie dans chaque objet, et avec des systèmes de plus en plus connectés et par des réseaux communication de plus en plus rapides, de nouveaux aspects sont à prendre en compte de façon à répondre aux besoins des utilisateurs qui eux aussi évoluent. Ceci doit être fait en prenant en compte des nouvelles problématiques comme la cybercriminalité.

Les axes de développement

Pendant ces dernières années, dans le cadre des nouveaux projets et des évolutions des ressources humaines, les thématiques de l'équipe se sont recentrées autour des approches pour le pilotage des systèmes dynamiques, en prenant en compte de grandes masses de données et des utilisant des techniques de l'IA. Nous souhaitons poursuivre dans cette direction, qui s'inscrit dans l'axe IA et système d'aide à la décision du laboratoire.

Nous souhaitons donc développer un axe de recherche pour construire ou adapter des approches à base d'IA aux systèmes que nous étudions, de façon à prendre en compte le fait que les systèmes ont une composante physique et sont temps réel, mais aussi de façon à prendre en compte l'aspect humain qui interagit étroitement avec le système piloté ou qui intervient dans les critères optimisés. L'aspect incertain sera traité.

Les approches développées trouveront naturellement leur application dans chacun des thèmes existants :

- la gestion des flux de production de biens (unités de production, chaîne logistique) : évolution des outils de planification et conduite de système en utilisant les techniques de l'IA, dans le contexte de l'industrie 4.0
- l'étude de la coopération entre humains et machines dans le contexte des systèmes de production du futur (cohabitation, partage des tâches physiques, partage de la décision, collaboration, interaction).
- la gestion des flux de services (flux énergétiques et de production de soins), qui est résolument orientée vers un nouveau défi, celui de la prise en compte des acteurs humains
- la sûreté, surveillance, supervision et maîtrise des risques, thème dans lequel nous souhaitons développer l'utilisation des techniques d'IA (machine learning) pour le diagnostic (thèse de Akah Basia en cours), la cybersécurité et la maintenance. L'objectif est de traiter le cas où la complexité du système à surveiller ne permet pas de modéliser finement par des modèles analytiques et ceux où un grand nombre de données sont disponibles. Nous souhaitons aussi prendre en compte la flexibilité des systèmes IoT qui se développent dans le cadre de l'industrie 4.0

Par ailleurs, nous souhaitons continuer à développer l'axe concernant les systèmes de santé, en continuant à proposer des méthodes de pilotage prenant en compte les aléas et les risques, notamment cyber, et le facteur humain, qu'il provienne de la prise en compte du comportement des intervenants ou des patients.

Les évolutions

D'un point de vue scientifique, nous souhaitons nous orienter vers l'intégration des méthodologies les récentes comme l'IA, tout en conservant nos domaines d'application. Pour ce faire, nous pouvons nous appuyer sur des recrutements récents formés aux nouvelles approches, et qui durant le prochain quinquennal pourront travailler et se former sur les différents domaines d'application avec les permanents dont la cessation d'activité est envisagée dans un avenir proche.

7. Bilan de l'équipe 4 : Système d'information, conception robuste des produits (SIREP)

7.1 Présentation de l'équipe

L'équipe est composée de 12 personnes dont 6 permanents = 1 professeur CE, 1 DR CNRS, 4 MCF dont 2 HDR et 4 doctorants. L'activité scientifique s'articule autour des publications, de la réalisation de prototypes industriels supports à la validation des concepts, d'une forte activité contractuelle.

Un des enjeux industriels est d'appuyer les processus de développement de produits sur des systèmes d'information flexibles et performants, ainsi que de construire des approches de dimensionnement robustes aux aléas. L'évolution rapide des métiers et des structures industrielles oblige à revisiter les méthodologies de conception et les systèmes d'information qui doivent couvrir davantage d'aspects du processus de conception et conduire au développement d'outils de conception plus performants au service de ces enjeux. Notre équipe travaille sur trois axes complémentaires :

- la modélisation des SI (Systèmes d'information) qui doivent gérer les évolutions, gérer la complexité des données, la structuration de l'entreprise ainsi que les données issues de la production et des machines pour un retour vers des évolutions de conception ;
- la modélisation des opérations d'assemblage/désassemblage dans un environnement de réalité virtuelle
- la conception et plus particulièrement le dimensionnement robuste, c'est-à-dire la prise en compte des aléas sur les données de conception dans le dimensionnement par développement de méthodes d'optimisations adaptée à la nature de ces problèmes.

Les principaux travaux de l'équipe se font autour des systèmes d'information industriels agiles et sur l'optimisation continue non linéaire sous contraintes, robuste, multiobjectif.

Éléments de fonctionnement de l'équipe

Les gens se réunissent quand c'est nécessaire se voyant directement ou en réunion d'équipe car trouver des créneaux de réunion est difficile vu que les enseignants-chercheurs ont des contraintes venant de 4 établissements (Grenoble INP, iut, département mécanique de l'UGA, classe préparatoire intégrée).

Compte tenu aussi de la difficulté aux enseignants de choisir un créneau horaire libre les réunions à 6 sont difficiles. Le travail se fait par mail et par rencontre directe avec les personnes concernées et moi-même.

La gestion financière se fait sur un principe de responsabilité personnelle. Les gens gèrent leurs contrats et lorsque des besoins se font jour les gens font une demande à l'équipe. Ce mode de fonctionnement est pratique, robuste et permet une bonne synergie des ressources.

7.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

Axe système d'information agiles (Lilia Gzara, Michel Tollenaere, Jean Bigeon)

Les recherches s'effectuent dans 4 domaines.

- **Les processus métiers agiles** : l'objectif est de favoriser l'agilité des processus métiers (capacité réactive face aux aléas), d'un point organisationnel (réorganiser rapidement le processus d'un point de vue flux d'activités, flux d'informations et acteurs impliqués) et informatique (adapter rapidement les outils logiciels support à la gestion du processus pour intégrer rapidement les changements organisationnels). La thèse de Wafa Triaa (soutenue le 21/09/2018) entre dans ce cadre. Collaboration avec Hervé Verjus (Laboratoire LISTIC, USMB) et la société Agilium. Ces travaux se poursuivent actuellement à travers le projet ANR CaTCAP (avril 2019-septembre 2022) piloté par Lilia Gzara. Collaboration avec Jean Bigeon (laboratoire G-SCOP), Céline Cholez (laboratoire PACTE, UGA), Christophe Courtin (laboratoire SYMME, USMB) et les sociétés Agilium et CMDL. Dans le cadre de ce projet, 2 thèses démarrent en septembre 2019 (co-encadrement avec PACTE et SYMME).

- **Modélisation des données et des processus pour faciliter la maîtrise des risques**. (2013-2015 Contrat Européen ENIAC/Integrate) Application à l'industrie des semi-conducteurs dans le contexte de l'industrie 4.0. Nos travaux ont montré cette mise à jour des connaissances peut être organisée en mettant en place une méthodologie opérationnelle fondée sur les réseaux bayésiens et la méthode AMDEC. Les connaissances et savoir-faire sont ensuite utilisés pour concevoir des procédures opérationnelles standardisées permettant le partage des savoirs et savoir-faire des experts. Les liens causaux sont modélisés dans un réseau bayésien opérationnel (O-BN), afin de permettre l'évaluation d'efficacité des actions de maintenance et, par là même, la pertinence des connaissances existantes capitalisées. Dans un contexte incertain et très variable, l'exécution appropriée des procédures est mesurée à l'aide des indicateurs standards de performance de maintenance

(MPM) et la précision des connaissances existantes en évaluant la précision de l'O-BN. La méthodologie proposée a été testée dans un des ateliers de production contraint par un haut mix de produits pour démontrer sa capacité à renouveler dynamiquement les connaissances d'experts et d'améliorer l'efficacité des actions de maintenance. Cette expérimentation a conduit à une diminution de 30% des reprises d'opérations de maintenance attestant une meilleure qualité des connaissances modélisées dans les outils fournis par cette étude.

- **Le cycle de vie de produit et de service** : l'objectif est double
 - Supporter l'évolution dans le contenu et la structure des modèles de produit et de service afin d'assurer la cohérence sémantique et syntaxique. La thèse d'Onur Yildiz (01/10/2015-21/09/2018) entre dans ce cadre. Collaboration avec Philippe Pernelle (Laboratoire DISP, U. Lyon 1), Michel Tollenaere (laboratoire G-SCOP) et la société Audros Technology.
 - Favoriser la gestion du cycle de vie de PSS en boucle fermée en proposant une architecture de système d'information permettant l'exploitation des données massives générées durant la phase d'usage de PSS pour améliorer les performances des phases amont (conception et réalisation de PSS). Le travail de thèse de Juliana Cavalcante entre dans ce cadre (soutenance prévue en décembre 2019), ainsi que les stages de master d'Elaheh Maleki (2015), Azadeh Hajimohammadi (2015), Nathalie Vogler (2016), Martha Orellano (2016) et Luis Mendoza (2017). Collaboration avec Marie-Anne Le Dain (laboratoire G-SCOP, équipe CC), Dimitris Kiritsis (EPFL, Suisse) et les sociétés ABB, Schneider Electric, ARaymond. Ces travaux se poursuivront à travers 2 thèses : une thèse Cifre qui démarre en 2019, en collaboration avec Jean Bigeon (laboratoire G-SCOP) et la société Intel ; une thèse région qui démarre en 2020, en collaboration avec Xavier Boucher (Ecole Mines Saint Etienne).
- **L'usine intelligente (smart factory)** : dans le cadre du projet FUI « VISION 4.0 » (2016-2020), l'objectif est de définir une architecture de système d'information favorisant l'agilité et la prise de décision autonome au sein d'une ligne de production. Il s'agit de faciliter la communication des machines de production, entre elles et avec leur environnement logiciel, et d'optimiser le processus de production grâce aux masses de données collectées et traitées par le système d'information. Ce SI se veut adaptable afin de répondre à la variabilité des lignes de production et à la variabilité de l'environnement logiciel support (diversité des formats de données et des protocoles de communication des machines, diversités des solutions MES). Les travaux de Mohamed Kaouk (ingénieur de recherche, 2017-2018) et de Safa Hachani (post-doc, 2019-2020) entrent dans ce cadre, ainsi que les stages de master de Mathieu Rey (2018), Vincent Murraz (2018), Soufi Zakaria (2019) et Azeddine Karech (2019). Collaboration avec Jean Bigeon (G-SCOP), Jean-Marie Flaus (laboratoire G-SCOP, équipe GCSP) l'INRIA Rhône Alpes et les sociétés VIT et Actia.

Les principales méthodes mobilisées dans ces travaux sont : l'analyse de données (techniques de big data et machine learning), la gestion de corpus de connaissances (ontologies, techniques de business intelligence) et l'interopérabilité (ontologies et architectures dirigées par les modèles - MDA).

Certain de ces travaux se font en collaboration avec l'équipe GCSP de G-SCOP mais aussi avec le LIG.

Axe modélisation assemblage /désassemblage pour la réalité virtuelle (Peter Mitrouchev/ Michel Tollenaere).

Les travaux des quatre dernières années ont porté sur : La modélisation des opérations d'assemblage/désassemblage (A/D) pour des produits en fin de cycle de vie, et Environnement de Réalité Virtuelle (RV) pour la simulation des opérations d'A/D par reconnaissance gestuelle. Ils s'inscrivent dans le cadre de la modélisation et de la simulation du processus de désassemblage de manière à mettre en place des méthodes et des outils indispensables pour la gestion du cycle de vie de produit dans l'optique d'un développement durable (thèses : Cheng gang WANG, Hibo SAID CHEKH- WAISS, Jingtao CHEN).

Ainsi les travaux ont contribué :

- à l'amélioration de la simulation des opérations d'A/D par une meilleure intégration des dispositifs haptiques,
- à la proposition d'un modèle biomécanique incluant l'état physiologique de l'opérateur en quantifiant la fatigue musculaire pour simuler les opérations d'A/D,
- à la proposition des critères technologiques et ergonomiques pour l'évaluation et l'optimisation des opérations d'A/D,
- au développement des premiers modules d'un Environnement VR dédié à la simulation des opérations d'A/D pour des futurs usages industriels et académiques.

Ces travaux se font en collaboration avec l'équipe conception collaborative (CC) et le laboratoire Gipsa (Grenoble).

Axe optimisation robuste (Pierre Genevois, Peter Mitrouchev, Gilles Foucault, Jean BIGEON)

Les travaux de recherche menés ici visent à développer de nouvelles méthodologies d'optimisation à appliquer dans le domaine de l'ingénierie et plus particulièrement dans les problèmes de dimensionnement/conception mais aussi dans les problèmes inverses où ces techniques permettent d'améliorer la détection de défaut. Les méthodologies développées (optimisation robuste, multi objectifs) viennent par-dessus les outils (et modèles de simulations). Afin de pouvoir avoir des méthodes répondant aux différents types de modélisation (et outils associés) nous avons sélectionnés trois domaines d'application correspondant à des types de modèles mathématiques de simulation sous-jacents bien différents mais couvrant assez bien le domaine.

- Le domaine de la conception/dimensionnement d'installation ferroviaires avec des modèles numériques comprenant des fonctionnelles, des simulations qui varient de l'ordre de la dizaine de minute à une heure. Le simulateur de référence de la SNCF (Esmeralda) n'était pas capable de simuler facilement les nouvelles infrastructures du réseau. La recherche a donc commencé par la réalisation d'un nouveau simulateur d'installation ferroviaire (Esmeralda NG) fondée sur une nouvelle architecture logicielle (Thèse B.DESJOURS CIFRE SNCF/GEEPS/G-SCOP). Cette thèse nous a permis d'introduire des techniques de simulation plus modernes et efficaces que celle qu'on trouve usuellement dans les simulateurs ferroviaires. Cette thèse nous a permis ensuite de modéliser plus correctement les nouvelles infrastructures. Une nouvelle thèse CIFRE a été ensuite engagée (soutenance prévue octobre 2019) pour être capable de déterminer après sélection d'aléas (dans une liste d'aléas possible) la sensibilité de l'infrastructure pour deux choses principalement :

- Déterminer où elle pouvait être renforcée pour garder le même trafic
- Comment modifier les trajectoires des trains (vitesse, plages de « roue libre », freinage, retards ...) afin de maintenir au mieux le trafic.

Ici les problèmes se posent sous la forme de problèmes multiobjectifs sous contraintes non linéaires en présence de fonctionnelles

Les techniques utilisées sont ici fondées sur des approches stochastiques. Les travaux actuels n'ont pas pu malheureusement faire l'optimisation nous avons seulement pu faire des analyses de sensibilité pour déterminer les paramètres sur lesquels il fallait jouer. Une nouvelle thèse CIFRE a été déposée dans ce sens (sujet déposé en mai 2019) pour faire l'optimisation du dimensionnement des installations.

- Le prédimensionnement par modèles analytiques d'appareillage électromécanique. Modèles analytiques de type soit boîtes blanches (avec accès exact au gradient, soit boîtes noires (pas d'accès aux modèles, pas d'accès aux dérivées ni au Hessien mais avec éventuellement une hypothèse d'existence. Ici les temps de calcul vont plutôt de la dizaine de secondes à 20 mn pour les problèmes les plus longs.

Une nouvelle génération de la plateforme est en phase de développement afin d'intégrer (mixer) modèles analytiques et modèles numériques lourds (2 conférences internationales en 2018). Dans ce cadre une coopération a démarré avec l'équipe du professeur C. Audet (2017 maître ORCO/Grenoble Salomon) sur les optimisations boîtes noires multi objectif. Ce travail a donné lieu à publications (1 conférence JOPT, une revue cahier du GERAD). Ce travail se prolonge avec la thèse québécoise de Salomon dont je suis codirecteur. Cette année la coopération s'est amplifiée avec un nouveau master en coencadrement (Couderc master SIAM/Grenoble) dont le stage se déroule pour moitié en France et pour moitié au Québec. Une thèse en cotutelle est en cours de montage en place en janvier 2020 pour une durée de 4 ans. Un dernier master (P. Raynaud ORCO) en coencadrement sur la problématique de séparabilité dans les équations analytiques a été initié avec le GERAD (professeur D'Oran). Il devrait se continuer en thèse en cotutelle. Cette méthode devrait permettre d'améliorer considérablement les calculs de gradients et de Hessiens en évitant autant que faire se peut les matrices inutilement pleines et mal conditionnées.

- L'application des méthodes d'optimisation dans le cadre de la métrologie des pièces flexibles (taille caractéristique des pièces de l'ordre de quelques mètres). Dans les industries aéronautiques et automobiles, un frein important à la compétitivité est qu'il n'existe actuellement pas de méthode industrielle fiable, rapide, et économique, pour la métrologie des pièces flexibles. En effet, les méthodes actuelles reposent sur la mise en place de gabarits de montage des pièces flexibles qui représentent un coût en temps et en matériel très important. Pour réduire le temps et le coût, nous avons élaboré des méthodes numériques pour analyser les dimensions et la forme des pièces flexibles à partir de scan effectué sans gabarits de montage. Le temps gagné grâce à la suppression des gabarits de montage est de l'ordre de 50 heures-homme pour des panneaux qui constituent la carlingue d'un avion.

Ce travail a été fait avec le co-encadrement de la thèse de Kaveh Babanejad qui a débuté en septembre 2014, en collaboration avec Jean Bigeon et le Professeur Antoine TAHAN de l'ETS Montréal, qui travaille également sur ce sujet et qui dispose de cas-tests et d'instruments de mesure. Cela nous a permis d'introduire des méthodes adaptées d'optimisation afin de résoudre ces problèmes considérés comme problèmes inverses et de mettre en place une méthode efficace pour traiter les problèmes de multiobjectif.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à 2 publications de congrès internationaux, un article dans la revue CIRP et deux soumission (en cours de révision).

Le choix de ces domaines a permis de travailler sur l'optimisation multi objectif robuste sur des modèles mathématiques fortement non linéaires continue, avec quelques paramètres discrets. Ces travaux s'appuient sur le savoir-faire de l'équipe dans les trois domaines simulation, optimisation continue non linéaire sous contraintes et développement logiciels (Plateforme Pro@DESIGN)

Ces travaux se sont déroulés en coopération forte avec des laboratoires extérieurs (GEPPS/Supélec pour les aspects électriques, ETS/ Montréal (Professeur A. Tahan) pour la métrologie et GERAD pour l'optimisation (Professeurs C. Audet, S. Le Digabel et D. Orban. Deux projets scientifiques ont été soumis pour intensifier et pérenniser les collaborations.

Faits marquants et production scientifique

- ANR CatCap
- membre associé au GERAD de J. Bigeon (effectif en juin 2019)
- Esmeralda NG : outils logiciel de référence pour les études de réseaux ferroviaire pour l'étude de gestion du trafic et du dimensionnement des installations ferroviaires.

Production :

- 27 publications dans des revues internationales
- 5 chapitres d'ouvrage
- 50 communications dans des congrès internationaux
- 2 communications dans des congrès nationaux.

Démonstrateurs informatiques :

La démarche de réalisation de prototypes fait partie de l'ADN de SIREP. Plusieurs démonstrateurs ont été développés au cours de ce quinquennal :

- Démonstrateur dans le cadre d'un prototype servant à la validation de l'orchestration de services dans le cadre d'une approche produit-services ;
- Réalisation d'un outil pour la gestion des données issues de la production en vue de leur réutilisation dans le cadre du projet
- Prototype de logiciels de dimensionnement pour le dimensionnement robuste en conception préliminaire (Pro@DESIGN)
- Esmeralda NG pour la simulation d'installation ferroviaire.

Rayonnement et attractivité académiques

L'équipe développe son activité dans le cadre de projets institutionnels (ANR, Projet européens, cadre régional)

- Co-animation le club PLM qui est un club d'industriels avec des membres académiques invités
- Participe au LABEX PERSYVAL et au Carnot LSI et à des réseaux nationaux (GdR Macs, GdR Seeds)
- Co-encadrement internationaux de projet de Master avec la Canada (GERAD, ETS, McGill). Ces coopérations devraient aboutir à un statut de membre associé au GERAD (Jean BIGEON)

Nous avons des coopérations renforcées (plusieurs thèses en commun) particulièrement avec le LIG-Grenoble et le LGEP-Supélec-Paris qui nous permettent de valoriser nos compétences complémentaires.

- Expertise pour l'ANR (industrie 4.0), et pour la Canada (examen de projet CRNSG du Québec)

Coopérations internationales

- SUISSE – EPFLausanne (semestre CRCT L. GZARA)
- CANADA (ETS, laboratoire GERAD commun HEC Montréal-Mc Gill University et Ecole polytechnique de Montréal), séjour professeur invité récurrent J.BIGEON, (2015, 2016, 2017, 2018,2019) semestre CRCT Pr M.TOLLENAERE
- CHINE (U. Shanghai, professeur invité 1 an P.MITROUCHEV)

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Les travaux de recherche ont pour origine des problématiques industrielles rencontrés lors de partenariats dans le cadre de thèse CIFRE et de contrat de recherche associés.

- Projet de type FUI/ENIAC avec des sociétés comme ST Microelectronics
- Contrats CIFRE avec Audros, Hager, SNCF, ST Microelectronics (4)
- discussion avancées avec le CNRS pour mettre le logiciel Pro@DESIGN en open source

8. Projet et perspectives à 5 ans de l'équipe 4 : SIREP

8.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- Taux de titulaires HDR (4 sur 6)
- Relations industrielles importantes
- Encadrement doctoral : Très bon suivi et durée des thèses maîtrisées (sauf deux thèses. L'une –une personne burkinabè en même temps en poste au Burkina-Faso, l'autre une personne iranienne)
- Relations internationales donnant lieu à des :
 - Publications dans des revues internationales (rang A, + IF,)
 - Séjours à l'étranger (CRCT, visites longue durée, 1 mois et +.) 4/6 personnes concernées
- Thématique scientifique d'actualité, s'inscrivant dans les réflexions européennes et françaises (SI, renouveau des systèmes de production (et de conception) ...)
- Coopération interne sur projets, externe avec des industriels et des collègues sur tous les axes de recherche de l'équipe
- Travaux au cœur de l'industrie du futur. Particulièrement évident dans les recherches en SI mais vrai aussi en conception par l'aspect robustesse et optimisation

Les points à améliorer (weaknesses)

- Manque de ressources permanentes au laboratoire sur les deux axes (optimisation robuste et SI) mais particulièrement sur la thématique système d'information et analyse de données. Ceci est dû à la montée en responsabilité cote école de Lilia Gzara.
- Les départs lors des deux quadriennaux précédents de deux membres du labo (un senior en informatique, un junior à l'étranger) n'ont pas été remplacés. Un recrutement potentiel sera peut-être fait en 2019.
- Procédures administratives "lourdes" dues aux 3 tutelles et à leur coordination. On nous demande la performance anglo-saxonne sans nous donner la liberté d'utiliser nos moyens financiers (pas de capitalisation sur le moyen terme de nos ressources pour financer des thèses sur fonds propres, sur trois ans, rémunérations libres des stagiaires...)

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- Besoin scientifique et industriel croissant pour développer les axes SI et optimisation robuste thématiques, au cœur de l'industrie du futur et le domaine du handicap.
- Collaborations scientifiques durables
- L'ouverture vers l'international renforcée (Canada, Suisse, Brésil, Chine) devrait permettre de monter davantage de projets institutionnels, de renforcer notre présence dans les comités de sélection de revues et congrès.

Les risques liés au contexte (threats)

- Menace après 2024 car départ à cette date de trois permanents. Mais semblable au problème du laboratoire (perte de 20% des enseignants chercheurs)
- Départ de deux chercheurs (dont un à l'étranger) non remplacés. Niveau critique bas atteint. Peut-être un recrutement (optimisation robuste)
- Danger de fragilisation de l'enseignement en SI industriel en cas de départ de Michel Tollenaere
- Menace liée aux évolutions sur les conditions de retraite de 60 ans et plus. La législation changeant en 2020.
- Carrière des permanents Maître de Conférences HDR difficile pour l'évolution vers des postes de professeur.
- Difficulté de recrutement d'étudiants de Master dans le vivier de formations grenobloises (nous avons besoin d'étudiants à double compétence en général dont l'informatique), L'appartenance mono école est un frein au recrutement en master surtout pour des activités demandant des compétences pluridisciplinaires

8.2 Projet de l'équipe

Les axes de développement de SIREP

Pour rappel l'axe de recherche de l'équipe concerne chaîne numérique et l'aide à la décision en support aux activités de conception – industrialisation moi à travers l'aspect SI industriel, la gestion de

connaissance dans ces systèmes et l'aspect optimisation robuste. Tout ceci s'intègre complètement dans la thématique générale de l'industrie 4.0.

Nous désirons dans le prochain quadriennal mettre l'accent sur deux axes plus particulièrement.

- le développement de méthodologies d'aide à la digitalisation des PME dans le contexte d'industrie du futur. Avec le potentiel des technologies de l'information et de la communication (TIC) disponibles, l'idée est d'aider les PME à cibler leurs besoins de digitalisation et de leur fournir les outils permettant de déployer les solutions digitales adéquates. Cet axe intégrera des éléments de la thématique générale de l'IA et du machine learning (ML) et des éléments d'organisations, ceci en lien avec des axes d'autres équipes.

- le développement de l'activité d'optimisation robuste en conception. Ici nous désirons développer une activité autour de la conception robuste en multiphysique et multi objectif. Nous désirons poursuivre les travaux sur le développement des méthodes efficaces en multiobjectif dans un contexte de conception préliminaire (boîtes blanches ou grises) mais aussi dans un contexte de l'utilisation d'outils de simulation sans dérivée (DFO) particulièrement intéressantes dans le domaine des applications multiphysiques qui font intervenir ensemble plusieurs outils de simulation numériques qui doivent être utilisés « simultanément ». Les approches stochastiques seront intégrées. A côté nous désirons porter une attention particulière aux méthodes monoobjectif dans des cadres particuliers :

- les méthodes de type évolutionnaires avec des travaux sur la notion de population de départ réduites (seeding)
- et des approches plus mathématiques qui consistent à utiliser le concept de séparabilité des variables de conception (variables de décision) afin de développer des méthodes d'optimisation de type quasi-newton dans les domaines des problèmes non-linéaires continus sous contraintes. L'application pourrait être les problématiques de trafic ferroviaire ou des éléments finis. Certains travaux se feront en coopération avec le GERAD au sein duquel Jean Bigeon a été accepté comme membre associé en juin 2019.

9. Bilan de l'équipe 5 : Conception produit process (CPP)

9.1 Présentation de l'équipe

Introduction

L'équipe CPP existe depuis la création du laboratoire G-SCOP. Elle est une des 6 équipes du laboratoire et les travaux de recherche menés en son sein portent sur l'intégration des contraintes des différents métiers du cycle de vie du produit en conception du produit et des process associés. Les travaux durant cette période portent essentiellement sur le métier fabrication avec l'émergence de la fabrication additive et sur l'usage et la fin de vie des produits. Elle est localisée dans les locaux situés rue Félix Viallet à Grenoble comme les autres équipes du laboratoire.

Effectifs et moyens

L'équipe CPP est constituée des membres permanents suivants : 4 PR section 60, 4 MCF section 60 dont 1 HDR, 1 collaborateur de recherche HDR ayant une activité annexe au sein de sa compagnie.

En fonction des projets en cours, l'équipe recrute des doctorants, des Post doctorants et des ingénieurs. Durant ce contrat, une dizaine de personnes par an ont été embauchées.

Actuellement 13 doctorants sont rattachés à l'équipe et les membres de l'équipe co encadrent 5 doctorants rattachés à d'autres laboratoires ou équipes.

L'équipe accueille aussi des étudiants des masters Génie Industriel et Mécanique et quelques stagiaires.

Durant ce contrat, Guillaume Thomann MCF HDR section 60 à Grenoble INP a quitté l'équipe CPP pour rejoindre l'équipe CC. Deux autres départs en septembre 2018. Le premier est lié au départ en retraite de Jean Luc Marcelin MCF HDR section 60 de l'Université Grenoble Alpes. Le second à la fin de l'éméritat de Serge Tichkiewitch, professeur Section 60 à Grenoble INP. L'équipe a donc perdu du potentiel et souhaite être renforcée par un MCF pour garder l'ensemble de ses activités avant le renouvellement des professeurs qui vont partir à la retraite.

La pyramide des âges de l'équipe va conduire à un départ important de professeurs dans le prochain quinquennal. En effet, 3 des 4 professeurs sont nés en 1959 et 1960. L'équipe a donc la possibilité de réorienter son activité mais cette possibilité dépend fortement de la stratégie RH des établissements pour la reconduction des postes d'EC.

Politique scientifique

Un des enjeux des sciences pour l'ingénieur est de construire dans le contexte industrie 4.0 une approche systémique pour concevoir, produire et exploiter des produits systèmes ou services plus sûrs, communicants, économes et performants tout en étant respectueux de l'environnement. Pour aller vers la conception de produits et solutions durables, les membres de l'équipe Conception Produit Process se concentrent sur deux axes principaux :

1. Intégration de la dimension environnementale en conception

- Proposition de méthodes pour la récupération de matériaux rares avec des filières de recyclage acceptables du point de vue environnemental
- Conception de produit en pensant à d'autres vies potentielles que celle initialement prévue
- Conception simultanée des produits, des process, des organisations et de leur cycle de vie dans un contexte de systèmes produits services.
- Implémentation et propagation des projets innovants et précoces dans une organisation industrielle complexe

2. Conception/fabrication et l'émergence de la fabrication additive

- Optimisation topologique en conception
- Modélisation des matériaux architecturés en conception en abordant les aspects représentation géométrique et comportement mécanique
- Chaîne numérique en fabrication additive
- Formalisation et gestion des connaissances en fabrication additive
- Modélisation de procédés de fabrication additive en intégrant les aspects thermique et qualité

L'enjeu de ces travaux est de développer et/ou de formaliser un ensemble d'expertises métiers pour les intégrer au niveau de la conception de produits et ou systèmes durables. Ces travaux se déroulent dans le contexte de l'évolution du monde industriel autour de l'industrie 4.0 et du développement durable.

Nos travaux nous ont permis de :

- Définir des méthodes d'évaluation des usages et des services [Doualle 2016 CI-emse-01410401, Barros 2015 CI-hal-01362815]
- Construire les connaissances autour des filières de recyclage [Duclos 2017 RI-emse-01392130]
- Définir des méthodes pour concevoir des produits ayant plusieurs vies [Bauer 2017 OS-hal-01454776].
- Définir des méthodes pour concevoir des process de fabrication associant des étapes soustractives et additives pour donner une nouvelle vie aux produits en fin de vie [Le 2017 RI-hal-01549278]
- Définir des méthodes pour évaluer la soutenabilité de procédés de fabrication alternatifs [LE 2017 RI-hal-01546403, Mokhtarian 2016 RI-hal-01300992]
- Développer la chaîne numérique autour de la fabrication additive
- Mettre en place des modèles permettant de simuler rapidement la thermique en EBM [Beraud 2017 RI-hal-01575006]
- Formaliser et gérer les connaissances autour de la fabrication additive [Grandvallet 2018 RI-hal-01707773]
- Mettre en place le concept de matériau équivalent de matériau architecturé dans un contexte de conception de pièce en s'appuyant sur les techniques d'optimisation topologique

Présentation de l'écosystème recherche de l'unité

L'équipe CPP fait partie du laboratoire G-SCOP qui est reconnu pour ses activités de recherche autour des systèmes de production. Elle développe ses activités dans et profite pleinement des éco-systèmes grenoblois, nationaux et internationaux.

Au niveau Grenoble Alpes,

L'équipe contribue fortement aux recherches pluridisciplinaires de l'IDEX (projets CDP) : Maud Rio pilote un workpackage au sein du projet IDEX CDP Glyco@Alps qui a pour objectif de garantir la durabilité environnementale lors du développement de nouvelles technologies, ici l'exploitation des sucres dans des produits, des matériaux. Peggy Zwolinski pilote le projet Circular qui a pour objectif de développer des systèmes industriels circulaires capables de transformer des produits en fin d'usage en des produits à forte valeur ajoutée.

L'équipe est membre du LABEX CEMAM sur la conception des matériaux architecturés et contribue fortement au développement de la fabrication additive. Dans le futur CEMAM, renouvelé en 2019, l'équipe contribue aux deux IRPs nouvellement labellisés, Eco-efficiency, second life and recycling et Weight saving engineering for structural applications.

L'équipe est active dans la filière Carnot Industries Mécaniques et Procédé IMP impliquant les deux Carnots Energies du Futur et Logiciels et Systèmes Intelligents. Un ingénieur est embauché dans ce cadre et installé à AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes) pour favoriser le transfert des résultats scientifiques dans le domaine de la fabrication additive vers les entreprises et tout particulièrement les PME et les TPE. Le Carnot Energies du Futur a aussi participé à l'investissement d'équipement autour de la fabrication additive.

L'équipe pourra contribuer à l'institut d'intelligence artificielle (MIAI) à partir de 2020 pour son développement dans ce domaine.

Au niveau national, les membres de l'équipe sont actifs dans les réseaux AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes), Eco-SD et Manufacturing 21.

Au niveau régional, les membres de l'équipe sont actifs au sein du groupe RAFAM qui a été étendu à Initiative 3D.

Au niveau international, l'équipe participe activement aux CIRP permettant ainsi de nouer des collaborations conduisant à la participation aux projets européens CIRCUIT, ERN, Leadsus....

Pilotage, animation, organisation de l'équipe

Tous les ans, l'ensemble des membres de l'équipe se retrouve sur deux jours, dans un lieu extérieur au laboratoire pour faire le point sur les avancés scientifiques et les perspectives à court et moyen terme, sur les contrats et projets en cours et à construire et sur le budget et la trésorerie. Cet instant est aussi le lieu pour proposer des activités autour du travail des doctorants.

Comme les travaux de l'équipe portent sur le métier fabrication et sur la fin de vie et l'usage, deux types de séminaires réguliers ont été mis en place.

- Le premier concerne le thème fabrication additive. Tous les mois, un séminaire est planifié, réunissant les membres de l'équipe concernés par ce thème, des membres de l'équipe CC et des membres du laboratoire SIMAP. En associant des compétences autour de la modélisation des procédés de fabrication additive et l'intégration en conception aux compétences autour des matériaux, les discussions peuvent aborder les interactions entre ces deux domaines qui sont fortes en fabrication

additive. Les doctorants ont aussi l'occasion de présenter l'avancée de leurs travaux durant ces séminaires.

- Le second concerne plutôt la fin de vie et l'usage. Toutes les semaines, un point est fait avec l'ensemble des acteurs concernés par ce thème.

De plus, 2 à 3 séminaires pléniers par an regroupant l'ensemble des membres de l'équipe sont planifiés pour aborder la vie et les orientations de l'équipe. Des séminaires sont aussi planifiés pour que des conférenciers invités échangent avec l'équipe sur un point particulier.

9.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

Bilan scientifique

L'équipe CPP composée de 8 permanents et de deux personnes engagées sur le long terme réalise en moyenne 12 publications annuelles dans des journaux internationaux. Ces publications se trouvent dans des revues de très bonne qualité qui abordent les domaines d'expertises actuellement traités ou la méthodologie de conception. Les journaux à impact facteur les plus sollicités pour la publication de nos résultats sont : *Cirp Annals Manufacturing Technology* (WOS – Q1, IF 4,0), *Journal of Cleaner Production* (WOS – Q1, IF 6,3) et *Journal of Engineering Design* (WOS – Q2, IF 1,9). Cependant le spectre des journaux visés est assez large avec des journaux comme *Software Quality Professional*, *American Society for Quality*, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (WOS – Q2, IF 2,7), *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* (WOS – Q2, IF 2,0), *Journal of Mechanical Engineering* (WOS – Q1, IF 2,7), *Additive Manufacturing*, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, *Mechanics and Industry* (WOS – Q4, IF 0,7).

Tous nos doctorants sont amenés à réaliser au moins une conférence internationale avec comité de lecture au cours de leur thèse. L'équipe a participé à plus de 70 conférences internationales avec actes sur la période.

Sur la période, 25 doctorants ont soutenu leur thèse et 13 doctorants sont en cours de thèse. Nous pouvons aussi préciser qu'à ces doctorants s'ajoutent les doctorants installés dans d'autres laboratoires ou équipes qui sont co-encadrés ou co-dirigés par un membre de l'équipe. La plupart des doctorants sont issus de formations d'ingénieur et de master et viennent de l'étranger. A l'issue de leur thèse, la grande majorité travaille pour le secteur privé, les autres ont obtenu un contrat de recherche publique (poste d'enseignant chercheur ou post doctorat). Le nombre de doctorant sans emploi reste marginal. Les thèses sont financées par les projets ANR et européens (25%), le MESR (22%), les contrats avec des industriels (22%), des bourses étrangères (14%) la région (11%), et des cotutelles avec établissements étrangers (6%).

Le nombre de projet mené par l'équipe est particulièrement remarquable. Sur la période nous pouvons citer :

- 2 Projets européens orientés recherche terminés (Leadsus, ERN) et un en cours (ITN Circuit) et des projets dans le cadre de l'EIT Raw Material
- 2 projets ANR terminés (Recobat-Carnot Energie du futur, Servinnov) et 6 Projets ANR en cours (FA2SCINAE, GEOCAM, COFFA (coordinateur), ORCILAB, Collaboration 4.0 (coordinateur), Beshape (Coordinateur))

Des collaborations avec des industriels nous permettent de diffuser nos connaissances tout en ayant un regard sur les évolutions des pratiques sur le terrain. Nous menons des actions dans le domaine de fabrication additive avec plusieurs entreprises (Polyshape, Zodiac, DP Technology, Addup...) et dans le cadre de deux FUI ALMEE et Ambition. Le laboratoire accompagne la société DP Research Institute dont le conseiller scientifique est Frédéric Vignat. Dans le domaine de pratiques autour du développement durable et de l'industrie 4.0 avec les entreprises (Elcom, SIBUET...) dont certaines actions sont associées à l'ADEME. De plus, des financements région (bourses de thèse ARC8, projet FAIR) ont été obtenus durant la période.

La réalisation de MOOC est le résultat des actions menées dans le cadre des programmes EIT Raw Materials et Marie Curie. Actuellement un travail est en cours pour participer activement à l'EIT Manufacturing.

Pour mener ces travaux de recherche, les membres de l'équipe vont chercher les compétences complémentaires auprès d'autres équipes et/ou laboratoires. Nous pouvons citer des collaborations avec l'équipe CC apportant ses compétences sur la formalisation des connaissances, la réalité augmentée et virtuelle..., avec le laboratoire SIMAP (Grenoble) apportant ses compétences sur la science des matériaux en fabrication additive et le laboratoire LEPMI (Grenoble) apportant ses compétences sur les techniques d'extraction et de recyclage des matériaux rares.

Des actions plus en lien avec l'industrie du futur sont menées dans le cadre du projet Interreg BIFOCALPS et du projet Industrie 4.H pour nous aider à identifier et formaliser les verrous scientifiques et faire émerger les projets de demain.

Cette période a permis de faire des investissements importants sur les plateformes expérimentales et tout particulièrement sur le thème fabrication additive. La machine EBM acquise en 2012 a été équipée pour pouvoir utiliser deux matériaux différents : le titane et l'inconel. Pour cela un deuxième dépoudeur a été acquis. En 2017, un équipement composé d'un robot 6 axes, d'une main gauche 2 axes et d'une torche de soudage CMT advance a été acquis pour étendre les activités vers le WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing). Nous disposons maintenant des deux principales technologies : lit de poudre et dépôt direct de la matière. En 2018, l'effort a été mis sur des moyens de mesures et tout particulièrement sur les aspects thermiques. Un équipement de finition des pièces par grenailage ultra sonique est venu compléter les moyens expérimentaux. Tous ces équipements sont situés sur la plateforme AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes). En complément et dans le cadre de l'enseignement une entreprise nous a cédé un robot de soudage Kuka équipé d'une torche CMT qui est en cours d'installation.

Daniel Brissaud est CIRP Fellows, Serge Tichkiewitch est CIRP Emeritus, Henri Paris et Andreas Riel sont CIRP associate members et participent activement aux activités de cette académie.

Henri Paris et Peggy Zwolinski sont membres nommés du CNU 60 pour la période 2016-19.

Daniel Brissaud est Regional Editor de la revue Journal of Remanufacturing et membre de l'Editorial Board des revues CIRP Annals Manufacturing Technology, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, International Journal of Sustainable Engineering et Advances in Manufacturing, Peggy Zwolinski est membre de l'Editorial Board de la revue Journal of Remanufacturing.

Les membres de l'équipe sont membres du Conseil d'Administration du pôle de compétitivité Viaméca, du conseil scientifique des pôles de compétitivité Viaméca et Plastipolis et participent aux projets des pôles de compétitivité Minalogic et Techtera. Nous sommes aussi fortement présents dans les communautés mécaniciennes et celles liées à l'éco conception au travers des réseaux nationaux AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes), Manufacturing 21 et ECO-SD.

Faits marquants

Le pilotage du CDP Circular mettant en avant la force de l'université Grenoble Alpes dans la recherche autour des systèmes de production et de l'économie circulaire.

Le développement de la plateforme fabrication additive qui aujourd'hui permet d'aborder les verrous scientifiques autour des deux grandes technologies : lit de poudre et dépôt direct de matière et qui permet de recevoir la visite de très nombreux industriels.

Une très bonne réussite, ces dernières années, à l'appel à projet de l'ANR dans le défi stimuler le renouveau industriel mettant en avant le rayonnement de l'équipe au niveau national dans le monde académique et industriel. Ce rayonnement s'étend aussi à l'international avec notre participation à des actions au niveau européen.

Des projets avec des industriels impliquant des doctorants et l'implication dans le pilotage des pôles de compétitivité dont le collectif des pôles.

Création en 2015 de la Start UP DP Reseach Institute DP-RI sur le développement d'outil CFAO et la chaîne numérique pour la fabrication additive. 2 dépôts logiciels ont fait l'objet d'un contrat de valorisation.

10. Projet et perspectives à 5 ans de l'équipe 5 : CPP

10.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- Les travaux de l'équipe sont en très bonne adéquation avec l'évolution de l'industrie et du développement durable.
- Les activités autour de la fabrication additive nous ont permis d'être reconnues sur la conception de produits à l'aide des techniques d'optimisation topologique et sur la chaîne numérique.
- Le travail en éco conception est aujourd'hui reconnu à l'international ainsi que l'évolution vers les usages et services et maintenant les aspects circularité.
- Le rayonnement de l'équipe et sa vision sur les verrous scientifiques à lever nous permettent d'avoir un bon retour sur les appels à projet européens et ANR.

Les points à améliorer (weaknesses)

- Les membres de l'équipe sont fortement sollicités par des charges administratives lourdes, en particulier la VPCA de Grenoble INP se poursuivant par la direction de l'ENSGI et la direction du laboratoire ce qui ne permet pas de mener les actions comme nous le souhaitons.
- De plus, le soutien est insuffisant et nous passons beaucoup de temps au montage et au suivi de projet nationaux et européens ce qui nous empêche de mettre suffisamment l'accent sur la valorisation de nos résultats dans des publications scientifiques.

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- L'évolution de l'industrie dans le contexte industrie 4.0, la pérennisation de l>IDEX et le développement de l'institut d'ingénierie, la participation à l'institut de l'intelligence artificielle, la demande sociétale reformulée de sustainability, nous ouvrent des opportunités pour lever les verrous scientifiques de demain.
- Pour cela nous lançons et poursuivons des partenariats scientifiques avec le LPMI (Grenoble) pour aborder le recyclage des matériaux rares, SIMAP (Grenoble) pour le comportement des matériaux en fabrication additive, Acte (Clermont Ferrand) pour la collaboration homme robot dans le contexte de l'industrie 4.0

Les risques liés au contexte (threats)

- La principale menace porte sur le départ des seniors. Ce départ va fortement bouleverser les compétences acquises au sein de l'équipe. Le recrutement des futurs professeurs est en enjeu important pour que le laboratoire puisse conserver son rayonnement au niveau national et international sur les thématiques de l'équipe.
- Les actions menées par l'équipe sont liées à la réussite des dépôts de projets. Le nombre de projets acceptés est très variable ce qui peut mettre en difficulté l'équipe : des périodes avec beaucoup de projets acceptés conduisant à une surcharge de travail et la difficulté pour recruter les doctorants, post doctorant ou ingénieurs et des périodes plus fastes conduisant à la difficulté à trouver des financements pour nos étudiants de master souhaitant poursuivre en thèse.
- De plus, les contraintes administratives imposées sont de plus en plus lourdes, et la pertinence reste à démontrer, ce qui à terme va conduire à déposer moins de projets.

10.2 Projet de l'équipe

Pour l'instant, le laboratoire est structuré autour de 6 équipes. Les axes scientifiques présents au sein de chaque équipe sont clairement identifiés et des actions entre les équipes sont régulières et fonction des différents projets. Cependant, des départs sont prévus au sein du laboratoire et particulièrement de l'équipe CPP ce qui va redessiner les axes scientifiques ce qui peut conduire à repenser le contour des équipes. Nous espérons que le potentiel de l'équipe sera conservé et que les départs permettront de recruter de nouveaux professeurs.

Les travaux de l'équipe s'insèrent dans l'industrie 4.0 et la fabrication additive. Les travaux autour du développement durable ont permis d'apporter des réponses sur la prise en compte de la fin de vie et de l'usage en conception. Ils se sont étendus en abordant les aspects produits services. Maintenant, les travaux s'orientent vers le concept de circularité. De plus, le traitement du flux d'informations et de données nécessitent de s'appuyer sur l'intelligence artificielle pour pouvoir les exploiter. Le laboratoire mène actuellement une action dans le cadre de l'institut de l'intelligence artificielle dans lequel l'équipe CPP s'insère pleinement.

Les axes que l'équipe souhaite développer durant le CQ 2021-2025

L'équipe CPP s'inscrit dans les grands axes affichés par le laboratoire du point de vue des enjeux sociétaux (transition écologique, transition numérique et la place de l'homme dans les systèmes de production), des axes prioritaires (soutenabilité et circularité, IA, organisation des systèmes de production, technologies innovantes). Les membres de l'équipe participent à des projets fédérateurs autour de l'industrie du futur (Industrie 4.0), de l'économie circulaire (CDP Circular), de l'intelligence artificielle (Institut d'IA et chaire).

Les travaux de l'équipe CPP vont se structurer autour de deux grands axes :

- l'axe systèmes industriels circulaires intelligents
- l'axe fabrication additive

Les nouveaux thèmes qui se dessinent autour de l'axe systèmes industriels circulaires intelligents sont liés à :

- Intégration en conception de la valorisation des produits et systèmes dans un contexte de durabilité et de circularité

- Intégration de la notion de valeur et des changements d'échelle en écoconception
- Conception des moyens de production dans le contexte industrie du futur : place de l'homme et des jumeaux numériques
- Conception intégrée et créativité dans les organisations industrielles complexes en intégrant la sûreté de fonctionnement

Les nouveaux thèmes qui se dessinent autour de l'axe fabrication additive sont liés à :

- Modélisation des procédés EBM et WAAM
- Formalisation des connaissances et intégration en FAO et en conception
- Optimisation topologique et fabricabilité
- Chaîne numérique
- Conception et fabrication de pièces intelligentes

Les évolutions possibles/probables de l'équipe

Durant le prochain quadriennal, trois professeurs seront à l'âge de partir à la retraite. La professeure la plus jeune est impliquée dans l'axe systèmes industriels circulaires intelligents et le maître de conférences HDR est impliqué dans l'axe fabrication additive. Le renouvellement des professeurs conduira à une redéfinition des axes scientifiques d'une part et à une réflexion sur le contour des équipes d'autre part.

11. Bilan de l'équipe 6 : Conception collaborative (CC)

11.1 Présentation de l'équipe

L'équipe CC est composée de 9 membres permanents, dont 2 PR et 3 MCF HDR. Pendant la période nous avons eu un départ en retraite (Guy Prudhomme) et un recrutement en 2018 (Romain Pinquié). Cela confère à l'équipe une bonne dynamique et un équilibre satisfaisant. L'animation scientifique est assurée par un séminaire régulier et une réunion d'équipe une fois par mois. L'équipe conception collaborative, depuis sa création, a pour projet de développer des connaissances sur les activités collaboratives de conception de produit et/ou de services. Nous sommes amenés à développer des environnements de conception qui préfigurent les systèmes de demain, les évaluer et analyser les transformations en termes d'activités. Par ailleurs, l'équipe a toujours analysé et accompagné les transformations des organisations à partir de méthodologies empiriques de terrain. Dans le courant de la période nous avons intégré Guillaume Thomann, issu de l'équipe CPP, nous apportant une composante santé/handicap comme nouveau domaine d'application.

11.2 Produits et activités de la recherche de l'équipe

L'approche résolument interdisciplinaire de l'équipe l'amène à publier dans des revues assez diverses parmi lesquelles on peut citer : International Journal of Product Development, International Journal of Production Research, CoDesign, Revue Française de Gestion, Systems Engineering. L'équipe est fortement impliquée dans les réseaux EURO-VR, IFIP working group 5.1 et Design Society, participant régulièrement aux manifestations de ces réseaux et à leur animation (conférences ICED, Design, PLM, EURO-VR) et comptabilise plus de 90 communications dans des conférences, internationales avec actes pour la plupart. Notons 3 best paper awards (ICED 2015, 2017 et Design 2018). Nous avons eu la chance de voir deux HDR soutenues (Marie Anne le Dain (2015) et Guillaume Thomann (2016)). L'équipe a par ailleurs participé à l'encadrement de 19 thèses soutenues dans la période. La longueur inhabituelle de deux thèses s'explique dans le cas de Jonathan Mouglin par un délai d'écriture allongé suite à un CDI après contrat CIFRE, et, dans le cas de Jean-Moise Kobenan par le retour sur un poste à responsabilité en Afrique. Actuellement 14 thèses sont en cours dans le périmètre de l'équipe. On peut citer la forte implication sur le Brésil grâce à l'action de Guillaume Thomann (trois thèses avec des étudiants de l'UFPB (Joao Pessoa) et 2 thèses avec des étudiants de l'UNESP (Sao Paulo)). Marie Anne le Dain a décroché un projet IDEX international apportant deux supports de thèse avec l'UFRGS de Porto Alegre.

Notons une croissance significative des projets institutionnels dans lesquels les permanents de l'équipe sont impliqués :

- 2 projets : ANR ACIC et OPEN! (PRCI)
- 2 projets H2020 : SPARK et OIPEC (Erasmus plus) et une fin de FP7 (VISIONAIR)
- 1 projet FUI PIAVE : CSF 4.0
- 1 projet SFR INNOVACS dont une thèse financée
- 1 projet financé Ministère des Sports (Centre National pour le Développement du Sport à destination du public en situation de handicap)

En cours :

- H2020 OPEN!NEXT belle réussite 2019 suite au projet OPEN!
- ANR Collaboration 4.0, COFFA, Beshape, GEOCAM toutes en collaboration avec l'équipe CPP
- IDEX (ISP) Codev4SmartPSS, collaboration internationale avec le Brésil

L'équipe collabore régulièrement avec l'équipe CPP, apportant une expertise dans le domaine du Knowledge Management sur les thématiques de la fabrication additive, avec l'équipe GCSP sur les aspects collaboratifs dans les systèmes de production pour la modélisation des systèmes de production, ou encore avec l'équipe SIREP sur les dynamiques inter-organisationnelles. Au niveau du site Grenoblois, l'équipe est amenée à collaborer avec le CERAG (gestion) sur les aspects innovation ouverte et business models pour l'open source, avec le LIG (informatique) sur des aspects IHM et systèmes d'information ou avec le GIPSA (automatique) sur des aspects robotique coopérative ou avec le LIP (laboratoire interdisciplinaire de psychologie) sur les aspects d'acceptation des nouvelles technologies par les utilisateurs. L'équipe est également représentée chaque année lors de la « Faïte de la Science », événement national majeur de vulgarisation scientifique, grâce à des activités expérimentales et scientifiques développées au laboratoire.

Moyens : Plateformes techniques

L'équipe s'enorgueillit d'un beau développement de la plateforme technologique réalité virtuelle et réalité augmentée au cours de ces cinq dernières années. Ce développement a été rendu possible, dans la suite de la dynamique du projet Visionair (2011-2015), grâce au FUI CSF 4.0, H2020 SPARK et des financements IDEX. Le personnel d'appui, recruté dans la précédente période (ingénieur d'étude Patrick Maignot et

technicien Sébastien Martin) a aussi grandement permis la pérennisation technique des équipements. Cela nous a permis d'amplifier le développement d'une plateforme qui incorpore toutes les fonctions de visualisation utilisées en réalité virtuelle et augmentée. Parmi les réalisations marquantes de cette période on peut noter, la mise en œuvre d'un mur d'image composé de 9 écrans 4K haute définition, la conception d'une mini cave immersive préfigurant un bureau de concepteur (projet VISIONAIR), dispositifs immersifs (hololense, HTC vive,...) (FUI CSF 4.0). Ces dispositifs nous permettent de développer des approches expérimentales d'observation impossible à mettre en œuvre dans des environnements industriels car au-delà de l'état de l'art actuel. Notamment le projet H2020 SPARK (2016-2018) a été possible grâce à ces infrastructures et l'effet cumulatif de notre approche permettant la conception d'un environnement de réalité augmentée spatialisée basé sur du mapping vidéo. En termes de valorisation l'équipe est active dans le Carnot Logiciels et Systèmes Intelligents (LSI) avec un ingénieur financé à 80% pour favoriser le transfert des résultats auprès du tissu industriel.

Approches méthodologiques : expérimentation, observation, terrain

Nous développons ainsi des approches méthodologiques différentes visant à aborder la collaboration entre acteurs hétérogènes sur des plans divers. Les modèles que nous développons :

- Modèles d'activité et d'interaction homme-système
- Méta-modèles de comportement pour la configuration de périphériques et d'environnements numériques
- Modèles d'activité pour le transfert de connaissances
- Modèles de processus de conception collaboratif interdisciplinaire dans le domaine de la santé notamment.

Nous nous appuyons sur des méthodes de recherche issues des sciences sociales (sciences cognitives, sociologie des organisations et sciences de gestion) et de l'ingénierie (modélisation système, méta-modèles...). Grâce à nos plateformes technologiques, nous développons des approches basées sur l'analyse de protocole, la capture et l'analyse audio et vidéo (par exemple la thèse de Fatma Ben Guefrech, Best paper award à Design 2008, projet H2020 SPARK). Cependant, les approches de terrain, historiquement plus importantes dans l'équipe, ne sont pas délaissées et fondent une bonne partie des travaux sur l'analyse des dynamiques d'acteurs (centré utilisateur, approches frugales, fablabs internes et créativité, etc.) et des pratiques de collaboration inter-organisations.

Quelques résultats marquants

Dans le cadre du projet ANR ACIC (en collaboration avec le CERAG) nous avons ainsi cherché à caractériser et à mesurer cette capacité d'absorption dans le cadre d'un projet d'innovation réalisé en réseau collaboratif. Ce travail a été au cœur de la thèse de Lamiae Benhayoun (2017) et du travail de post doc de Nestor Alaya (2017-2018). Une étude qualitative suivie d'une étude quantitative nous ont permis d'identifier des pratiques d'absorption et de proposer un modèle pour évaluer la pertinence de ces pratiques selon les situations possibles d'intégration d'une PME au sein d'un réseau collaboratif.

Les activités autour de la gestion des connaissances est toujours très présente dans l'équipe. Dans le cadre de la thèse CIFRE de Jonathan Mougin (2018), nous avons développé un outil permettant l'identification, la modélisation, et le transfert de connaissance permettant à un consultant d'analyser et de modéliser la situation et proposer des solutions organisationnelles et managériales pour permettre la mise en œuvre de ce transfert. Par ailleurs, dans le domaine des collectifs virtuels d'ingénierie nous avons proposé des outils de caractérisation, de gestion et d'animation de ces collectifs : (thèse CIFRE de Rachad El Badawi El Najjar 2017). En collaboration avec CPP la thèse de Christelle Grandvallet (2018) propose des résultats sur la structuration de connaissances métier dans le domaine de la fabrication additive.

Le projet ANR PRCI OPEN! (collaboration CERAG, TU Berlin, Univ. Von Humbolt) a permis de jeter les bases d'une étude sur les communautés de développement open-source de produits physiques (best paper award à ICED 2015). L'approche open-source hardware, inspirée de l'open-source logiciel, se développe actuellement fortement et propose un modèle alternatif aux modèles classiques de l'innovation ouverte et plus généralement de l'organisation industrielle. Ce projet a permis de mettre en place et de décrocher un projet H2020 avec le même noyau de partenaires Franco-Allemands (TU Berlin et Univ. Von Humbolt).

Plusieurs résultats marquants dans le domaine de la RV/RA : entre autres création d'un mini cave d'immersion, création d'une plateforme de mapping vidéo pour le co-design avec des utilisateurs. Un logiciel de jumeau numérique testé sur une usine réelle (4 chaînes de productions complètes) pour la supervision collaborative à distance (projet CSF4.0). Ce logiciel s'accompagne d'un simulateur de production développé en collaboration avec les équipes RO5P (Fabien Mangione) et GCSP (Gülgün Alpan), et un démonstrateur de formation au poste de travail industriel par réalité augmentée (projet CSF4.0) sur lunettes Hololens. A travers le projet H2020 SPARK nous avons été amenés à développer des méthodes d'observation directes et de codage en temps réel des sessions de conception (Cédric Masplet, Outil OBSERVER). Ces techniques peuvent être

utilisées in situ en entreprise pour la capture d'interactions gestuelles (thèse de Fatma Ben Guefrech, Best paper award à Design 2008).

Dans le domaine des réalisations physiques, on peut noter que les activités en liens avec le Conservatoire de Musique de Grenoble dans le cadre du projet AE2M (Adaptation Ergonomique du Matériel Musical) ont permis concevoir et de fabriquer notamment un produit très efficace pour frapper sur un instrument de percussion. Ce produit a été présenté lors de diverses journées et portes ouvertes dans différents conservatoires en France (Orsay, Limoges, Nice, Saint Nazaire et journées nationales) et est en cours de pré-industrialisation. Des travaux ont permis également le développement et la validation d'un outil d'aide à l'évaluation des fonctions motrices pour les enfants atteints de maladies neuromusculaires (collaborations CHU de Lyon et de Grenoble) et la validation expérimentale d'une plateforme de force couplée à un capteur de mouvement pour la mesure de l'équilibre postural. Ces travaux ont permis également de proposer un modèle processus de conception de produits d'assistance basée sur la conception centrée utilisateur (Thèse de Marcel Gois Pinto 2016), intégrant les concepts de modularités et les étapes d'identification des capacités des utilisateurs (thèse Julien Veytizou, 2014).

12. Projet et stratégie à 5 ans de l'équipe 6 : CC

12.1 SWOT de l'équipe

Les points forts (strengths)

- Projets de long terme (au-delà des modes), diversité de financement (incluant indus). Domaines porteurs, industrie, santé et handicap.
- Projets institutionnels forts (ANR, H2020...), membres impliqués dans de nombreux projets (incluant inter-équipes).
- Nouveau MCF recruté en 2018.
- Nos problématiques restent d'actualité, thématiques à fort potentiel (nouveaux environnements de conception, nouveaux modèles de collaboration, innovation ouverte), approche sur le collaboratif centré humain.
- Plateformes technologiques évoluées (RA/RV, Fab Add), réutilisation de développements.
- Des méthodologies de recherche éprouvées et variées, interdisciplinarité SPI/SHS.

Les points à améliorer (weaknesses)

- Manque d'actions complémentaires et de projets communs, dû à la pression des projets, les charges administratives et à la démographie de l'équipe.
- Thématique peu porteuse chez les industriels (trop en amont des pratiques actuelles ?), réduction des contrats industriels.
- Animation scientifique difficile (mobilisation des doctorants, participation aux séminaires, disponibilité pour participer aux réunions, ...).
- Pérennité et réutilisation des développements (aspect cumulatif...).

Les opportunités liées au contexte (opportunities)

- Mobiliser l'équipe autour de la thématique de la transformation digitale des entreprises.
- A2I, thématique Industrie 4.0/Industrie du futur, écosystème Grenoblois riche.
- Projets inter-équipes (ex. fabrication additive).
- Présence de compétences transversales reconnues (ex. KM, méthodes d'observation...).
- Retour des thématiques de l'IA, et outils ouverts.

Les risques liés au contexte (threats)

- Individualisation des projets et des comportements.
- Éparpillement thématique.
- Passer à côté de grands enjeux sociaux, environnementaux...
- Banalisation de la thématique de la collaboration et sortir des mots clefs.
- Vision purement techno de l'industrie 4.0 ou industrie du futur.
- Pyramide des âges (trou de génération entre « le » nouveau venu et « les » anciens).

12.2 Projet de l'équipe

L'équipe CC a construit son identité autour d'un objet de recherche commun que sont les processus de coopération dans les organisations. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux processus de

conception que ce soient des produits, des systèmes de production, ou plus récemment des services. La coopération est une clef de voute de la performance industrielle dans un environnement de plus en plus technologique. L'équipe contribue aux enjeux globaux du laboratoire dans le domaine des technologies innovantes (RA/RV, Fabrication additive, ...) et de la performance industrielle en se concentrant sur les phases de développement et de R&D, les organisations innovantes ouvertes et coopératives.

Axes que nous souhaitons développer

Nous souhaitons continuer notre action autour des activités collaboratives pour une ingénierie responsable et performante des systèmes. La coopération n'a jamais été autant au cœur des préoccupations et des enjeux actuels de l'industrie 4.0. En effet, si l'on considère uniquement l'entrée technologique de ces questions, il y a un risque de passer à côté d'un atout fort de ces technologies : leur capacité à permettre une coopération avec et entre les hommes. C'est pourquoi il nous paraît important de conserver une thématique forte autour de la collaboration dans les espaces humains/digitaux, la collaboration humain-humain médiatisée, ou plus classiquement la coopération homme/système. Si les technologies numériques sont de plus en plus présentes dans les environnements de travail, les objets physiques reviennent aussi sur le devant de la scène par le truchement des techniques de prototypage rapide. La question du rapport physique/virtuel dans la modélisation des produits se pose et les représentations partagées dans les équipes de conception changent de forme et de nature. On peut penser aux techniques de réalité augmentée par mapping vidéo, ou l'utilisation de lunettes immersives, etc. Le physique et le numérique cohabitent dans des représentations mixtes. Nous avons là un champ d'investigation renouvelé autour des questions de coopération et de représentations partagées.

- L'humain au cœur du processus d'ingénierie : Qu'il soit acteur de l'équipe de conception ou utilisateur très en aval de l'utilisation du produit-service, il doit d'être pris en compte dans toutes les phases de développement du système. Le processus et les outils et méthodes qui le constituent doivent donc intégrer d'une manière ou une autre l'Homme et tout ce qui le définit. Le résultat final sera pour lui, utilisé par lui, il sera le seul responsable de sa bonne utilisation et maîtrise.
- Toutes les phases du cycle de vie d'un système-produit peuvent être numérisées à tel point qu'on puisse parler de « jumeau numérique ». Malgré des avancées technologiques exceptionnelles pour la capture, le stockage, la transmission, l'exploitation, et la gestion des informations, les méthodes outillées pour le développement et la gestion de tels jumeaux numériques restent à inventer. Pour mieux maîtriser cette intégration, trois perspectives de recherche sont envisagées :
 - **Spécifier et Expérimenter de nouveaux scénarios opérationnels** – L'équipe soutiendra les industriels dans la recherche de nouveaux cas d'utilisation pour lesquels les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 apportent une valeur ajoutée significative comparée aux méthodes d'ingénierie traditionnelles en termes d'utilité c'est-à-dire en considérant les activités dans leur complexité.
 - **Dégager des recommandations techniques pour outiller ces nouveaux scénarios opérationnels** – Cela inclut notamment le prototypage de fonctions logicielles manquantes, en particulier pour réaliser le chainage numérique nécessaire à la continuité numérique entre les technologies, mais aussi le choix de matériels tels que les périphériques de visualisation et d'interaction. Des réponses seront apportées pour une numérisation raisonnée et parcimonieuse en lien avec les objets physiques.
 - **Analyser les impacts de ces nouvelles technologies sur les processus d'ingénierie** – L'équipe cherchera à mieux comprendre les facteurs ergonomiques et sociologiques de ces nouvelles technologies, les transformations en termes d'activité que cela induit. Sur la base des cas industriels nous tentons de formuler des connaissances génériques sur l'efficacité et les conditions d'usage des nouvelles technologies.
- La question de la participation des utilisateurs dans les processus de conception n'est pas nouvelle, mais elle prend aujourd'hui une importance particulière si l'on considère les utilisateurs extrêmes (personnes âgées, handicapées, professionnels de santé « non technologues », etc.). La participation d'utilisateurs finaux dans des phases amont d'innovation posent des problèmes nouveaux notamment de représentations partagées. Les nouvelles technologies toujours plus accessibles sont souvent vues par les utilisateurs de systèmes comme des boîtes noires hors d'atteinte et incontrôlable. Les enjeux d'aujourd'hui, notamment avec l'avènement des algorithmes intelligents (IA, réseaux de neurones, etc.) sont de proposer des produits industriels intelligents acceptés et compris par les utilisateurs finaux.
- La collaboration dans des organisations ouvertes, dépassant le périmètre de l'entreprise et s'ouvrant aux fournisseurs ou aux utilisateurs et clients est un enjeu important pour le futur. Les projets initiés autour de l'open source des produits physiques ont reçu un écho favorable de la part de la communauté scientifique et des financeurs (projet H2020 OPEN!NEXT) justifiant ainsi la pertinence de nos intuitions. Les premiers résultats montrent l'intérêt de l'étude de ces phénomènes et leur

pertinence sociale. Pour aller plus loin dans le paradigme de l'innovation ouverte nous allons continuer d'explorer le champ des communautés intégrant les PME et les fablabs.

- L'ingénierie des expertises et connaissances, l'utilisation des techniques de web mining et data science pour extraire de la connaissance et la structurer est un axe que nous souhaitons développer dans la prochaine période. Particulièrement, en collaboration avec CPP autour des applications de fabrication additive, ou dans le cadre du projet décrit plus haut avec des communautés ouvertes de conception.

Les évolutions possibles de l'équipe

Après 10 années sans évolution du groupe de permanents, dans les deux dernières années l'équipe a connu un recrutement, un départ à la retraite, et s'est renforcée par l'arrivée d'un permanent de l'équipe CPP. Ces arrivées ont renforcé notre potentiel autour des outils (virtuels et physiques), renforçant l'axe plateforme de l'équipe. Le départ à la retraite nous fragilise sur le plan des approches méthodologiques expérimentales qui sont pourtant un élément de reconnaissance de l'équipe au plan international. Il nous paraît important de conserver ce savoir-faire unique.

Annexe 1 : Lettre d'engagement

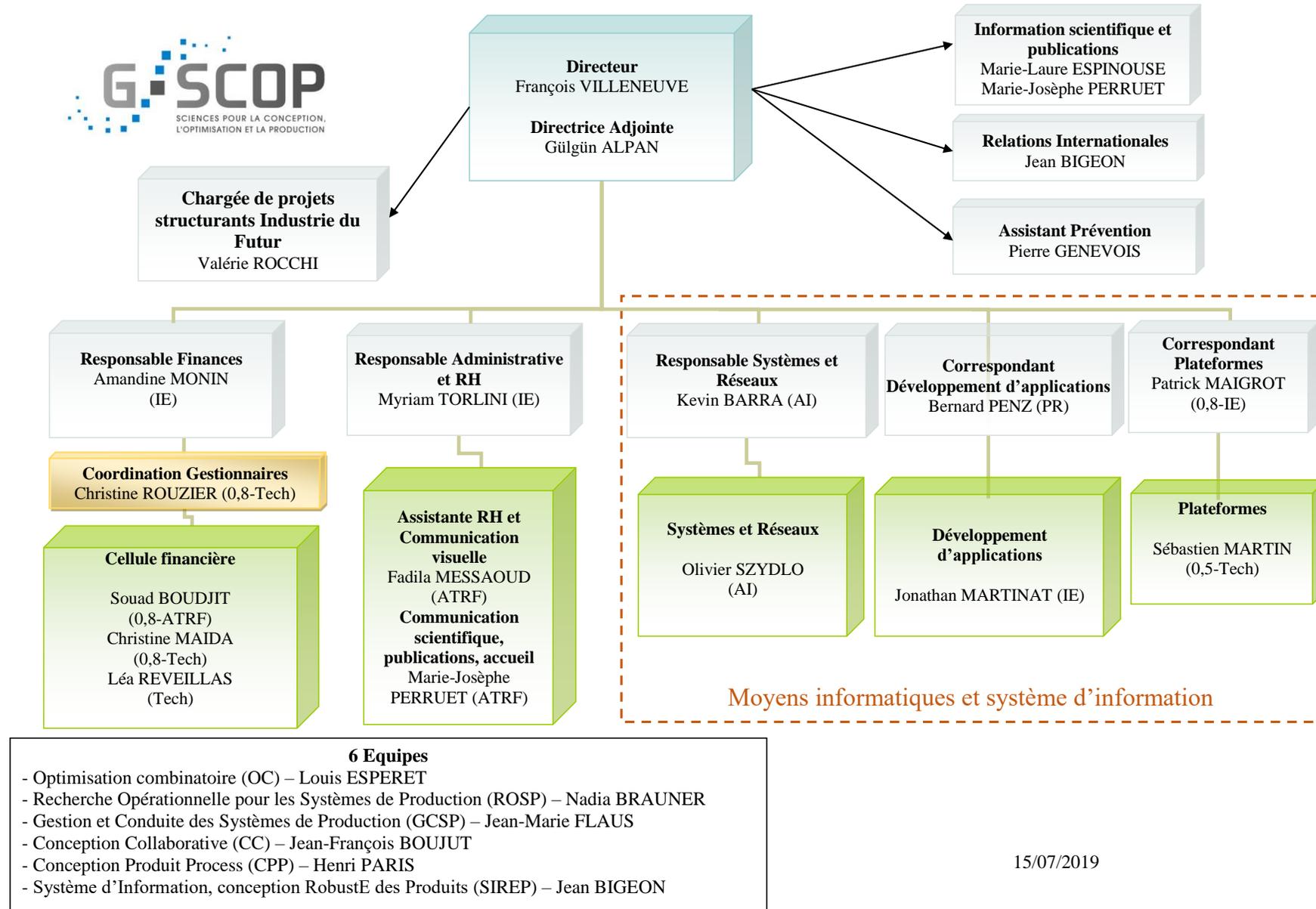
Annexe 1 : lettre d'engagement

Grenoble, le 15 juillet 2019

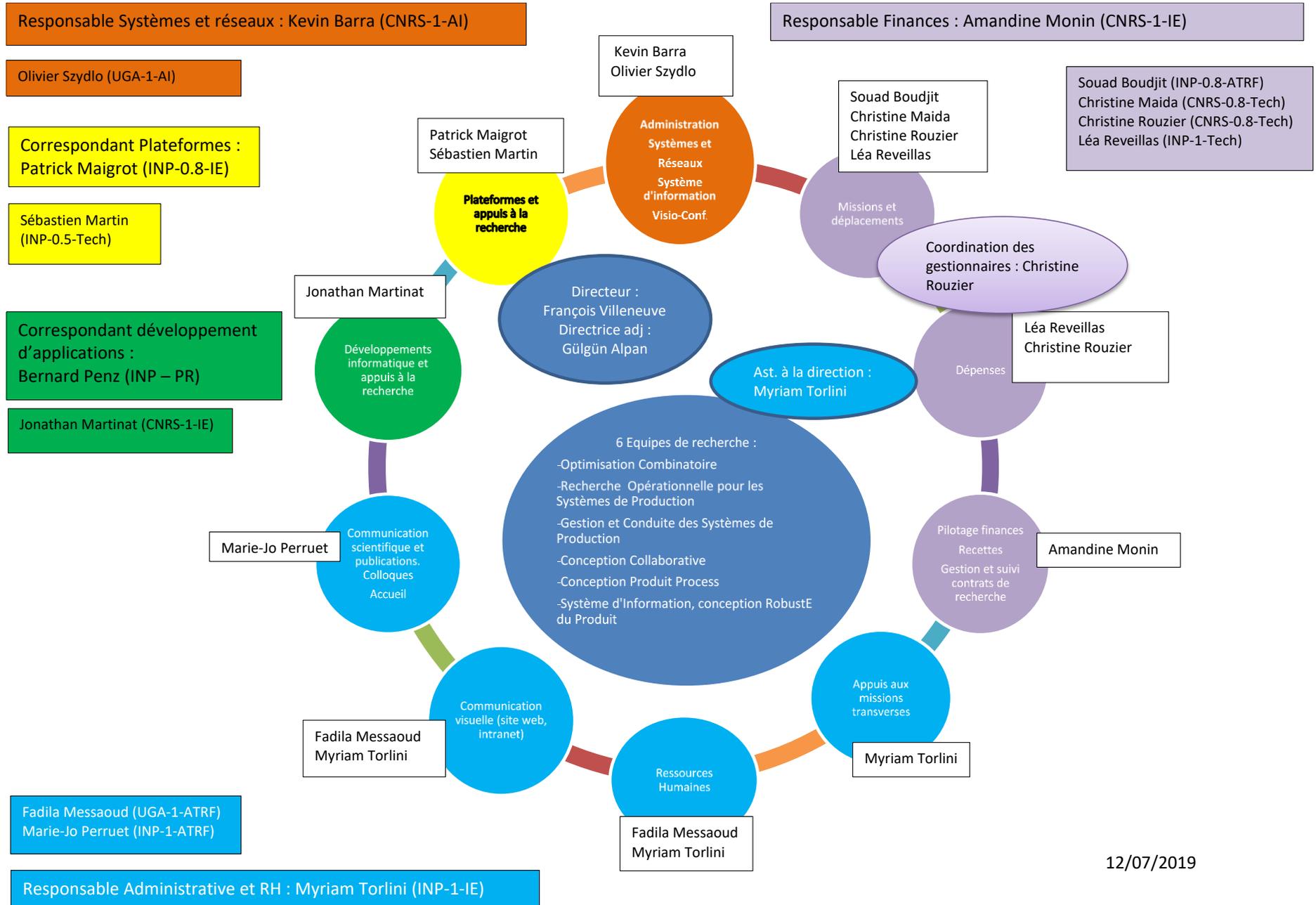
Je, soussigné, François Villeneuve, en tant que directeur de l'entité de recherche G-SCOP, Laboratoire des Sciences pour la conception, l'optimisation et la production de Grenoble, UMR 5272, certifie, par la présente, l'exactitude des données contenues dans le dossier d'autoévaluation, comprenant le document d'autoévaluation et les deux fichiers Excel « Données du contrat en cours » et « Données du prochain contrat ».

Signature

Annexe 2 : Organigramme fonctionnel



15/07/2019



12/07/2019

Annexe 3 : Équipements, plateformes, logiciels

Cette annexe décrit les plateformes et les équipements utilisés par l'unité. Une partie de ces moyens est hébergée et développée en collaboration avec AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes), plateforme technologique mutualisée, rattachée au réseau national AIP Priméca (S.mart).

1. Plateforme Vision-R

Cette plateforme comprend un ensemble de locaux et de moyens techniques dédiés aux expérimentations en sciences de la conception. Elle est développée en collaboration avec AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes), plateforme technologique mutualisée, rattachée au réseau national AIP Priméca (S.mart).

La plateforme Vision-R met à la disposition des utilisateurs des outils de **travail collaboratif** en mode présentiel ou à distance et des moyens d'observation et d'enregistrement de situations de travail multi-acteurs. De plus, elle couvre toutes les technologies de visualisation 3D qui permettent d'investiguer l'usage de ces technologies dans les applications des industries Mécaniques et Procédés associés.

Les principaux éléments disponibles sont une salle expérimentale permettant des simulations et l'enregistrement de corpus de situations de travail de conception collaboratives et une salle expérimentale sur des solutions immersives 3D pour la conception.

1.1 Salle expérimentale collaborative (Mexico)

Une **salle expérimentale** accueillant des postes informatiques et des caméras dont 4 peuvent être reliés à une régie permettant l'enregistrement et le mixage/vignettage instantané de 4 flux audio-vidéo.

Cette salle dispose en outre d'un **tableau interactif** et une **table multi-touch** permettant un travail commun de plusieurs acteurs présents dans la salle. Elle comprend également une nouvelle plateforme de **réalité augmentée spatialisée**, développée à l'occasion du projet SPARK.



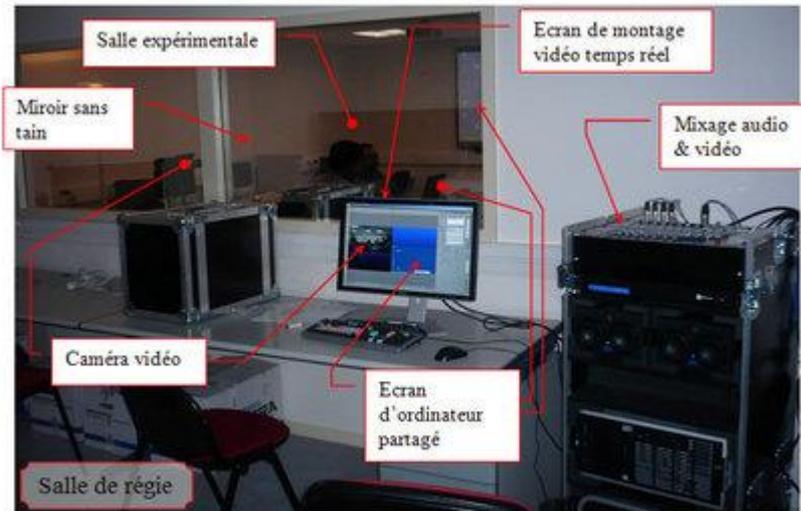
Enregistrement d'une situation de collaboration.



Table MultiTouch

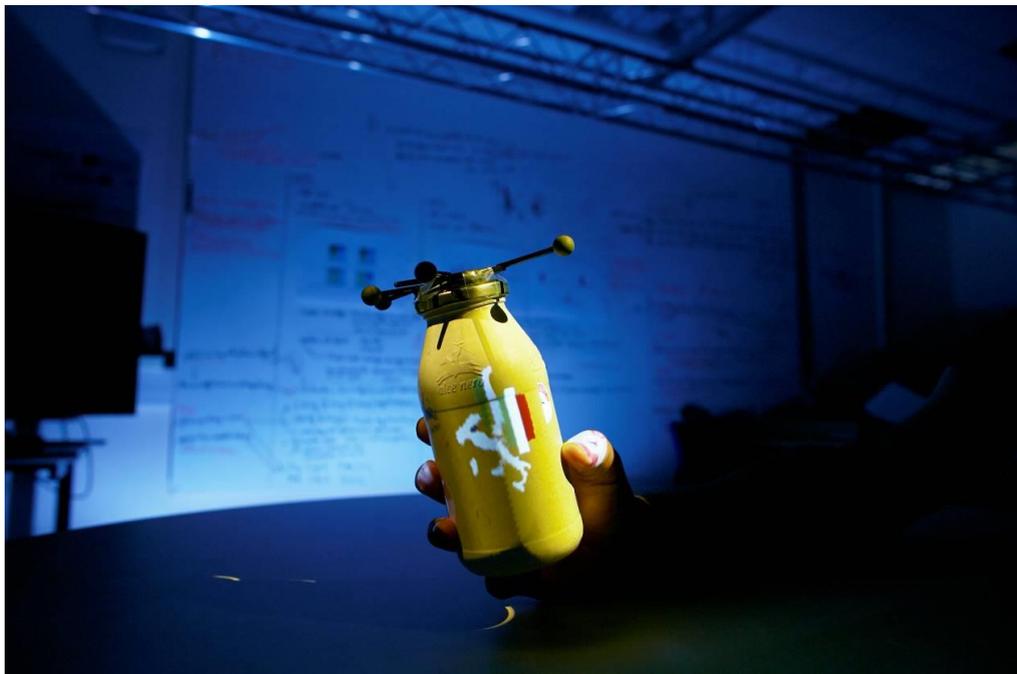
Une **régie** séparée de la salle expérimentale par une glace sans tain, équipé d'une table de mixage et d'une station de capture/postproduction permettant de sélectionner l'enregistrement des écrans d'ordinateurs et/ou de caméras vidéo filmant le comportement et les activités des ingénieurs en cours d'expérience, l'objectif principal étant l'analyse fine par les chercheurs des activités de conception et de l'usage des outils de collaboration mis à disposition des acteurs de l'expérience.

La plateforme possède également une régie portable permettant de réaliser des acquisitions in situ.



Régie d'enregistrement MEXICO

Cet espace a récemment été enrichi d'une plateforme de réalité augmentée spatialisée multi projecteurs, développée dans le cadre du projet européen SPARK.



Plateforme de réalité augmentée spatialisée

1.2 Salle de visualisation et d'interaction 3D pour la conception

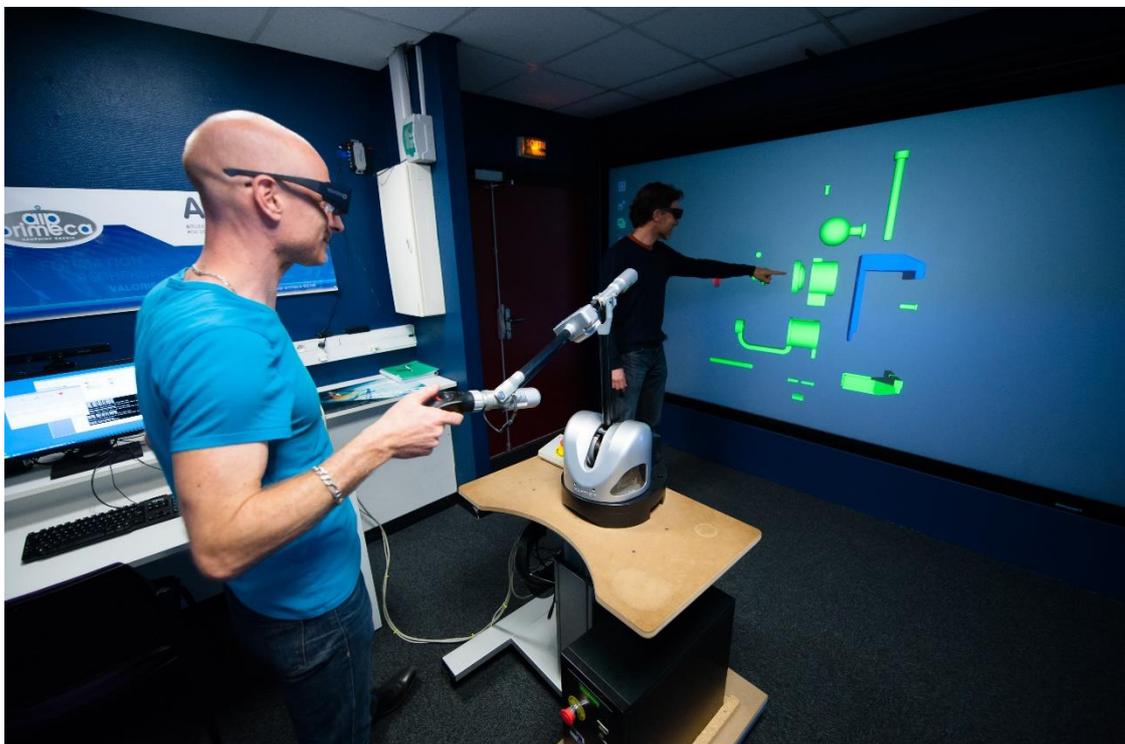
Cet espace accueille plusieurs équipements d'aide à la conception. Le développement de cette plateforme a accompagné le pilotage de l'infrastructure de recherche Européenne financée dans le cadre du FP7 sur la visualisation et l'interaction (Visionair).

Dans le cadre des recherches menées sur la plateforme, nous développons des solutions immersives de tailles réduites dont la vocation est de pouvoir être déployées dans des bureaux d'études sans demander un espace trop volumineux.

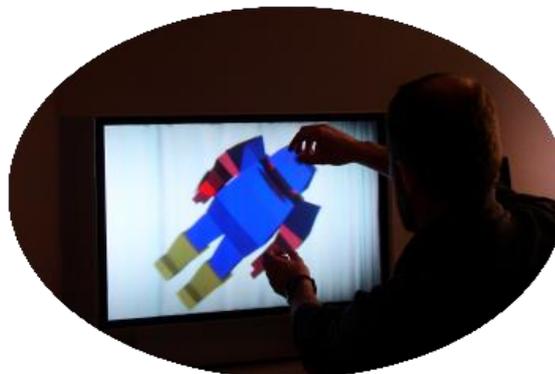


La salle de visualisation et interaction

Les équipements disponibles sont :



Un **mur stéréoscopique** couplé à un **bras haptique**.



Un écran **holographique**



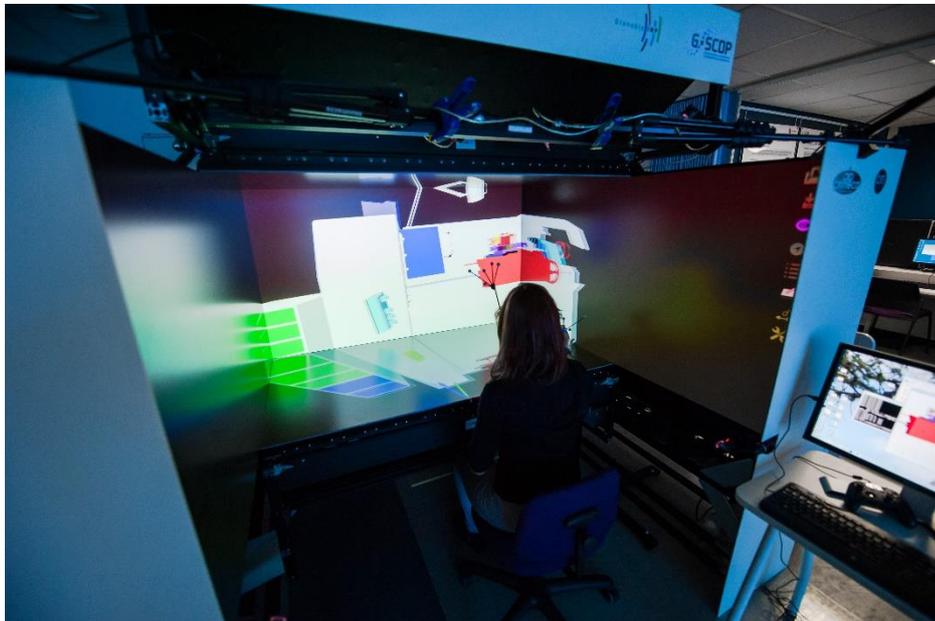
Un écran **tactile orientable**



Des **visiocasques**



Un **mur d'image** très haute définition



Un **bureau immersif** de conception originale, développé pour l'unité (mini CAVE)



Un **hololens**

2. Plateforme Fabrication additive

L'espace de fabrication additive et de prototypage rapide est installé dans les locaux du pôle AIP Priméca DS (S.mart Grenoble Alpes).

Les laboratoires G-SCOP et SIMAP se sont associés pour développer la chaîne complète de conception, production et caractérisation des produits métalliques obtenus en Fabrication Additive. Ils possèdent depuis juillet 2012 la première machine à faisceau d'électrons (EBM) implantée dans le milieu universitaire français et depuis octobre 2017 une cellule de soudage robotisée dédiée à la fabrication WAAM (Wire and Arc Additive Manufacturing).

Les technologies de **fabrication additive** suscitent aujourd'hui un réel engouement et connaissent un développement extrêmement rapide. Elles permettent notamment des libertés nouvelles dans la conception et le design des pièces. Comparées aux approches conventionnelles de fabrication par enlèvement de matière (fabrication soustractive), elles apparaissent également comme durables environnementalement, en étant moins consommatrices d'énergie (la matière subit moins d'étapes intermédiaires) et moins génératrices de déchets. Elles sont aujourd'hui assez largement diffusées dans le cas des polymères et des métaux.

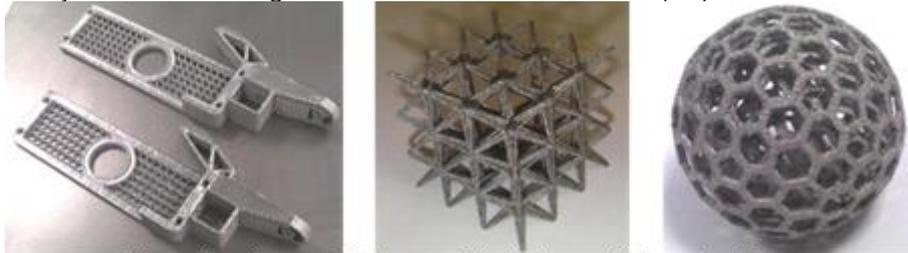


Figure 1 : pièces réalisées par fabrication additive métallique

Le site grenoblois s'est doté en 2012 d'un équipement de fabrication additive de type « **Electron Beam Melting** » (fusion locale des poudres par faisceau d'électrons), précisément destiné aux pièces métalliques (figure 2). Cet équipement est le premier implanté sur site universitaire en France. Cet investissement s'est fait dans le cadre d'un partenariat entre le Labex CEMAM (Centre d'Excellence sur les Matériaux Architecturés Multifonctionnels) et l'AIP PRIMECA Dauphiné Savoie, avec le soutien de Grenoble INP et de la région Rhône-Alpes. Il faut noter qu'au niveau mondial, environ une dizaine seulement de ces équipements sont implantés sur site universitaire.

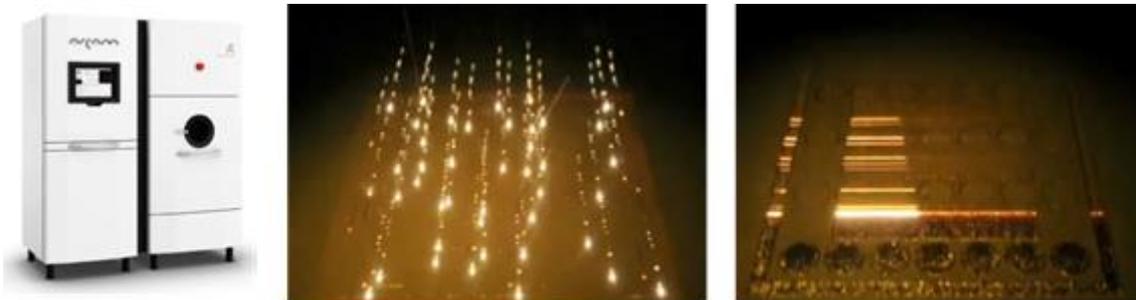


Figure 2 : La technologie de fusion par faisceau d'électrons (EBM)

Grâce aux compétences croisées des partenaires de cet investissement, le site grenoblois dispose d'un atout quasi unique autour de ces procédés, à savoir la possibilité d'aborder cette thématique au travers d'un **double regard Matériaux et Conception de produit**.

Les intérêts du dispositif de type « EBM », pour lequel la fusion des poudres est assurée par faisceau électronique fonctionnant sous vide, sont multiples. Du point de vue matériau, outre l'absence de contamination assurée par le vide, cette technologie est celle qui permet les structures métallurgiques les mieux contrôlées et par là-même les propriétés finales les mieux maîtrisées. Du point de vue du procédé, elle autorise aujourd'hui les topologies les plus complexes de même que des cadences de production plus élevées que ses concurrentes.

Depuis octobre 2017, une cellule de soudage robotisée dédiées à la fabrication WAAM vient compléter l'EBM grâce aux investissements communs de la région Auvergne-Rhône-Alpes, de Grenoble INP, de S.mart et du laboratoire G-SCOP. Les technologies de Fabrication Additive nommées WAAM utilisent un arc électrique pour fusionner un métal d'apport sous forme de fil. La pièce 3D est ainsi générée par empilement des cordons de soudure à partir de tout type de matériau soudable : acier, aluminium, inconel, titane.

La cellule est la première de son genre sur le domaine universitaire alpin dédiée à la fabrication additive et équipée thermiquement. Elle est formée d'un poignet extérieur 2 axes et d'un robot 6 axes DX200 de Yaskawa sur lequel est monté une torche de soudage CMT de Fronius (figure 5). La technologie CMT (Cold Metal Transfer) est une technologie de soudage particulière, dérivée de la soudure à l'arc MIG/MAG, qui permet le dépôt d'un cordon de soudure avec une meilleure maîtrise de la thermique et en limitant les projections. Cette technologie qui révolutionne le monde de la soudure vient également bousculer le monde de l'additif grâce à son très fort potentiel pour réaliser des pièces par dépôts successifs de cordon.

La cellule CMT est une des machines les plus prometteuses pour le futur de la fabrication additive métallique. Elle utilise par exemple des bobines de fil qui sont moins contraignantes d'un point de vue sanitaire et qui sont plus économique que les poudres métalliques utilisé par la majorité des machines additives métalliques (figure 6). Cette technologie est également beaucoup moins limitée que ces concurrentes par la taille des pièces à produire. Tous ces atouts lui donnent un avantage considérable sur le marché de la production de pièces pour les domaines aéronautique et automobile.

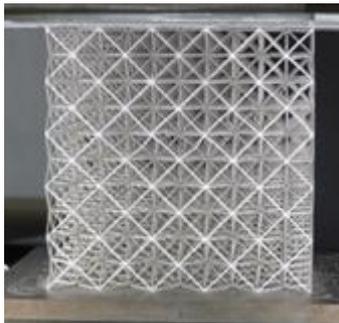


Figure 3 : caractérisation du module de Young d'un matériau architecturé

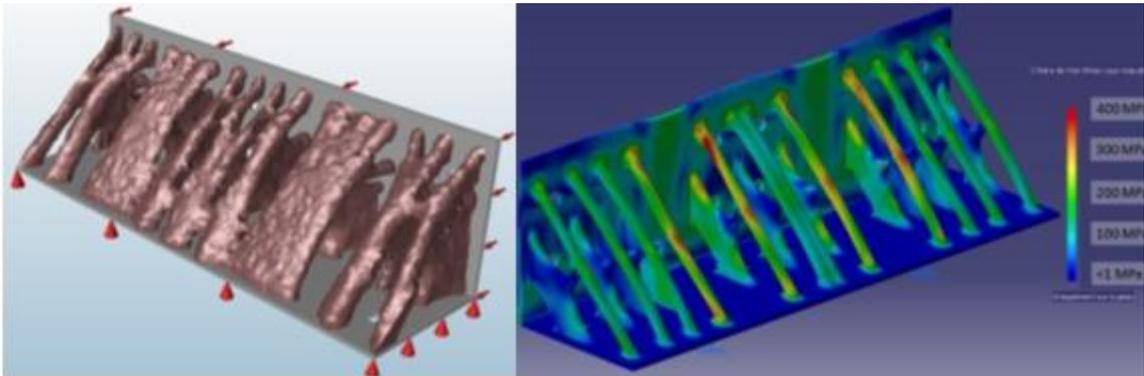


Figure 4 : Pièce optimisée pour la fabrication additive



Figure 5 : Cellule de soudage robotisée – WAAM CMT



Figure 6: Exemple de pièces en aluminium réalisées avec la Cellule WAAM CMT

Les thèmes de recherche abordés concernent les matériaux architecturés, la caractérisation et la modélisation des procédés EBM et WAAM, la conception et l'optimisation topologique des pièces pour la fabrication EBM, la maîtrise de la qualité des pièces fabriquées, le développement d'une chaîne numérique pour la fabrication additive, la gestion et l'intégration des connaissances relatives aux procédés au cours du processus de conception. En ce qui concerne la partie matériaux architecturés les sujets développés concernent leur conception, leur réalisation, la prévision et la mesure de leurs caractéristiques (figure 3) et leur intégration dans des pièces de nouvelle génération. Concernant la conception nous travaillons sur une méthodologie de conception pour la fabrication additive et les outils numériques associés (figure 4).

En plus de ces deux procédés, l'espace dispose de

- Procédés d'impression 3D : FDM, poudre et métaux par fusion laser, polymères photosensibles
- Machine de Stratoconception
- Machine de Découpe laser

La liste détaillée des matériels de la plateforme est la suivante : Imprimante 3D résine photosensible - EnvisionTEC modèle Zbuilder Ultra, Imprimante 3D à poudre polychrome - Zcorp modèle Zprinter 650 + Infuzer, Parc d'imprimantes 3D FDM, Machine de prototypage par procédé stratoconception - Mécanuméric MS1015 + table à dépression + insonorisation, Machine de découpe laser - Laserfusion+, Scanner 3D laser sur bras polyarticulé - Metris MCA 24 M7, Système de coulée sous vide - KLM V400 AD.

3. Plateforme Operations Management

Préambule : Cette plateforme s'insère dans le projet de rénovation du site Viallet de Grenoble INP (CPER A21 (2016-2021)). Les travaux sont prévus pour la période automne 2019 - printemps 2020 et la plateforme ouvrira ses portes en septembre 2020, avec un espace dédié de 300 m².

De nouvelles technologies, issues du numérique (gestion des données massives, internet des objets, intelligence artificielle, etc.) mais concernant aussi les systèmes physiques (fabrication additive, cobotique, capteurs intelligents, etc.) contribuent à l'avancée industrielle, mais bouleversent également l'organisation de toute la chaîne de valeur. Pour donner quelques exemples concrets, ces technologies permettent la production de produits uniques et personnalisés, et, malgré de faibles volumes de fabrication, l'industrie doit s'organiser autrement pour maintenir ses gains. Ils permettent, par exemple, au consommateur de communiquer avec les machines connectées durant les phases de réalisation de son produit personnalisé, et de modifier ses options. Les défis pour maîtriser ces pratiques sont nombreux, comme le fait d'assurer une excellente synchronisation de l'approvisionnement des composants. Des données peuvent être collectées pendant la production afin que le produit devienne pilote de sa propre production (déclenchement de requête de matière, réservation de poste ou machine, remontée de performance de production).

L'humain reste essentiel au bon fonctionnement de l'industrie dotée de ces nouvelles technologies. Nous pensons que les nouvelles technologies ne peuvent pas remplacer l'humain, mais modifieront profondément son environnement et ses méthodes de travail. Il sera ainsi nécessaire de reconsidérer la place de l'humain dans les systèmes de production et son interaction avec les nouvelles technologies, dans le but de converger vers des systèmes de production plus agiles, plus sûrs et plus efficaces avec des conditions de travail meilleures pour les opérateurs.

L'objectif de la plateforme « Operations Management » est de contribuer au développement de solutions innovantes pour l'organisation industrielle et l'optimisation des opérations dans un contexte de l'industrie 4.0, en prenant en considération la place de l'humain dans ce contexte. Pour ce faire, la plateforme sera équipée d'un ensemble de nouvelles technologies clefs de l'industrie 4.0. Ces équipements permettront d'émuler une chaîne logistique réelle. Des solutions innovantes issues de la recherche pour l'organisation des chaînes logistiques pourront ainsi être « physiquement » mise en place, simulées et testées in situ. Les outils mis à la

disposition permettront aussi l'observation et l'analyse des collaborations et cohabitation entre opérateurs et ces nouvelles technologies.

Les équipements envisagés sont les suivants. Signalons que des financements sont d'ores et déjà obtenus pour certains d'entre eux :

- Des **postes de travail connectés et ergonomiques** (financé partiellement par la Région, ComeSUP 2018-2019) pour la partie atelier.
- Une **Armoire de stockages/déstockages automatiques**, pour la partie warehouse.
- Les **systèmes autonomes de logistique interne** (robot mobile autonome, drone d'inventaires, ...) réalisent de manière agile la continuité des flux physiques de l'atelier (financé partiellement par le FEI 2018 du CNRS).
- Un **bras cobot** capable de réaliser de multiples tâches, aux moyens de différents outils, dans le même environnement que l'opérateur humain, en interagissant avec celui-ci.
- Un **écran tactile grand format** pour visualiser le flux de l'atelier, anticiper l'évolution des configurations des postes de travail, faciliter l'appropriation de ces évolutions pour les opérateurs, mais aussi pour visualiser certains résultats de recherches en optimisation.
- Des **équipements pour capter des données du système physique** : IoT, géolocalisation, lecteurs de codes-barres, balisages RFID, tablettes pour les postes de travail, capteurs de mouvement légers, caméra IA. Ces outils seront utilisés pour observer l'activité des utilisateurs et les flux, permettant de faire évoluer les postes de travail vers un contexte plus collaboratif et interactif (financé partiellement par le projet IDEX formation « Industrie 4.0 »).
- Des **Systèmes d'information industriels** (en particulier MES et WMS) pour permettre l'alignement des flux physiques et des flux informationnels.

mais aussi :

- Des **lunettes de réalité assistée** permettant une interaction entre deux opérateurs, à distance et en temps réel, incluant un système de réalité augmentée. Ce système permettra à la fois la réalisation de diagnostic à distance ainsi que la formation des nouveaux opérateurs en un temps court. Notons que G-SCOP développe une expertise sur la RV/RA pour la conception depuis plusieurs années (c.f. la plateforme VisionR). Nous profiterons de cette expertise, ce type d'équipements pouvant être mutualisé entre les deux plateformes.

Notons que la plateforme ne sera pas figée par rapport aux technologies déployées. En effet, elle sera rapidement configurable, afin de faciliter la mise en place et l'évaluation des différentes technologies citées ci-dessus et de nouvelles organisations.

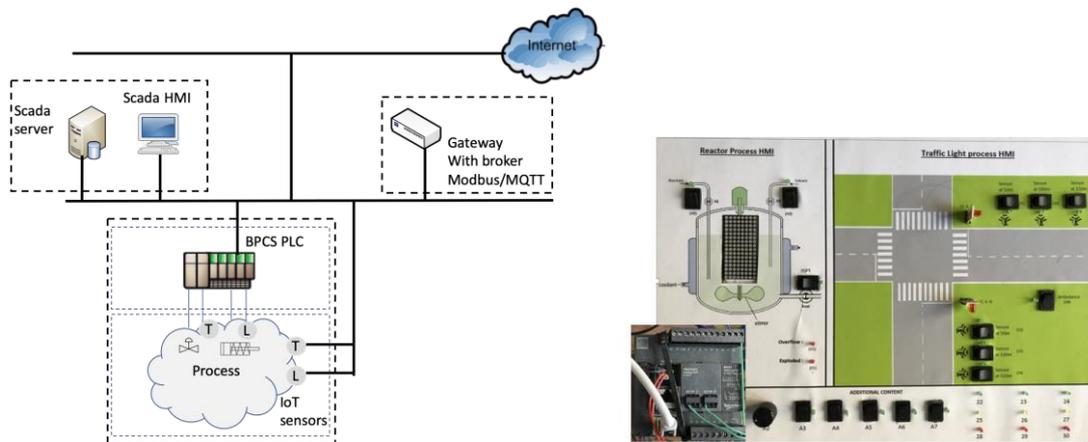
Le public concerné par la plateforme Operations Management est multiple. Elle est destinée à la formation, la recherche et la valorisation. Les chercheurs du laboratoire G-SCOP en lien avec d'autres laboratoires du site Grenoblois (LIG, PACTE,...), pourront y partager leurs expertises et développer des connaissances en génie industriel, informatique, robotique, ergonomie... et présenter des démonstrateurs issus de la recherche (par exemple, l'outil interactif d'aide à la décision sur jumeaux numérique développé dans le cadre du projet de recherche CSF4.0, un démonstrateur de système de production circulaire, dans le cadre du CDP Circular...)

4. Dispositifs expérimentaux divers

4.1 Dans le domaine de la gestion de l'énergie

En collaboration avec les entreprises Vesta-System et GA SA, plus de 200 capteurs communicants par ondes radios, collectant pour la plupart leur énergie dans leur environnement, ont été déployés dans le but d'étudier les interactions occupants-bâtiment. Les espaces instrumentés ont servi de plateforme à divers projets de recherche impliquant des partenaires industriels comme EDF, ENGIE, ELITHIS, ... et institutionnels comme le CSTB, le CEREMA, ... (ANR MAEVIA, ANR OMEGA, ANR INVOLVED) en support de travaux sur l'estimation, la modélisation et la simulation des pratiques des occupants et leurs impacts physiques (énergie, qualité d'air, thermique,...), mais également sur la génération de stratégies énergétiques avec les occupants dans la boucle. Cela a conduit à des résultats importants sur l'apprentissage interactif et sur la génération d'explications afin de faciliter la coopération homme-ordinateur (gestionnaire énergétique prédictif).

4.2 Cybersécurité industrielle (SCADA et Industrial IoT)



Dans le cadre du projet Cybersmartlearn, une plateforme permettant de simuler un système industriel de contrôle commande traditionnel ou à base d'IIoT industriel [OS-hal-02073551] a été développée. La plateforme permet une simulation hybride mêlant des éléments simulés et des éléments implantés physiquement : processus piloté, réseau, PLC (Programmable Logic Controller) et SCADA. En mode simulation totale, tout est simulé ce qui permet des expérimentations souples, en mode réel tout est implanté physiquement, permettant des tests plus réalistes. Différents protocoles industriels et IIoT sont implantés comme par exemple Modbus ou MQTT.

La plateforme permet de simuler différents types d'attaques et de pannes. Elle est destinée à l'évaluation des approches pour la cybersécurité des systèmes industriels, notamment celles à base d'apprentissage. Une de ses spécificités est de permettre d'évaluer la capacité des approches à distinguer entre les cyberattaques et les autres problèmes de dysfonctionnement et est utilisée dans plusieurs projets avec le monde industriel.

4.3 IIoT et Sécurité et Santé au Travail (SST)



La maquette repose sur des capteurs IIoT caractérisant les ambiances et conditions de travail, ceux pouvant être portés par l'opérateur ou non. On trouve par exemple des capteurs de bruit, de température, d'éclairage, de polluants atmosphériques, de localisation gps, de grandeurs physiologiques (cardio-fréquencemètre, dépense énergétique) ...

Les objectifs de cette maquette sont de développer des approches pour :

- L'évaluation des ACT de l'opérateur et adaptation du pilotage du process pour préserver sa santé, améliorer la qualité de vie au travail (QVT), éviter les arrêts de travail, l'absentéisme, voire les maladies professionnelles
- Le pilotage du process en ajoutant des critères tenant compte de l'état de santé et la dépense énergétique afin de s'adapter à l'opérateur et préserver le rendement humain et donc global

5. Ressources informatiques du laboratoire

Nous disposons d'un parc de 200 machines en production dont 50 % sont des portables. La majorité des machines sont sous Windows, 14 % sont des Mac, les autres machines tournent sous Linux. Les machines sont renouvelées au maximum 5 ans après leur mise en service.

Le service informatique d'exploitation assure le support de 180 utilisateurs et 200 postes clients sécurisés (chiffrés). Il administre le parc du laboratoire : 30 serveurs propres à l'unité dont 80% virtualisés, 10 serveurs gérés

conjointement avec l'INP, 10 concentrateurs réseau. Il gère et veille à la sécurité des données utilisateur : 5 To de données personnelles et collaboratives stockées à distance et sauvegardées, 20 To de données de postes clients sauvegardées automatiquement.

Les services proposés sont listés ci-dessous :

- Internet en accès filaire et Wifi
- Messagerie Zimbra et listes de diffusion
- Stockage de données de recherche avec accès local et cloud
- Hébergement d'applications Java, de bases de données
- Hébergement de sites Web et pages personnelles
- Mise à disposition de serveurs de calculs et d'applications de recherche
- Mise à disposition de postes clients configurés et sécurisés
- Création à la demande de serveurs virtualisés
- Service d'impression sécurisée
- Vidéoconférence
- Service d'infrastructure, de gestion de parc, de supervision, de sauvegarde
- Aide et conseils techniques

Les logiciels déployés à la demande sont

- MS Project Pro
- Solidwork
- Visio Pro
- CATIA
- CPLEX
- MATHCAD
- MOLDFLOW
- PROENG
- MatLab
- ...

Certains logiciels sont déployés par défaut comme Microsoft Office et l'antivirus Kaspersky.

6. Logiciels développés au laboratoire

Durant ces dernières années, des logiciels ou applications ont été développés au sein du laboratoire. L'équipe de développement travaille en collaboration avec les différentes équipes des pôles de compétences sur des projets de recherche. De plus, des applications développées par des équipes de recherche ont pu enrichir la création logicielle et valoriser la recherche. On pourra également se référer à l'annexe pour une liste des logiciels développés dans le cadre de recherches menées au cours du quinquennal.

Voici ci-dessous une liste des logiciels développés ces dernières années au sein du laboratoire. Pour complément on se référera à l'annexe 4 I.4. Produits et outils informatiques.

6.1 Logiciels développés dans le cadre des activités de réalité virtuelle

CVE : Collaborative Virtual Environment : noyau logiciel qui permet d'opérer toutes nos technologies de réalité virtuelle et augmentée. Basée sur une approche originale de méta-modélisation il permet la connexion de périphériques variés et distribués sur un réseau. Cela produit une approche unifiée du partage d'information entre périphériques différents. CVE procure des résultats en temps réels pour des rendus en réalité virtuelle et augmentée. Auteur : Frédéric Noël

VRCAD : outil de manipulation de données CAO dans des environnements de réalité virtuelle. Cet outil propose une chaîne numérique pour manipuler en RV des données issues de tout code CAO commercial. Dans un CAVE ou dans un casque de Réalité virtuelle ou sur un mur d'image les modèles CAO sont manipulés avec des possibilités d'annotation de modèle. VRCAD est développé sur la base CVE. Auteur : Frédéric Noël

STEP2VR : outil de traduction de données CAO au format STEP en données pour la réalité virtuelle. Auteur : Frédéric Noël. Mise en forme comme service web : Patrick Maignot

POSIT : outil de positionnement de capteurs sur des structures de grandes dimensions en Réalité augmentée. Cet outil est dédié à aider les opérateurs qui pratiquent du contrôle non destructif (CND) pour poser les capteurs et après analyse CND localiser sur la structure réelle les positions des fissures détectées. Le dispositif basé sur de l'analyse d'image évite à l'opérateur toute mesure désignant sur écran la position du capteur ou de la fissure. POSIT est développé sur la base de CVE. Auteurs : Frédéric Noël et Noha Wang.

FORMATION AU POSTE DE TRAVAIL : il s'agit d'une preuve de concept d'outil de formation au poste de travail dans un environnement de réalité augmentée avec des lunettes HoloLens. L'opérateur reçoit les instructions de travail directement via des lunettes See-Through donc en mode mains libres pour ses opérations standards. Preuve de concept développée sur la base Unity 3D. Auteurs : Andreas Pusch, Frédéric Noël.

Jumeau Numérique d'Usine : DT4.0 : il s'agit d'un outil permettant la représentation et la simulation du fonctionnement d'une usine. A distance dans un environnement 3D éventuellement immersif on visualise les KPIs de l'atelier. On peut simuler une production pour décider des meilleurs scénarios de production des jours à venir. L'outil s'accompagne d'une intégration d'une chaîne numérique pour déployer cette solution industriellement. Projet basé sur Unity 3D pour le rendu visuel et sur un simulateur de flux. Auteurs : Bruno Got, Grigory German, Frédéric Noël, F. Mangione, G. Alpan.

6.2 Logiciels dans le cadre des recherches en éco conception

Cloée (Closed Loop Environmental Evaluation) est un logiciel de calcul de bilans environnementaux pour des produits qui suivent des cycles de vie bouclés.

ReSICLED : outil informatique d'aide à l'éco-conception. Logiciel d'évaluation de la recyclabilité de produit électro(n)ique permettant l'amélioration de la conception du produit (éco-conception orientée fin de vie).

Réduire les impacts environnementaux des produits est devenue une nécessité sociétale afin de faire face aux enjeux du développement durable. C'est également un impératif pour le monde industriel qui se traduit notamment par la prise en compte de la phase de fin de vie des produits dès leur conception.

Cette démarche d'éco-conception dispose désormais d'un outil informatique pertinent destiné aux concepteurs de produits électriques et électroniques. Le logiciel Resicled a été développé par une équipe de recherche du laboratoire G-SCOP à Grenoble. Il permet aux concepteurs d'évaluer le taux de recyclabilité de leurs produits, d'identifier les points faibles de conception et d'envisager des stratégies de re-conception selon les résultats. L'outil se veut pédagogique, il accompagne le concepteur dans sa démarche d'éco-conception.

6.3 Logiciels dans le cadre de recherches en recherche opérationnelle

Optimisation des interventions terrain des techniciens ENEDIS.

Problème de tournées de véhicules avec contraintes métiers telles que fenêtres de temps sur les interventions, pauses, gestion des compétences, multi-dépôt, interventions reportables, interventions multi-agents. Le livrable du projet est un rapport de synthèse portant sur les développements réalisés pour répondre au cahier des charge d'Enedis. Le rapport contient en outre la description du code informatique développé pour ce cahier des charges ainsi que les éléments de modélisation mathématique associés.

Agriplan

Outil d'aide à la décision pour le dimensionnement de fermes maraîchères (investissements, produits, sélection de clients). Cet outil d'aide à la décision permet à un conseiller agricole ou à un chercheur de simuler rapidement le fonctionnement d'une ferme et d'une filière agricole et d'optimiser son dimensionnement et la planification des activités (productions agricoles, commercialisation, logistique, services) en fonction de différents scénarii sur les rendements, la main-d'œuvre et l'évolution de la demande. Application orientée Web pour collaborer avec d'autres acteurs.

Ordonnancement en production au CEA/Leti (contrat de collaboration de recherche)

Etude et spécification d'un système permettant la gestion de l'ordonnancement dans le respect des échéances ; réalisation d'un prototype logiciel pour assurer cette gestion. Le prototype est suffisamment bien défini, opérationnel et efficace pour avoir été intégré au système d'information et avoir été mis en production : il gère plus de 90% de l'en-cours depuis près d'un an.

Solveur de découpe de plaques de verres – prix du challenge ROADEF 2018

Florian Fontan et Luc Libralesso, tous deux doctorants au laboratoire G-SCOP ont remporté le premier prix du challenge ROADEF 2018, en mettant au point une méthode d'optimisation industrielle qui a été adoptée par Saint-Gobain. Le spécialiste français des matériaux est venu à leur rencontre lors d'un séminaire, qui s'est tenu le jeudi 21 mars à Grenoble INP – Ensimag.

Solveur de remplissage de conteneurs

Le challenge ESICUP 2015 était proposé par ESICUP (EURO Special Interest Group on Cutting and Packing) et Renault, à destination des chercheurs, et consistait à écrire un logiciel de remplissage de conteneurs pour l'expédition de pièces de Renault à travers le monde. L'objectif était de minimiser le volume de conteneurs

utilisés en respectant certaines contraintes industrielles. Le challenge se décomposait en 2 catégories : logiciel rapide (moins d'une heure pour traiter le jeu d'instances) et lent (6 heures). Olivier Briant et Denis Naddef ont gagné le premier prix dans les deux catégories. Ces travaux ont été présentés en mai 2016 au 4th International Symposium on Combinatorial Optimization, Vietri sul Mare (Salerno), Italie.

6.4 Logiciels dans le cadre de recherches en gestion de production

ODDEVS - Online Diagnosis for Discrete Event Systems.

Localisation des causes de dérives de fonctionnement dans un contexte multi-causes, complexe et fortement incertain à base de techniques d'intelligence artificielle.

RISM V1

en date du 1/7/2016, dépôt APP n° IDDN FR 001 530034.000.S.P.2016.000.20000

Assembly Sequencer Modeler

Assembly Modeler est un logiciel de modélisation de séquences d'assemblage. Il permet d'accompagner le design d'un système d'assemblage depuis la création de la séquence d'action à réaliser jusqu'à l'affectation de ces actions à des ressources d'assemblages (opérateurs, machines, robots).

INDICOM

Logiciel en Python pour le traitement de données de bâtiment développé dans le cadre du projet COMEPOS (divers constructeurs de bâtiments BEPOS, CEA & CSTB)

...

6.5 Divers autres logiciels



DXLab est un atelier de diagnostic comportant deux bibliothèques majeures :

- le calcul de diagnostics de manière itérative ou pas, s'appuyant sur des techniques de raisonnement issues de l'intelligence artificielle
- le calcul de fonctions de tests en partant d'une description structuro-comportementale d'un système ou d'une organisation.

Pro@DESIGN

Suite pour le prédimensionnement optimal de produit manufacturier. 50 000 (ligne de codes) sloc environ. Langages Java, C, Fortran.

Esmeralda NG

Outils de simulation de réseaux SNCF (outils utilisé quotidiennement à la SNCF). Thèse de Desjouis et Saad en collaboration avec GEEPS. > 30 000 lignes de code.

B4BI (Business Intelligence for Business Intelligence)

Un outil BI pour capitaliser les connaissances associées à un système BI. Développé dans le cadre de la thèse Cifre de Manel Brichni avec ST Microelectronics

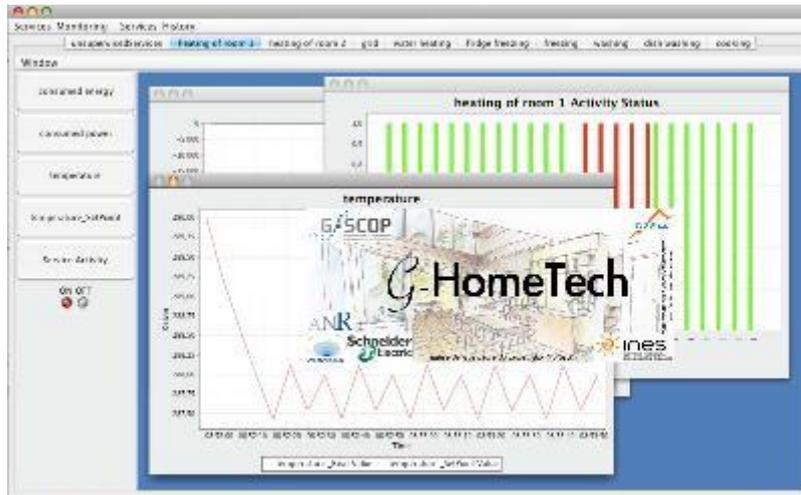
EMIRAcle (European Manufacturing and Innovation Research Association, a Cluster Leading Excellence)

L'application permet aux membres du réseau scientifique EMIRAcle de gérer leurs données et de soumettre des publications. Cet outil permet aussi aux administrateurs d'effectuer des statistiques et de gérer les différents membres et affiliations. L'application comprend aussi un module d'automatisation d'un service d'analyse et de comparaison de papiers scientifiques.

AMUSE (An innovative Medical USE of the kinect for patient capabilities Evaluation)

Développement expérimental. Prototypes d'un nouveau procédé, nouveau dispositif pour aider les kinésithérapeutes dans l'évaluation des capacités motrices de patients atteints d'amyotrophie spinale (maladie neuromusculaire) via le protocole médical MFM : Mesure de la Fonction Motrice).

G-homeTech



G-homeTech est un logiciel de gestion énergétique en temps-réel pour le bâtiment capable de raisonner à partir d'une modélisation sommaire d'un système bâtiment et de données de contexte, dans le but de conseiller les occupants dans leur vie quotidienne. L'application s'appuie sur un principe de génération automatique de problèmes d'optimisation et sur un solveur PLNE. L'application a notamment été utilisée dans le cadre du concours SolarDecathlon 2012 (team Rhône-Alpes) et est actuellement commercialisée par la société Vesta-System.

