

RAPPORT D'ACTIVITÉS 2021

UMR UTC CNRS 7253









Table des matières

Présent	tation générale du laboratoire Heudiasyc et de ses activités	1
1	Introduction	. 1
2	Projet scientifique de l'unité	. 1
3	Organisation de l'unité	
4	Ressources humaines	. 8
5	Services support	. 10
6	Formation par la recherche	. 15
7	Ressources financières	. 20
8	Engagements sociétaux de l'unité	. 23
9	Faits marquants depuis le début du nouveau contrat	. 28
Équipe	CID	31
1	Description de l'équipe	
2	Avancement scientifique 2017–2021	
3	Projets et collaborations 2017–2021	
4	Rayonnement 2017-2021	. 42
5	Faits Marquants 2017-2021	. 44
6	Valorisation 2017–2021	
7	Liste des publications 2017–2021	. 45
Équipe	SCOP	63
1	Description de l'équipe	. 63
2	Avancement scientifique 2017–2021	
3	Projets et collaborations 2017-2021	. 80
4	Rayonnement	. 82
5	Faits marquants 2019-2021	. 84
6	Valorisation 2017–2020	. 85
7	Liste des publications 2017–2020	. 85
Équipe	SyRI	107
1	Description de l'équipe	. 107
2	Avancement scientifique 2017-2021	
3	Projets et collaborations	. 124
4	Rayonnement	
5	Faits marquants 2017-2021	
6	Valorisation 2017–2021	. 130
7	Liste des publications 2017–2021	
Anneye	A - Compte-rendu de l'audit ZRR du 17/11/2021	153



Présentation générale du laboratoire Heudiasyc et de ses activités

1. INTRODUCTION

L'unité de recherche Heudiasyc opère dans le champ des sciences et technologies de l'information, de la communication et des systèmes, en particulier dans les domaines de l'informatique, de l'automatique, de la robotique et de l'intelligence artificielle.

Les systèmes complexes constituent le cœur historique des activités du laboratoire avec une orientation vers la maîtrise des systèmes de systèmes technologiques depuis 2011 avec le Labex MS2T.

Le laboratoire regroupe des enseignants-chercheurs et des chercheurs CNRS dont les domaines de recherche relèvent de :

- la gestion des incertitudes, de l'apprentissage automatique,
- la gestion des connaissances, des interactions homme-machine,
- la recherche opérationnelle et de l'optimisation,
- protocoles réseaux et des systèmes distribués,
- l'automatique, de la robotique, de la vision par ordinateur,
- la sûreté de fonctionnement avec la prise en compte du facteur humain.

Ce document présente les avancées scientifiques de l'unité sur la période 2017-2021. Ce premier chapitre présente l'unité dans son ensemble : son organisation, ses ressources humaines et financières et ses activités de formation par la recherche sur l'année 2021. Les trois autres chapitres concernent chacune des équipes.

PROJET SCIENTIFIQUE DE L'UNITÉ

2.1 La question de l'information dans les systèmes complexes

Le laboratoire conduit une recherche technologique avec des enjeux scientifiques, techniques et sociétaux liés au développement des sciences de l'information et des systèmes informatiques au sens large. Les objectifs sont de produire des connaissances selon une démarche scientifique et d'aller jusqu'à des solutions pertinentes répondant à des problématiques technologiques et sociétales. Dans nos recherches, la dimension technique est souvent présente au travers de la conception, la réalisation, l'intégration et l'expérimentation des dispositifs et logiciels développés dans des conditions de fonctionnement le plus souvent réelles.



Notre objectif est de fournir des moyens de représentation, d'analyse et de contrôle des systèmes intelligents complexes soumis à des contraintes technologiques, économiques, sociétales et humaines avec un focus sur la question de l'information qu'il s'agit d'acquérir, d'organiser, de transmettre de façon sûre et efficace, de traiter pour raisonner, apprendre, décider et contrôler, en intégrant le fait qu'elle est souvent incertaine. Cette incertitude ramène à la question de la complexité car les systèmes technologiques qui nous intéressent sont immergés dans le monde réel. Ils doivent ainsi faire face à de grandes variabilités de fonctionnement, à des perturbations ou à des malveillances.

On peut noter plusieurs grandes tendances actuelles. Les objets techniques manufacturés intègrent de plus en plus des capacités de traitement de l'information et ces capacités programmables sont physiquement incrustées (embedded). Ils sont de plus en plus connectés les uns avec les autres (loT) et avec un monde virtuel avec des ressources informatiques très conséquentes (cloud), formant ainsi des systèmes cyber-physiques ou des parties constitutives de systèmes de systèmes. La sécurité et l'intégrité de l'information sont désormais des préoccupations croissantes. Ces systèmes possèdent des capacités de perception, d'apprentissage et de décision de plus en plus élaborées. Ainsi, l'autonomie (au sens de la capacité à fonctionner sans la supervision d'un humain) des véhicules, des navettes ou des mini-drones aériens ne cesse d'augmenter grâce aux progrès des sources d'information (capteurs, cartes, systèmes de communication), grâce à une volumétrie sans cesse croissante des données et enfin grâce à des capacités de traitement d'information toujours plus grandes.

Par ailleurs, les systèmes intelligents interagissent avec les humains. Ils doivent produire des informations intelligibles, s'adapter aux utilisateurs et être capables d'expliquer leurs résultats. Inversement, ils doivent intégrer des informations issues d'expertises humaines dans leur phase de conception ou dans leur phase de fonctionnement.

Enfin, la question de la sûreté de fonctionnement des systèmes dans lesquels ils interviennent se pose de plus en plus. Ils doivent être non seulement robustes et fiables, mais il leur faut avoir des mécanismes leur permettant d'être capables de connaître leurs limites lorsqu'ils interviennent dans des opérations à risque. C'est par exemple une question majeure posée par les véhicules autonomes pour pouvoir libérer d'avantage les conducteurs de la tâche de conduite.

Le laboratoire Heudiasyc a ainsi l'originalité de mobiliser des compétences complémentaires pour faire avancer les connaissances et la maîtrise des systèmes technologiques complexes.

2.2 Politique scientifique et projets structurants

Les grandes orientations du projet du laboratoire sur la période 2018-2025 sont de :

- poursuivre nos travaux sur les systèmes complexes avec des collaborations scientifiques aux niveau national et international;
- renforcer l'orientation vers les systèmes de systèmes technologiques;
- conjuguer une excellence scientifique, des partenariats ciblés avec le monde économique et des plateformes technologiques d'envergure, utilisées à la fois comme outils et objets de recherche.

Nous avons une politique d'accompagnement des nouveaux recrutés avec des crédits d'installation et nous leur fléchons de façon préférentielle un contrat doctoral de l'UTC. Ils sont également accompagnés par les actions incitatives de la direction à la recherche de l'UTC et nous les encourageons à déposer des projets auprès de l'INS2I. Depuis 2020, nous avons engagé une politique de financement de stages de master pour des projets innovants ou des projets collaboratifs pouvant conduire à des thèses de doctorats



Labex MS2T

Le laboratoire est porteur du Labex Maîtrise des Systèmes de Systèmes Technologiques (MS2T) sélectionné en 2011 dans le cadre du PIA 1 et rattaché à l'Idex SUPER (Alliance Sorbonne Université - ASU). Le labex MS2T regroupe quatre unités de l'UTC : Heudiasyc UMR 7253 (pilote du projet), BMBI UMR 7338 et Roberval FRE 2012 et Costech (Unité SHS), qui a rejoint le Labex en janvier 2018. Le labex MS2T est organisé autour de 4 axes principaux avec une approche scientifique interdisciplinaire :

- Interaction et coopération entre systèmes : gestion des flux d'information dans les réseaux, traitement distribué de l'information.
- Gestion des incertitudes : modélisation des incertitudes, robustesse aux incertitudes et intégrité, prise en compte des incertitudes en modélisation numérique.
- Conception optimisée des systèmes de systèmes technologiques (SdST) : optimisation multi-niveau et multi-physique, ordonnancement et synchronisation de sous-systèmes mobiles, sûreté de fonctionnement des SdST.
- Dynamique des systèmes de systèmes : émergence et agilité.

L'évaluation à mi-parcours du Labex a été très positive. Il se terminera en décembre 2022 comme tous les Labex de l'ASU. Sa poursuite est envisagée sous la forme d'une initiative de l'Alliance Sorbonne Université.

D'autres projets importants ont structuré et structurent nos activités.

Equipex Robotex

L'Equipex Robotex a été un formidable outil pour le développement des moyens expérimentaux du laboratoire. Lancé en 2011, Robotex s'est terminé en décembre 2020. Organisé comme un réseau de plateformes expérimentales de robotique et porté par M. de Mathelin (UMR ICube, Strasbourg), Robotex a été construit par une quinzaine d'UMR en France autour de 5 thématiques. En 2020, il regroupait 35 équipes, dans 20 laboratoires, organisées comme suit :

- Robotique Humanoïde et Interactions naturelles (RHIN),
- Robotique Médicale (RobMed),
- Robotique mobile, terrestre et aérienne (RobMob), coordonnée par P. Bonnifait jusqu'en février 2019,
- Micro et nano robotique (MicroRob),
- Robotique dans l'Industrie du Futur (RobIF).

Robotex a permis d'acquérir des moyens expérimentaux de qualité : des véhicules électriques robotisés et des mini-drones ainsi que le support expérimental associé (arène de vol extérieure, piste expérimentale, véhicule utilitaire, capteurs, moyens de calcul, etc.). Une tarification auditée (finalisée en 2019) a identifié des prestations liées à ces équipements. Un catalogue de prestations avec différents tarifs pour chaque plateforme est disponible.

Ces équipements ont permis de tester et de valider de nombreux travaux de recherche qui ont été publiés dans 23 articles de revue et 21 communications en congrès. À titre d'exemple, nous avons étudié et validé des contrôleurs utilisant les quaternions pour les mini-drones aériens qui permettent de suivre une dynamique rapide lors de trajectoires agressives. Nous avons travaillé sur les modes glissants d'ordre non entier pour suivre exactement les manoeuvres et compenser en même temps les incertitudes non linéaires ou les perturbations externes. Nous avons étudié des schémas de contrôle pour une flotte de drones capables de poursuivre un



intrus dans une zone protégée donnée. L'approche utilisée permet de prendre en compte la dynamique de la cible et donne aux poursuiveurs une stratégie qui se traduit par des schémas de formation qui imitent le comportement de chasse des animaux, comme les lionnes. Les expérimentations ont été réalisées avec les arènes de vol et les drones de Robotex. Pour les véhicules intelligents autonomes, nous avons récemment étudié et implanté en temps réel sur les Zoé Robotex des méthodes de perception (avec des Lidars 3D 360°) pour détecter les obstacles et des amers géoréférencés. De nombreux jeux de données ont été créés au format ROS. Plusieurs méthodes de suivi de chemin ont été testées et comparées. Enfin, nous avons implémenté une méthode de « suivi virtuel » qui permet de franchir les ronds-points avec une grande sécurité. De nombreuses présentations ont été faites, notamment à la conférence IV 2019 sur des pistes à Versailles et dans la ville de Rambouillet sur des routes ouvertes à la circulation publique.

UMI LAFMIA

À l'international, l'unité mixte internationale LAFMIA avec le Mexique (dirigée par Rogelio Lozano, ancien directeur d'Heudiasyc) a été un instrument privilégié de collaboration dans le domaine de l'automatique et de la robotique, aussi bien en recherche qu'en enseignement (l'UTC ayant signé un partenariat de formation avec avec l'IPN Instituto Politécnico Nacional de Mexico). Cette unité a été créé conjointement en 2008 par le CNRS (France) et le CONACyT (Mexique) et implantée au sein du centre de recherche CINVESTAV de Mexico. Pendant la période 2008-2020, le LAFMIA a généré une forte activité de recherche, impliquant 10 chercheurs de différentes institutions. Cette collaboration entre les deux pays a donné de nombreux résultats, comme la création de deux programmes de formation (Master en sciences et doctorat) au CINVESTAV en partenariat avec le CONACyT, 3 étudiants de doctorat ont obtenu un double diplôme avec des universités françaises (plus une cotutelle encore en cours), 15 étudiants mexicains ont obtenu leur doctorat à l'UTC avec des allocations CONACyT et MSER, des séjours scientifiques d'étudiants mexicains en master/doctorat ont eu lieu en France, plus de 70 articles ont été co-publiés dans des revues internationales à comité de lecture, deux workshops internationaux (RED-UAS) ont été organisés, 1 visite de longue durée de 2 ans a été réalisée par un chercheur français au LAFMIA et 5 visites de longue durée de chercheurs mexicains en France se sont faites au laboratoire Heudiasyc. La convention CNRS du LAFMIA est arrivée à son terme en décembre 2020.

IRP ADONIS

Lancé officiellement en novembre 2020, l'International Research Project ADONIS (Approches de Diagnostic et de cONtrôle Intelligent des Systèmes) associe jusqu'à fin 2024 des scientifiques du CNRS, de l'Université de technologie de Compiègne et de l'Université libanaise. Ce programme de recherche international entend consolider une collaboration fructueuse débutée il y a plus de 20 ans dans les domaines du contrôle, de l'analyse des données et de la maîtrise des incertitudes. Axé sur le diagnostic et le contrôle intelligent des systèmes, l'IRP ADONIS s'est fixé comme objectif de répondre aux différentes contraintes auxquelles les systèmes d'aujourd'hui sont soumis comme devoir fonctionner sur une durée de plus en plus longue, tout en respectant les critères de sécurité, d'efficacité et de respect de l'environnement.

- Deux axes de recherche sont développés dans ce projet :

 contrôle, tolérance aux fautes et diagnostic,
 - décision, incertitude, traitement du signal et sûreté de fonctionnement.

Ces deux axes de recherche s'articulent autour de trois domaines d'ingénierie, à savoir, les systèmes de transport propres et intelligents, les systèmes biomédicaux, la robotique, et la



mécatronique. Le projet se veut ouvert à de nouvelles collaborations et propose donc un programme ambitieux à travers ce large spectre scientifique.

Laboratoire commun SIVALab

Après une dizaine d'années de collaboration étroite avec la direction à la recherche de Renault, nous avons créé un laboratoire commun appelé SIVALab (pour « Systèmes intègres pour le véhicule autonome ») qui a été inauguré le 3 mars 2017 à Compiègne. Il s'agit d'un laboratoire commun au CNRS, à l'UTC et à Renault, encadré par la convention Renault-CNRS qui définit les conditions de propriété intellectuelle et d'exploitation des résultats. SIVALab est spécialisé dans les systèmes de localisation et de perception pour les véhicules autonomes et regroupe une vingtaine de membres. Suite au bilan très positif qui a été réalisé, les différentes parties se sont entendues pour renouveler le laboratoire commun en juillet 2021 pour 4 ans, toujours dans une logique de coûts complets équilibrés.

Initiatives de l'Alliance Sorbonne Université

L'initiative « maîtrise des systèmes technologiques sûrs et durables » portée par l'UTC dans le cadre de l'Alliance Sorbonne Université (ASU) a démarré en 2020, même si sa journée de lancement a été reportée à deux reprises. MSTD poursuit la dynamique du Labex MS2T et s'inscrit dans la stratégie scientifique d'ASU autour de Sorbonne Université avec des initiatives et des instituts, comme SCAI (Sorbonne Center for Artificial Intelligence) dans lequel le laboratoire est également impliqué.

3. ORGANISATION DE L'UNITÉ

3.1 Structuration du laboratoire

Depuis le 1er janvier 2018, l'organisation du laboratoire est structurée autour de trois équipes de recherche, épaulées par deux services supports (cf. figure 1) :

- CID : Connaissances, Incertitudes, Données,
- SCOP : Sûreté, Communication et OPtimisation,
- SyRI : Systèmes Robotiques en Interaction.

Trois problématiques transversales inter-équipes ont été identifiées :

1. Gestion des incertitudes

Compte tenu de l'incomplétude et de l'incertitude des modèles et des données face à une réalité complexe, il s'agit ici d'échanger sur les performances et l'adéquation des différents formalismes pour des problèmes traités par les équipes.

2. Fusion distribuée

Sujet pour lequel il convient d'identifier des mécanismes performants pour maintenir la consistance et l'intégrité de l'information.

3. Interactions avec l'humain

L'homme comme partenaire de conception ou d'utilisation de la machine ou opérateur dont les besoins et les éventuelles erreurs doivent être pris en compte.



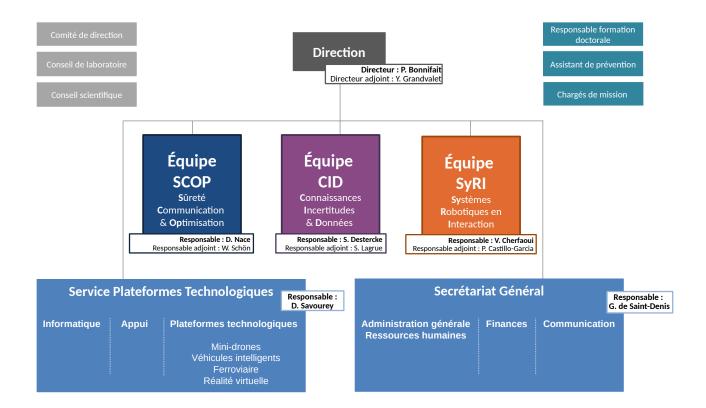


Figure 1 – Organigramme du laboratoire

3.2 Organigrammes du laboratoire

L'organigramme fonctionnel du laboratoire est présenté sur la figure 1 avec :

- les équipes scientifiques constituées de chercheurs et enseignants-chercheurs qui partagent des problèmes généraux et des méthodes,
- le service « plateformes technologiques » et de soutien informatique regroupant les personnels techniques et mutualisant les ressources entre les équipes,
- le secrétariat général s'occupant de l'administration, des finances et de la communication.

La gouvernance est réalisée par le directeur et son adjoint, assistés par :

- le comité de direction.
- le conseil de laboratoire.
- le conseil scientifique.

La composition de ces instances est détaillée sur la figure 2. L'ensemble des chargés de mission est présenté sur la figure 3.

3.3 Fédération CNRS SHIC

La fédération CNRS 3272 SHIC « Systèmes Hétérogènes en Interaction » a été créée en janvier 2009. Elle est rattachée à l'INSIS du CNRS comme institut principal. Elle était dirigée jusqu'au 31 décembre 2018 par Ali Charara puis par Thierry Denoeux. Elle regroupe quatre unités de recherche de l'UTC (Heudiasyc UMR 7253, BMBI UMR 7338, Roberval FRE 2012 et Costech EA 2223) avec globalement le même programme scientifique que le Labex



Comité de direction

Directeur Philippe Bonnifait

Directeur adjoint Yves Grandvalet

Secrétaire générale Gabriela de Saint-Denis

Plateformes technologiques

David Savourey

Équipe CID

Sébastien Destercke, Sylvain Lagrue

Équipe SCOP

Dritan Nace, Walter Schön

Équipe SyRI

Véronique Cherfaoui, Pedro Castillo Garcia

Assistante de direction

Bérengère Guermonprez (invitée)

Chargée de communication Hélène Ballet (invitée)

Conseil scientifique

Membres internes

Thierry Denoeux (président)

Aziz Moukrim

Membres externes

Marie-Christine Rousset Laboratoire d'Informatique de Grenoble

Luc Jaulin Lab-STICC, ENSTA-Bretagne

Jean-Claude König LIRMM Montpellier

Isabelle Fantoni LS2N Nantes

Conseil de laboratoire

Membres de droit Directeur - Philippe Bonnifait Directeur-Adjoint - Yves Grandvalet Directrice de département Génie Informatique – Marie-Hélène Abel

Membres nommés

Responsable équipe CID - Sébastien Destercke Responsable équipe SCOP - Dritan Nace Responsable équipe SyRI - Véronique Cherfaoui

Membres élus

- Gabriel Frisch (titulaire) Anthony Welte (suppléant) Yohan Bouvet (titulaire)
- Hélène Ballet (suppléante) Brigitte Azzimonti (titulaire) Bérengère Guermonprez (suppléante) Guillaume Sanahuja (titulaire)
- Gildas Bayard (suppléant) Indira Thouvenin (titulaire) Mohamed Sallak (suppléant) Philippe Xu (titulaire) Jérôme De Miras (suppléant)

- Mylène Masson (titulaire) Dritan Nace (suppléant) Franck Davoine (titulaire)
- Nouveau suppléant (suppléant)

Invités permanents
Secrétaire générale – Gabriela de Saint-Denis
Responsable service plateforme - David Savourey
Chargée de communication - Hélène Ballet
Responsable formation doctorale – Benjamin Quost
Assistante de direction - Bérengère Guermonprez
Assistant de prévention - Stéphane Bonnet
Élus CS – Thierry Denoeux – Joelle AI Hage

Figure 2 – Composition des instances de l'unité

Formation doctorale

Responsable de la formation doctorale

Benjamin Quost

Responsable adjointe de la formation doctorale

Marie-Hélène Masson

Secrétaire de la formation doctorale Bérengère Guermonprez

Responsable Master ISC (Ingénierie des Systèmes Complexes) Dritan Nace

Chargés de mission

Correspondant Documentation Scientifique

Benjamin Lussier

Correspondante Cellule Europe Gabriela de Saint-Denis

Correspondant Valorisation Jérôme de Miras

Référent Patrimoine Immobilier David Savourey

Correspondant Fête de la Science Alessandro Victorino

Correspondante Égalité Hélène Ballet

Référente Handicap

Séverine Paprzycki

Référent Durabilité Franck Davoine Bertrand Ducourthial (adjoint)

Correspondante Formation Gabriela de Saint-Denis Séverine Paprzycki (adjointe)

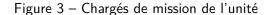
Prévention et ZRR

Assistant de prévention Stéphane Bonnet (15%)

Coordonnateur pour la **Protection du Potentiel** Scientifique et Technique (CPPST) Gildas Bayard

Correspondant Sécurité des Systèmes d'Information (CSSI) Gildas Bayard

Correspondante ZRR Bérengère Guermonprez



MS2T. Ses objectifs sont de réaliser des projets interdisciplinaires, de mutualiser des moyens, d'aborder des nouveaux domaines scientifiques et de renforcer la visibilité et l'attractivité du site compiégnois.

3.4 Zone à régime restrictif

L'unité est passée en zone à régime restrictif (ZRR) le 18 septembre 2017 avec 4 zones distinctes. L'accès dans une ZRR est strictement réglementé, qu'il s'agisse d'un accès physique ou virtuel (l'accès virtuel concerne l'accès interne ou externe via les réseaux informatiques de la ZRR). Les règles diffèrent selon que l'accès est sollicité pour plus de 5 jours (séjour) ou moins (visite). Le passage en ZRR a nécessité un travail important de mise en œuvre. Un système informatique a été développé par la direction des systèmes d'information (DSI) de l'UTC. C'est une charge de travail supplémentaire pour plusieurs assistantes et le laboratoire a nommé un coordonnateur PPST pour faire face aux nombreuses questions qui se posent au quotidien.

Un bilan après 3 ans a été réalisé. Au cours des deux premières années, les délais de traitement (en interne et au niveau du ministère) ont été réduits et sont actuellement stables. Ces délais sont acceptables pour les collègues qui montent des dossiers. Le nombre de refus du ministère à augmenté sur 2020 pour atteindre 6 %. De plus, l'incertitude associée à l'éligibilité des candidats doctorant ou post-doctorant occasionne des retraits de candidature en faveur d'autres laboratoires, en particulier pour les étudiants titulaires de bourses de gouvernement étrangers.

Un audit PPST (Protection du potentiel scientifique et technique de la nation) et PSSI (Politique de sécurité du système d'information) de la ZRR Heudiasyc a été réalisé le 17 novembre 2021 par la délégation régionale du CNRS. Le rapport qui a été rédigé est très positif et liste des points d'amélioration à apporter dans un plan d'actions. Le compte-rendu complet de cet audit est fourni en annexe (page 153).

4. RESSOURCES HUMAINES

Sur l'année 2021, le laboratoire comptait de l'ordre de 130 membres, plus une trentaine de stagiaires de master. La figure 4 présente les effectifs du laboratoire au 31 décembre 2021. On y compte 53 personnels permanents (33 enseignants chercheurs, 6 chercheurs CNRS, 14 ITA-BIATSS d'appui à la recherche). Globalement, 1/3 des personnels permanents sont CNRS. Les membres associés sont des ingénieurs de recherche de Renault qui participent au laboratoire commun SIVALab ou encore des enseignants-chercheurs de l'UTC dont la contribution au projet scientifique de l'unité est jugée en devenir ou atypique, ce qui peut être dû par exemple à une situation personnelle ne permettant pas un engagement complet de la personne dans l'unité.

Les équipes de recherche rassemblaient 96 personnes, en comptant les chercheurs, enseignants-chercheurs, post-doctorants et doctorants. La répartition est équilibrée comme le montre la figure 5, qui décline également la répartition en permanents et non-permanents. Cette dernière catégorie regroupe les personnels ayant pour vocation à faire de la recherche dans le cadre d'un projet de durée limitée. Ce sont essentiellement les doctorants et les post-doctorants. On constate une très légère variabilité entre les équipes.

Comme le montre la figure 6, plus de la moité des permanents du laboratoire a moins de 50 ans. La tranche 41-45 ans est significative. La tranche précédente a baissé suite au départ de deux MCF HDR promus professeurs à l'extérieur. La pyramide des âges montre qu'il n'y a pas de point de vigilance aigu concernant les départs à la retraite dans les années à venir.



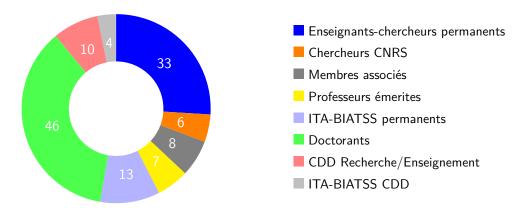


Figure 4 – Personnels du laboratoire au 31 décembre 2021

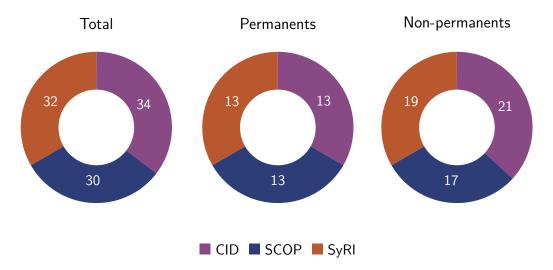


Figure 5 – Effectifs des équipes (à gauche) et répartition en permanents (au centre) et non-permanents (à droite)

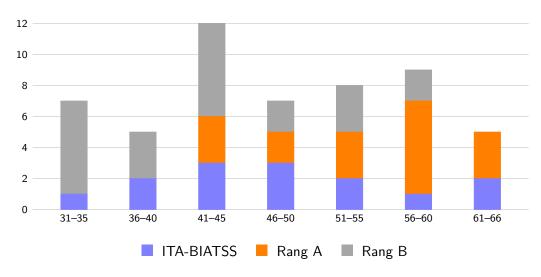


Figure 6 – Pyramide des âges des personnels permanents au 31/12/2021



En 2021, on comptait 27 HDR et 12 non HDR. La capacité d'encadrement doctoral du laboratoire est stable mais moindre qu'il y a quelques années (en 2013 par exemple, on comptait 30 membres HDR). Ceci est dû à des départs à la retraite et aux départs d'enseignants-chercheurs HDR.

Depuis janvier 2018, on compte trois départs à la retraite (plus un à venir en septembre 2022), deux MCF ont été promus professeurs dans d'autres établissements, deux MCF en disponibilité ont quitté la fonction publique pour rejoindre des entreprises et un professeur est en détachement. Il y a eu sur la période une promotion locale de professeur. En termes d'arrivées, nous avons recruté deux professeurs et quatre MCF tous externes. Nous avons deux postes au concours. En septembre 2022, nous devrions compter autant de départs que d'arrivées depuis 2018.



5. SERVICES SUPPORT

5.1 Secrétariat général

Le secrétariat général assure la coordination et la gestion administrative et financière du laboratoire. En tant que service d'appui à la recherche, son objectif principal est d'orienter et de décharger au maximum les personnels scientifiques des démarches administratives. Il veille sur l'application des procédures administratives et financières définies par les deux tutelles du laboratoire (recrutement, missions, congés, marchés publiques, accueil des visiteurs, etc). Le secrétariat général se charge également d'accompagner les scientifiques sur le plan de la communication, de la dissémination et de l'organisation logistique de toute manifestation et action portée par le laboratoire.

À l'UTC, le laboratoire Heudiasyc est le seul parmi les huit laboratoires à disposer d'un secrétariat général.

Le secrétariat général est dirigé par Gabriela de Saint-Denis (CNRS) qui est rattachée directement au directeur d'unité. G. de Saint-Denis a rejoint le laboratoire en janvier 2021 suite au départ en juin 2020 de Dominique Porras.

Le service est composé de 7 agents : 4 IT CNRS (2 ingénieures d'études et 2 techniciennes) et 3 BIATTS UTC dont 1 CDD (1 ingénieure d'étude et 2 techniciennes). Le service est structuré en trois pôles :



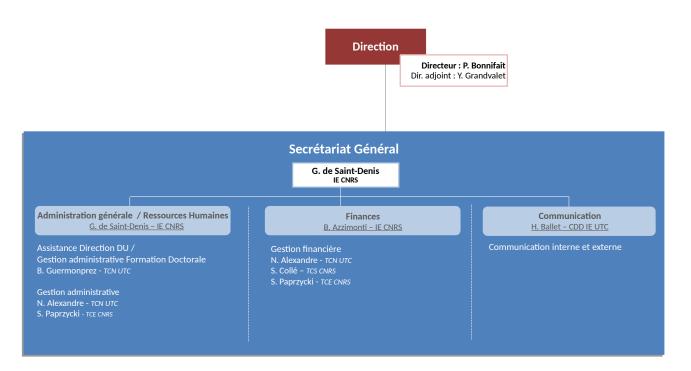


Figure 7 – Organigramme du secrétariat général

- administration générale, Ressources humaines,
- finances.
- communication.

L'organigramme détaillé du secrétariat général au 31 décembre 2021 est donné sur la figure 7.

5.1.1 Pôle administration générale, ressources humaines

Le pôle est sous la responsabilité de la secrétaire générale et assure trois missions principales :

Ressources humaines – coordination et suivi de recrutements des CDD, intégration des nouveaux agents, entretiens professionnels et suivi de carrières des agents, qualité de vie au travail, plan de formation d'unité (PFU), mise en place de la politique du handicap et de la parité-égalité, suivi administratif et logistique des stages de Master;

Formation doctorale du laboratoire – suivi des doctorants en étroite coordination avec l'École doctorale de l'UTC, assistance au responsable de la formation doctorale de l'unité, appui à l'organisation des jurys de thèses, organisation de la journée des doctorants, etc.

Gestion administrative – assistance au quotidien, mise en œuvre et veille sur les procédures en lien avec les tutelles, coordination et gestion de toute procédure liée à la ZRR (Zone à Régime Restrictif), contribution à la rédaction des rapports, évaluations, enquêtes, organisation logistique de colloques et de manifestations de l'unité, préparation des visites du laboratoire, suivi du programme d'accueil de stages de 3ème.



5.1.2 Pôle finances

Les ressources du laboratoire sont reparties en deux grandes lignes : 1. budget de fonctionnement général, dotations de base des tutelles, et 2. Ressources propres CNRS/UTC. Les activités du pôle sont coordonnées par une ingénieure d'étude CNRS sous la responsabilité hiérarchique de la secrétaire générale. Parmi les activités principales : contribution à l'élaboration du budget, suivi de tableaux de bord permettant de produire la justification financière ou d'effectuer les suivis budgétaires, contribution aux entretiens budgétaires, gestion courante, suivi et prévision de dépenses, utilisation des cartes achat CNRS et UTC, conseil financier auprès des membres du laboratoire lors de montage de projets, gestion financière des projets scientifiques du laboratoire, élaboration des indicateurs financiers et lien avec les

5.1.3 Pôle communication

services financiers des deux tutelles.

Le laboratoire Heudiasyc est doté d'une chargée de communication à temps plein depuis 2009. Il s'agit d'un poste UTC en CDD. Tous les ans, le laboratoire alloue un budget pour mener les actions de communication prévues sur l'année à venir. La chargée de communication collabore avec la secrétaire générale sous sa responsabilité hiérarchique. Elle mène des actions selon un plan de communication annuel en s'alignant à la politique de communication des deux tutelles. La chargée de communication est en contact étroit avec la direction de communication de l'UTC, de l'INS2I et de la délégation régionale du CNRS à Lille afin de définir les actions à entreprendre vis-à-vis de différents objectifs. Le pôle Communication est en charge de la mise en place d'une politique de communication interne et externe. La mission principale consiste à informer les membres du laboratoire des évènements communs organisés au laboratoire ou portés par ses membres, fédérer les membres autour d'actions récurrentes ou ponctuelles (par exemple, journée du laboratoire ou accueil des nouveaux arrivants. Sur le plan externe, il s'agit d'informer les tutelles, les partenaires extérieurs et les médias sur l'activité du laboratoire, de participer à la médiation scientifique auprès de grand public et de diffuser les résultats des travaux de recherche menés au laboratoire.

Pour remplir ses objectifs, la chargée de communication utilise plusieurs supports et outils : site internet, site intranet, réseaux sociaux (Twitter, LinkedIn, Youtube), écrans TV dans les bâtiments du laboratoire, vidéos. Parmi le support éditorial, il y a des affiches, brochures, dépliants et kakémonos. Une newsletter du laboratoire a été mise en place à l'automne 2021. Les visites du laboratoire (académiques, industrielles ou institutionnelles) sont gérées sur le plan logistique et organisationnel par le pôle en coordination avec le service Plateformes technologiques.

5.2 Plateformes technologiques

Le « Service plateformes technologiques » a pour mission essentielle d'assurer le bon fonctionnement des équipements informatiques, techniques et scientifiques du laboratoire afin que ceux-ci soient opérationnels et disponibles pour les besoins de recherche. Depuis 2012, ce service est structurée en 3 pôles :

- Pôle « Informatique », en charge de la gestion de moyens informatiques de l'unité,
- Pôle « Plateformes », qui coordonne et pilote l'exploitation des quatre plateformes du laboratoire.
- Pôle « Appui », qui assure un soutien sur des domaines d'expertise particuliers pour les plateformes et projets de recherche.





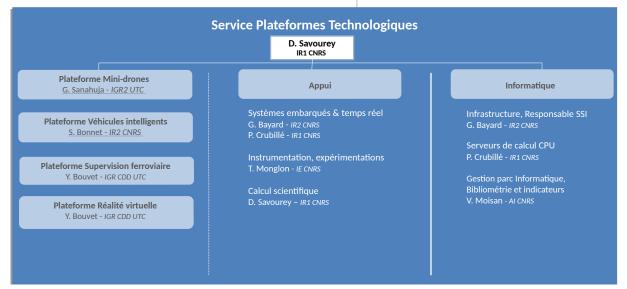


Figure 8 – Organigramme du service plateformes

Tous les ingénieurs et techniciens, permanents et contractuels, sont intégrés au service. Celui-ci se compose au 31 décembre 2021 des membres permanents suivants : 4 ingénieurs de recherche CNRS, 1 ingénieur de recherche UTC, 1 ingénieur d'études CNRS, 1 assistant ingénieur CNRS.

L'organigramme détaillé du service plateforme au 31 décembre 2021 est donné sur la figure 8.

5.2.1 Pôle Informatique

Le pôle informatique assure principalement trois missions : la gestion des moyens informatiques personnels des membres de l'unité, le maintien de la base bibliographique de l'unité et la gestion des moyens informatiques spécifiques aux recherches de l'unité. Les moyens informatiques communs (mails, services web, impression, etc.) sont principalement gérés par la DSI de l'UTC, avec laquelle le pôle informatique collabore dès que nécessaire.

Moyens informatiques personnels Le pôle informatique gère l'achat, l'installation, la mise en inventaire, la sécurisation, le dépannage des postes de travail informatiques des membres de l'unité.

Base bibliographique, indicateurs Le pôle informatique est responsable de la base bibliographique (sur HAL) de l'unité. Il produit également les indicateurs RH et le budget consolidé en collaboration avec le secrétariat général de l'unité.

Moyens informatiques communs spécifiques recherche Le pôle informatique gère certains moyens informatiques qui sont propres à la recherche de l'unité : serveurs de calcul CPU, serveurs de calcul GPU, mise en place de services web dédiés. Il gère également quelques services communs qui ne sont pas proposés par la DSI (service de tchat, service d'édition collaborative LATEX, service de gestion des licences). Enfin, le pôle informatique travaille en



collaboration avec la DSI pour gérer les données de l'unité, qui sont hébergées par la DSI. Tous ces services sont mis en place et maintenus en suivant les règles et bonnes pratiques de la sécurité des systèmes d'information.

5.2.2 Pôle Appui

Le pôle « Appui » regroupe des agents dont les compétences peuvent servir différentes plateformes et/ou projets de recherche de l'unité. Cela couvre essentiellement les domaines suivants : systèmes embarqués, systèmes temps réel, systèmes d'exploitation, réseaux, sûreté de fonctionnement, calcul scientifique, instrumentation, expérimentations. Le pôle appui dispose d'un atelier d'électronique et d'un atelier de mécanique.

5.2.3 Pôle Plateformes

Le pôle plateformes assure un soutien technique aux membres du laboratoire et à leurs partenaires, et forme sur l'utilisation des équipements. Chaque plateforme est coordonnée par un responsable technique et un responsable scientifique.

Plateforme véhicules intelligents/autonomes La plateforme offre principalement du soutien technique et scientifique sur les activités de perception multi-capteurs de l'environnement, de localisation sûre, précise et intègre, de navigation robotique, de contrôle commande et de communication V2X (V2V véhicule à véhicule ou V2I véhicule à infrastructure). La plateforme Véhicules Intelligents se compose actuellement de 5 véhicules instrumentés (dont 2 sont autonomes), d'un banc d'essai VIL (« Vehicle In the Loop »), de logiciels de prototypage et de moyens d'essais (piste et infrastructure communicante).

Plateforme *mini-drones* La plateforme est constituée d'un environnement logiciel comprenant un simulateur de vol (développé en interne), de plusieurs démonstrateurs (octorotors conçus au sein de l'unité et drones commerciaux), et de deux arènes de vol, intérieure (avec capture de mouvement) et extérieure.

Plateforme *supervision ferroviaire* La plateforme Supervision ferroviaire est le support de démonstrations pratiques de différents travaux de recherche, notamment sur les interactions homme-machine et l'influence du facteur humain dans l'exploitation et la supervision ferroviaire. Elle est composée d'un simulateur de conduite, d'un simulateur de supervision de trafic ferroviaire et d'un simulateur de train autonome.

Plateforme *réalité virtuelle* La plateforme consiste en un système CAVE et des casques de RV. Ce CAVE peut être peut être configuré de 2 manières différentes : en cube avec projection sur trois faces et au sol; en rectangle avec projection sur deux faces et au sol.

5.2.4 Bilan et perspectives

Au niveau organisationnel, peu de changements ont eu lieu depuis l'évaluation de 2016. Les responsabilités de chacun des agents ont été mis en avant dans l'organigramme. Un agent a bénéficié d'un changement de corps (passage AI vers IE) et un autre agent a changé de grade (IR2 vers IR1).

Les grand enjeux pour le service lors de l'évaluation de 2016 étaient les suivants :



- Consolider les responsables techniques de chaque plateforme : le remplacement de responsable technique de la plateforme véhicules s'est fait de manière extrêmement fluide. La pérennisation d'un agent pour prendre la responsabilité des plateformes réalité virtuelle et ferroviaire n'a pas encore aboutie et reste l'objectif prioritaire du service.
- Mettre en place la tarification des plateformes : la tarification des quatre plateformes est opérationnelle depuis décembre 2020. Elle a donné lieu à une utilisation de la salle de réalité virtuelle en 2021.
- Améliorer le pilotage du service : une procédure de demande de soutien du personnel technique aux projets de recherche a été mise en place en 2017. Par ailleurs, la mise en place de feuilles de route technologiques et scientifiques avait été évoquée en 2016. Cette dernière n'a pas été explicitement mise en place, mais elle est en grande partie faite au travers des grands projets structurants de l'unité (les Equipex+ Tirrex, Continuum et l'opération CPER Ritmea).
- Promouvoir une recherche responsable : un important travail de développement a été effectué afin de pouvoir mettre à disposition nos jeux de données. Concernant l'archivage et la rejouabilité de nos codes, un travail de développement est en cours et doit aboutir au cours de l'année 2022.

Avant la prochaine évaluation HCERES, les principaux objectifs du service sont :

- pérenniser un poste de responsable technique sur les plateformes de réalité virtuelle et de simulation ferroviaire,
- augmenter les moyens mis à disposition pour la reproductibilité scientifique.

6. FORMATION PAR LA RECHERCHE

6.1 Doctorants

Les doctorants d'Heudiasyc sont inscrits à l'École Doctorale (ED) unique de l'UTC, ED71 « Sciences pour l'Ingénieur ». Certains membres de l'unité co-encadrent des doctorants inscrits dans d'autres universités, notamment à l'étranger. Tous les doctorants inscrits à l'ED de l'UTC doivent bénéficier d'un financement pour la durée de la thèse. L'ED a mis en place des responsables de formation doctorale (RFD) dans les unités de recherche de l'UTC depuis plusieurs années. Benjamin Quost assure actuellement cette fonction avec l'assistance de Mylène Masson. Leur rôle consiste à assurer le suivi des doctorants et à participer aux auditions de recrutement. Une commission de recrutement, composée de membres de l'ED, des RFD et des ressources humaines de l'établissement, auditionne les candidats pré-sélectionnés par le directeur de thèse, pour tout type de financement à l'exception des contrats industriels, où le recrutement se fait en accord avec l'entreprise, et des bourses de pays étrangers. Il est à noter que le CNRS utilise un portail emploi pour le recrutement des CDD et des doctorants suite à la mise en oeuvre du label HRS4R en 2018 (ce label est déjà en place à l'UTC depuis 2016).

Concernant l'accompagnement des doctorants durant leur thèse, deux types de comités de suivi individuel (CSI) sont organisés : un CSI scientifique et un CSI "ressources humaines". Ces derniers sont organisés par les RFD, l'assistante de la formation doctorale, l'administratrice du laboratoire et le directeur adjoint. Les CSI scientifiques impliquent deux enseignants-chercheurs externes à l'encadrement, internes ou externes à l'établissement.

Au 31 décembre 2021, le laboratoire comptait 46 doctorants répartis comme indiqué sur la figure 9. Le nombre de doctorants est relativement constant, mis à part en 2017 où l'on



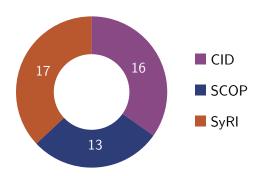


Figure 9 – Répartition par équipe des doctorants inscrits en 2021

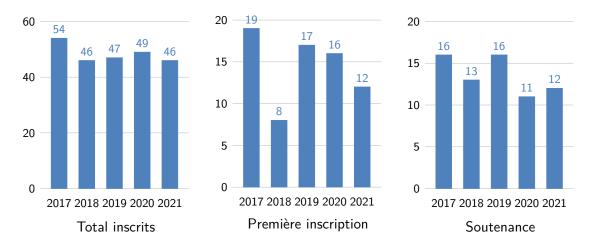


Figure 10 – Nombre total de doctorants, d'entrants et de sortants sur la période 2017–2021

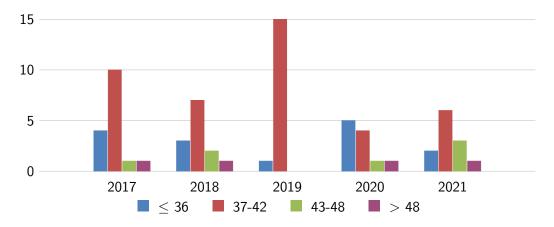


Figure 11 – Évolution de la distribution des durées de thèse par année civile de soutenance en mois

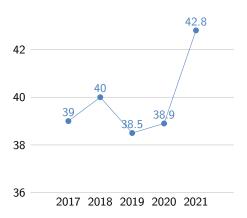


Figure 12 - Durée moyenne des thèses soutenues en mois

constate davantage d'inscrits. Ce nombre exceptionnellement élevé, qui résulte notamment d'une part importante de financements LABEX, peut expliquer la baisse significative observée l'année suivante. Notons également que la fin d'année 2017 correspond à la classification en ZRR du laboratoire qui a eu un impact sur les recrutements en 2018.

6.2 Durée des thèses de doctorat et financements

La majorité des thèses sont soutenues avec une durée comprise entre 37 et 42 mois, comme l'indique la figure 11. La durée des thèses est bien contrôlée grâce au suivi annuel effectué à travers les CSI. La durée moyenne était assez stable jusqu'en 2020 (figure 12). En 2021, on constate un allongement de la durée de la thèse lié au Covid. Pour l'année 2020, les reports de soutenance causés par la crise sanitaire ont été compensés dans le calcul de la durée de deux thèses (les soutenances étaient programmées mais ont été décalées).

Les trois principales sources de financement sont les allocations ministérielles, les collaborations industrielles et les allocations des organismes publics comme le CNRS, comme le montre la figure 13. Les bourses de gouvernements étrangers sont actuellement la quatrième source de financement des doctorants au laboratoire alors qu'elles avaient un poids plus important les années précédentes. La part des financements régionaux, qui était du même niveau que celle des contrats CIFRE il y a quelques années, a beaucoup baissé depuis la fusion des régions Nord-pas de Calais et Picardie. C'est un élément supplémentaire qui explique la



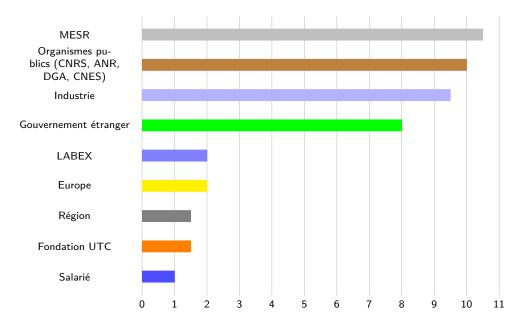


Figure 13 – Sources de financement des thèses en cours au laboratoire au 31/12/2021. Certains financements correspondent à 50% des allocations doctorales. Par exemple, les allocations Labex financent en fait plusieurs doctorants à 50%.

baisse du nombre d'inscrits en thèse. Les financements et co-financements du Labex MS2T qui étaient significatifs arrivent à leur terme. Cette échéance rend nécessaire la recherche d'autres sources de financements.

6.3 Origine et nationalité des doctorants

La part des doctorants de nationalité française est en augmentation et désormais très majoritaire, et on observe une forte proportion de doctorants provenant de l'UTC avec un flux significatif depuis quelques années. La figure 14 indique les nationalités des doctorants. La figure 15 témoigne de la diversité des masters d'origine des thèses soutenues et en cours du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2021. Plus de 65% sont européens et 30% viennent de l'UTC, ces deux chiffres étant en hausse par rapport aux années précédentes. Le nombre de doctorants chinois continue de baisser ce qui est en lien avec les contraintes ZRR qui se sont durcies récemment avec la Chine.

6.4 Masters

Les enseignants-chercheurs du laboratoire participent essentiellement à la formation d'ingénieur en génie informatique de l'UTC, en formation initiale et en formation par alternance. Ils sont aussi impliqués dans la formation continue via des modules de formation dédiés aux entreprises et dans le mastère spécialisé « systèmes de transports ferroviaires et urbains ». La mention de master « ingénierie des systèmes complexes » (ISC) est dirigée par Dritan Nace. Deux parcours mobilisent particulièrement les enseignants-chercheurs du laboratoire :

- Automatique et Robotique des Systèmes intelligents (ARS)
- Apprentissage et Optimisation des Systèmes complexes (AOS)

Depuis 2018, ces parcours rencontrent un vif succès et font le plein d'étudiants avec une augmentation significative des élèves poursuivant en parallèle un cursus ingénieur à l'UTC.



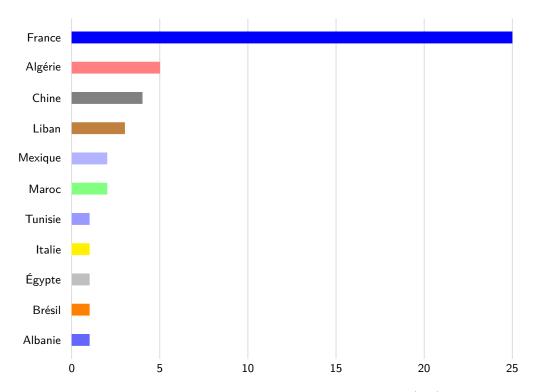


Figure 14 – Nombre de doctorants par nationalité au 31/12/2021

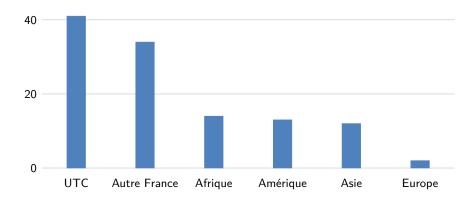


Figure 15 – Origine des diplômes de master pour les thèses en cours entre le 1er janvier 2017 et le 31 décembre 2021



Un autre volet important de la formation par la recherche est l'accueil des stagiaires de niveau master en particulier pour leurs projets de fin d'études (PFE). Au cours de l'année 2021, 31 stagiaires ont réalisé leur PFE au laboratoire (14 en 2018, 24 en 2019, 23 en 2020). Cette tendance à la hausse est encourageante et témoigne d'un rebond malgré la mise en place de la ZRR.

7. RESSOURCES FINANCIÈRES

7.1 Bilan 2021

Soutien de base des tutelles Les deux tutelles du laboratoire (CNRS et UTC) apportent annuellement un soutien de base pour le fonctionnement commun de l'unité. Le budget prévisionnel et sa répartition sont présentés et votés au conseil de laboratoire du mois de février, lorsque les dotations des tutelles sont connues.

Budget consolidé Le budget consolidé du laboratoire en 2021 était de 5,9M€(pratiquement le même qu'en 2020). Ce budget comprend le soutien de base (CNRS et UTC), les salaires des personnels permanents et temporaires, les contrats et projets et les équipements de recherche du contrat de plan état-région (CPER).

Ressources propres du laboratoire Sur l'année 2021, on a compté 45 projets en cours pour un montant total de ressources propres de 1,5M€. La part « région » qui avait fortement baissé a maintenant atteint la valeur nulle. La part « industrie » correspond en grande partie au laboratoire commun SIVALab.

7.2 Évolution depuis 2018

Les dotations des tutelles sont stables.

Pour l'ensemble du laboratoire, le montant des ressources propres par ETP de 70k€/ETP par an en moyenne sur les années 2019, 2020 et 2021. Ce chiffre est en baisse par rapport aux années précédente mais est actuellement stable.

La figure 16 donne la moyenne sur 4 ans des ressources propres.

Si on s'intéresse à l'évolution de la typologie des projets (figure 17), on voit que le nombre de projets académiques est en hausse, les projets européens sont stables, les financements de la région se sont taris et le nombre de projets industriels est en baisse, sans pour autant assister à une chute importante des montants, ce qui peut s'expliquer par des contrats plus ciblés avec des partenaires, comme par exemple avec Renault dans le cadre du laboratoire commun SIVALab.

La figure 18 présentation la répartition moyenne par an des ressources propres. Les contrats industriels représentent la plus grosse part, suivis par les projets ANR.



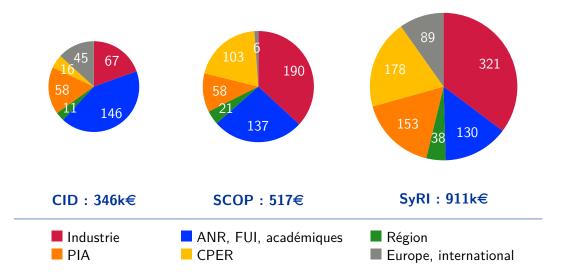


Figure 16 - Ressources propres annuelles moyennes des équipes sur 2018-2021 inclus, en k€

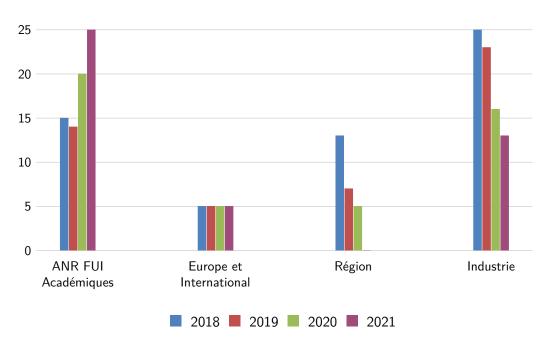
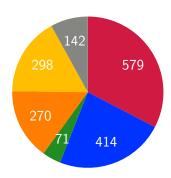


Figure 17 – Nombre de projets par type depuis 2018



Budget moyen annuel du labo : 1774k€

Figure 18 – Ressources propres annuelles moyennes par type de contrat sur la période 2018-2021 pour l'ensemble du laboratoire, en k \in . Les codes couleurs sont identiques à ceux de la figure 16.



8. ENGAGEMENTS SOCIÉTAUX DE L'UNITÉ

8.1 Actions pour l'égalité femmes-hommes

En 2020, le CNRS et la MPDF (Mission pour la Place des Femmes au CNRS) créent un réseau de correspondant es égalité (COREGAL) dans les unités de recherche. La personne référente du laboratoire Heudiasyc est Hélène Ballet. Son rôle est de :

- Participer au réseau régional des correspondant es égalité pour s'informer, partager les actualités du domaine, et des exemples de bonnes pratiques;
- Faire connaître et diffuser les éléments du plan d'action et plus largement de la politique égalité portée par la délégation au sein des unités ;
- Sensibiliser aux objectifs du plan d'action l'ensemble des personnels de l'unité;
- Faire remonter auprès des DU d'éventuelles difficultés d'application des dispositifs et/ou des actions ;
- Transmettre les cas complexes ou diriger les personnes en situation complexe vers les bons interlocuteurs.

En décembre 2020, le laboratoire Heudiasyc a répondu à l'appel unique 2021 de l'INS2I et a soumis le projet ARI^2A regroupant deux actions, dans le cadre de la parité et l'égalité. Le projet a été retenu et a obtenu une subvention de 5000 \in .

ARI²A (Automatique, Recherche, Informatique, Intelligence Artificielle) est un projet rassemblant dix membres du laboratoire, porté par Hélène Ballet.

L'objectif de ce projet a été de promouvoir la recherche scientifique dans les sciences de l'information et du numérique auprès des jeunes femmes et futures chercheuses.



Deux actions ont été menées dans le projet ARI²A. La première a été la réalisation de portraits vidéos des 7 chercheuses du laboratoire Heudiasyc. Ces portraits ont vocation à donner aux jeunes filles des modèles à qui s'identifier, et ainsi montrer qu'il y a des femmes dans la recherche. L'idée est également de démystifier l'image de l'informaticien et de montrer que travailler dans la recherche en informatique ouvre de nombreuses possibilités.



Ces portraits ont été diffusés un par un sur la chaine Youtube, sur le site web et le compte Twitter du laboratoire, puis relayés par les services communication des tutelles sur leurs différents réseaux. Ils ont également été envoyés à des professeurs de mathématiques des lycées de Compiègne.

La deuxième action a consisté à organiser une journée de sensibilisation aux métiers de la recherche scientifique dans nos domaines de recherche. Elle s'est déroulée en présentiel le 21 octobre 2021, à l'UTC.



La journée a été initiée par la présentation des plans d'actions égalité du CNRS et de l'UTC, afin de donner des éléments de contexte aux participants. La matinée était dédiée aux interventions et conférences :

- interview de Samy Bengio, directeur IA chez Apple sur l'égalité des chances au recrutement.
- biais de genre dans les algorithmes d'IA par Françoise Soulié-Fogelman, conseillère scientifique HUB France,
- table ronde « témoignages et retours d'expérience » sur la recherche au féminin, avec :
 - Françoise Soulié-Fogelman, conseillère scientifique, HUB France,
 - Alice Guehennec, directrice groupe des systèmes d'information et du numérique, Groupe SAUR,
 - Marie Szafranski, maîtresse de conférences à l'ENSIIE et au LaMME,
 - Meltem Ozturk Escoffier, maîtresse de conférences HDR en informatique, Lamsade PSL-Université Paris Dauphine.



L'après-midi, une pièce de théâtre participative a été présentée « Silences Complices » sur les violences sexistes et sexuelles au travail. Cet évènement a été ouvert à l'ensemble des personnels de l'UTC.

Enfin, signalons que Marie-Hélène Abel (directrice du département de génie informatique) a été nommée référente égalité de l'UTC.

8.2 EcoHDS

La direction du laboratoire Heudiasyc a souhaité démarrer à l'automne 2020 une action de réflexion sur l'impact environnemental de ses activités. Celle-ci s'est rapidement mise en place avec la nomination d'un référent (Franck Davoine) et d'un coréférent (Bertrand Ducourthial) sur les questions de durabilité.



Un premier atelier de cette action « EcoHDS » a été organisé en janvier 2021 sur le thème de la sobriété numérique. Les échanges ont permis de lister des bonnes pratiques environnementales qui pourraient être mises en place au sein du laboratoire. En mars 2021, nous avons entrepris l'évaluation de l'empreinte carbone du laboratoire pour les années 2019 et 2020. Ce bilan carbone, demandé par les tutelles du laboratoire, vise à identifier des actions permettant de réduire notre empreinte environnementale. Un étudiant du département Génie Informatique de l'UTC nous a aidé dans cette tâche et ce travail a mis à contribution les personnes de l'équipe administrative du laboratoire.

Pour réaliser ce bilan, nous avons utilisé l'outil GES 1point5 ¹ développé spécifiquement pour les laboratoires de recherche par le GDR Labos 1point5 soutenu par le CNRS, l'INRAE et l'ADEME. « GES » signifie Gaz à Effet de Serre; il s'agit de ramener les activités en une unité commune : la tonne équivalent CO2. « 1point5 » fait référence à l'objectif d'augmentation de la température terrestre espérée. Dans sa version V1, l'outil tenait compte des consommations des bâtiments du laboratoire (chauffage, électricité, gaz réfrigérants...), des déplacements domicile-travail et de nos missions professionnelles. L'outil Ecodiag ², développé par les membres du GDS Ecolnfo du CNRS, nous a permis de calculer le bilan carbone de notre parc informatique. L'empreinte carbone des achats du laboratoire a plus récemment été estimée à l'aide de la Nomenclature Achats Recherche Enseignement Supérieur (NACRES). L'estimation consiste essentiellement à faire correspondre à chaque code NACRES de nos achats de biens et de services un facteur d'émission monétaire (exprimé en kg eCO2 par euro dépensé) calculé à partir de la base carbone de l'ADEME (France), de la base américaine Comprehensive Environmental Data Archive (CEDA) et de l'archive de l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA).

La répartition des sources d'émissions (kg eCO₂) calculée par GES 1point5 pour l'année 2019 est présentée sur les figures 19, 20, 21. L'analyse du bilan carbone du laboratoire va nous éclairer sur nos émissions de GES.

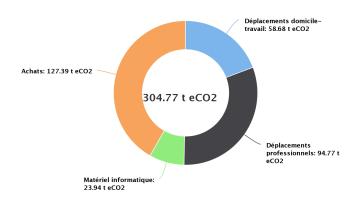


Figure 19 – Empreinte carbone du laboratoire en 2019, en tonne équivalent CO₂

Ces activités ont été présentées lors de la journée du laboratoire du 10 septembre 2021, avec un quiz de sensibilisation aux problématiques environnementales du numérique. Depuis, le laboratoire s'implique dans les travaux du GDR Labos 1point5 notamment au travers

^{2.} B. Montbroussous, J. Schaeffer, G. Moreau, F. Berthoud, G. Feltin. *Calculer le bilan Carbone de votre parc informatique avec EcoDiag, un service EcoInfo*.Congrès JRES: Les Journées Réseaux de l'Enseignement et de la Recherche, RENATER, Dec 2019, Dijon, France. hal-02387873



^{1.} J. Mariette, O. Blanchard, O. Berné, T. Ben-Ari. An open-source tool to assess the carbon footprint of research. 2021. arXiv :2101.10124

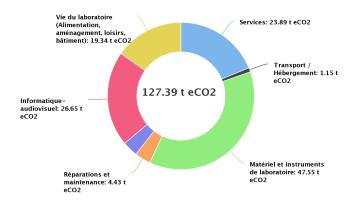


Figure 20 – Empreinte carbone des achats de biens et de services, en tonne équivalent CO₂

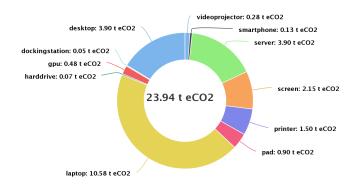
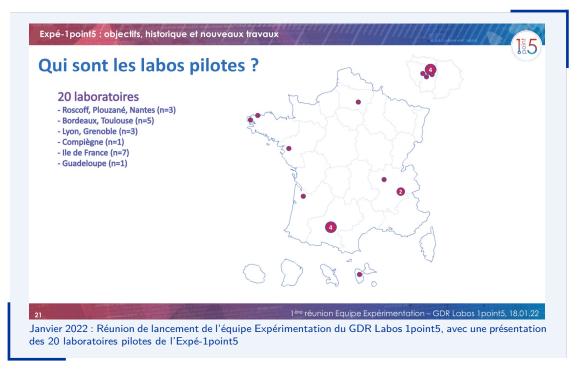


Figure 21 – Empreinte carbone du matériel informatique acheté, en tonne équivalent CO_2

des équipes *Empreinte* et *Expérimentation*. Nous travaillons notamment avec une équipe de six autres personnes du GDR sur la question du calcul de l'empreinte carbone des achats de biens et services (hors équipements informatiques, combustibles et missions) dans l'outil GES 1point5. Nous avons également rejoint l'équipe « Expé-1point5 » du GDR en tant que laboratoire pilote, avec dix-neuf autres laboratoires nationaux. Nous réfléchissons collectivement dans ce cadre à des solutions de réduction de l'empreinte de nos recherches en collaboration. Un séminaire d'information-débat avec les animateurs de l'équipe « Expé-1point5 » du GDR a été organisé le mardi 14 décembre 2021.





Enfin, nous nous impliquons dans les groupes de travail de l'UTC visant à établir pour l'automne 2022 une stratégie de développent durable et responsabilité sociétale ambitieuse et inclusive pour tous les acteurs de l'université.

8.3 Diffusion scientifique à destination du grand public

Nous nous sommes investis dans les « 80 ans du CNRS » en participant principalement à deux évènements :

- « l'UTC fête les 80 ans du CNRS » à Compiègne le 11 octobre 2019 avec des focus sur 40 années de recherche du CNRS à l'UTC illustrés par des présentations et une exposition en marge de la fête de la science,
- l'exposition itinérante en Hauts-de-France dans plusieurs villes.

Le laboratoire participe chaque année à la fête de science, en particulier dans le « village de la technologie » qui se tient à l'UTC tous les ans au mois d'octobre. Nous participons à des stands de démonstration pour des scolaires et pour le grand public (par exemple sur les mini-drones aériens, la sécurité informatique, etc.). Nous intervenons également dans les collèges qui ont sollicités l'UTC. En octobre 2021, nous avons également participé au Festival du CNRS qui s'est tenu à Cappelle-la-Grande (à côté de Dunkerque).

Depuis 2021, nous avons mis en place un programme d'accueil de collégiens (stagiaires de 3ème). En janvier 2022, nous en avons accueilli 4 pendant une semaine avec une formule qui leur permet de bien appréhender un environnement de laboratoire. Ceci a été réalisé grâce à un partenariat avec un collège de Compiègne dont la proportion d'élèves issus de milieux défavorisés est importante. Les professeurs nous ont permis de retenir des collégiens intéressés par les sciences et la technologie. Nous avons pris également en compte leur milieu social.



9. FAITS MARQUANTS DEPUIS LE DÉBUT DU NOU-VEAU CONTRAT

Au niveau du laboratoire, plusieurs éléments ont été marquants.

Année 2018

L'année 2018 a été une année de restructuration importante, la laboratoire passant d'une organisation en quatre équipes à une organisation en trois avec de nouveaux responsables. Le conseil d'unité a été renouvelé et un conseil scientifique d'unité a été mis en place. Nous avons eu un Dialogue Objectifs Ressources (DOR) le 16 octobre 2018 avec les tutelles.

En termes de ressources humaines, nous avons eu trois départs et nous avons recruté un professeur en intelligence artificielle (en provenance du CRIL à Lens).

Sous l'égide du Labex MS2T, le laboratoire a organisé la conférence IEEE – 13th System of Systems Engineering Conference (SoSE) en juin 2018 sur le Campus Pierre et Marie Curie de Sorbonne Université.

Année 2019

Nous avons recruté 5 nouveaux collègues permanents (4 maîtres de conférences et un professeur), venant tous de l'extérieur.

Nous avons préparé le contrat de plan état-région (CPER 2021-2027). Ce travail a mobilisé activement plusieurs collègues. La préparation de ce CPER était une nouveauté pour nous puisqu'elle s'est faite dans le cadre régional des Hauts-de-France en lien avec la fédération de recherche Transports Terrestres et Mobilité (FR3733) portée par le LAMIH de Valenciennes. Une initiative appelée « maîtrise des systèmes technologiques sûrs et durables » a été proposée à l'Alliance Sorbonne Université par les laboratoires de l'UTC. Elle a été retenue en début d'année 2020. Cette initiative hérite de la structuration des équipes de recherche issue du Labex MS2T.

En terme d'animation scientifique, l'année a été très riche avec plus de 40 séminaires organisés. Nous avons organisé à Compiègne la revue finale du projet européen ESCAPE portant sur l'utilisation du GNSS européen Galileo pour les véhicules autonomes en novembre 2019. Nous avons été fortement impliqués dans l'organisation de la conférence SUM 2019 à Compiègne et nous avons réalisé des démonstrations dans les conférences IEEE IV 2019, Sido 2019 et Laval Virtual 2019.



Année 2020

Les année 2020 et 2021 on été marquée par la pandémie de Covid19 qui a fait passer les activités de recherche en mode dégradé (confinement, adaptations nécessaires pour les enseignements, prolongation de financements de thèse, etc.). Face à cette situation nous avons procédé à l'été 2020 à des changements de bureau pour que les enseignants-chercheurs les plus présents au laboratoire soient seuls dans leur bureau.



Visite de Frédérique Vidal, ministre de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, mai 2020

Le 28 mai 2020 (juste après le confinement), nous avons eu le plaisir d'accueillir la ministre Frédérique Vidal à l'UTC et nous lui avons fait une démonstration de navigation autonome à bord d'un véhicule du laboratoire (avec un protocole Covid extrêmement strict).

Le 18 décembre 2020, le MESRI a annoncé les 40 lauréats des Équipements Structurants pour la Recherche (ESR/Equipex+); Heudiasyc participe à deux d'entre eux portés par le CNRS-INS2I (Tirrex, Continuum).

Au niveau de la gouvernance, l'équipe de recherche CID a changé de responsable en septembre.

De nouvelles missions ont donné lieu à trois nominations :

- une correspondante égalité femmes-hommes (Coregal),
- un référent durabilité,
- un correspondant valorisation.

Année 2021

Nous avons recruté une nouvelle responsable de l'administration et du pilotage qui a pris ses fonctions en janvier 2021. L'équipe SCOP a changé de responsable en décembre.

Les deux projets ESR/Equipex+ (Tirrex, Continuum) ont été officiellement lancés.

Le laboratoire commun SIVALab été renouvelé pour 4 ans (à partir de juillet 2021).

La chaire industrielle « Safe AI » portée par Sébastien Destercke a été mise en place (inauguration officiellle le 3 février 2022 à Paris dans les locaux de Sopra Steria).

Quatre projets ANR ont été acceptés et deux projets déposés dans le cadre du dispositif « Plan de relance – préservation de l'emploi R&D » ont été acceptés avec les entreprises VIVOCAZ et ROBOOST.



CID

Connaissances, Incertitudes, Données

1. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPE

Objectifs scientifiques

L'équipe CID regroupe les compétences du laboratoire qui sont directement convoquées par les problématiques de l'intelligence artificielle. Les recherches menées dans CID portent sur la gestion des incertitudes, l'apprentissage statistique et l'ingénierie des connaissances, en faisant appel à des formalismes très divers. L'objectif principal de l'équipe consiste à développer des formalismes, des méthodes et des systèmes pour le traitement d'informations et de connaissances en lien avec l'humain, qu'il soit prescripteur ou utilisateur du système. Les deux axes scientifiques de l'équipe sont : « traitement des connaissances et des données » et « systèmes adaptatifs personnalisés ». Les deux axes regroupent à la fois des problématiques amonts et appliquées, même si on peut remarquer une dominance des problématiques amonts dans le premier axe, et une dominance plus finalisée dans le second axe. L'apprentissage statistique et le traitement des incertitudes émargent aux deux axes, avec une prépondérance sur le premier; l'ingénierie des connaissances est également présente sur ces deux axes, avec cette fois-ci une prédominance dans les applications développées dans le second axe (capitalisation des connaissances, recommandation de parcours, et scénarisation d'environnements virtuels).

Membres

Au 31 décembre 2021, l'équipe regroupait 32 personnes, dont 13 permanents, 4 professeurs émérites, 3 post-doctorants et 16 doctorants. Les membres de l'équipe CID présents au laboratoire en 2017 étaient répartis dans les équipes DI (Décision et Image) et ICI (Information Connaissance Interaction). Le tableau 1 récapitule les mouvements de personnels permanents sur 2017-2021 :

- un maître de conférences associé est parti à la retraite en 2018;
- un maître de conférences en disponibilité a quitté la fonction publique pour le privé en 2019;
- un professeur est parti à la retraite en 2020 (éméritat), sans avoir été remplacé;
- un maître de conférences est parti à la retraite en 2021;



- + un professeur a été recruté en externe en 2018;
- + un maître de conférences a été recruté en externe en 2019.

Le départ de 2021 départ est associé à un nouveau poste MCF (orienté science des données), Dominique Lenne partira à la retraite en 2022, avec un nouveau poste de professeur ouvert au concours pour le remplacer.

Table 1 – Membres permanents, émérites et associés de l'équipe CID en 2017–2021

	Nom	Prénom	Statut	2017 2018 2019 2020 2021
Permanents	Abel	Marie-Hélène	PR	ICI
	Belahcene	Khaled	MCF	
	Denoeux	Thierry	PR	DI
	Destercke	Sébastien	CR CNRS HD	OR DI
	Grandvalet	Yves	DR CNRS	DI
	Lagrue	Sylvain	PR	
	Leger	Jean-Benoist	MCF	DI
	Lenne	Dominique	PR	ICI
	Lourdeaux	Domitile	MCF HDR	ICI
	Masson	Marie-Hélène	MCF^1 HDR	DI
	Morizet-Mahoudeaux	Pierre	PR	ICI
	Moulin	Claude	MCF	ICI
	Quost	Benjamin	MCF HDR	DI
	Rousseau	Sylvain	MCF	DI
	Trigano	Philippe	PR	ICI
	Bordes	Antoine	CR CNRS ²	DI
	Usunier	Nicolas	MCF ³	DI
Émérites	Barthès	Jean-Paul	ECC HDR	ICI
	Dubuisson	Bernard	PR	DI
	Govaert	Gérard	PR	DI
	Morizet-Mahoudeaux	Pierre	PR	
Associé	Fontaine	Dominique	MCF	CID

¹Université de Picardie Jules Verne

Les 12 enseignants-chercheurs relèvent des sections 27 et 61 du CNU, et les 2 chercheurs CNRS de la section 6 du comité national du CNRS. Les membres permanents de l'équipe sont répartis en rang A (5 PR, 1 DR) et rang B (7 MCF, 1 CR), dont 4 sont titulaires d'une habilitation à diriger des recherches.

Responsabilités locales significatives 2017-2021

- M.-H. Abel est directrice du département GI.
- T. Denoeux est directeur du LABEX MS2T, directeur de la Fédération de recherche FR3272 Systèmes Hétérogènes en Interaction (SHIC), président du conseil scientifique d'Heudiasyc et vice-président du conseil scientifique de l'UTC depuis novembre 2021.
- S. Destercke est membre élu du conseil de laboratoire, responsable d'un des trois axes scientifiques (gestion des incertitudes) du Labex MS2T, et responsable de l'équipe CID depuis septembre 2020.
- Y. Grandvalet est directeur adjoint du laboratoire depuis 2014 et a été responsable d'équipe jusqu'en septembre 2020.
- S. Lagrue est responsable adjoint de l'équipe CID depuis septembre 2020, et coresponsable de la filière IAD (Intelligence Artificielle et science des Données) du département GI depuis 2021.
- D. Lourdeaux est co-responsable de la filière IAD (Intelligence Artificielle et science des Données) du département GI depuis 2021.



²En disponibilité depuis 2014

³En disponibilité de 2014 à 2018, puis radié du corps des MCF

- M.-H. Masson est responsable adjointe de la formation doctorale au laboratoire, et membre élue du conseil de laboratoire. Elle est directrice des études au département Gestion des Entreprises et des Administrations de l'IUT de l'Oise à Beauvais.
- B. Quost est responsable de la formation doctorale du laboratoire depuis fin 2020.

Formation par la recherche

Le tableau 2 recense l'ensemble des personnels temporaires du laboratoire ayant été encadrés par un membre permanent de l'équipe. Sur la période, 18 thèses principalement affectées dans l'équipe ont été soutenues au laboratoire. Les thèses ont été financées par des conventions CIFRE (5), par des allocations du ministère (4) ou de la région/FEDER (2), des contrats ANR (2), des organismes de recherches internationaux (3 *China Scholarship Council*, 1 co-tutelle avec le Brésil) et des bourses du Labex MS2T (1). Quatre thèses ont été abandonnées pour raisons personnelles. Au 31 décembre 2021, les membres de l'équipe encadraient 16 thèses rattachées principalement à l'équipe. Ils ont également participé à l'encadrement d'une thèse, soutenue en 2019, rattachée principalement à l'équipe SCOP, de cinq thèses principalement rattachées aux laboratoires de mécanique ou de bioingénierie de l'UTC (Roberval et BMBI), dont une soutenue en 2017, d'une thèse à l'université d'Artois, d'une thèse à l'université de Rouen, d'une thèse à l'université Badji Mokhtar Annaba (Algérie), d'une thèse à l'École nationale Supérieure d'Informatique (Algérie), et d'une thèse à l'Université Française d'Egypte.

Table 2 – Effectifs en membres temporaires de l'équipe CID en 2017–2021

	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Stagiaires master	2	1	3	4	7	17
Thèses soutenues	5	7	2	1	3	18
Thèses abandonnées	1			3		4
CDD ens./rech.	1	2	1	2	4	6
Doctorants	14	11	13	15	16	

Les membres de l'équipe sont impliqués dans les cours du master de l'UTC, mention Ingénierie des systèmes complexes (ISC) de l'UTC, avec la responsabilité de 4 des 6 cours du parcours « apprentissage et optimisation des systèmes complexes ».

AVANCEMENT SCIENTIFIQUE 2017–2021

Axe 1 - Traitement des connaissances et des données

Cet axe regroupe les problématiques liées aux aspects amont du traitement des connaissances et des données. Nous visons ici à produire des formalismes, des modèles et des algorithmes manipulant ces connaissances et ces données. L'équipe est fortement impliquée sur la thématique de modélisation des incertitudes dans des cadres théoriques généralisant ou complémentant les probabilités (théories des probabilités imprécises, des fonctions de croyance et des possibilités). L'un des enjeux de ces recherches est de représenter avec cohérence des informations, connaissances et modèles hétérogènes comportant des incertitudes et des imprécisions.



1.1 Modéliser des connaissances pour capitaliser, expliquer, raisonner

Dans un environnement collaboratif, les utilisateurs travaillent collectivement en utilisant des informations hétérogènes, recueillies à partir de systèmes distincts. Dans ce cadre, nous nous intéressons à la modélisation et à la mise en œuvre de systèmes de systèmes d'information (SoIS) visant à gérer ces informations hétérogènes. L'objectif est de faciliter le partage d'informations et de réaliser des recommandations contextuelles de ressources [Wan18a, RI, Wan18b, RI, Li19a, CI, Neg19, CI]. Ces approches sont notamment instanciées dans le cadre de l'outil MEMORAe développé au sein de l'équipe [Abe21, RI] Le modèle sémantique de collaboration constitue la base de nos SoIS, qui enregistrent des traces sémantiques d'interaction résultant des activités de collaboration : qui travaille avec qui, sur quelles ressources, à propos de quoi, quand, et comment? Ce modèle a été validé dans des applications liées à l'apprentissage et à la gestion du cycle de vie du produit dans l'industrie 4.0 [Sal18, RI, Li21, RI], et a plus récemment été mis en œuvre dans des situations pédagogiques [Li20a, CI, Li20b, CI, Nas21, CO], où il est même possible de prendre en compte l'humeur de l'apprenant [Tan21, CI, Nas21, CI].

Par ailleurs, nous avons développé et appliqué des méthodes de représentation logique des connaissances pour la préservation du patrimoine culturel immatériel. Ces méthodes, basées sur des logiques de description légères pondérées, ont été mises en pratique dans un outil d'annotation de vidéos avec comme domaines d'application des spectacles de marionnettes sur eau et des danses traditionnelles d'Asie du Sud-Est [Lag19, CI]. Elles ont été utilisées pour effectuer du requêtage intelligent sur une base de danses traditionnelles vietnamiennes [Bel19, CI].

Nous avons également initié des travaux sur deux nouveaux fronts : d'une part dans le domaine de l'explicabilité et de l'intentionnalité dans les jeux à information incomplète [CS20, CI, CS21, CI], d'autre part sur la notion d'explication de préférences, que ce soit en contraignant le modèle à être directement interprétable [Bel20, CI], ou en fournissant un mécanisme explicatif pour une famille de modèles, par exemple additifs.

Nous avons participé à des recherches visant à établir des répartitions équitables entre agents, dans le problème d'allocations de projets (publication IJCAI 2021).

Plus récemment, nous avons entrepris avec l'équipe Syri des travaux de recherche afin d'améliorer le contrôle des véhicules autonomes en leur fournissant des informations sur leur contexte de conduite [Far21b, Cl, Far21, Cl, Far21a, Cl]

1.2 Maîtrise des incertitudes dans le traitement des données et des informations pauvres

Le cadre formel des probabilités imprécises est très expressif, dans le sens où ses outils de représentation de l'incertitude généralisent ceux de la plupart des autres théories de l'incertain. Si cette généralité est d'un grand intérêt théorique, sa mise en pratique implique souvent l'utilisation de modèles plus simples. Nous poursuivons nos travaux pour caractériser et comprendre les structures mathématiques de ces modèles simples, attractifs d'un point de vue calculatoire. Sur cette période, nous avons caractérisé la structure des points extrêmes d'un modèle très utilisé en pratique, les p-boîtes, qui décrivent un ensemble de distributions par des fonctions de répartition inférieure et supérieure. Nous avons également réalisé une étude complète d'un modèle de voisinage ne s'appuyant que sur un seul paramètre, le modèle du Pari-Mutuel [Mon17a, RI, Mon17b, RI, Mon17, CI]. Ce travail s'est poursuivi par une caractérisation complète des modèles de voisinage induisant un polytope dans l'espace des probabilités [Mon19, RI, Mon20a, RI, Mon20b, RI].



Les données pauvres peuvent être représentées sous différentes formes pour formaliser leur incomplétude ou leur incertitude. Nous développons des méthodes génériques de prise en compte des incertitudes des données pour l'ajustement des modèles à partir de ces données. Notre première proposition s'appuie sur des notions de vraisemblance ou de fonction de perte généralisées pour réaliser cet ajustement [Hül19, CI].

Il est également important de pouvoir fusionner des informations de manière prudente. En particulier, si des informations identiques ne doivent renforcer aucune hypothèse, les opérateurs de fusion prudents doivent nécessairement être idempotents. Cependant, cette propriété n'est pas suffisante pour qualifier un opérateur de prudent. En nous plaçant dans le cadre des fonctions de croyance, nous avons proposé une approche qui, à partir de fonctions de croyance initiales, en construit une nouvelle via la minimisation d'une distance [Kle18, RI]. La fusion réalisée a l'avantage d'être conjonctive (le résultat fusionné est plus précis que chaque source individuelle), d'être idempotente, et de faire un minimum d'hypothèses sur la règle de fusion, ce qui correspond bien à l'idée de prudence. Sur ces mêmes questions de fusion, des travaux collaboratifs récents nous ont amené à utiliser des stratégies de fusion sélective en présence d'inconsistances pour résoudre un problème inverse, avec une application en mécanique [Shi20, CI]. Sur les aspects de fusion distribuée, nous avons également proposé des algorithmes dédiés aux fonctions de croyances pour un ensemble de cas (y compris la règle de Dempster) [Den21a, RI].

Le formalisme des fonctions de croyance fait également un usage important de relations binaires entre ensembles pour définir des notions clefs : l'intersection pour le conflit, des relations d'ordre pour comparer le contenu informationnel et définir des notions d'optimalité, etc. Nous avons proposé un mécanisme générique d'extension d'une relation entre ensembles à une relation entre fonctions de croyances, et analysé les propriétés de ces extensions [Des19, RI]. L'objectif de ces analyses est d'établir des liens plus solides entre les différentes notions manipulées dans les fonctions de croyance.

Finalement, nous avons proposé des algorithmes qui permettent de manipuler de manière efficace des ensembles focaux vivant dans un espace continu, afin de pouvoir facilement réaliser des inférences à partir de sous-ensembles du simplexe unité [Jac20a, CI]. Sur ces aspects d'inférence efficace en environnement complexes, nous avons également initié des collaborations avec l'équipe Syri, et notamment pour la navigation de véhicules au travers de grilles d'occupation [Mas21, RI].

Nous avons également contribué au problème de la prise de décision dans l'incertain, notamment en fournissant une base axiomatique à certaines règles de décisions utilisées dans la théorie des fonctions de croyance [Den20b, RI].

1.3 Théorie des fonctions de croyance et apprentissage statistique

Nous avons poursuivi notre exploration d'une approche alternative de l'apprentissage statistique basée sur la théorie des fonctions de croyance.

En classification non supervisée, nous avons proposé une nouvelle approche de partitionnement basée sur les pics de densité [Su19, RI]. Nous avons proposé plusieurs généralisations de l'indice de Rand pour évaluer les performances d'algorithmes de classification automatique basés sur la construction de partitions évidentielles [Den18a, RI]. Nous avons développé une méthode permettant de prendre en compte des contraintes concernant des paires d'objets pour faciliter la construction de telles partitions [Li18, RI], nous avons proposé une méthode de segmentation d'images avec une métrique adaptative, qui a été appliquée à la détection de tumeurs dans des images FDG-TEP et PET-CT [Lia18, RI, Lia19, RI]. Nous avons enfin proposé une approche « calibrée » de la classification non-supervisée [Den20a, RI], ainsi qu'une approche de combinaison utilisant l'information relationnelle [Li20, RI]. Plus récem-



ment, nous avons proposé une méthode de clustering basée sur les réseaux de neurones produisant un clustering évidentiel [Den21c, RI].

En classification supervisée, nous avons développé de nouveaux algorithmes optimisés utilisant le principe des k plus proches voisins dans un cadre évidentiel [Su18, RI, Den19c, RI, Su21, RI], et nous avons proposé un nouveau point de vue sur les réseaux de neurones (et plus généralement, une vaste classe d'algorithmes de classification), comme mécanismes de combinaison de fonctions de croyance élémentaires par la règle de Dempster [Den19a, RI], que nous avons commencé à exploiter [Yua20, Ch]. Nous avons de plus débuté des travaux [Liu21b, RI] visant à utiliser les fonctions de croyance pour répondre au problème de l'apprentissage par transfert.

Nous avons également commencé à explorer comment la notion d'atypicité d'un exemple peut se traduire par des structures évidentielles [Quo20, CI]

1.4 Formaliser l'inférence prudente

Les prédictions prudentes réalisent des compromis entre fiabilité et précision. En discrimination, quand les classes sont mal séparées ou que les données d'apprentissage sont peu représentatives de la distribution, on peut préférer des prédicteurs donnant une prédiction imprécise mais fiable (comme un ensemble de classes plausibles).

Parmi nos contributions sur ce sujet, on peut citer la proposition de nouveaux algorithmes basés sur les probabilités imprécises et des décompositions de problèmes multiclasses en problèmes binaires [Quo18, RI, Yan17a, RI] ou sur des modèles gaussiens [CA19, CI]. Des estimateurs de densité à noyaux [Den18a, CI] ont également été construits. En classification non-supervisée [Mas19, RI], en modélisant les classes comme des classes d'équivalence d'objets, une classification partielle est produite sous la forme d'une matrice relationnelle incomplète, de manière à détecter des objets ambigus ou des classes fusionnables. Le travail préliminaire sur l'inférence prudente de trajectoires de véhicules dans des grilles d'occupation évidentielles [Des18, CN] a également été approfondi. De premiers travaux ont également été engagés pour réaliser des inférences prudentes dans des tâches plus complexes pour lesquelles la sortie est de nature combinatoire et/ou multivariée : citons entre autres les problèmes de rangement d'étiquettes [Ada20, CI, CA20, CI], de prédiction multi-étiquettes ou encore de régression multi-variée [Mes20a, CI]. Nos directions recherches les plus récentes sur ce thème incluent notamment la prédiction de consommation de véhicules ou encore la formalisation de l'explicabilité de l'incertitude observée lors d'une prédiction, par exemple issue de nos travaux récents sur les forêts aléatoires [Zha21, CO].

Quand les prédictions sont imprécises, évaluer leur qualité devient plus complexe. L'évaluation de prédictions prudentes doit mesurer, en plus de l'exactitude, l'informativité des prédictions : prédire une appartenance à l'ensemble des classes est toujours juste, mais non-informatif. Nous avons proposé et discuté des propriétés qu'une telle évaluation devrait satisfaire, et une approche générale a été proposée [Yan17b, RI]. Cette approche sera mise en oeuvre dans de futurs travaux sur des fonctions de coût correspondant par exemple à la régression ordinale ou la classification multi-étiquettes. Sur ce point, nous avons également exploré des techniques plus spécifiques dédiées aux fonctions de croyances [Ma21, RI]

Nous avons également étendu notre recherche de mécanismes d'inférence prudente à l'inférence statistique. En effet, le modèle bayésien peut être considéré comme trop contraint dans les situations où la connaissance a priori est pauvre et où les données sont peu nombreuses [Den18a, RI]. La méthode d'inférence proposée par Dempster dans les années 1960 visait à affranchir l'inférence statistique de la nécessité d'une loi de probabilité a priori, prolongeant ainsi les travaux de Fisher sur l'inférence fiduciaire. Cependant, cette approche manque d'une



base fréquentiste qui permette de garantir que des conclusions correctes sont obtenues « dans la plupart des cas ». Depuis les travaux de Dempster, plusieurs approches alternatives ont été proposées pour construire des fonctions de croyance estimatives et prédictives calibrées en un sens fréquentiste. Dans l'article [Den18a, RI], nous avons présenté une revue bibliographique de ces méthodes, et nous avons proposé quelques contributions originales. Sur cette même thématique de l'inférence statistique, mais dans une direction différente, nous avons montré que l'utilisation d'ensembles aléatoires flous permet de construire une théorie généralisant à la fois possibilités et fonctions de croyances, soulignant leur intérêt pour l'inférence statistique au sens large [Den21b, RI]

Nous avons également développé un nouveau cadre quantifiant l'incertitude dans les réseaux de neurones par des fonctions de croyance [Ton21a, RI, Ton21b, RI], appliqué à de l'imagerie médicale [Hua21, CI, Hua21c, CI, Hua21a, CI]. Nous avons également exploré comment combiner ces classifieurs évidentiels profonds [Ton21, CI], avec de nouveaux des applications aux images médicales [Hua21a, CI]

1.5 Apprentissage interactif

L'apprentissage actif est une forme d'apprentissage interactif dans lequel l'algorithme interroge un expert pour étiqueter des données choisies au mieux, de manière à réduire le fardeau de l'annotation. Le problème classique considère que l'ensemble d'apprentissage est formé d'exemples dont les caractéristiques sont précisément connues et les étiquettes sont totalement inconnues. Nous étendons ce cadre aux données d'apprentissage imprécises, l'imprécision pouvant porter sur les étiquettes des données (étiquettes partielles ou imprécises) ou sur les caractéristiques d'entrée (sous forme d'intervalles par exemple). L'apprentissage actif consiste alors à déterminer quelles sont les instances les plus intéressantes à présenter pour être « désambiguïsées » par l'oracle (un expert par exemple).

Une première étude a porté sur les labels imprécis, avec l'algorithme des k plus proches voisins. Les notions utilisées, issues de la théorie du choix social (votes sous forme de préférences incomplètes), sont à la base des stratégies d'interrogation de l'oracle [Ngu17a, Cl]. Une autre étude a porté sur les caractéristiques imprécises des entrées, en mettant en compétition un ensemble de classifieurs, dont les performances ne peuvent être complètement ordonnées de par l'imprécision, pour déterminer quelles instances devraient permettre de réduire le plus rapidement possible une borne sur le risque [Ngu18, Rl, Ngu21, Rl]. Enfin, nous avons proposé des stratégies d'apprentissage actif reposant sur la distinction entre incertitudes aléatoire et épistémique [Ngu19, Cl]. Nous avons également étudié récemment le problème de quel attribut interroger lors de l'utilisation du modèle, et ce afin de réduire l'incertitude correspondante [Quo21, Cl].

La réduction de l'incertitude associée à l'image par une fonction d'un ensemble d'entrées incertaines se traite de manière relativement classique dans le cadre probabiliste. Ce problème a été beaucoup moins abordé dans le cadre d'autres théories de l'incertain. Notre approche se situe dans le cadre intervalliste, de manière à offrir des garanties non pas en espérance, mais déterministes sous forme d'intervalle. L'objectif consiste à identifier la prochaine question à poser, pour réduire l'incertitude sur l'ensemble des entrées, de telle manière que, quelle que soit la réponse, la réduction de l'incertitude sur la sortie soit garantie. Nous formalisons cet objectif comme l'optimisation au sens du minimax d'une fonctionnelle [BA17, RI].

1.6 Apprentissage de données structurées

Les réseaux de neurones profonds ont bouleversé les domaines du traitement d'objets structurés difficiles à caractériser, comme les images, le signal de parole, ou le texte. Ces succès



s'expliquent par l'apprentissage des représentations de ces données, processus qui nécessite de grandes bases de données étiquetées. Une grande question consiste à faire usage de représentations déjà apprises pour réaliser de nouvelles tâches, similaires, avec des bases de données de taille plus modeste. Nous avons proposé des techniques de régularisation qui visent à améliorer l'adaptation des représentations des données à la résolution de nouvelles tâches.

Nos premières approches, opérant sur les paramètres de réseaux, montrent l'intérêt de préserver explicitement la mémoire de la représentation d'origine [Li18b, CI, Li20a, RI, Li20b, RI]. Elles ont été appliquées à l'analyse d'images de scènes urbaines, avec ou sans l'aide de carte de l'environnement [Li18a, CI, Lou18, CI]. Nos derniers travaux explorent des approches formalisant directement la mémorisation des représentations, sans faire intervenir les paramètres des réseaux.

Les modèles génératifs de graphes permettent de représenter des interactions entre objets, homogènes ou non, associés aux noeuds du graphe, en définissant les lois de probabilité qui gouvernent la présence et la valuation des arêtes. L'ajustement de ces modèles à des données vise à interpréter le phénomène sous-jacent, ou à prédire les arêtes manquantes. Dans la lignée des travaux initiés par Gérard Govaert [Bat17, RI, Lom18, RI], nous nous intéressons aux graphes bipartis représentant des relations entre deux catégories d'objets (comme des films et des spectateurs) pour lesquels la prédiction d'une arête constitue une recommandation (du film pour le spectateur). Dans ce cadre, nous modélisons le mécanisme de manquement des arêtes du graphe, en faisant l'hypothèse que le manquement dépend des notes que les utilisateurs auraient attribué aux films : le processus ne dépend pas de la valeur non-observées (MNAR, *Missing Not At Random*), également appelé « non-réponse non-ignorable » car l'absence de réponse est informative [Fri19, CO, Fri20, CN].

Axe 2 - Systèmes adaptatifs personnalisés

Dans cet axe, nous couplons les travaux liant représentation de connaissances symboliques et interactions humains-systèmes avec les approches numériques dans les domaines du traitement des incertitudes et de l'apprentissage statistique. L'objectif est de concevoir des systèmes s'adaptant automatiquement et dynamiquement aux utilisateurs et au contexte. Nous étudions les questions liées à l'adaptation dans deux cadres applicatifs : celui des systèmes de recommandation, pour personnaliser les choix proposés aux utilisateurs, et celui des environnements virtuels pour la formation, dans le but de confronter les utilisateurs à des situations pertinentes. Dans les deux cas, le système doit idéalement pouvoir inférer dynamiquement le profil et les préférences de l'utilisateur pour adapter son comportement.

2.1 Apprendre dynamiquement les profils et les préférences des utilisateurs

La plupart des modèles de préférences ne permettent pas à l'utilisateur d'exprimer les incertitudes associées aux préférences exprimées. Les préférences peu fondées peuvent résulter en des inconsistances ou des choix de modèle inadapté. Nous avons proposé un cadre générique de modélisation de préférences incertaines s'appuyant sur le formalisme des fonctions de croyances [Des18, RI]. Ce cadre est cohérent avec les approches prudentes fournissant des garanties fortes d'optimalité, et permet, via la modélisation du conflit, de détecter d'éventuelles incohérences entre les informations fournies par l'utilisateur et les hypothèses faites à un instant donné. Nous nous tournons maintenant vers l'apprentissage dynamique de préférences individuelles par apprentissage actif. Nos travaux préliminaires montrent la plus-value potentielle des fonctions de croyance [Gui19, CI]; ils sont poursuivis dans le cadre de l'ANR PreServe.



Nos travaux ont également portés sur d'autres modèles de préférences, en particulier des modèles de rangement non-compensatoires (basés sur une notion de surclassement) également utilisés pour la classification. A cet effet, nous avons développé une approche d'apprentissage de tels modèles basés sur des méthodes logiques de type SAT/maxSAT [Tli21, Rl], ainsi que des méthodes d'élicitation (collecte de préférences) pour de tels modèles [OLT21, Rl]

Sur un plan plus applicatif, nous nous sommes intéressés aux cas où l'utilisateur est intéressé non pas par des items simples mais par une collection d'items. Dans le cas de la planification de voyages touristiques, le problème consiste à recommander un ensemble de points d'intérêt, en satisfaisant des contraintes telles que le coût ou la durée du séjour. Nous avons proposé une fonction de score et un algorithme de classement, prenant en compte les préférences de l'utilisateur, la diversité de l'ensemble recommandé, ainsi que la popularité des points d'intérêt, pour réaliser des recommandations pertinentes et diverses [Ben17b, Cl].

Concernant non plus ses préférences mais bien le profil d'un utilisateur au sein d'un processus pédagogique, nous avons mis au point un système d'identification dynamique des compétences d'un utilisateur, en utilisant le langage des fonctions de croyances pour en décrire les incertitudes. Cette approche a notamment mis en oeuvre dans un cours d'algorithmique [Rah21, RI].

Dans le cadre du projet ANR VIVOCAZ, nous avons également commencé à développé une formalisation logique d'offre de véhicules afin de pouvoir procéder à des recommendations personnalisées de véhicules d'occasion [LN21, CI]

2.2 Adapter le comportement des systèmes

Les environnements virtuels peuvent faciliter l'apprentissage de la gestion d'environnements complexes par l'expérience personnelle. Il faut alors confronter l'apprenant à des situations suffisamment diverses pour développer ses compétences. Les situations doivent également être adaptées au profil de chaque apprenant, en particulier à son niveau de compétence. L'écriture des scénarios nécessite alors un travail conséquent, ce qui motive les systèmes de scénarisation génériques, capables de créer des environnements adaptables, sans avoir à définir explicitement l'intégralité des scénarios possibles. Un système de scénarisation vise des objectifs difficilement conciliables : laisser une grande liberté d'action à l'apprenant, pour favoriser l'apprentissage par l'expérience; contrôler dynamiquement le scénario, pour présenter à l'apprenant des situations favorisant les apprentissages; assurer la cohérence des comportements générés, de manière à pouvoir les expliquer.

Nous avons concentré notre travail sur deux points : la modélisation de comportements cognitifs de personnages virtuels, intégrant les erreurs de perception ou encore le facteur de stress d'une part, et la génération dynamique de scénarios complexes d'autre part. Sur le premier point, nous avons développé un système de perception permettant à des agents virtuels de percevoir à l'aide de plusieurs modalités sensorielles afin d'avoir plusieurs canaux d'altération de l'information. Par ailleurs, nous avons proposé un algorithme de génération de dialogues qui intègre les croyances, connaissances et états mentaux des personnages virtuels [Lou19b, CI]. Sur le deuxième point, nos contributions portent principalement sur la génération dynamique de situations complexes en environnement virtuel. Une première contribution consiste à modéliser les notions de dilemme et d'ambiguïté, en opérationalisant celles issues des sciences humaines et sociales. Cette formalisation permet de mettre à jour un profil de l'apprenant, modélisé par des fonctions de croyances pour la gestion des incertitudes. Nous proposons alors un ensemble d'algorithmes de génération de situations qui raisonnent sur des modèles des connaissances décrites par les experts du domaine bien que non destinées, a priori, à la description de dilemmes ou de situations ambiguës. Ces algorithmes permettent de générer une grande diversité de situations ambiguës ou déclenchant des dilemmes pour



l'apprenant [Ben17a, CI, Ben18, CI, Ben20, RI]. Une deuxième contribution vise à la génération dynamique de scénarios. Nous avons choisi les cartes cognitives floues comme modèle graphique pour définir des chaînes de causalité et faire du raisonnement flou. L'originalité de notre approche repose sur le couplage fort entre modèles graphiques et planification, qui facilite la modélisation du contenu scénaristique au travers de morceaux de scénario qui vont être scriptés par l'auteur en vue de leur utilisation dans la planification dynamique. Cette planification dynamique permet de générer des parcours divers [LL17, CI]. Une troisième contribution vise à intégrer de nouveaux aspects à la génération dynamique des scénarios, notamment les états de stress ou de *cyber-sickness* de l'utilisateur. Les travaux entrepris dans ce sens portent sur la prédiction de ces états par des mesures physiologiques [Ben21, CN], et sur leur prise en compte dans la génération de scénarios [PW21, CO, PW21, CN].

2.3 Collaborer à distance via des dispositifs multimédia

Nous développons des systèmes de collaboration entre équipes distantes réalisant des activités synchrones. Nous étudions en particulier le cas de plusieurs sites connectés à une même réunion, en utilisant chacun des dispositifs tactiles de grande dimension, de manière à faciliter des activités collaboratives, de création ou d'organisation d'informations par exemple. Un système de vidéoconférence a été défini et réalisé, et des outils pour les supports synchronisés ont également été développés. La gestion des différents outils et la capitalisation des données (textuelles et visuelles) sont réalisées par différents systèmes multi-agents basés sur des serveurs distants [Kae18, RI, Kae18, CI]. Nous travaillons actuellement à la prédiction automatique d'éléments sur la base des flux vidéos (intentions, émotions, etc.) au moyen de méthodes d'apprentissage automatique, et ce afin de pouvoir notifier le moniteur (coach) des réunions [Kae20, RI, Gid20, RI, Fuj20, CI]

PROJETS ET COLLABORATIONS 2017–2021

Cette section présente une synthèse budgétaire des projets actifs sur la période. La frise de la figure 22 donne une vue détaillée de ces projets, regroupés par catégorie. La majorité des projets sont soit des collaborations industrielles directes, souvent associées au financement de thèses CIFRE, soit des projets collaboratifs nationaux, dont la moitié sont coordonnés dans l'équipe.

Collaborations locales Pour ce qui est des collaborations locales, l'équipe participe à des projets de la fondation universitaire de l'UTC (programmes de toxicologie Tox/Ecotox, de formation et d'innovation), au projet inter-laboratoire Labex MS2T, au laboratoire commun SIVALab coordonné par l'équipe SyRI, et enfin collabore sur le projet ONDEO avec l'équipe SCOP.

Hors projet laboratoire, nous participons à l'encadrement d'une thèse CIFRE et d'une thèse Labex hébergée par le laboratoire Roberval de l'UTC, ainsi qu'au projet TEMIS coordonné par le laboratoire Roberval. Des collaborations hors projets institutionnels sont attestées par des co-directions de thèse avec les laboratoires BMBI et Roberval à l'UTC.

Autres collaborations nationales et internationales Des collaborations hors projets institutionnels sont matérialisées par des co-directions de thèse avec l'université d'Artois, l'université de Rouen, l'université Badji Mokhtar Annaba (Algérie), l'École nationale Supérieure d'Informatique (Algérie), et l'Université Française d'Egypte. Enfin, d'autres collaborations ont donné lieu à des échanges de chercheurs et des publications, notamment avec le *Chiba*



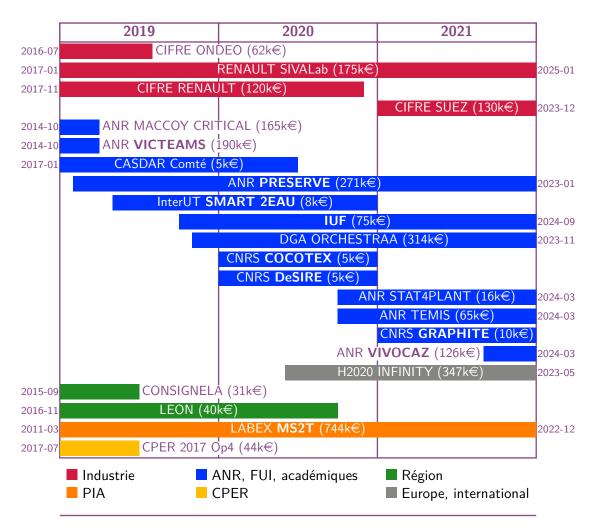


Figure 22 – Projets de l'équipe CID sur la période 2019-2021. Les noms en gras indiquent que la (co)-direction scientifique est assurée dans l'équipe. Les montants indiqués correspondent au budget global alloué au projet ; une thèse CIFRE est budgétisée à 75k€. Le projet ONDEO est une collaboration entre les équipes CID et SCOP, dont le budget a été équiréparti sur ces équipes. Le projet MS2T est un projet inter-laboratoire, dont le budget propre au laboratoire a été équiréparti sur les trois équipes.

Institute of Technology (Japon), l'université de Chiang Mai (Thailande), la South-East University (Chine), la North-Western Polytechnical University (Chine), l'université de Shanghai (Chine) et l'université du Kansas (États-Unis).

RAYONNEMENT 2017-2021

Les activités listées ci-dessous ont eu lieu sur tout ou partie de la période 2017-2021.

Responsabilités et instances d'évaluation

Pour les sociétés savantes, ne sont listées ici que les affiliations dans lesquelles les membres de l'équipe ont un rôle notable.

Responsabilités nationales significatives

- S. Destercke est membre du comité de direction du GdR IA depuis 2016.
- Y. Grandvalet a été vice-président du comité 23 (IA) de l'ANR AAP 2021 et du défi 7 « Société de l'information et de la communication » en 2017. Il est membre du CoNRS section 6 depuis 2022 et a été président de la CID 55 en 2021.
- D. Lourdeaux est vice-présidente du Conseil d'Administration de l'Association Française d'Intelligence Artificielle (AFIA) depuis 2020.

Responsabilités internationales significatives

- M.-H. Abel et J.-P. Barthès co-président le chapitre français de l'IEEE SMC depuis 2017.
- T. Denoeux est président de la société savante BFAS depuis 2012.
- S. Destercke a été président de la société savante SIPTA entre 2017 et 2019 (et membre de son directoire jusqu'en 2021).

Comités de rédaction

Les membres de l'équipe participent à la relecture d'articles pour de nombreuses revues et conférences, seules les activités d'encadrement de relectures pour des journaux reconnus sont listées ici.

Activité nationale

■ D. Lourdeaux est membre des comités de rédaction de « Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF) » et de la « Revue d'Intelligence Artificielle » devenue « Revue Ouverte d'Intelligence Artificielle » à la suite du rachat de RIA par l'éditeur IIETA.

Activité internationale

- T. Denoeux est *editor in chief* pour *International Journal of Approximate Reasoning* (Elsevier) *associate editor* pour *Fuzzy Sets and Systems* (Elsevier) et *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* (World Scientific).
- S. Destercke est area editor pour International Journal of Approximate Reasoning (Elsevier)et Artificial Intelligence Review (Springer).
- B. Quost est *section editor* pour *Data in Brief* (Elsevier).
- D. Lourdeaux est associate editor pour Technological Forecasting and Social Change (Elsevier) et Computers in Human Behavior (Elsevier).



Organisation de conférences internationales

L'équipe est souvent sollicitée pour présidé des comités scientifiques, et se montre active dans l'organisation de tels événements. Nous listons ici les principales activités.

- Présidence de comité scientifique : BELIEF/SMPS (conférences jointes) 2018, BELIEF 2021 :
- Organisation de conférences : BELIEF/SMPS (conférences jointes) 2018, SUM 2019 ;
- Organisation d'ateliers: WUML (2017, 2021 à ECML); sessions spéciales à IEEE SMC (2018, 2020, 2021), ICDLAIR (2020, 2021), ICMLA (2021), ECDA (2018).

Comités de programme de conférences

Conférences nationales Les membres de l'équipe sont très souvent sollicités sur des conférences nationales, avec une moyenne de plus de 10 participations/an.

Conférences internationales Nous ne mettons ici en évidence que les responsabilités les plus importantes dans des conférences qui sont listées comme étant A ou A* dans le classement *core*, en particulier les positions de SPC (*Senior Program Committee member*) et AC (*Area Chair*).

- Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI), Destercke, S. SPC/AC.
- International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI), Destercke, S. SPC.
- Conference on Neural Information Processing System (NeurIPS), Grandvalet, Y. AC.
- International Conference on Machine Learning (ICML), Grandvalet, Y. AC.

L'équipe participe de plus régulièrement aux comités de programme de conférences du même calibre, parmi lesquelles (au-delà de celles citées plus haut) ECAI, AISTATS, ECML, VRST, FUZZ-IEEE. Au-delà de telles conférences, l'équipe participe en moyenne à plus de 20 comités de programme par an.

Conférences et écoles invitées

Nous énumérons ici les invitations reçues par les membres de l'équipe à des écoles et conférences, sachant que par invitation nous entendons des invitations avec couverture de l'ensemble des frais.

■ Ecoles et conférences nationales : 4

■ Ecoles chercheurs internationales : 6

■ Conférences internationales : 5

Ce qui fait en moyenne 1 invitation nationale et 2 internationales par an.

Prix et distinctions

- T. Denœux est membre senior de l'Institut Universitaire de France depuis 2019.
- F. Kamdem Simo, qui a effectué sa thèse au laboratoire sous la direction de Dominique Lenne, a obtenu le 1er prix de thèse de l'AFIS en 2018.
- S. Messoudi, qui effectue sa thèse au laboratoire sous la direction de S. Destercke et S. Rousseau, a obtenu le prix du meilleur article étudiant à la conférence COPA 2020.



Séjours à l'étranger et visiteurs reçus

Séjours étrangers (total : + d'1 an) Les membres de l'équipe ont réalisés de nombreux séjours longs dans différentes universités, notamment à l'université de Beijing en Chine (T. Denoeux), au *Chiba Institute of Technology* au Japon (C. Moulin) ainsi qu'à l'université d'Eindhoven (B. Quost).

De plus, T. Denoeux est professeur conjoint à l'UTSEUS (Shanghai, Chine) et professeur invité à l'Université de Chiang Mai, Thailande, ainsi qu'au Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST).

Visiteurs reçus longue durée (total : 9 mois) Takahiro Uchiya, professeur au Nagoya Institute of Technology, Japon, pendant 6 mois en 2017 et Prakash Shenoy, Ronald G. Harper Distinguished Professor of Artificial Intelligence, Kansas University, États-Unis, de janvier à avril 2019

Missions d'expertise

Les membres de l'équipe ont effectué des expertises de projets pour des universités, des régions, l'ANR, l'ANRT, les agences nationales étrangères SNF (Suisse) et FNRS (Belgique).

Diffusion auprès du grand public

■ D. Lenne est membre du comité d'organisation et responsable du prix Grand Public du prix Roberval, qui vise à promouvoir la production et la diffusion des connaissances technologiques en langue française.

FAITS MARQUANTS 2017-2021

- Nomination de T. Denœux à l'Institut Universitaire de France comme membre sénior, en octobre 2019.
- Lancement du projet Européen INFINITY en 2021, coordonné localement par D. Lour-deaux.
- Visibilité des travaux de l'équipe sur l'apprentissage à base de réseaux de neurones, notamment pour le transfert [Li18b, Cl] et la quantification d'incertitude [Den19a, Rl] (200 citations cumulées sur 3 ans).

VALORISATION 2017–2021

- M.-H. Abel, avec l'ENSTA, a déposé le projet de prématuration MEMOGraph à la Satt Lutech qui a alloué un budget de 4000 € pour des expertises marché (2018). Elle est aujourd'hui membre de l'advisory board de la société GRAPHMYTECH proposant une solution d'intelligence technologique.
- MEMORAe a été certifiée par l'Agence pour la Protection des Programmes (APP).
- L'équipe participe au laboratoire commun SIVALab avec Renault coordonné par les membres de l'équipe SyRI.
- Les membres de l'équipe co-encadrent régulièrement des thèses CIFRE (notamment avec Renault, Plastic Omnium, Suez).



Brevets L'équipe a participé au dépôt de trois brevets qui ont été acceptés :

- Ourabah, A.D., Jaffrezic, X., Gayed, A., Quost, B., et Denoeux, T.. Procédé de calcul d'une consigne de gestion de la consommation en carburant et en courant électrique d'un véhicule automobile hybride, 2017.
- Ourabah, A.D., Gayed, A., Quost, B., et Denoeux, T.. Procédé d'optimisation de la consommation énergétique d'un véhicule hybride, 2018.
- Ourabah, A.D., Quost, B., et Denoeux, T.. Procédé de calcul d'une consigne de gestion de la consommation en carburant et en courant électrique d'un véhicule automobile hybride, 2018.

7. LISTE DES PUBLICATIONS 2017–2021

Dans cette liste, les noms des membres permanents ou émérites de l'équipe sont indiqués en caractères gras foncés et deux des membres temporaires principalement affectés à l'équipe sont indiqués en caractères gras clairs.

Publications majeures dans des revues (ACL +)

- [Abe21, RI] **Abel, M.H.** MEMORAe project: an approach and a platform for learning innovation. *Multimedia Tools and Applications*, 2021.
- [Den21a, RI] **Denoeux**, **T.** Distributed combination of belief functions. *Information Fusion*, volume 65 :pages 179–191, 2021
- [Den21b, RI] **Denoeux**, **T.** Belief functions induced by random fuzzy sets: A general framework for representing uncertain and fuzzy evidence. *Fuzzy Sets and Systems*, volume 424:63–91, 2021
- [Den21c, RI] **Denoeux, T.** NN-EVCLUS: Neural network-based evidential clustering. *Information Sciences*, volume 572:297–330, 2021
- [Fri21, RI] Frisch, G., Leger, J.B., et Grandvalet, Y. Learning from missing data with the Latent Block Model. *Statistics and Computing*, volume 32(9), 2021.
- [Li21, RI] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. A collaboration context ontology to enhance human-related collaboration into Industry 4.0. *Cognition, Technology and Work*, 2021.
- [Liu21a, RI] Liu, J., Sriboonchitta, S., Wiboonpongse, A., et **Denoeux**, **T**. A trivariate Gaussian copula stochastic frontier model with sample selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 137:181–198, 2021.
- [Liu21b, RI] Liu, Z.G., Huang, L.Q., Zhou, K., et Denoeux, T. Combination of Transferable Classification with Multi-source Domain Adaptation Based on Evidential Reasoning. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, volume 32(5):2015–2029, 2021.
- [Mes21, RI] Messoudi, S., Destercke, S., et Rousseau, S. Copula-based conformal prediction for multi-target regression. *Pattern Recognition*, volume 120:108101, 2021.
- [Ngu21, RI] Nguyen, V.L., Destercke, S., Masson, M.H., et Ghassani, R. Racing trees to query partial data. *Soft Computing*, volume 25:9285–9305, 2021.
- [OLT21, RI] Olteanu, A.L., Belahcene, K., Mousseau, V., Ouerdane, W., Rolland, A., et Zheng, J. Preference elicitation for a ranking method based on multiple reference profiles. 4OR: A Quarterly Journal of Operations Research, 2021.



- [Rah21, RI] Rahmouni, N., Lourdeaux, D., Benabbou, A., et Bensebaa, T. Diag-Skills: A Diagnosis System Using Belief Functions and Semantic Models in ITS. Applied Sciences, volume 11, 2021.
- [Su21, RI] Su, Z.G., Hu, Q., et Denoeux, T. A Distributed Rough Evidential K-NN Classifier: Integrating Feature Reduction and Classification. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, volume 29(8):2322–2335, 2021
- [Tli21, RI] Tlili, A., Belahcene, K., Khaled, O., Mousseau, V., et Ouerdane, W. Learning Non-Compensatory Sorting models using efficient SAT/MaxSAT formulations. European Journal of Operational Research, volume 298(3):979–1006, 2021.
- [Ton21a, RI] Tong, Z., Xu, P., et Denoeux, T. An evidential classifier based on Dempster-Shafer theory and deep learning. *Neurocomputing*, volume 450:275–293, 2021.
- [Ton21b, RI] Tong, Z., Xu, P., et Denoeux, T. Evidential fully convolutional network for semantic segmentation. *Applied Intelligence*, volume 51(9):6376–6399, 2021
- [Ben20, RI] Benabbou, A., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Automated dilemmas generation in simulations. *Cognition, Technology and Work*, volume 21(83):1–15, 2020.
- [Den20a, RI] **Denoeux**, **T**. Calibrated model-based evidential clustering using bootstrapping. *Information Sciences*, volume 528:17–45, 2020.
- [Den20b, RI] Denoeux, T. et Shenoy, P.P. An Interval-Valued Utility Theory for Decision Making with Dempster-Shafer Belief Functions. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 124:194–216, 2020.
- [Kae20, RI] Kaeri, Y., Sugawara, K., Moulin, C., et Gidel, T. Agent-based management of support systems for distributed brainstorming. Advanced Engineering Informatics, volume 44:101050, 2020.
- [KS20, RI] Kamdem Simo, F., Ernadote, D., Lenne, D., et Sallak, M. Principles for coping with the modelling activity of engineered systems. *Research in Engineering Design*, volume 32:3–30, 2020.
- [Li20a, RI] Li, X., Grandvalet, Y., et Davoine, F. A baseline regularization scheme for transfer learning with convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, volume 98(107049), 2020.
- [Li20b, RI] Li, X., Grandvalet, Y., Davoine, F., Cheng, J., Cui, Y., Zhang, H., Belongie, S., Tsai, Y.H., et Yang, M.H. Transfer Learning in Computer Vision Tasks: Remember Where You Come From. *Image and Vision Computing*, volume 93(103853), 2020
- [Mon20a, RI] Montes, I., Miranda, E., et **Destercke**, **S**. Unifying neighbourhood and distortion models: part I new results on old models. *International Journal of General Systems*, volume 49(6):602–635, 2020.
- [Mon20b, RI] Montes, I., Miranda, E., et **Destercke, S.** Unifying neighbourhood and distortion models: part II new models and synthesis. *International Journal of General Systems*, volume 49(6):636–674, 2020.
- [Rou20, RI] Rousseau, S. et Helbert, D. Compressive Color Pattern Detection using Partial Orthogonal Circulant Sensing Matrix. IEEE Transactions on Image Processing, volume 29(7):670–678, 2020.
- [Sag20, RI] Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I., et Vallery, G. User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. International Journal of Human-Computer Interaction, pages 1–15, 2020.
- [CA19, RI] Carranza Alarcon, Y.C. et **Destercke**, **S.** Imprecise Gaussian Discriminant Classification. *Pattern Recognition*, volume 112:107739, 2019.
- [Den19a, RI] Denoeux, T. Logistic Regression, Neural Networks and Dempster-Shafer Theory: a New Perspective. *Knowledge-Based Systems*, volume 176::54–67, 2019



- [Den19b, RI] **Denoeux**, **T.** Decision-Making with Belief Functions : a Review. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 109 :87–110, 2019.
- [Den19c, RI] **Denoeux**, **T**., Kanjanatarakul, O., et Sriboonchitta, S. A New Evidential K-Nearest Neighbor Rule based on Contextual Discounting with Partially Supervised learning. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 113:287–302, 2019.
- [Des19, RI] **Destercke, S.**, Pichon, F., et Klein, J. From set relations to belief function relations. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 110 :46–63, 2019.
- [Lia19, RI] Lian, C., Ruan, S., Denoeux, T., Li, H., et Vera, P. Joint Tumor Segmentation in PET-CT Images Using Co-Clustering and Fusion Based on Belief Functions. *IEEE Transactions on Image Processing*, volume 28(2):755–766, 2019.
- [Mas19, RI] Masson, M.H., Quost, B., et Destercke, S. Cautious relational clustering: A thresholding approach. *Expert Systems with Applications*, volume 139:112837, 2019.
- [Mki19a, RI] Mkireb, C., Dembélé, A., Jouglet, A., et **Denoeux, T.** Robust Optimization of Demand Response Power Bids for Drinking Water Systems. *Applied Energy*, volume 238:1036–1047, 2019.
- [Mon19, RI] Montes, I., Miranda, E., et **Destercke**, **S**. Pari-mutuel probabilities as an uncertainty model. *Information Sciences*, volume 481 :550–573, 2019.
- [Su19, RI] Su, Z.G. et **Denoeux**, **T.** BPEC : Belief-Peaks Evidential Clustering. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, volume 27(1):111–123, 2019
- [CS18, RI] Chetcuti-Sperandio, N., Delorme, F., et Lagrue, S. On aggregate and comparison functions for Motus/Lingo playing. *International Computer Games Association Journal*, volume 40(3):258–268, 2018.
- [Den18a, RI] **Denoeux**, **T.** et Li, S. Frequency-Calibrated Belief Functions : Review and New Insights. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 92 :232–254, 2018.
- [Den18b, RI] Denoeux, T., Li, S., et Sriboonchitta, S. Evaluating and Comparing Soft Partitions: An Approach Based on Dempster–Shafer Theory. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, volume 26(3):1231–1244, 2018
- [Des18, RI] **Destercke, S.** A generic framework to include Belief functions in preference handling and multi-criteria decision. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 98:62–77, 2018.
- [Kae18, RI] Kaeri, Y., Moulin, C., Sugawara, K., et Manabe, Y. Agent-Based System Architecture Supporting Remote Collaboration via an Internet of Multimedia Things Approach. *IEEE Access*, volume 6:17067–17079, 2018.
- [Kle18, RI] Klein, J., Destercke, S., et Colot, O. Idempotent conjunctive and disjunctive combination of belief functions by distance minimization. *International Journal of Ap*proximate Reasoning, volume 92:32–48, 2018.
- [Li18, RI] Li, F., Li, S., et **Denoeux, T.** k -CEVCLUS: Constrained evidential clustering of large dissimilarity data. *Knowledge-Based Systems*, volume 142:29–44, 2018.
- [Lia18, RI] Lian, C., Ruan, S., Denoeux, T., Li, H., et Vera, P. Spatial Evidential Clustering with Adaptive Distance Metric for Tumor Segmentation in FDG-PET Images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, volume 65(1):21–30, 2018.
- [Lom18, RI] Lomet, A., Govaert, G., et Grandvalet, Y. Model Selection for Gaussian Latent Block Clustering with the Integrated Classification Likelihood. *Advances in Data Analysis and Classification*, volume 12(3):489–508, 2018.
- [Ngu18, RI] Nguyen, V.L., Destercke, S., et Masson, M.H. Partial data querying through racing algorithms. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 96 :36–55, 2018.



- [Quo18, RI] Quost, B. et Destercke, S. Classification by pairwise coupling of imprecise probabilities. *Pattern Recognition*, volume 77:412–425, 2018.
- [Sal18, RI] Saleh, M. et Abel, M.H. System of Information Systems to support learners (a case study at the University of Technology of Compiègne). Behaviour and Information Technology, volume 37(10-11):1097–1110, 2018.
- [Su18, RI] Su, Z.G., **Denoeux**, **T.**, Hao, Y.S., et Zhao, M. Evidential K-NN classification with enhanced performance via optimizing a class of parametric conjunctive t-rules. *Knowledge-Based Systems*, volume 142:7–16, 2018.
- [Sui18, RI] Sui, L., Feissel, P., et **Denoeux, T.** Identification of Elastic Properties in the Belief Function Framework. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 101:69–87, 2018.
- [Wan18a, RI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Cabrera Paraiso, E., et Barthès, J.P. MBA: A system of systems architecture model for supporting collaborative work. *Computers in Industry*, volume 100:31–42, 2018
- [Wan18b, RI] Wanderley, G.M.P., Vandenbergh, É., Abel, M.H., Barthès, J.P., Hainselin, M., Mouras, H., Lenglet, A., Tir, F.M., et Heurley, L. CONSIGNELA: A multidisciplinary patient-centered project to improve drug prescription comprehension and execution in elderly people and parkinsonian patients. *Telematics and Informatics*, volume 35(4):913–929, 2018
- [Bat17, RI] Bathia, P., lovleff, S., et **Govaert, G.** An R Package and C++ library for Latent block models: Theory, usage and applications. *Journal of Statistical Software*, volume 76(9):1–24, 2017.
- [Béc17, RI] **Bécu, J.M., Grandvalet, Y.**, Ambroise, C., et Dalmasso, C. Beyond support in two-stage variable selection. *Statistics and Computing*, volume 27(1):169–179, 2017.
- [BA17, RI] Ben Abdallah, N., Destercke, S., et Sallak, M. Easy and optimal queries to reduce set uncertainty. *European Journal of Operational Research*, volume 256(2):592–604, 2017.
- [Bor17, RI] Bordes, J.B., Davoine, F., Xu, P., et Denoeux, T. Evidential grammars: A compositional approach for scene understanding. Application to multimodal street data. *Applied Soft Computing*, volume 61:1173–1185, 2017.
- [Des17, RI] **Destercke, S.** On the median in imprecise ordinal problems. *Annals of Operations Research*, volume 256(2):375–392, 2017.
- [Mon17a, RI] Montes, I. et **Destercke**, **S**. Comonotonicity for sets of probabilities. *Fuzzy Sets and Systems*, volume 328:1–34, 2017.
- [Quo17, RI] Quost, B., Denoeux, T., et Li, S. Parametric classification with soft labels using the Evidential EM algorithm. *Advances in Data Analysis and Classification*, volume 11(4):659–690, 2017.
- [Sam17, RI] Same, A. et **Govaert, G.** Segmental dynamic factor analysis for time series of curves. *Statistics and Computing*, volume 27(6):1617–1637, 2017.
- [Sri17, RI] Sriboonchitta, S., Liu, J., Aree, W., et **Denoeux**, **T**. A double-copula stochastic frontier model with dependent error components and correction for sample selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 80:174–184, 2017.
- [Yan17a, RI] Yang, G., Destercke, S., et Masson, M.H. Cautious classification with nested dichotomies and imprecise probabilities. *Soft Computing*, volume 21(4):7447–7462, 2017.
- [Yan17b, RI] Yang, G., Destercke, S., et Masson, M.H. The Costs of Indeterminacy: How to Determine Them? *IEEE Transactions on Cybernetics*, volume 47(12):4316–4327, 2017
- [Zho17, RI] Zhou, D., Frémont, V., Quost, B., Dai, Y., et Li, H. Moving object detection



and segmentation in urban environments from a moving platform. *Image and Vision Computing*, volume 68:76–87, 2017.

Autres publications en revues (ACL)

- [Bel21, RI] Belaud, J.P., Prioux, N., Vialle, C., Buche, P., Destercke, S., Barakat, A., et Sablayrolles, C.C. Intensive Data and Knowledge-Driven Approach for Sustainability Analysis: Application to Lignocellulosic Waste Valorization Processes. Waste and Biomass Valorization, 2021.
- [Ha21, RI] Ha, M.Q., Nguyen, D.N., Nguyen, V.C., Nagata, T., Chikyow, T., Kino, H., Miyake, T., Denœux, T., Huynh, V.N., et Dam, H.C. Evidence-based recommender system for high-entropy alloys. *Nature Computational Science*, 2021.
- [Ma21, RI] Ma, L. et Denoeux, T. Partial Classification in the Belief Function Framework. Knowledge-Based Systems, volume 214:106742, 2021.
- [Mas21, RI] Masson, M.H., Destercke, S., et Cherfaoui, V. Inference and decision in credal occupancy grids: use case on trajectory planning. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, volume 29(4):537–557, 2021.
- [Gid20, RI] Gidel, T., Tucker, A., Fujita, S., **Moulin**, **C.**, Sugawara, K., Suganuma, T., Kaeri, Y., et Shiratori, N. Interaction Model and Respect of Rules to Enhance Collaborative Brainstorming Results. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, volume 5(2):484–493, 2020.
- [Li20, RI] Li, F., Li, S., et **Denoeux**, **T.** Combining clusterings in the belief function framework. *Array*, volume 6:100018, 2020.
- [Mur20, RI] Murillo, J., Spetale, F., Guillaume, S., Bulacio, P., Garcia Labari, I., Cailloux, O., Destercke, S., et Tapia, E. Consistency of the tools that predict the impact of Single Nucleotide Variants (SNVs) on gene functionality: The BRCA1 gene. Biomolecules, volume 10(3):475, 2020.
- [Cha19, RI] Chaaya, N., Shahsavarian, M., Maffucci, I., Friboulet, A., Offmann, B., Leger, J.B., Rousseau, S., Avalle, B., et Padiolleau-Lefevre, S. Genetic background and immunological status influence B cell repertoire diversity in mice. *Scientific Reports*, volume 9(1):14261, 2019.
- [Mki19b, RI] Mkireb, C., Dembélé, A., **Denoeux, T.**, et Jouglet, A. Flexibility of drinking water systems: An opportunity to reduce CO 2 emissions. *International Journal of Energy Production and Management*, volume 4(2):134–144, 2019.
- [Mos19, RI] Mostefai, B., Balla, A., et **Trigano**, **P.** A generic and efficient emotion-driven approach toward personalized assessment and adaptation in serious games. *Cognitive Systems Research*, volume 56:82–106, 2019.
- [Ard18, RI] Arduin, P.E., Le Duigou, J., Abel, M.H., et Eynard, B. Sharing Knowledge When it Cannot be Made Explicit: The Case of Product Lifecycle Management Systems. *International Journal of Knowledge-Based Organizations*, volume 8(4):14–28, 2018.
- [Ben18, RN] Benabbou, A., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Un modèle de génération de dilemmes de prohibition et d'obligation en environnement virtuel. STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation), volume 25(1), 2018.
- [Mki18, RI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et **Denoeux**, **T**. Energy-efficient operation of water systems through optimization of load power reduction in electricity markets. *Journal of Electronic Science and Technology*, volume 16(4):304–315, 2018.



- [Abe17, RN] **Abel, M.H.** et **Saleh, M.** MEMORAe : un système d'information support d'un éco-système apprenant. *Ingéniérie des Systèmes d'Information*, volume 22(6) :53–69, 2017.
- [Call7, RN] Callebert, L., Lourdeaux, D., et Barthès, J.P. Activité collective et personnages autonomes: moteur décisionnel reposant sur des relations de confiance. Revue des Sciences et Technologies de l'Information Série RIA: Revue d'Intelligence Artificielle, volume 31(1-2):135–181, 2017
- [Kae17, RI] Kaeri, Y., Manabe, Y., Sugawara, K., et Moulin, C. An IoT Application Connecting Edge Resources and Cloud Resources using Agents. *International Journal of Energy, Information and Communications*, volume 8(1):1–14, 2017.
- [Mon17b, RI] Montes, I. et **Destercke**, **S**. On extreme points of p-boxes and belief functions. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, volume 81(3-4):405–428, 2017.

Communications majeures avec actes à valeur de publication revue (ACTI++)

- [Lab19, CI] Labreuche, C. et **Destercke, S.** How to Handle Missing Values in Multi-Criteria Decision Aiding? In *28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2019)*, pages 1756–1763. Macao, China, 2019.
- [Li18a, Cl] Li, X., Grandvalet, Y., et Davoine, F. Explicit Inductive Bias for Transfer Learning with Convolutional Networks. In *35th International Conference on Machine Learning (ICML 2018)*, volume 80, pages 2825–2834. Stockholm, Sweden, 2018.
- [Ngu18, CI] Nguyen, V.L., Destercke, S., Masson, M.H., et Hüllermeier, E. Reliable Multi-class Classification based on Pairwise Epistemic and Aleatoric Uncertainty. In 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2018), pages 5089–5095. Stockholm, Sweden, 2018.
- [Ngu17a, CI] Nguyen, V.L., Destercke, S., et Masson, M.H. Querying Partially Labelled Data to Improve a K-nn Classifier. In Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence, pages 2401–2407. San Francisco, CA, United States, 2017.

Communications majeures avec actes dans des conférences (ACTI+)

- [Ada21a, CI] Adam, L. et **Destercke, S.** Possibilistic Preference Elicitation by Minimax Regret. In *37th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI 2021)*, volume 161, pages 718–727. Online, United States, 2021.
- [CA21, CI] Carranza-Alarcon, Y.C. et Destercke, S. Multi-label Chaining with Imprecise Probabilities. In 16th European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty (ECSQARU 2021), volume 12897, pages 413–426. Prague, Czech Republic, 2021.
- [CS21, CI] Chetcuti-Sperandio, N., Goudyme, A., De Lima, T., et Lagrue, S. Checking Agent Intentions in Games. In 33rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2021), pages 815–822. Washington, DC, United States, 2021
- [Far21, CI] Faruffini, F., Pousseur, H., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Context Modelling applied to the Intelligent Vehicle Navigation. In 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2021), pages 1–6. Toronto, Canada, 2021.



- [Hua21, CI] Huang, L., Ruan, S., et Denoeux, T. Belief function-based semi-supervised learning for brain tumor segmentation. In *IEEE 18th International Symposium on Bio*medical Imaging (ISBI 2021), pages 160–164. Nice, France, 2021.
- [Lou21, CI] Loukkal, A., Grandvalet, Y., Drummond, T., et Li, Y. Driving among Flatmobiles: Bird-Eye-View occupancy grids from a monocular camera for holistic trajectory planning. In *IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV 2021)*, pages 51–60. Waikoloa, United States, 2021.
- [Quo21, CI] Quost, B. Decision-making from partial test instances by active feature querying. In 12th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications (ISIPTA 2021), pages 264–272. Granada, Spain, 2021
- [Fuj20, CI] Fujita, S., Gidel, T., Kaeri, Y., Tucker, A., Sugawara, K., et Moulin, C. Al-based Automatic Activity Recognition of Single Persons and Groups During Brainstorming *. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2020)*, pages 3782–3787. Toronto, Canada, 2020.
- [Jac20a, CI] Jacquin, L., Imoussaten, A., **Destercke, S.**, Trousset, F., Montmain, J., et Didier, P. Manipulating Focal Sets on the Unit Simplex: Application to Plastic Sorting. In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ 2020)*, pages 1–7. Glasgow, United Kingdom, 2020.
- [Li20a, CI] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. A Collaborative Working Environment as an ontology-based collaborative System of Information Systems. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2020)*, pages 800–805. Toronto (virtual), Canada, 2020.
- [Bel19, CI] Belabbes, S., Tan, C.W., Vo, T.T., Izza, Y., Tabia, K., Lagrue, S., et Benferhat, S. Query Answering from Traditional Dance Videos: Case Study of Zapin Dances. In 31st IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2019), pages 1638–1642. Portland, United States, 2019.
- [CA19, CI] Carranza-Alarcon, Y.C. et Destercke, S. Imprecise Gaussian Discriminant Classification. In 11th International Symposium on Imprecise Probabilities: Theories and Applications (ISIPTA 2019), pages 59–67. Gand, Belgium, 2019.
- [Den19a, Cl] Denoeux, T. et Kanjanatarakul, O. Multistep Prediction using Point-Cloud Approximation of Continuous Belief Functions. In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ 2019)*, pages 1–6. New Orleans, United States, 2019.
- [Den19b, Cl] Denoeux, T. et Shenoy, P.P. An Axiomatic Utility Theory for Dempster-Shafer Belief Functions. In 11th International Symposium on Imprecise Probabilities: Theories and Applications (ISIPTA 2019), volume 103, pages 145–155. Gand, Belgium, 2019.
- [Gid19, CI] Gidel, T., Fujita, S., Moulin, C., Sugawara, K., Suganuma, T., Kaeri, Y., et Shiratori, N. Enforcing Methodological Rules During Collaborative Brainstorming to Enhance Results. In 23rd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2019), pages 356–361. Porto, Portugal, 2019
- [Li19a, Cl] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. Towards a collaboration context ontology. In 23rd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2019), pages 93–98. Porto, Portugal, 2019
- [Lou19a, CI] Loukkal, A., Grandvalet, Y., et Li, Y. Disparity weighted loss for semantic segmentation of driving scenes. In 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), pages 3427–3432. Auckland, New Zealand, 2019.
- [Lou19b, Cl] Lourdeaux, D., Afoutni, Z., Ferrer, M.H., Sabouret, N., Demulier, V., Martin, J.C., Bolot, L., Boccara, V., et Lelong, R. VICTEAMS: a virtual environment to train medical team leaders to interact with virtual subordinates. In 19th International Conference on Intelligent Virtual Agents (ACM IVA 2019), pages 241–243. Paris, France,



- [Ma19, CI] Ma, L. et Denoeux, T. Making Set-valued Predictions in Evidential Classification: A Comparison of Different Approaches. In 11th International Symposium on Imprecise Probabilities: Theories and Applications (ISIPTA 2019), volume 103, pages 276–285. Gand, Belgium, 2019.
- [Mir19, CI] Miranda, E., Montes, I., et Destercke, S. A Unifying Frame for Neighbourhood and Distortion Models. In 11th International Symposium on Imprecise Probabilities: Theories and Applications (ISIPTA 2019), volume 103, pages 304–313. Gand, Belgium, 2019.
- [Mki19, CI] Mkireb, C., Dembele, A., **Denoeux**, **T.**, et Jouglet, A. Flexibility of drinking water systems: An opportunity to reduce CO2 emissions. In 8th International conference on Energy and Sustainability, volume 4, pages 134–144. Coimbra, Portugal, 2019.
- [Neg19, CI] Negre, E. et Abel, M.H. Context-based decision support to form relevant groups of learners. In 23rd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2019), pages 75–80. Porto, Portugal, 2019
- [Ngu19, CI] Nguyen, V.L., Destercke, S., et Hüllermeier, E. Epistemic Uncertainty Sampling. In *Internationnal Conference on Discovery Science (DS 2019)*, volume 11828, pages 72–86. Split, Croatia, 2019.
- [Qia19, CI] Qiao, Y., Li, S., et Denoeux, T. Collaborative Evidential Clustering. In Fuzzy Techniques: Theory and Applications - International Fuzzy Systems Association World Congress (IFSA/NAFIPS'2019), pages 518–530. Louisiana, United States, 2019.
- [Bar18, CI] Barthès, J.P., Wanderley, G.M.P., Lacaze-Labadie, R., et Lourdeaux, D. Designing Training Virtual Environments Supported by Cognitive Agents. In 22nd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2018), pages 307–312. Nanjing, China, 2018
- [Kae18, CI] Kaeri, Y., Sugawara, K., Moulin, C., et Gidel, T. Agent-based Design of IoT Applications for Remote Brainstorming Support. In 22nd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2018), pages 820–825. Nanjing, China, 2018
- [Li18b, CI] Li, X., Davoine, F., et Grandvalet, Y. A Simple Weight Recall for Semantic Segmentation: Application to Urban Scenes. In 29th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2018), pages 1007–1012. Changshu, Suzhou, China, 2018.
- [Lou18, CI] Loukkal, A., Frémont, V., Grandvalet, Y., et Li, Y. Improving semantic segmentation in urban scenes with a cartographic information. In 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2018), pages 400–406. Singapore, Singapore, 2018
- [Wan18a, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., et Cabrera Paraiso, E. Designing Proactive Interfaces for Cooperation using Systems of Systems. In 22nd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2018), pages 122–127. Nanjing, China, 2018
- [Wan18b, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Cabrera Paraiso, E., et Barthès, J.P. GAMBAD: A Method for Developing Systems of Systems. In 30th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2018), pages 813–817. Volos, Greece, 2018
- [Ben17a, Cl] Benabbou, A., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Generation of Obligation and Prohibition Dilemmas Using Knowledge Models. In 29th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2017), pages 433–440. Boston, United States, 2017
- [Ben17b, CI] Benouaret, I. et Lenne, D. Recommending Diverse and Personalized Travel



- Packages. In *International Conference on Database and Expert Systems Applications* (DEXA 2017), pages 325–339. Lyon, France, 2017.
- [Ben17c, CI] Benouaret, K., Benouaret, I., Barhamgi, M., et Benslimane, D. Top-k Cloud Service Plans Using Trust and QoS. In *14th IEEE International Conference on Services Computing (SCC 2017)*, pages 507–510. Honolulu, United States, 2017.
- [Des17, CI] **Destercke, S.** A generic framework to include Belief functions in preference handling for multi-criteria decision. In *14th European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty (ECSQARU 2017)*, pages 179–189. Lugano, Switzerland, 2017.
- [LL17, CI] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et Sallak, M. Heuristic approach to guarantee safe solutions in probabilistic planning. In 29th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2017), pages 579–585. Boston, United States, 2017.
- [Li17, Cl] Li, F., Li, S., Tang, N., et **Denoeux**, **T**. Constrained interval-valued linear regression model. In *20th International Conference on Information Fusion (Fusion 2017)*, pages 1–8. Xi'an, China, 2017.
- [Lia17a, CI] Lian, C., Ruan, S., Denoeux, T., Guo, Y., et Vera, P. Accurate Tumor Segmentation In FDG-PET Images With Guidance Of Complementary CT Images. In *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2017)*, pages 4447–4451. Beijing, China, 2017.
- [Lia17b, CI] Lian, C., Ruan, S., Denoeux, T., Li, H., et Vera, P. Tumor delineation in FDG-PET images using a new evidential clustering algorithm with spatial regularization and adaptive distance metric. In *IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017)*, pages 1177–1180. Melbourne, Australia, 2017.
- [Mon17, CI] Montes, I., Miranda, E., et **Destercke**, **S**. A study of the Pari-Mutuel Model from the point of view of Imprecise Probabilities. In *10th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications (ISIPTA 2017*), volume 62, pages 229–240. Lugano, Switzerland, 2017.
- [Sal17, CI] Saleh, M. et Abel, M.H. Modeling and Developing a System of Information Systems for Managing Heterogeneous Resources. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2017)*, pages 2672–2677. Banff, Canada, 2017.
- [Wan17a, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Barthès, J.P., et Cabrera Paraiso, E. A System of Systems Architecture for Supporting Decision-Making. In 21st IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2017), pages 186–191. Wellington, New Zealand, 2017.
- [Wan17b, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Barthès, J.P., et Cabrera Paraiso, E. A Core Architecture for Developing Systems of Systems. In *IEEE International Conference* on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2017), pages 141–146. Banff, Canada, 2017.

Autres communications avec actes dans des conférences (ACTI)

- [Ada21b, CI] Adam, L. et **Destercke**, **S**. Incremental elicitation of preferences: optimist or pessimist? In *7th International Conference on Algorithmic Decision Theory (ADT 2021)*, pages 71–85. Toulouse, France, 2021.
- [BA21, CI] Ben Abdallah, N., Destercke, S., Jousselme, A.L., et Pichon, F. Fusion of evidential CNN classifiers for image classification. In 6th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2021), volume 12915, pages 168–176. Shanghai, China, 2021.



- [Far21a, CI] Faruffini, F., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Towards a Semantic Model of the Context of Navigation. In 5th International Conference on Information and Knowledge Systems (ICIKS 2021), volume 425, pages 168–183. online, France, 2021
- [Far21b, CI] Faruffini, F., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Vehicle Autonomous Navigation with Context Awareness. In 2nd IEEE International Conference on Human-Machine Systems ((ICHMS 2021), pages 1–4. Magdeburg, Germany, 2021.
- [Hua21a, CI] Huang, L., Denœux, T., Tonnelet, D., Decazes, P., et Ruan, S. Deep PET/CT Fusion with Dempster-Shafer Theory for Lymphoma Segmentation. In *International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging (MLMI 2021)*, volume 12966, pages 30–39. Strasbourg, France, 2021
- [Hua21b, Cl] Huang, L., Ruan, S., Decazes, P., et Denoeux, T. Evidential Segmentation of 3D PET/CT Images. In 6th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2021), volume 12915, pages 159–167. Shanghai, China, 2021.
- [Hua21c, Cl] Huang, L., Ruan, S., et Denoeux, T. Covid-19 classification with deep neural network and belief functions. In *The Fifth International Conference on Biological Information and Biomedical Engineering (BIBE2021)*, 3, pages 1–4. Hangzhou, China, 2021.
- [Jou21, CI] Jousselme, A.L., Pichon, F., Abdallah, N.B., et **Destercke, S.** A note about entropy and inconsistency in evidence theory. In *6th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2021)*, volume 12915, pages 215–223. Shanghai, China, 2021.
- [LN21, CI] Le Ngoc, L., Abel, M.H., et Gouspillou, P. Towards an Ontology-based Recommender System for the Vehicle Domain. In 3rd International Conference on Deep Learning, Artificial Intelligence and Robotics, (ICDLAIR). Salerno, Italy, 2021.
- [Nas21, CI] Nashed, N.N., Lahoud, C., Abel, M.H., Andrès, F., et Blancan, B. Mood detection ontology integration with teacher context. In 20th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA 2021). Pasadena, CA, United States, 2021.
- [Tan21, CI] Tang, Q., Abel, M.H., et Negre, E. Improve Learner-based Recommender System with Learner's Mood in Online Learning Platform. In 20th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA 2021), pages 1704–1709. Pasadena, CA, United States, 2021
- [Ton21, CI] Tong, Z., Xu, P., et Denœux, T. Fusion of evidential CNN classifiers for image classification. In 6th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2021), volume 12915, pages 168–176. Shanghai, China, 2021.
- [Tri21, Cl] Trigano, P., Mostefai, B., et Balla, A. A generic classification of learner's emotion in educational serious games into positive vs. negative dimension. In 2nd International Workshop on Human-Centric Smart Environments for Health and Well-being (IHSH'2020). Boumerdès, Algeria, 2021
- [Zho21, CI] Zhou, X., Yue, X., Xu, Z., Denoeux, T., et Chen, Y. Deep Neural Networks with Prior Evidence for Bladder Cancer Staging. In *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM 2021)*. Houston, United States, 2021.
- [Ada20, CI] Adam, L., Van Camp, A., Destercke, S., et Quost, B. Inferring from an Imprecise Plackett-Luce Model: Application to Label Ranking. In 14th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2020), volume 12322, pages 98–112. Bolzano, Italy, 2020.
- [Bel20, CI] Belahcene, K., Sokolovska, N., Chevaleyre, Y., et Zucker, J.D. Learning Interpretable Models using Soft Integrity Constraints. In 12th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2020), volume 129, pages 529–544. Bangkok, Thailand, 2020.
- [CA20, CI] Carranza-Alarcon, Y.C., Messoudi, S., et Destercke, S. Cautious label-wise



- ranking with constraint satisfaction. In 18th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2020), volume 2, pages 96–111. Lisboa, Portugal, 2020.
- [CS20, CI] Chetcuti-Sperandio, N., Goudyme, A., Lagrue, S., et De Lima, T. First Steps for Determining Agent Intention in Dynamic Epistemic Logic. In 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2020), pages 725–733. Valletta, Malta, 2020.
- [Des20, CI] **Destercke, S.**, Rico, A., et Strauss, O. Approximating general kernels by extended fuzzy measures: application to filtering. In 18th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2020), volume CCSI, pages 112–123. Lisboa, Portugal, 2020.
- [Jac20b, CI] Jacquin, L., Imoussaten, A., et **Destercke, S.** Handling Mixture Optimisation Problem Using Cautious Predictions and Belief Functions. In *18th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2020)*, volume 2, pages 394–407. Lisboa, Portugal, 2020.
- [Li20b, CI] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. Managing and recommending resources in web-based collaborative working environments. In 29th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE 2020), pages 287–290. Bayonne (virtual), France, 2020.
- [Mes20a, CI] Messoudi, S., Destercke, S., et Rousseau, S. Conformal multi-target regression using neural networks. In 9th Symposium on Conformal and Probabilistic Prediction with Applications (COPA 2020), volume 128, pages 65–83. Verone (virtual), Italy, 2020.
- [Mes20b, Cl] Messoudi, S., Rousseau, S., et Destercke, S. Prédiction conformelle profonde pour des modèles robustes. In *Extraction et Gestion des Connaissances (EGC 2020)*, volume E-36. Bruxelles, Belgium, 2020.
- [Mes20c, CI] Messoudi, S., Rousseau, S., et Destercke, S. Deep Conformal Prediction for Robust Models. In 18th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2020), pages 528– 540. Lisboa, Portugal, 2020.
- [Ort20, CI] Ortholand, J., **Destercke, S.**, et **Belahcene, K.** Equity in learning problems: an OWA approach. In *14th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2020)*, pages 187–199. Bolzano, Italy, 2020.
- [Quo20, CI] Quost, B., Masson, M.H., et Destercke, S. Dealing with atypical instances in evidential decision-making. In 14th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2020), volume 12322, pages 217–225. Bolzano, Italy, 2020.
- [Shi20, CI] Shinde, K., Feissel, P., et **Destercke, S.** Dealing with Inconsistent Measurements in Inverse Problems: An Approach Based on Sets and Intervals. In *18th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2020)*, pages 449–462. Lisboa, Portugal, 2020.
- [Des19, CI] **Destercke, S.** et **Lagrue, S.** On cautiousness and expressiveness in intervalvalued logic. In *13th International Conference on Scalable Uncertainty Management* (SUM 2019), 11940, pages 280–288. Compiègne, France, 2019.
- [Gui19, CI] Guillot, P.L. et **Destercke, S.** Preference Elicitation with Uncertainty: Extending Regret Based Methods with Belief Functions. In *13th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2019)*, volume 11940, pages 289–309. Compiègne, France, 2019
- [Hül19, CI] Hüllermeier, E., **Destercke**, **S.**, et Couso, I. Learning from Imprecise Data : Adjustments of Optimistic and Pessimistic Variants. In *13th International Conference*



- on Scalable Uncertainty Management (SUM 2019), pages 266–279. Compiègne, France, 2019
- [Lag19, CI] Lagrue, S., Chetcuti-Sperandio, N., Delorme, F., Thi, C.M., Thi, D.N., Tabia, K., et Benferhat, S. An Ontology Web Application-based Annotation Tool for Intangible Culture Heritage Dance Videos. In 1st Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents (SUMAC 2019), pages 75–81. Nice, France, 2019.
- [Li19b, CI] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. Using User Contextual Profile for Recommendation in Collaborations. In Research and Innovation Forum 2019, pages 199–209. Rome, Italy, 2019.
- [Mur19, CI] Murillo, J., Spetale, F., Tapia, E., Krsticevic, F., Cailloux, O., Guillaume, S., Vazquez, G., Fernandez, T., Destercke, S., Ponce, S., et Bulacio, P. A Preliminary Comparison of P-Tool Consistency. In 8th Latin American Conference on Biomedical Engineering (CLAIB) / 42nd National Conference on Biomedical Engineering (CNIB), volume 75, pages 731–735. Cancun, Mexico, 2019.
- [Ton19, CI] Tong, Z., Xu, P., et Denoeux, T. ConvNet and Dempster-Shafer Theory for Object Recognition. In 13th international conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2019), pages 368–381. Compiègne, France, 2019.
- [Afo18, CI] Afoutni, Z., Moulin, C., Abel, M.H., Saleh, M., et Misséri, V. A System of Information Systems to Capitalize Resources of Collaborative Activities: the ECOPACK Project. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 82–88. Paris, France, 2018.
- [Ben18, CI] Benabbou, A., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Towards Generation of Ambiguous Situations in Virtual Environments for Training. In 13th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2018), pages 631–635. Leeds, United Kingdom, 2018.
- [Den18a, CI] Dendievel, G., Destercke, S., et Wachalski, P. Density Estimation with Imprecise Kernels: Application to Classification. In Soft Methods in Probability and Statistics (SMPS 2019), pages 59–67. Compiegne, France, 2018.
- [Den18b, Cl] **Denoeux**, **T.** Logistic regression revisited: belief function analysis. In *5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018)*, volume 11069, pages 57–64. Compiègne, France, 2018
- [Des18, CI] **Destercke, S.**, Pichon, F., et Klein, J. From Relations Between Sets to Relations Between Belief Functions. In *5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018)*, volume 11069, pages 65–72. Compiègne, France, 2018.
- [Gro18, CI] Grosse, R., Lenne, D., Thouvenin, I., et Aubry, S. Analyzing Eye-gaze Interaction Modalities in Menu Navigation. In 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (HUCAPP 2018), volume 2, pages 17–25. Funchal, Portugal, 2018.
- [Kan18, CI] Kanjanatarakul, O., Kuson, S., et Denoeux, T. An Evidential K-Nearest Neighbor Classifier Based on Contextual Discounting and Likelihood Maximization. In 5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018), volume 11069, pages 155–162. Compiègne, France, 2018.
- [Li18c, CI] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. Contact and Collaboration Context Model. In 4th IEEE International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI 2018), pages 1–6. Palermo, Italy, 2018.
- [Mki18, CI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et **Denoeux**, **T.** A linear programming approach to optimize demand response for water systems under water demand uncertainties. In *7th IEEE International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE 2018)*, pages 206–211. Kajang, Malaysia, 2018.



- [Sal18, CI] Saleh, M. et Abel, M.H. System of Information Systems and Organizational Memory. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 477–484. Paris, France, 2018.
- [Sim18, CI] Simo, F.K. et Lenne, D. On the Systems Engineering Process of some Systems (of Systems). In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 425–430. Paris, France, 2018.
- [Syl18a, CI] Sylla, Y. et Morizet-Mahoudeaux, P. A Proposal of Scalable and Performing Implementation of Algorithms for Anomaly and Community Detection. In IEEE International Conference on Big Data (IEEE BigData 2018). Seatle, WA, United States, 2018.
- [Syl18b, CI] Sylla, Y., Morizet-Mahoudeaux, P., et Brobst, S. Large Scale Experimentation on Anomaly Detection Scalability and Performance. In 20th International Conference on Artificial Intelligence (ICAI'18), pages 36–43. Las Vegas, United States, 2018.
- [Wan18c, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Cabrera Paraiso, E., et Barthès, J.P. MBA: A Framework for Building Systems of Systems. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 358–364. Paris, France, 2018.
- [Wan18d, CI] Wanderley, G.M.P., Abel, M.H., Cabrera Paraiso, E., et Barthès, J.P. Using Systems of Systems to Manage Enterprise Contacts. In 4th IEEE International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI 2018), pages 1–5. Palermo, Italy, 2018
- [Yan18, CI] Yang, L., Morizet-Mahoudeaux, P., Guenand, A., et Mouloudi, A. A Design Framework for Instrumenting Analytic Provenance for Problem-Solving Tasks. In 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2018 (KEER 2018), pages 633–643. Kuching, Sarawak, Malaysia, 2018.
- [Abe17, CI] **Abel, M.H.**, Wang, N., **Barthès, J.P.**, et Negre, E. Trace-based computer supported cooperative work as support for learners group design. In *21st IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2017*), pages 115–120. Wellington, New Zealand, 2017.
- [Afo17, CI] Afoutni, Z., Le-Duigou, J., Abel, M.H., et Eynard, B. Towards a Proactive Interoperability Solution in Systems of Information Systems: A PLM Perspective. In 14th IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (PLM), volume 517, pages 580–589. Seville, Spain, 2017.
- [BA17, CI] Ben Ameur, M.A., Saleh, M., Abel, M.H., et Negre, E. Recommendation of Pedagogical Resources within a Learning Ecosystem. In 9th International Conference on Management of Digital EcoSystems (MEDES '17), pages 14–21. Bangkok, Thailand, 2017.
- [Gou17, CI] Gouider, S. et Abel, M.H. How to take into account Informal Knowledge in Information Systems? In Third International Conference on Knowledge Management, Information and Knowledge Systems (KMIKS 2017), pages 103–114. Hammamet, Tunisia, 2017.
- [Mki17, CI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. Scheduling Demand Response on the French Spot Power Market for Water Distribution Systems by Optimizing the Pump Scheduling. In 3th Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP 2017), pages 172–174. Seeon-Seebruck, Germany, 2017
- [Ngu17b, Cl] Nguyen, V.L., Destercke, S., et Masson, M.H. K-Nearest Neighbour Classification for Interval-Valued Data. In 11th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2017), 10564, pages 93–106. Granada, Spain, 2017.
- [Sam17, CI] Same, A. et Govaert, G. Dynamic factor analysis and predictive diagno-



Communications dans des conférences françaises (ACTN)

- [Ben21, CN] Benchekroun, M., Chevallier, B., Zalc, V., Istrate, D., Lenne, D., et Vera, N. Analysis of the Impact of Inter-Beat-Interval Interpolation on real-time HRV Feature Estimation for e-Health Applications. In *Colloque en Télésanté et dispositifs biomédicaux 8ème édition (JETSAN 2021)*. Toulouse, Blagnac, France, 2021.
- [PW21, CN] Pelissero-Witoslawski, L., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Génération d'un profil dynamique du stress pour l'entraînementà la gestion de situations de crise. In 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2021), pages 178–189. Fribourg / Virtual, Switzerland, 2021.
- [Quo21, CN] Quost, B. Décider à partir d'exemples de test partiellement connus. In 30ièmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2021), pages 167–176. Paris, France, 2021.
- [Rah21, CN] Rahmouni, N., Lourdeaux, D., Benabbou, A., et Bensebaa, T. La prise en compte de l'incertitude dans le processus de diagnostic des compétences de l'apprenant. In 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2021), pages 202–213. Fribourg (Virtual), Switzerland, 2021.
- [Fri20, CN] Frisch, G., Leger, J.B., et Grandvalet, Y. Inférence efficace des modèles à blocs stochastiques et à blocs latents pour les graphes creux. In 52èmes Journées de Statistiques de la Société Française de Statistique (SFdS jds 2020). Nice, France, 2020.
- [Jac20, CN] Jacquin, L., Imoussaten, A., et **Destercke, S.** Traitement du problème d'optimisation de mélange dans le cas de données incertaines via les fonctions de croyance. In *29èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2020)*. Sète, France, 2020.
- [Li20, CN] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. MEMORAe-CWE: un système collaboratif de systèmes d'information à base d'ontologies. In *31ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2020)*, pages pp.56–71. Angers, France, 2020.
- [Quo20, CN] Quost, B., Masson, M.H., et Destercke, S. Traitement évidentiel d'exemples non-conformes en discrimination. In 29èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2020). Sète, France, 2020.
- [Des19, CN] **Destercke, S., Masson, M.H.**, et **Quost, B.** Clustering prudent : une approche relationnelle par seuillage. In *28èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2019*). Alès, France, 2019.
- [Gou19, CN] Goudyme, A., Chetcuti-Sperandio, N., Lagrue, S., et De Lima, T. Intention et logique épistémique dynamique. In *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle (RJCIA 2019)*, pages 1–9. Toulouse, France, 2019.
- [Nag19, CN] Nagels, M., Tali, F., et **Abel, M.H.** Les plateformes de formation à distance, des environnements capacitants? In *9ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2019)*. Paris, France, 2019.
- [Neg19, CN] Negre, E. et Abel, M.H. Aide à la décision basée sur le contexte pour former des groupes d'apprenants pertinents. In XXXVIIème congrès INFormatique des ORganisations et Systèmes d'Information et de Décision (INFORSID 2019), pages 9–11. Paris, France, 2019.



- [Ram19, CN] Ramasso, E. et Denoeux, T. Segmentation de séries temporelles par modèles de mélange avec contraintes sur les instants d'apparition des classes. In 28èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2019). Alès, France, 2019.
- [Des18, CN] **Destercke, S.**, Cherfaoui, V., **Masson, M.H.**, Mouhagir, H., et Fakih, S. Inférences prudentes dans des grilles d'occupation : planification de trajectoires de véhicules dans l'incertain. In *27èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2018)*, pages 283–289. Arras, France, 2018.
- [LL18, CN] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et Sallak, M. Génération de scénario: planification avec un opérateur défini par un modèle graphique. In Journées Franco-phones sur la Planification, la Décision et l'Apprentissage pour la conduite de systèmes (JFPDA 2018). Nancy, France, 2018.
- [Li18, CN] Li, S., Abel, M.H., et Negre, E. Modèle de contexte de collaboration : pour qui, pourquoi, comment ? In 29ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2018), pages 229–243. Nancy, France, 2018.
- [Bar17, CN] Barre, J., **Benabbou, A.**, Corneloup, V., Bourrier, Y., et Job, A. Simulation et Réalité Virtuelle pour l'apprentissage des Compétences Non-Techniques en conduite et en médecine des situations d'urgence. In *Journées J-RV* (journées de l'AFRV). Rennes, France, 2017.
- [BA17, CN] Ben Ameur, M.A., Saleh, M., Abel, M.H., et Negre, E. Recommandation de ressources pédagogiques au sein d'un système de systèmes d'information. In *28ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2017)*, pages 223–228. Caen, France, 2017.
- [Ben17, CN] Benabbou, A., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Génération dynamique de dilemmes en environnement virtuel à partir de modèles de connaissances. In 8ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2017). Strasbourg, France, 2017
- [Gil17, CN] Gilliot, J.M., Nagels, M., Abel, M.H., Acensio, L., Algave, N., Garlatti, S., Guin, N., Michel, C., et Tali, F. Comment créer des environnements d'apprentissage formels, non formels, informels au service des apprenants pour accroître leur pouvoir d'agir? In Orphée Rendez-vous réseau d'e-Education (ORPHEE RDV 2017), pages 1–4. Font Romeu, France, 2017.
- [Gro17, CN] Grosse, R., Lenne, D., Thouvenin, I., et Aubry, S. Menus circulaires et linéaires: Expérience utilisateur de méthodes d'interaction au regard. In 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM-2017), pages 291–297. Poitiers, France, 2017.
- [LL17, CN] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et Sallak, M. Planification probabiliste: une heuristique pour garantir des solutions sûres. In *Rencontres des Jeunes Chercheurs* en Intelligence Artificielle (RJCIA 2017). Caen, France, 2017.
- [Lau17, CN] Laurent, M., Bouchardon, S., Lourdeaux, D., et Szilas, N. Récits interactifs pour l'apprentissage en environnement virtuel : design d'une scénarisation fondée sur l'uchronie. In Le numérique à l'ère des designs, de l'hypertexte à l'hyper-expérience (H2PTM'17). Valenciennes, France, 2017
- [Lou17, CN] Lourdeaux, D., Benabbou, A., Huguet, L., et Lacaze-Labadie, R. HU-MANS: suite logicielle pour la scénarisation d'environnements virtuels pour la formation à des situations socio-techniques complexes. In 3e Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle (APIA 2017), pages 61–68. Caen, France, 2017



Communications sans actes (COM)

- [Fri21, CO] Frisch, G., Leger, J.B., et Grandvalet, Y. Stereotype-aware collaborative filtering. In 16th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS), pages 69–79. Sofia, Bulgaria, 2021.
- [Mes21, CO] Messoudi, S., Destercke, S., et Rousseau, S. Confiance de classe pour la prédiction de dette en gestion immobilière. In 30èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2021). Paris, France, 2021.
- [Nas21, CO] Nashed, N., Lahoud, C., et Abel, M.H. TCO: a Teacher Context Ontology. In 24th IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2021), pages 757–762. Dalian, China, 2021
- [PW21, CO] Pelissero-Witoslawski, L., Lourdeaux, D., et Lenne, D. Dynamic stress profile generation for crisis situations training. In *IEEE International Conference on Systems*, Man, and Cybernetics (SMC 2021). Melbourne, Australia, 2021.
- [Zha21, CO] Zhang, H., Quost, B., et Masson, M.H. Cautious Random Forests: a new decision strategy and some experiments. In 12th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications (ISIPTA 2021). Granada, Spain, 2021.
- [Amo20, CO] Amoussou, M., Belahcene, K., Labreuche, C., Maudet, N., Mousseau, V., et Ouerdane, W. Explaining Robust Additive Decision Models: Generation of Mixed Preference-Swaps by Using MILP. In From Multiple Criteria Decision Aid to Preference Learning (DA2PL 2020). Trento (virtual), Italy, 2020.
- [DB20, CO] **De Blauwe**, **T.**, Sabouret, N., et **Lourdeaux**, **D.** Modèle de perception multisens pour des agents dans un environnement virtuel (Version résumée). In *Workshop sur les Affects, Compagnons Artificiels et Interactions (WACAI 2021)*. Oléron, France, 2020.
- [Fun20, CO] Fundo, A., Leger, J.B., Nace, D., et Wang, C. Dealing with uncertainty in ATM the Flight Level Assignment problem. In 21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020). Montpellier, France, 2020.
- [Ran20, CO] Randon, M., Quost, B., Boudaoud, N., et Von Wissel, D. Towards a robust and consistent estimation of a vehicle's mass. In The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD 2020). Ghent, Belgium, 2020.
- [Tan20, CO] Tang, Q., Abel, M.H., et Negre, E. Towards the Privacy-Preserving of Online Recommender System in Collaborative Learning Environment. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2020)*. Toronto, Canada, 2020.
- [Wil20, CO] Willot, H., Destercke, S., et Lagrue, S. PCP-nets and voting rules: some observations. In From Multiple Criteria Decision Aid to Preference Learning (DA2PL 2020). Trento, Italy, 2020.
- [Fri19, CO] Frisch, G., Leger, J.B., et Grandvalet, Y. Données manquantes dans un modèle à blocs latents pour la recommandation. In 51es Journées de statistique de la Société Française de Statistique (SFdS - jds 2019). Nancy, France, 2019.
- [Hug18, CO] Huguet, L., Lourdeaux, D., et Sabouret, N. Moteur de sélection de tâches pour des personnages virtuels autonomes non omniscients. In *Workshop sur les Affects, Compagnons Artificiels et Interaction (WACAI 2018)*. Porquerolles, France, 2018.
- [Mki18, CO] Mkireb, C., Dembélé, A., Jouglet, A., et **Denoeux**, **T.** Optimisation de la flexibilité énergétique des systèmes d'eau potable sur les marchés de l'énergie. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la



- Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [Sal17, CO] Saleh, M. et Abel, M.H. System of Information Systems as Support for Learning Ecosystem. In 2nd International Symposium on Emerging Technologies for Education (SETE 2017). Cape Town, South Africa, 2017.

Chapitres d'ouvrages scientifiques (OS)

- [Den20a, Ch] **Denoeux**, **T.**, Dubois, D., et Prade, H. Representations of Uncertainty in Artificial Intelligence: Probability and Possibility. In A Guided Tour of Artificial Intelligence Research Volume 1: Knowledge Representation, Reasoning and Learning, pages 69–117. Springer International Publishing, 2020.
- [Den20b, Ch] **Denoeux**, **T.**, Dubois, D., et Prade, H. Representations of Uncertainty in AI: Beyond Probability and Possibility. In *A Guided Tour of Artificial Intelligence Research* (vol. I), pages 119–150. Springer International Publishing, 2020
- [Yua20, Ch] Yuan, B., Yue, X., Lv, Y., et **Denoeux**, **T**. Evidential Deep Neural Networks for Uncertain Data Classification. In *Knowledge Science*, *Engineering and Management (Proceedings of KSEM 2020)*, Lecture Notes in Computer Science, pages 427–437. Springer Verlag, 2020.
- [Pic19, Ch] Pichon, F., Dubois, D., et **Denoeux**, **T**. Quality of Information Sources in Information Fusion. In *Information Quality in Information Fusion and Decision Making*, pages 31–49. Springer, 2019.
- [Arn18, Ch] Arnaldi, B., Cotin, S., Couture, N., Dautin, J.L., Gouranton, V., Gruson, F., et Lourdeaux, D. New applications. In *Virtual Reality and Augmented Reality Myths and Realities*, volume chapter 1, pages 1–71, 2018.
- [Den18, Ch] **Denoeux**, **T.** Quantifying Predictive Uncertainty Using Belief Functions: Different Approaches and Practical Construction. In *Predictive Econometrics and Big Data* (édité par V. Kreinovich, S. Sriboonchitta, et N. Chakpitak), volume 753 de *Studies in Computational Intelligence-International Journal of Approximate Reasoning*, pages 157–176. Springer, 2018.
- [Nag18, Ch] Nagels, M., **Abel, M.H.**, et Tali, F. Le focus sur l'agentivité des apprenants pour innover en pédagogie. In *The Future of Innovation and Technology in Education : Policies and Practices for Teaching and Learning Excellence*. Emerald Publishing Limited, 2018.

Directions d'ouvrage ou de revue (DO)

- [Des20a, E] **Destercke**, **S.**, Ferraro, M.B., et Sinova, B. *Special issue on 9th International Conference on Soft Methods in Probability and Statistics (SMPS)*, volume 124. Elsevier, 2020.
- [Des20b, E] **Destercke, S.**, Mercier, D., et Pichon, F. *Special issue from the 5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018)*, volume 117. Elsevier, 2020.
- [Ant19, E] Antonucci, A., Corani, G., Couso, I., et **Destercke, S.** Special issue on the tenth International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications (ISIPTA '17), volume 111. Elsevier, 2019.
- [BA19, E] Ben Amor, N., Quost, B., et Theobald, M. Proceedings of the 13th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2019), 2019.



- [Des19, E] **Destercke, S., Denoeux, T.**, Gil, M.A., Grzegorzewski, P., et Hryniewicz, O. *Uncertainty Modelling in Data Science*, 2019.
- [Des18, E] **Destercke, S., Denoeux, T.**, Cuzzolin, F., et Martin, A. *Belief Functions : Theory and Applications*, volume 11069 de *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Compiègne, France, 2018.
- [Huy18, E] Huynh, V.N., Inuiguchi, M., Tran, D.H., et **Denoeux, T.** *Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making.* Hanoi, Vietnam, 2018.
- [She18, E] Shen, W., Luo, J., Barthès, J.P., Dong, F., Zhang, J., et Zhu, H. 22nd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, (CSCWD 2018). Nanjing, China, 2018.
- [Ant17, E] Antonucci, A., Corani, G., Couso, I., et Destercke, S. Proceedings of the Tenth International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications, 10-14 July 2017, 2017.
- [Bou17, E] Bouveret, S., Lourdeaux, D., Mathieu, P., et Villata, S. *Dernières Avancées en Intelligence Artificielle*, volume 31. Lavoisier, 2017.
- [Des17, E] Destercke, S. ECSQARU 2015 special issue, volume 80. Elsevier, 2017.
- [She17, E] Shen, W., Antunes, P., Thuan, N.H., Barthès, J.P., Luo, J., et Yong, J. 21st IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. Wellington, New Zealand, 2017.

Brevets (P)

- [Our18a, P] Ourabah, A.D., Gayed, A., Quost, B., et Denoeux, T. Procédé d'optimisation de la consommation énergétique d'un véhicule hybride, 2018.
- [Our18b, P] Ourabah, A.D., Quost, B., et Denoeux, T. Procédé de calcul d'une consigne de gestion de la consommation en carburant et en courant électrique d'un véhicule automobile hybride, 2018.
- [Our17, P] Ourabah, A.D., Jaffrezic, X., Gayed, A., Quost, B., et Denoeux, T. Procédé de calcul d'une consigne de gestion de la consommation en carburant et en courant électrique d'un véhicule automobile hybride, 2017.



SCOP Sûreté, Communication, OPtimisation

1. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPE

Objectifs scientifiques

Motivés par les interactions de plus en plus complexes entre les systèmes, les travaux de l'équipe concernent la conception et l'optimisation de systèmes logistiques, de systèmes en réseaux et de systèmes sûrs. L'équipe se donne pour objectif le développement de solutions aptes à satisfaire les besoins des utilisateurs en termes de performance et de robustesse, en leur permettant de faire abstraction de la complexité sous-jacente. Il s'agit de proposer de nouvelles modélisations, d'étudier formellement les modèles construits, et de les valider par des preuves, des simulations et/ou des expérimentations. Pour montrer la faisabilité des solutions proposées et contribuer au transfert technologique, la mise en place de plateformes expérimentales est un enjeu important.

Les travaux de l'équipe sont développés selon trois axes :

- Les systèmes sûrs et sécurisés, avec la sûreté de fonctionnement en présence d'incertitudes, la tolérance aux fautes et la sécurité des systèmes informatiques,
- Les systèmes de communication dans les réseaux mobiles dynamiques, et les réseaux autonomes et à économie d'énergie,
- L'optimisation des systèmes de planification et d'ordonnancement ainsi que l'optimisation des réseaux logistiques et de télécommunication.

Composition de l'équipe

L'équipe regroupe tous les membres de l'ancienne équipe RO (Réseaux, Optimisation) ainsi que les membres de l'ancienne équipe ASER (Automatique Systèmes Embarqués Robotique) dont le domaine de recherche est la sûreté de fonctionnement. Fin décembre 2021 l'équipe se composait de 6 professeurs, 4 maîtres de conférence dont deux HDR, 2 enseignants-chercheurs contractuels, un chargé de recherches CNRS et un professeur émérite. La table 3 détaille les membres de l'équipe entre 2017 et 2021, leur statut et équipe d'appartenance en 2017. À signaler le départ d'un maître de conférences HDR promu professeur dans un autre établissement à la fin du premier semestre 2018, départ compensé par le recrutement d'un maître de conférence en septembre 2019. À signaler également la longue disponibilité d'un maître de conférences depuis 2015. Un autre qui était en disponibilité depuis janvier 2012



a quitté la fonction publique pour le privé à l'issue de la période maximale de dix ans de disponibilité et est en cours de remplacement par un enseignant-chercheur contractuel qui devrait être recruté pour Septembre 2022.

D. Nace est le responsable de l'équipe depuis Janvier 2022 (durant les années 2018 à 2021 cette fonction était assurée par W. Schön) et W. Schön est responsable adjoint depuis Janvier 2022 (durant les années 2018 à 2021 cette fonction était assurée par A. Bouabdallah)

Table 3 – Membres permanents et émérites de l'équipe SCOP de 2017 à 2021

	Nom	Prénom	Statut	2017	2018	2019	2020	2021
Permanents	Bouabdallah	Abdelmadjid	PR	RO				
	Boufflet	Jean-Paul	MCF	RO				
	D'Andréagiovanni	Fabio	CR CNRS	RO				
	Ducourthial	Bertrand	PR	RO				
	Jaber	Ghada	MCF					
	Jouglet	Antoine	PR	RO				
	Lakhlef	Hicham	MdC	RO				
	Lussier	Benjamin	ECC	ASER				
	Moukrim	Aziz	PR	RO				
	Nace	Dritan	PR	RO				
	Natalizio	Enrico	MCF	RO				
	Sallak	Mohamed	MCF HDR	ASER				
	Schön	Walter	PR	ASER				
	Serairi	Mehdi	ECC	RO				
	Barger	Pavol	MCF ¹	ASER				
	Challal	Yacine	MCF HDR ²	RO				
Émérite	Carlier	Jacques	PR	RO				

¹En disponibilité depuis 2012

Responsabilités locales significatives

- A. Bouabdallah a été directeur de département GI jusqu'en avril 2020. Il est responsable de l'axe 1 du Labex MS2T.
- J.-P. Boufflet a été coordinateur pour les relations internationales du département GI jusqu'en septembre 2020.
- B. Ducourthial a été responsable de la filière Systèmes et Réseaux Informatiques jusqu'à l'année universitaire 2018-2019 et responsable des stages jusqu'au printemps 2019.
- A. Jouglet est responsable pédagogique du tronc commun et de la formation ingénieur de l'UTC.
- A. Lounis est référent GI au sein de l'association "talents du numérique" et coresponsabilité pédagogique de la formation par apprentissage GI depuis Février 2021.
- B. Lussier est correspondant du département GI pour la fête de la science.
- D. Nace est responsable de la mention ISC et du parcours AOS du master associé au Labex MS2T.
- M. Serairi est co-responsable pédagogique de la formation par apprentissage GI et responsable de la branche Génie Informatique depuis septembre 2021.



²En disponibilité depuis 2015

³Depuis mai 2019

Implication dans les tâches collectives et la vie de l'unité

- A. Jouglet a été responsable de la formation doctorale du laboratoire jusqu'en novembre 2020.
- M. Sallak est organisateur des séminaires de l'équipe SCOP du laboratoire Heudiasyc.
- W. Schön est responsable scientifique de la plateforme ferroviaire.
- B. Lussier est correspondant BUTC pour le laboratoire.

Formation par la recherche

Les membres de l'équipe sont fortement impliqués dans les cours du master mention « Ingénierie des Systèmes Complexes » (ISC) et parcours « Apprentissage et Optimisation des Systèmes complexes » (AOS) ainsi que dans la formation doctorale.

L'équipe a accueilli en 2021, 8 étudiants en stage de master et compte au 31 Décembre 2021 13 doctorants.

La table 4 récapitule l'encadrement doctoral de l'équipe SCOP (pour l'année 2017, les thèses encadrées par les membres des équipes RO et ASER ayant rejoint l'équipe SCOP en 2018), ainsi que le nombre de stagiaires de master.

Table 4 – Effectifs en membres temporaires de l'équipe SCOP entre 2017 et 2021

	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Stagiaires master	3	5	1	6	8	23
Thèses soutenues	6	3	6	5	4	24
Thèses abandonnées	-	2	-	-	-	2
CDD Recherche / enseignement	4	4	4	3	3	-
Doctorants	24 [†]	16	16	15	13	-

[†]Supervisés par les membres des équipes RO et ASER ayant rejoint l'équipe SCOP en 2018

AVANCEMENT SCIENTIFIQUE 2017–2021

Axe 1 - Systèmes sûrs et sécurisés

L'axe 1 est celui qui représente l'idée fondatrice de l'équipe SCOP, à savoir rapprocher les chercheurs spécialistes de sûreté de fonctionnement (issus de l'ancienne équipe ASER) et ceux spécialistes de cyber-sécurité (issus de l'ancienne équipe RO).

On y retrouve donc les thématiques fortes en sûreté de fonctionnement qui se sont poursuivies et développées dans la nouvelle équipe SCOP à savoir la gestion des incertitudes dans les études de Sûreté de Fonctionnement (en lien étroit avec l'équipe CID) et la tolérance aux fautes (en lien étroit avec l'équipe SyRI). Une thématique autour de la maintenance prévisionnelle s'est par ailleurs développée à l'occasion de plusieurs thèses et projets de recherche partenariaux. A ce sujet des liens avec l'axe 3 de SCOP (pour l'optimisation de la maintenance) sont prévus dans les années à venir.

On y retrouve également les thématiques fortes en cyber-sécurité qui se sont poursuivies et développées dans la nouvelle équipe SCOP à savoir la sécurité des communications dans les réseaux, la gestion des clés, la sécurité de l'Internet de objets et des réseaux de capteurs, ces différentes thématiques prenant en outre en compte l'aspect gestion intelligente de l'énergie.



On y trouve enfin la nouvelle thématique, à l'origine de la création de l'équipe SCOP, à savoir la prise en compte conjointe de la sûreté de fonctionnement (en particulier de la sécurité au sens "safety") et de la sécurité (au sens "security" à savoir cybersécurité). Cette thématique a fait l'objet d'un projet PEPS ainsi que d'une thèse dans le cadre du projet SNCF de train télé-conduit (TC-Rail) avec l'IRT Railenium.

1.1 Gestion des incertitudes dans les études de Sûreté de Fonctionnement (SdF)

Les travaux autour de ce thème, qui est un sujet de recherche majeur pour deux membres de l'équipe, présentent la particularité d'utiliser des approches reposant, en plus du cadre probabilistes classique, sur les théories de l'incertain plus récentes (probabilités imprécises, fonctions de croyance, ensembles aléatoires, etc.). L'apport de ces théories de l'incertain est crucial pour une évaluation pertinente de la SdF des systèmes à composants hautement fiables, lorsque l'on ne dispose que de très peu de données de fiabilité, ou quand le retour d'expérience est faible voire inexistant. Il s'agit d'une approche originale dans la communauté scientifique nationale et internationale. L'objectif est de contribuer à l'appropriation de ces différentes théories de l'incertain par la communauté de la SdF, en proposant des approches originales, fiables et efficaces. Nos méthodes sont appliquées à l'évaluation de la SdF des systèmes matériels ou logiciels, ainsi que pour la prise en compte des erreurs humaines dans le domaine du transport, en particulier ferroviaire, qui est un domaine dans lequel l'équipe SCOP est particulièrement impliquée.

Les principales contributions de l'équipe sur la période concernent les domaines suivants :

- Modèles graphiques pour la modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle des systèmes automatisés et pour l'analyse de risque en présence d'incertitudes [Sim18, L, Qiu17a, RI].
- Propagation et quantification de l'incertitude relative aux données de défaillance des composants de ces systèmes [Qiu17b, RI, Qiu17a, RI, BA17, RI] afin d'évaluer leurs fiabilités. À noter également une collaboration avec le Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Compiègne concernant les processus non Markoviens [Hou17, RI].
- Problèmes de conception sûre des systèmes en présence d'incertitudes [Sal17, Cl, Qiu18, Rl].
- Modélisation de la confiance dans les arguments d'un dossier de sécurité en présence d'incertitudes (en collaboration avec le LAAS CNRS) [Wan18a, RI, Wan19, RI].
- Méthodes de *Prognostics and Health Management* (PHM) prenant en compte les incertitudes, afin de déterminer les composants d'un système à surveiller pour la mise en œuvre d'une maintenance prédictive. Elles visent à exploiter les dernières techniques de surveillance des systèmes pour caractériser les états de fonctionnement et proposer des politiques d'actions de maintenance dès l'apparition des dégradations, en prenant en compte les différentes incertitudes/incomplétudes dans les données collectées des systèmes de transport. [Del17, CI].
- Méthodologie de maintenance prévisionnelle prenant en compte le caractère incomplet et imprécis de données recueillies par des capteurs en utilisant les chaînes de Markov cachées (dans le cadre du projet ANR MAPSYD) [Lou19, CI, Lou20, RI, Lou20, CI].
- Méthodes d'optimisation pour les systèmes à haute exigence de disponibilité en prenant en compte le paramètre coût ainsi que les incertitudes [Akr19, Cl, Sal21a, Rl, Sal21b, Rl]. Certains de ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet région ODISYM, les méthodologies développées ont par ailleurs été implémentées dans une suite logicielle « Reliability Tools » (développée sous Matlab et Python).



■ À noter également une collaboration avec l'équipe CID concernant la modélisation des systèmes [KS20, RI].

Ces travaux ont en particulier comme cadre d'application les systèmes de transport ferroviaire avec notamment :

- L'intégration de la fiabilité humaine dans les études de SdF [Ran17, Rl, Ran17, Cl, Fer18, Rl].
- Les études de SdF des trains autonomes [Ran18, Cl]. En effet, l'intégration de capteurs, caméras et radars, pour permettre au train de détecter les éléments de signalisation et les obstacles sur les voies, créent des nouveaux besoins en termes d'études de SdF de tels systèmes. L'IA est identifiée comme étant une discipline pouvant potentiellement apporter de l'aide à ces systèmes avec tout ce que cela soulève comme problématiques par rapport à la fiabilité des mécanisme d'IA utilisés.
- Les méthodes d'allocation d'objectifs de sécurité pour les systèmes de localisation GNSS dans le ferroviaire : travaux réalisés dans le cadre du projet Européen X2Rail via l'IRT Railenium visant à proposer une méthode d'allocation du THR (*Tolerable Hazard Rate*) de systèmes de localisation GNSS en utilisant des méthodes de calcul par intervalles [Sas20, CI].

1.2 Tolérance aux fautes

Les travaux autour de ce thème ont pour objectif de proposer de nouvelles architectures ou techniques utilisables dans des systèmes complexes, en particulier autonomes. La tolérance aux fautes permet à un système de continuer son service, au moins sous forme dégradée, en dépit des fautes qui pourraient l'affecter et à éviter ainsi des défaillances. Les architectures proposées visent à répondre à plusieurs difficultés liées aux systèmes complexes :en premier lieu, le rétablissement de systèmes autonomes, plongés dans un environnement ouvert et ayant des contraintes dynamiques fortes, demande des méthodes de détection et de reconfiguration rapides sans avoir recours à des mises en état sûr. Ces travaux ont été appliqués aux véhicules autonomes terrestres [Bad17, RI] et aériens [Sai17, RI, Sai17, CI, Sai21, RI], avec notamment la proposition d'une loi de commande auto-ajustable, robuste au vent et tolérante aux fautes matérielles de moteurs [Ham19, CI, Ham20, RI].

Une deuxième approche consiste à mettre en place un composant indépendant de sécurité (safety bag) en charge de surveiller qu'une application de contrôle-commande respecte certaines propriétés (dites nécessités de sécurité) et d'intervenir au besoin par des inhibitions de commande voire par des interventions de sécurité (généralement mise en état sûr) [Bri18, Cl]. Enfin un dernier volet des travaux du thème concerne l'utilisation de la programmation déclarative (les mécanismes d'intelligence artificielle comme la planification, la reconnaissance de situation ou la fusion de données) pour répondre aux problèmes d'autonomie et d'environnement ouvert dans des systèmes complexes comme les véhicules intelligents ou les robots aériens. Aucune méthode ne permettant actuellement de garantir le bon fonctionnement de ces types de programme, les travaux visent à développer des architectures ou des mécanismes de tolérance aux fautes permettant d'améliorer leur sûreté de fonctionnement. De premiers résultats [Rha18, Cl], montrent que des architectures basées sur la diversification de réseaux de neurones pouvaient permettre de détecter des situations non apprises par le système. Une thèse CIFRE avec PSA est en cours sur cette thématique [Vio20, Cl].



1.3 Sécurité des systèmes et réseaux

Le domaine des réseaux a été marqué ces dernières années par la croissance et le développement exponentiel des demandes de communications et du trafic des données véhiculées par l'Internet. Par ailleurs, l'accroissement du nombre de personnes, des cameras statiques ou embarquées dans des drones ou des voitures, de capteurs et tout genre d'objets communicants, connectés aux réseaux et à Internet a révolutionné les modes de génération, de communication, de partage et d'accès aux données. Ces masses de données générées par ces nouvelles applications intégrant des équipements hétérogènes et distribués à grande échelle présentent des enjeux majeurs comme le transport, le stockage sécurisé et le traitement de ces données. Les réseaux d'aujourd'hui et du futur auront donc à transporter ces masses de données à caractéristiques et contraintes diverses et provenant d'équipements souvent hétérogènes. On parle de l'Internet du futur, de l'Internet des objets, de l'Internet des véhicules, l'Internet de tout (Internet of Everything), on parle même de l'Internet des cerveaux (Internet of Brains)!

La conception de ces réseaux présente des enjeux majeurs à cause des différentes contraintes imposées par les applications qui génèrent du trafic sensible nécessitant une protection forte à la fois des données et la vie privée des utilisateurs. Cette tâche devient plus complexe pour plusieurs raisons. En effet, dans certains cas :

- Les équipements de l'infrastructure réseau comme l'Internet des Objets (IoT) sont à ressources (énergie, puissance de calcul, stockage, etc.) limitées, ce qui complexifie encore plus la tâche de développement de solutions de sécurité vu que les solutions classiques ne peuvent pas être déployées telles qu'elles dans ces environnements.
- Le nouveau paradigme réseau appelé Named Data Network (NDN) utilise des fonctionnalités universelles de mise en cache et de routage par nom dans le réseau pour diffuser efficacement le contenu et améliorer la qualité du service. Cette technologie, qui se développe sans cesse, est également sujet à diverses attaques spécifiques pour lesquelles il est également nécessaire d'apporter des solutions efficaces et robustes.
- La prolifération des technologies de réseau pousse de nombreuses architectures de réseau différentes à fournir une grande variété de services et de contenus aux clients finaux même dans des environnement où des connexions stables sont indisponibles. Dans ces environnements, où les connexions réseaux sont intermittentes, on parle de réseaux tolérants aux délais (DTN) où les noeuds communiquants peuvent également être mobiles. La problématique sécurité dans ces environnements DTN devient encore plus complexe à mettre en oeuvre, ce qui constitue un enjeu majeur.

C'est dans ce contexte de la sécurité de l'informatique distribuée (réseaux, cloud, loT, mobilité, réseaux intermittents) que s'inscrivent les activités scientifiques au sein de l'axe. Une contribution notable a a été le développement de solutions originales d'algorithmique distribuée et de protocoles ouvrant des perspectives intéressantes pour le futur. Les résultats obtenus ont été validés par preuves, simulations et expérimentations. Dans ce qui suit sont présentées quelques contributions majeures qui ont été proposées :

- Des solutions originales de sécurité pour l'Internet des Objets (IoT) en prenant en compte l'efficacité énergétique, [Kou18, RI, Hel17, RI, Kan20, RI, Kou20, RI, Lak20, RI]. Cette thématique a également fait l'objet du projet PEPS 2019 STFOC sur la sécurité et la tolérance aux fautes pour des groupes d'objets communicants hétérogènes.
- Une solution d'authentification et de protection de données partagées dans le Fog computing et dans l'IoT ainsi qu'une solution de partage de données d'une manière



anonyme et responsable avec un service de traçabilité des modifications des données [lmi18, Cl, lmi20, Rl]. A noter que la solution proposée dans [lmi18, Cl] est adaptée à des systèmes avec plusieurs autorités de confiances. Ces travaux se poursuivent dans le cadre d'un processus de valorisation par la création d'une entreprise innovante (Startup).

- Une solution innovante, scalable, et robustes pour la révocation immédiate des utilisateurs et leurs droits d'accès dans les contrôles d'accès cryptographiques [Imi18, RI, Imi17a, CI]. L'originalité de ces solution réside dans le fait qu'elles évitent la redistribution de nouvelles clés une fois qu'un ou plusieurs utilisateurs/droits sont révoqués, comme c'est le cas des solutions de la littérature. Ces solutions évitent également le rechiffrement des données suite à la révocation d'utilisateurs/droits d'accès à des données.
- Une nouvelle taxonomie des surfaces d'attaque (surfaces d'expositions) dans les véhicules autonomes [Bou20, CO]. Sur la base de cette taxonomie, est passée en revue une sélection de recherches pertinentes et récentes sur des expériences d'attaques réelles menées sur de nombreux composants et systèmes de conduite automatisés. Une modélisation des menaces et une évaluation des risques pour soutenir la conception de véhicules autonomes sécurisés a également été effecutée.
- une solution de gestion de clés efficace dans le domaine de l'énergie intelligente (smart grids) [Ben18, RI].
- Des solutions d'authentification des patients dans le domaine de la santé [Moh17, RI], [Oma18, CO].
- Une solution de protection des réseaux NDN [Bou20, RI] pour protéger l'opération de codage réseau, opération importante utilisée dans les réseaux NDN (Named Data Networks) pour améliorer les performances du routage. Dans cette contribution, a été traité le problème de protection contre les attaques de pollution qui peuvent entraîner une dégradation importante de la bande passante du réseau. La solution proposée est une technique d'authentification efficace et optimisée qui utilise un mécanisme de signature homomorphe, qui permet aux nœuds intermédiaires de vérifier l'authenticité des flux pour surmonter le problème de pollution sans avoir accès au contenu.

La confiance, un paradigme efficace pour la sécurité Les schémas de gestion de confiance sont conçus pour protéger les réseaux et les systèmes contre les mauvais comportements des nœuds malveillants qu'on peut considérer comme des attaquants internes dont il est difficile de se protéger à l'aide de solutions cryptographiques. Ces schémas de confiance observent le comportement des nœuds, vérifient leur conformité par rapport à ce qui est attendu, calculent et leur attribuent des valeurs de confiance, et évitent toute interaction avec des nœuds non fiables. Par ailleurs, l'intégration des liens sociaux entre les dispositifs IoT a facilité l'émergence d'un nouveau paradigme appelé *l'Internet social des objets* ou SIoT. Dans ce paradigme, les relations sociales peuvent être établies de manière autonome par des objets créant des communautés virtuelles avec des intérêts partagés. Pour faciliter la localisation des intérêts souhaités et améliorer la coopération entre les appareils SIoT, les systèmes de confiance se sont avérés être une solution efficace dans un tel environnement interconnecté. Dans ce cadre, les travaux menés au sein de l'axe ont permis de proposer des solutions originales basées sur la confiance pour le problème de sécurité de l'IoT. Les principales contributions sont les suivantes :

■ Proposition d'un schéma de confiance de communication de données adaptatif et double (ADCT) pour les réseaux de capteurs sans fil en cluster afin de traiter effi-



cacement les nœuds non fiables [Tal17, RI]. Contrairement aux travaux de la littérature, nous proposons une fonction de confiance adaptative pour évaluer la confiance directe entre les nœuds en fonction des exigences de l'application en termes de sévérité de confiance. Nous avons considéré également la confiance des données pour faire face aux nœuds non fiables lors de la collecte de données malgré leurs capacités de communication. L'analyse théorique et la simulation que nous avons réalisé montrent que notre solution offre une meilleure coopération avec un surcoût de communication moindre que celui des solutions existantes.

- Proposition d'une solution de gestion de la confiance basé sur les intérêts pour le SIoT [Tal19, RI]. Ce schéma évalue la confiance des appareils SIoT en fonction des préférences d'intérêt du donneur de confiance (objet évaluateur). De plus, il introduit un nouveau système de recommandation basé sur la similitude en termes de préférences d'intérêt entre le donneur de confiance et le recommandeur (c'est-à-dire, fournit une recommandation sur l'objet évalué) pour améliorer la localisation des services souhaités. Les résultats de simulation valident la convergence du mécanisme de confiance proposé, et montrent son gain en termes de taux de réussite des transactions.
- Proposition dans [Tou17, RI], d'une approche basée sur la confiance pour sécuriser le transfert de données dans les réseaux où les noeuds sont mobiles et où les connexions sont intermittentes (réseaux DTN) en présence de transporteurs malveillants. Cette proposition est destinée à une architecture DTN qui comprend plusieurs sous-réseaux dispersés géographiquement dans des régions isolées et ayant un accès intermittent à un réseau basé sur une infrastructure comme Internet. L'approche adoptée est basée sur un réseau de confiance particulier, qui se forme sur la base des relations sociales existantes entre les clients et les transporteurs. Des simulations intensives ont été menées et les résultats obtenus montrent que la solution offre un taux de livraison de paquets élevé et résiste bien au comportement des transporteurs malveillants.

Protection de la vie privée Du fait de l'émergence des technologies d'externalisation des données, comme le Fog computing, la protection de la vie privée est devenue une préoccupation majeure pour tous les utilisateurs. Ce problème de protection de la vie privée se pose également lorsque les utilisateurs sont itinérants et ne souhaitent pas être tracés lors de leurs déplacement et changement de connexion. Il est donc important d'apporter des solutions originales à ces problèmes présentant plusieurs challenges pour lesquels les solutions suivantes ont été proposées à l'occasion de travaux menés au sein de l'axe :

Plusieurs solutions de la littérature ont traité le problème de protection de la vie privée en utilisant les techniques d'anonymisation existantes, mais peu d'entre elles considéraient le service de responsabilisation. Cependant, lorsque les systèmes de sécurité n'adoptent pas de mécanismes de responsabilité, l'anonymat complet peut encourager les utilisateurs à agir de manière malveillante. Pour éviter cela, une nouvelle solution responsable de préservation de la vie privée pour le partage d'informations publiques dans l'architecture du fog computing a été proposée dans [lmi19, Cl, lmi20, Rl]. Basé sur les signatures, de schéma permet aux serveurs FOG Computing d'authentifier n'importe quel utilisateur du système sans violer sa vie privée. En cas de mauvaise conduite d'un utilisateur, l'architecture considère une autorité capable de tracer n'importe quel utilisateur dans le système. La solution assure des services de préservation de la vie privée et de responsabilité de manière entièrement distribuée, sans recourir en permanence à l'autorité. Enfin, il est montré par expérimentation que la solution proposée surpasse les solutions existantes.



- La norme Wi-Fi est vulnérable aux attaques de protection de la localisation et de profilage de mobilité en raison de la transmission d'informations d'identification personnelle telles que l'adresse MAC en texte en clair. Pour protéger les utilisateurs de la divulgation de leur localisation en étant connectés au réseau Wi-Fi en itinérance, une solution de protection contre les menaces sur la vie privée des utilisateurs dans le contexte des réseaux locaux sans fil a été proposée dans [Sen18, CI, Sen21, RI]. Les travaux se sont concentrés sur la non divulgation de la localisation où un attaquant essaie de découvrir les emplacements passés et actuels d'un utilisateur. Une solution distribuée de protection de la vie privée des utilisateurs a été proposée, qui permet de les protéger contre la divulgation de leur localisation. Il est à noter que la solution a un faible impact sur la qualité de service réseau, ce qui a été montré lors de l'évaluation de la solution par simulations.
- Avec l'émergence des réseaux véhiculaires (VANET), de nouvelles applications avancées ont émergé qui visent à améliorer la sécurité de conduite et la gestion du trafic. Ces applications exploitent l'énorme quantité de données partagées entre les véhicules et l'infrastructure, grâce à une analyse avancée des données. En raison de la limitation des ressources des véhicules, ce volume croissant de données est stocké sur de puissants serveurs informatiques de pointe répartis sur l'infrastructure VANET. Cependant, ces serveurs périphériques ne sont pas entièrement fiables, ce qui soulève de nouveaux défis de sécurité et de protection de la vie privée. Pour cela, un nouveau schéma de partage de données qui protège la vie privée des véhicules et des conducteurs a été proposé dans [Kou20, RI]. La solution, basée sur la blockchain de consortium, les contrats intelligents et les Zero-Knowledge Proofs (ZKP), permet un partage de données décentralisé et anonyme. De plus, la solution proposée inclut un schéma de stockage de données à grain fin au-dessus de la blockchain, basé sur un modèle de publication-abonnement pour améliorer la gestion des données. L'efficacité de ce schéma a été validé par des simulations et des expériences approfondies.

1.4 Approches conjointes "sûreté/sécurité"

Cette thématique, à l'origine de la création de l'équipe SCOP vise à rapprocher les spécialistes de sûreté de fonctionnement (en particulier de sécurité au sens "safety") et les spécialistes de cyber-sécurité (sécurité au sens "security"). Sur cette thématique, actuellement en pleine croissance, l'équipe a été l'une des premières visibles avec notamment un projet PEPS en 2016-2017 porté par l'équipe, en partenariat avec les laboratoire LORIA et CRAN regroupant des chercheurs de sections et de disciplines différentes (27ème et 61ème section CNU). Ces premiers travaux se sont poursuivis dans le cadre du projet TC-Rail, qui est un des volets du programme train autonome SNCF impliquant outre la SNCF d'importants partenaires industriels (Thalès, CNES, Actia) et qui vise à permettre la téléconduite d'un train. Ces

travaux en lien avec l'IRT Railenium font l'objet d'une thèse qui sera soutenue en 2022 au cours de laquelle ont été développées des méthodes originales d'approche conjointe sûreté /

Axe 2 - Systèmes de communication

sécurité [Akt20, Cl, Akt21a, Cl, Akt21b, Cl].

Avec l'évolution rapide des technologies de communication et des nouveaux domaines d'application et usages, de nouveaux challenges ont émergé pour lesquels des solutions originales, efficaces et robustes sont attendues par la communauté scientifique et académique. Dans ce qui suit, sont présentées les contributions développées au sein de l'axe dans les domaines



d'actualité des réseaux dynamiques, de l'Internet des objets et de la problématique économie d'énergie dans les réseaux à faible ressources.

2.1 Réseaux mobiles dynamiques

Dans un réseau, quand une partie des nœuds voire leur totalité est mobile (réseaux véhiculaires, réseaux de robots), la topologie du réseau est dynamique, ce qui constitue un facteur encore mal maîtrisé. La mesure de la dynamique elle-même et son impact sur les algorithmes n'est pas acquise. Il est ainsi difficile de prédire si un algorithme atteindra ou non son but dans un tel réseau. On distingue la dynamique passive, qui est subie par le système, les algorithmes et les protocoles devant y faire face (un exemple typique étant les réseaux véhiculaires) et la dynamique active qui peut être influencée voire dictée par les algorithmes et les protocoles (un exemple typique étant les réseaux de robots). La dynamique perturbe toutes les couches protocolaires. En fait, nombre d'algorithmes connus ne sont pas adaptés au contexte de la dynamique et nécessitent d'être repensés. La définition des problèmes algorithmiques classiques est souvent dénuée de sens dans un tel contexte. À l'inverse, le concept de coopération est prépondérant : souvent les nœuds du réseau (véhicules, robots) partagent le même environnement et le même but mais sont incapables d'achever leur tâche sans coopérer entre eux. Reste alors à prouver ces nouveaux algorithmes. Si la preuve de concept est indispensable pour valider la faisabilité de directions nouvelles, elle ne peut se substituer à la preuve analytique. Une modélisation adéquate de la dynamique sous l'angle de l'algorithmique (et pas seulement sous l'angle des propriétés structurelles de la topologie) est nécessaire.

Les principales contributions de l'équipe sur la période concernent les domaines suivants :

- La construction d'une carte coopérative dans les réseaux dynamiques : un algorithme réparti coopératif pour construire une carte du réseau véhiculaire à plusieurs sauts a été proposé [PdMJ18, Cl, PdMJ18, CN]. Il permet une meilleure anticipation aux interconnexions et une découverte des services à bord. L'algorithme a été implémenté et une étude de performance par émulation de réseaux a été menée.
- La diffusion fiable dans les réseaux dynamiques : un algorithme réparti capable de réaliser en mémoire limitée une diffusion fiable dans un réseau dynamique tel que flotte de robots ou de véhicules a été proposé. L'algorithme a été implémenté et une étude de performance par émulation de réseaux a été menée. Une preuve de concept sur flottes de robots a été réalisée [Béd19, CN].
- L'équité dans les réseaux WiFi : des problèmes d'équité complexes dans les chaînes d'émetteurs-récepteurs WiFi ont été étudiés. Une modélisation inédite, confirmée par simulation a été réalisée [Duc17, RI].

À signaler aussi pour ce thème une importante activité de développements de plateformes expérimentales liée à la nécessité de valider les algorithmes en conditions réelles.

2.2 Réseaux autonomes et à économie d'énergie

L'Internet des objets (IoT) est un paradigme dans lequel le réseau connecte plusieurs objets physiques qui ont la capacité de collecter et de transférer / échanger des données afin d'exécuter des tâches de haut niveau sans nécessiter l'interaction humaine. Vu son grand nombre d'applications dans la vie quotidienne (santé, transport, environnement, etc.), l'IoT a attiré l'attention de beaucoup de chercheurs dans les secteurs académiques et industriels ces dernières années. Cependant, le déploiement de l'IoT à grande échelle présente plusieurs



verrous scientifiques et technologiques dont la gestion de l'énergie. En effet, comme les objets sont déployés dans des environnements ouverts et sont dotés de batteries à durée de vie limitée, il est important de développer des solutions d'économie d'énergie permettant d'éviter aux utilisateurs d'intervenir régulièrement pour remplacer des batteries et ainsi maximiser la durée de vie du réseau de manière autonome. Les travaux de recherche de l'équipe sur cette thématique s'attaquent à ce problème sous différents angles développés ci-après :

- Optimisation de la consommation énergétique par déploiement :
 - L'un des principaux obstacles de la mise en œuvre de telles applications est la garantie d'une énergie permettant de faire fonctionner le réseau de manière auto-suffisante en termes d'énergie tout en garantissant un bon niveau de sécurité. Bien qu'il existe divers mécanismes pour assurer une économie d'énergie dans la littérature, aucune de ces solutions ne considère les contraintes liées à l'économie en énergie et à l'hétérogénéité tout en assurant un bon niveau de sécurité. Ce même problème se pose aussi lorsque les objets connectés sont déployés dans des environnements spécifiques comme le corps humain. Les principales contributions sur ces problèmes sont les suivantes :
 - Dans le cadre de l'initiative MSTD «Maîtrise des Systèmes Technologiques sûrs et Durables» de Sorbonne Université, un projet a été accepté dont l'objectif est de développer de nouveaux modèles de communication robustes à économie d'énergie qui prennent en compte des noeuds hétérogènes ayant des ressources limitées. Un état de l'art approfondi sur la problématique de configuration optimale pour les réseaux IoT en termes de coût énergétique a été mené. Ainsi, ont été étudiées les solutions existantes d'Energy Harvesting (EH) et de Wireless Charging (WC) et les coûts relatifs à ce type de solution ont été étudiés. Ensuite, a été proposée une solution économe en énergie pour l'IoT hétérogène basée sur l'EH et le WC tout en prenant en compte le coût de déploiement [Abi20, CI].
 - D'autres travaux se sont attaqués au problème d'économie d'énergie du côté optimisation des temps d'accès aux données IoT. Pour cela, a été menée une étude sur les protocoles centrés sur les données CCN « Content Centric Networking » et un mécanisme efficace de mise en cache collaboratif dans CCN pour l'IoT a été proposé [Jab20, RI]. Cela permet de réduire la consommation énergétique et de permettre ainsi ainsi une maximisation de la durée de vie du réseau.
 - La reconnaissance du contexte humain (HCR) à partir de réseaux de capteurs corporels est une tâche importante et difficile pour de nombreuses applications de soins de santé, car elle offre une capacité de surveillance continue des paramètres personnels et environnementaux. Cependant, ces systèmes sont toujours confrontés à un problème énergétique majeur qui empêche leur adoption à grande échelle. Par conséquent, il est nécessaire de développer des solutions économes en énergie pour les applications de surveillance à long terme afin de favoriser l'acceptation de ces technologies par les patients. Dans [Rau17, RI], ont été étudiées les approches écoénergétiques existantes conçues pour HCR basées sur des réseaux de capteurs sans fil et une nouvelle classification des mécanismes économes en énergie pour les applications de reconnaissance du contexte humain lié à la santé a été proposée. De plus, a été proposée une étude comparative qualitative de ces solutions en termes de consommation d'énergie, de précision de reconnaissance et de latence. Ce travail a reçu le prix du meilleur article survey en 2020 par la revue internationale "Pervasive and Mobile Computing"



■ Gestion de réseaux à faible ressources :

En raison des contraintes liées aux ressources et l'hétérogénéité des objets connectés, les réseaux IoT à faibles ressources font face à des problèmes de performance, notamment la dégradation de la qualité des liens radio, la défaillance (logicielle ou matérielle) de certains objets du réseau, la congestion du réseau, etc. Il est donc important de développer des solutions de gestion efficaces des réseaux IoT à faible ressources afin d'assurer leur bon fonctionnement. Ces solutions doivent : (1) être autonomes pour faire face à la nature dynamique des réseaux IoT; (2) prendre en compte l'hétérogénéité des objets connectés; (3) être moins consommatrices en énergie pour répondre aux défis de l'IoT. Sur ce volet, les travaux menés au sein de l'axe se sont intéressés au problème de gestion des réseaux IoT à faibles ressources et des solutions efficaces ont été proposées :

- Une étude comparative des solutions de gestion des réseaux IoT à faibles ressources a été menée afin d'identifier les verrous scientifiques et techniques. Ensuite, une solution intelligente a été proposée dans[Abo20, CI] Cette solution est basée sur un modèle de réseau de neurones profonds pour permettre une configuration de la portée radio dans les réseaux sans fil à faibles ressources de type RPL (IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy Networks). Une évaluation des performances de cette solution montre qu'elle est capable de déterminer la portée radio permettant une réduction de la consommation énergétique du réseau tout en garantissant une bonne connectivité des objets connectés.
- Une solution efficace et adaptative pour configurer les paramètres de la couche MAC dans les réseaux dynamiques de type IEEE 802.15.4 a été proposée [Abo20, CO]. Les résultats des simulations obtenus démontrent que la solution améliore le délai de transmission de bout en bout par rapport à l'utilisation des paramètres par défaut de la couche MAC IEEE 802.15.4.
- Une étude approfondie des solutions existantes pour la gestion des problèmes de congestion des réseaux IoT à faibles ressources a été menée et par la suite a été proposé un protocole d'acheminement de l'information de congestion des objets connectés présents sur un chemin de routage donné dans des réseaux à ressources limitées [Abo21, CI]. Cette solution permet une réaction rapide et efficace aux problèmes de congestion. Les résultats de simulation obtenus montrent que la solution, comparativement à un mécanisme de notification de type « ECN », permet de notifier rapidement le gestionnaire du réseau avec moins de messages de contrôle [Abo21, CI]. Cette contribution a donné lieu à un brevet intitulé « Procédé de transmission d'information de gestion dans un réseau maillé. », qui a été soumis pour publication à l'INPI.

Réseaux de communication évolutifs et durables

Nous entrons de plus en plus dans le monde des réseaux à grande échelle. C'est le monde où un grand nombre d'objets connectés qui nous entourent génèrent et communiquent d'énormes quantités de données réseau. Dans de tels réseaux, les objets peuvent être connectés à un très grand nombre d'objets voisins. En conséquence, une grande quantité de données doit être transmise au cours d'une seule tranche de temps, en conséquence cela crée plusieurs défis concernant la fiabilité des communications. En effet, comme un nombre important d'objets voisins partageant un même canal de communication radio envoient leurs données, cela créerait forcément des problèmes d'interférences, et en conséquence des pertes de données et ainsi une dégradation des



performances de communication. Il est donc nécessaire d'apporter des solutions innovantes efficaces permettant aux objets d'accéder au canal de communication tout en offrant de très bonnes performances réseau.

Pour lever ces verrous, les travaux menés au sein de l'axe ont conduit à proposer de nouvelles solutions algorithmiques/protocoles de communication évolutifs pour les objets communicants à grand échelle offrant un service de communication sans collision et sans conflit quel que soit le nombre de nœuds dans le réseau et quel que soit le nombre de voisins qu'un nœud peut avoir. Dans la solution proposée dans [Lak19, RI], ce problème a été modélisé par un problème de coloration de graphes pour la gestion des conflit dans les communication de voisinage. A cette occasion a été élaborée une nouvelle borne supérieure sur le problème de coloration de graphe correspondant (appelé coloration frugale) dans les graphes généraux, et une limite exacte pour ce problème dans le cas des arbres a été proposée. Un algorithme de coloration distribuée optimal en nombre de couleurs, sans collision et sans conflit, a été proposé et son exactitude a été prouvée.

- Dans [Lak19, CI] a été proposé un algorithme de coloration à distance 2 qui permet une communication sûre pour les réseaux de type anneau.
- Dans [Lak20b, CI], a été proposé un protocole d'allocation des slots de communication pour les réseaux dynamiques.
- Dans [Lak20b, Cl] a été proposé un nouveau protocole d'accès à canal, optimal et distribué en utilisant des horloges locales qui supprime complètement les collisions et les conflits entre les nœuds d'un réseau.
- Dans [Bou18a, CI] a été proposé un protocole de streaming vidéo à la demande peer-to-peer dans les réseaux CCN (Content Centric Networking) basé sur un codage vidéo évolutif. Nous avons proposé une stratégie collaborative qui améliore la disponibilité des segments vidéo dans le réseau qui permet de réduire la latence en s'appuyant sur les fonctionnalités CCN telles que la mise en cache et le routage par nom. Une stratégie de contrôle permettant de s'adapter à des réseaux hautement dynamiques a également été proposée. A travers les tests réalisés pour évaluer les performances de la solution, son efficacité a été montrée grâce à la réduction considérable du délai de lecture initial et l'amélioration de la qualité du streaming par rapport à un service traditionnel sans politique de collaboration.

Ont également été proposées des solutions originales pour les problèmes de communication à économie d'énergie dans des domaines interdisciplinaires comme la santé et des réseaux hétérogènes englobant des drones mobiles, des communications satellitaires, et des actionneur. Les contributions sont les suivantes :

- Une solution basée sur des capteurs sans fil permettant de collecter des données physiologiques pour la détection de somnolence d'opérateurs ou de conducteurs [Dou18, RI, Dou18, CO, Dou20, RI] : Ce travail a été mené en collaboration avec l'équipe SyRI dans le cadre du projet région WISSD.
- La collecte des données dans les réseaux corporels sans fil [Yes18, RI] avec notamment des travaux concernant la modélisation des réseaux corporels sans fil ayant pour but d'analyser la fiabilité de délivrance de données [d'A17b, CI, d'A17c, CO].
- L'optimisation de la consommation énergétique des réseaux locaux sans fil et dans les réseaux de télévision numérique terrestre [Gar20, RI, d'A20, RI].
- Les protocoles de routage dans les réseaux de capteurs et d'actionneurs sans fil [Yah18, RI, Lak18, RI, Raz17, RI, Lak19, RI, Lak19, CI, Lak20b, CI]



- Les protocoles de routage à base d'agents et à base d'apprentissage pour les réseaux de nœuds hétérogènes sans fil [Lak18, RI, Lak19, CI, Abo19, CI]
- Optimisation dans les réseaux 5G avec deux thématiques :
 - Travaux concernant l'allocation de ressources dans les réseaux 5G basés sur des entités virtuelles appelées Blocks Fonctionnels Réutilisables (RFB), la technique PD-NOMA [Wan19, Cl, Chi19b, Rl, Bau19, Cl, Ism20, CO] et les réseaux mobiles utilisant des drones [Chi19a, Rl, Chi19, Cl, Wan19, Cl, Chi21, Rl].
 - Travaux concernant l'optimisation de slicing (travaux démarrés en 2019 dans le cadre d'une thèse CIFRE avec Orange). Il s'agit de planifier une séquence de migration des serveurs à moindre coût. L'objectif est d'obtenir une configuration optimisée des serveurs calculée préalablement. Ces travaux font appel à des méthodes issues de l'ordonnancement, de la théorie des graphes et de la programmation mathématique. [Bia20, CI, Bia21, CO].
- L'utilisation de drones aériens communiquants pour la surveillance de l'environnement ou la diffusion d'événements sportifs [Alv17, RI, Alv17, CI, Tro18, CI, Mah17, CI, Zem17, CI, DPP17, CI].

Axe 3 - Optimisation des systèmes

L'axe 3 de l'équipe SCOP traite de problématiques en recherche opérationnelle en utilisant un large panel d'outils comme l'algorithmique des graphes, les méthodes arborescentes, la programmation mathématiques généralisée, les techniques d'optimisation robuste et les méthodes approchées comme des matheuristiques. Plus précisément, nous développons des méthodes exactes, des modèles de programmation linéaire en nombre entiers, des "Branch and Cut", qui combinées avec des règles de dominances et des bornes tentent de résoudre des problèmes de planification, d'ordonnancement et de transport. Nous développons aussi des méthodes avancées en programmation linéaire incluant de la décomposition, de la génération de contraintes/colonnes et de la programmation robuste. Le but est d'aborder à la fois des problèmes d'allocation de ressources et dimensionnement de réseaux ainsi que de transport. Pour traiter des instances de grande taille, nous développons des méthodes approchées de type matheuristiques. L'axe 3 développe ses travaux autour de deux thèmes :

- Planification et ordonnancement
- Optimisation des réseaux

Les résultats pour chacun de ces thèmes sont détaillés ci-après.

3.1 Planification et ordonnancement

Ce thème s'intéresse aux problèmes de planification et d'ordonnancement dans les systèmes logistiques et informatiques. Les travaux de l'équipe concernent les cheminements de flux d'ateliers (flowshop, jobshop), les problèmes à une machine, les problèmes à machines parallèles, la conception d'emplois du temps de cours et d'examens et la prise en compte de ressources consommables dans la gestion de projets (RCPSP, Resource Constrained Project Scheduling Problem).

Les principales contributions de l'équipe sur la période concernent les domaines suivants :

■ Les problèmes de flowshop avec délais de transport pour lesquels nous avons proposé plusieurs programmes linéaires en nombres entiers afin de modéliser le problème de flow-shop à deux machines avec temps de transport. L'objectif consiste à minimiser le temps de complétion maximal En particulier, il a été proposée une formulation linéaire



basée sur une généralisation non triviale du modèle d'affectation pour le cas où les durées des opérations sur une même machine sont identiques. Dans un deuxième temps, la portée de ces formulations mathématiques a été élargie pour développer plusieurs bornes inférieures et un algorithme exact basé sur une méthode de coupe et de branchement (Branch-and-Cut). En effet, un ensemble d'inégalités valides a été considéré afin d'améliorer la relaxation linéaire de ces programmes et d'accélérer leur convergence. Ces inégalités sont basées sur la proposition de nouvelles règles de dominance et l'identification de sous-instances faciles à résoudre. L'identification de ces sous-instances revient à déterminer les cliques maximales dans un graphe d'intervalles. En plus des inégalités valides, la méthode exacte proposée inclut la considération d'une méthode heuristique et d'une procédure visant à élaguer les nœuds [Mka17, Cl, Mka17, Ch, Mka21, Rl].

- Le problème d'ordonnancement cumulatif (CuSP) où il s'agit de trouver un ordonnancement finissant au plus tôt d'un ensemble demandant une ou plusieurs quantités d'une ressource limitée pour être exécuté à chaque instant de l'horizon de temps. De nouvelles techniques de bornes inférieures et de tests de faisabilité ont été développées en se basant sur une nouvelle approche du raisonnement énergétique [Car19a, CO, Car21, CO]. Dans ce cadre, une nouvelle structure de données, appelée la cooling-box a été développée. Elle permet l'implémentation d'un nouvel algorithme pour le calcul des ajustements énergétiques dans un problème d'ordonnancement cumulatif, qui améliore significativement la complexité théorique [Car19b, CO, Car19, CI, Car20a, RI, Car21a, RI, Car21b, RI].
- Les problèmes d'ordonnancement pour les systèmes de manufacture reconfigurables (RMS) qui tentent de combiner la productivité des systèmes de manufacture dédiés (DMS) et la flexibilité des systèmes de manufacture flexibles (FMS). Cela est possible, puisque les RMS sont conçus pour faire des changements rapides dans ses structures. Par exemple le changement de la disposition des machines sur l'espace physique de l'industrie, changement de configuration de machines (soit sur le niveau de software ou hardware), afin d'ajuster rapidement la capacité de production et les fonctionnalités. Pour obtenir le meilleur fonctionnement de ces systèmes, l'objectif de ces travaux est alors d'optimiser différents problèmes de manière intégrée : ordonnancement, plan de processus et layout [BG21, CO]. Ces travaux sont effectués en collaboration avec le laboratoire Roberval, autre unité de recherche UMR CNRS de l'UTC spécialisée en mécanique, énergie et électricité.
- Planification sous contrainte de ressources : des modèles pour calculer des bornes inférieures pour des critères d'espacement pour les problèmes d'emplois du temps d'examens ont été conçus. Le nombre de contraintes violées pour des cliques d'une taille donnée (ensemble d'examens en conflit) a été déterminé de façon exacte et un modèle de programmation linéaire en nombres entiers qui permet de calculer des bornes inférieures a été proposé [Arb19, RI]. Ces travaux ont par ailleurs permis de proposer de nouvelles modélisations de ces contraintes d'espacement qui permettent de calculer des solutions de meilleure qualité que celles obtenues avec les modélisations proposées dans la littérature. Des prétraitements, des bornes inférieures et des modèles de programmation linéaire en nombres entiers ont été conçus pour traiter un problème multicritères d'affectation d'étudiants. L'optimalité est atteinte pour tous les critères et les bornes inférieures sont serrées pour la majorité des instances [Bou21, RI]. À la suite du projet européen GEO-SAFE nous avons proposé une modélisation PLNE pour un problème de planification d'horaires d'équipe de pompiers ainsi qu'une approche de résolution basée sur l'heuristique IDCH [Oub21, CO]. Des améliorations ont été apportées à ces approches [Oub21, CI]. Sur la base du PLNE nous avons proposé une matheuristique.



- Une approche de résolution basée sur la métaheuristique Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) a été élaborée. Elle utilise comme composant la matheuristique ainsi que des voisinages spécifiques.
- Problème de planification dans le domaine hospitalier : dans le cadre d'un service d'urgences à l'hôpital par exemple, les soins de patients peuvent se modéliser comme un ensemble de projets. Chaque projet est constitué d'activités (tâches à réaliser) qui requièrent des ressources spécifiques. Cependant tous les projets n'ont pas la même priorité. Cette problématique a été abordée à partir de modèles RCPSP avec sélection de projets. Une heuristique qui permet d'améliorer strictement les résultats des instances de la littérature pour un problème de planification d'interventions chirurgicales a été proposée. Les travaux ont été présentés à la conférence ROADEF 2020 [Are20, CO] et aux partenaires du projet ANR OIILH. un article de revue est en cours de rédaction.
- Problème de mise en boîtes (bin-packing problem) : une collaboration a été menée avec Pr. Mohamed Haouari (Old Dominion University). Une étude théorique et expérimentale portant sur les bornes inférieures de la littérature a été réalisée [Ser18, RI]. Dans le cadre d'autres travaux en collaboration avec les universités de Southampton et de Paris Dauphine, un algorithme de programmation dynamique a été proposé pour résoudre le problème bin-packing fractionnel avec génération de colonnes [Con19, RI].
- Optimisation des échanges de données : les travaux sur ce sujet ont été poursuivis, en vue de profiter au mieux de la connaissance des possibilités de collaboration pour acheminer des informations de leurs sources à leur destinataires [Boc17a, RI]. Une méthode à base de programmation par contraintes a été élaborée [Boc17b, RI]. Une méthode robuste qui permet de trouver des solutions tolérantes à des défauts de communication entre systèmes a ensuite été proposée [Boc18, RI].
- Gestion des catastrophes naturelles : une méthode permettant l'élaboration de plans d'évacuation d'une zone subissant une catastrophe naturelle a été proposée. Les solutions fournies permettent de déterminer le temps d'évacuation minimisant le risque encouru par les personnes évacuées [Ndi17, RI].
- Planification de rendez-vous entre individus : un nouveau type de problème d'ordonnancement qui consiste à planifier des rendez-vous en groupe entre individus a été abordé. Plusieurs méthodes qui permettent de trouver un ordonnancement qui maximise le nombre de rencontres souhaitées entre individus [Can17b, Cl] ont été proposées ainsi que plusieurs bornes inférieures sur ce nombre de rencontres possibles. [Can17a, Cl].
- Optimisation des systèmes autonomes de tri dans l'industrie logistique : travaux concernant l'élaboration d'algorithmes qui permettent de contrôler l'injection de charges provenant de buffers sur un convoyeur automatisé [Vac19, CI, Vac19, CO, Vac20, CO]. Ces travaux ont été valorisés par quatre brevets : [Col20, P, Pié20a, P, Pié20b, P, Vac20, P].

3.2 Optimisation des réseaux

Les travaux de l'équipe SCOP en optimisation des réseaux concernent les problèmes de localisation et de routage dans les réseaux de transport, la conception et le fonctionnement des réseaux d'eau, d'énergie, de télécommunication et des réseaux intermittents. Les travaux, initiés à l'occasion d'une collaboration avec Veolia Environnement en 2003, s'orientent maintenant vers les systèmes de transport collaboratif. Ils intègrent les sous-systèmes des chargeurs, des transporteurs et des clients. Il s'agit de tenir compte d'exigences associant



performance, qualité de service et respect de l'environnement. L'objectif est d'élargir les applications du cadre sélectif pour la mutualisation des véhicules, des aires de livraison et des plateformes de groupage-dégroupage. Les besoins de réorganisation des flux induits font appel à différentes variantes de problème de tournées avec des caractéristiques combinées (tournées sélectives, synchronisation, profits associés à des groupes de clients et transport multi-échelon). Ces problèmes sont abordés par le développement de prétraitements et de propriétés de dominance issus en particulier du domaine de l'ordonnancement pour réduire l'espace de recherche et obtenir des évaluations par défaut. Des méthodes de résolution heuristiques ou basées sur des approches de type branch-and-cut and price sont par ailleurs utilisées. En 2020 une thèse CIFRE avec la SNCF sur l'optimisation de sillons horairisés a démarré. Les travaux s'orientent vers un modèle mésoscopique où des méthodes de mathheuristiques sont à l'étude.

Un autre domaine concerne le dimensionnement à cout minimum de réseaux de télécommunications avec des capacités variables. Le déploiement des réseaux optiques sans fil (avec par exemple la technologie "Free Space Optical Transmission") en est une application, la qualité de la transmission dépendant des conditions météo. L'essentiel de ces travaux porte sur l'élaboration de méthodes d'optimisation robuste pour dimensionner les liens du réseau permettant la prise en compte d'un nombre important de scénarios météo. Enfin des travaux récents concernent l'optimisation robuste et l'allocation de ressources dans les réseaux 5G et les réseaux mobiles utilisant des drones. Une partie de ces travaux sont menés en collaboration avec Orange.

L'optimisation robuste a été au centre de travaux de l'équipe dans le passé. Ainsi des travaux antérieurs en collaboration avec le CEA ont permis l'élaboration d'une approche générale heuristique pour l'optimisation robuste. Il s'agit ici d'utiliser une méthode alternative à celle de Bertsimas et Sim basée sur l'idée de génération de contraintes. Des approches similaires sont à l'étude avec des applications dans de nombreux problèmes réels incluant celui d'affectation des niveaux de vol dans l'espace aérien.

Les principales contributions de l'équipe sur la période concernent les domaines suivants :

- Problèmes de tournées : le sujet traité concerne la classe des problèmes de tournées sélectives où il est parfois impossible de servir tous les clients à cause de certaines limitations de ressources. Le problème revient à déterminer les clients à servir et les organiser dans des tournées de façon à maximiser le profit total collecté tout en minimisant le coût de transport. Dans ces problèmes, un client est évalué en fonction de son profit et de la distance parcourue pour le servir. Des méthodes de résolution exactes et approchées pour différentes variantes du problème de tournées sélectives ont été développées [BS19, RI, Yah19, RI, Ama20, RI, EH20, RI]. Enfin le problème de tournées de véhicules sélectives avec contraintes de synchronisation et fenêtres de temps (Synchronized Team Orienteering Problem with Time Windows STOPTW) a été considéré dans le cadre du projet GEOSAFE, pour modéliser et résoudre des problèmes opérationnels liés à la lutte contre les feux de forêts [Yah19, CO]. Un modèle de programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) pour la planification d'horaires de pompiers a été proposé. Un article est en cours de rédaction et des travaux à ce sujet se poursuivent après la fin du projet GEOSAFE intervenue en 2020.
- Modélisation et résolution de problèmes intégrés d'ordonnancement et de transport : ces problèmes demandent, entre autres, une coordination entre des activités/opérations de production, qui se définissent par une date de début et une durée, et des opérations de transport, qui se définissent par une date de début, une date de fin et une quantité transportée. Pour résoudre ces problèmes, plusieurs méthodes d'optimisation de type méta-heuristique sont proposées, afin d'obtenir des solutions de bonne qualité dans des



temps raisonnables. Trois problèmes intégrés sont traités successivement : un problème d'ordonnancement à une machine avec un problème de transport limité à un seul véhicule; un problème d'ordonnancement à une machine avec un problème de transport à plusieurs véhicules; un problème d'ordonnancement de type RCPSP avec une flotte hétérogène de véhicules, permettant le transport des ressources entre les activités [Lac19, RI, Lac18, RI, Lac17, RI, Lac17, CI].

- Ordonnancement des tâches de pompage dans un réseau d'eau potable : une méthode qui permet d'ordonnancer les tâches de pompage dans un réseau d'eau potable en minimisant le coût énergétique, tout en participant au marché de l'effacement énergétique a été proposée [Mki17, CI]. En particulier, a été traitée la gestion des incertitudes à la fois sur les consommations en eau et sur la disponibilité des équipements [Mki18, RI, Mki18, CI, Mki19a, RI]. Il a également été montré comment cette valorisation permettait de réduire significativement les émissions de CO2 [Mki19b, RI, Mki19, CI].
- Réseaux FSO (Free Space Optics): ces travaux sont menés depuis plusieurs années en collaboration avec l'Université de Technologie de Varsovie. Une étude approfondie a été effectuée et une méthode d'optimisation avancée pour le dimensionnement de ce type de réseaux a été proposée [Fou17, RI, She18, CI, Pio18, CI, Pió20, Ch]. Ces travaux se sont poursuivis avec la version robuste [Nac19, RI, She19, RI, She19, CI, Kal20, RI, Kal21, RI].
- Des travaux en faveur des politiques de stationnement incluant l'utilisation des services de partage de véhicules. En particulier, la présence de places de stationnement réservées aux voitures en autopartage s'est avérée particulièrement attractive pour les usagers. Dans les travaux [Gia19, CO, Car20c, RI, Car20c, RI, Car20d, RI, Car21, RI, Car20, CO], il est abordé le problème d'optimisation du meilleur sous-ensemble de places de stationnement à louer aux sociétés de partage de véhicules, afin d'améliorer la mobilité urbaine.
- Problèmes de lot-sizing : il s'agit d'un problème théorique très important dans le domaine de la recherche opérationnelle sur lequel des travaux, dans la poursuite d'une thèse de l'équipe, ont fait l'objet de plusieurs publications importantes [San18, RI, San19, RI].
- Routage dans les réseaux : travaux effectués dans le cadre d'une thèse Cifre passée avec Orange Labs. Ce travail de recherche concerne l'optimisation du dimensionnement des réseaux sécurisés de switchs [Car19, RI]. A l'origine se trouvent des travaux d'Orange Labs sur le protocole Open Flow et les réseaux virtuels avec leur application aux réseaux de switchs.
- Optimisation robuste dans le trafic aérien. Il s'agit ici de résoudre le problème d'affectation des niveaux de vols dans le but de réduire les délais dus à la gestion des conflits aérien. Ce problème a été modélisé comme un problème d'optimisation stochastique. Des travaux à ce sujet ont été présentés dans [Fun18, Cl] et [Fun20, CO].

PROJETS ET COLLABORATIONS 2017-2021

1 Bilan des projets et des ressources propres de l'équipe

La figure 23 présente sous forme d'une frise chronologique les projets de l'équipe sur la période 2018-2021, leurs budgets globaux ainsi que leurs dates de début et de fin.



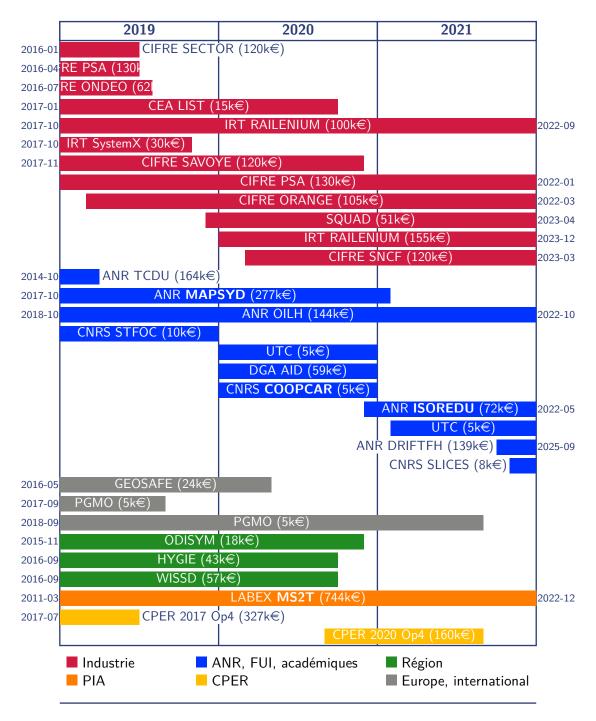


Figure 23 – Projets de l'équipe SCOP sur la période 2018-2021. Les montants indiqués correspondent au budget global alloué au projet; le salaire d'un doctorant CIFRE est forfaitairement fixé à 75k€. Le projet MS2T est un projet inter-laboratoire, dont le budget propre au laboratoire a été équiréparti sur les trois équipes.

2 Collaborations nationales et internationales

L'équipe entretient des collaborations nationales et internationales attestées par des copublications. Au niveau international, à signaler une collaboration qui se poursuit depuis plusieurs années sur les réseaux FSO (Free Space Optics) avec l'université de technologie Varsovie, ainsi que plusieurs collaborations avec les universités de Gênes et de Tirana. A signaler aussi des collaborations avec des universités Algériennes (ESI-Alger, Univ. Béjaia, Univ. Biskra, CERIST) dans le domaine des réseaux et cybersécurité, avec des universités Italiennes (Rome, Pise, Bologne, Modene) Allemandes (Chemnitz), Belges (ULB), Suédoises (Karlstad), Australiennes (RMIT Melbourne) dans le domaine de l'optimisation et avec une université Chinoise (Shangai Jiao Tong) dans le domaine de la sûreté de fonctionnement. Enfin une collaboration engagée depuis plusieurs années avec l'université Libanaise et qui se développe dans le cadre de l'IRP Adonis, donne lieu à des thèses en co-tutelle sur des sujets liés à la tolérance aux fautes des drones aériens ainsi que sur la sécurité dans les réseaux IoT. Au niveau national à signaler plusieurs collaborations avec les laboratoires LORIA (Nancy), IRISA (Rennes), CITI (INSA Lyon), ENS Lyon, LAAS (Toulouse), LAMIH (UPHF), LM2S (UTT), INRIA (Lille), IGM UMR CNRS 8049 (Université Paris-Est-Marne-La-Vallée), LARIS (Université Catholique de l'Ouest, Angers), LAMSADE (Paris Dauphine) dont certaines ont donné lieu à des projets communs et à des co-encadrements de thèse.

3 Collaborations locales

Au niveau laboratoire, l'équipe collabore avec SyRI sur la tolérance aux fautes des drones aériens, et avec CID pour la sûreté de fonctionnement des mécanismes d'intelligence artificielle. Au niveau de l'établissement, un co-encadrement de thèse avec un membre du laboratoire Roberval concerne l'optimisation de systèmes de production reconfigurables. Un projet ANR impliquant l'unité Costech a débuté en 2021.

4. RAYONNEMENT

Responsabilités et instances d'évaluation

- A. Moukrim a été membre du Conseil Scientifique du GDR Recherche Opérationnelle (2015-2020) et président de la société française de Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision ROADEF (2018-2020).
- B. Ducourthial est membre du comité de pilotage du GdR CNRS Réseaux et Systèmes Distribués (RSD) et a été expert pour l'ANRT,
- A. Jouglet est co-animateur du groupe de recherche GoTha (Groupe de recherche en Ordonnancement Théorique et Appliqué) du GDR RO,
- F. D'Andreagiovanni est membre du conseil scientifique de la section technique Télécommunications et analyse des données de l'INFORMS,
- M. Sallak est co-animateur du groupe de travail GT ASHM du GDR MACS, responsable du thème 2 GDR-I Hamasyti, membre du conseil d'administration de l'AFIS, correspondant de l'IRT Railenium pour l'UTC et membre de l'IMDR (Institut pour la Maîtrise des Risques),
- W. Schön est membre du COSS (Conseil d'Orientation Scientifique et Stratégique) de l'IRT Railenium,
- A. Bouabdallah a été membre du jury du prix de thèse Gilles Khan et membre du GDR RESCOM.



■ D. Nace est nommé en septembre 2021 membre du comité d'accréditation des établissements de l'enseignement supérieur mis en place par le gouvernement de la République d'Albanie (équivalent de l'HCERES en France).

Organisation de conférences

- A. Bouabdallah et H. Lakhlef ont été co-organisateurs de la journée scientifique ST-FOC.
- F. D'Andreagiovanni a été membre des comités d'organisation des workshops Optimization in Computing and Networking (OptiComNet 2019) et Machine Learning and Optimization for Communications Networks (MALEN 2020),
- D. Savourey (non membre de l'équipe mais en rapport avec les thématiques de l'équipe) a été membre du comité d'organisation du challenge ROADEF 2020,
- D. Nace est organisateur du workshop RNDM 2022 qui aura lieu à Compiègne en septembre 2022 (www.rndm.pl/2022).

Conférences invitées

■ A. Bouabdallah a été conférencier invité du Workshop "Cybersecurity of Connected and Autonomous Vehicles : Challenges and Opportunities", King Saud University, Arabie Saoudite, Decembre 2020.

Comités de rédaction et de programme de conférences

Les membres de l'équipe ont participé à des comités de programme de nombreuses conférences internationales et nationales. Parmi les plus importantes :

- WiMob 2020 (IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing Networking and Communications),
- ISPA 2020 (IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing and Applications),
- ATC 2020 (17th IEEE International Conference on Advanced and Trusted Computing),
- INFOCOM 2019 et 2020 (IEEE Conference on Computer Communications),
- CCNC 2019 et 2020 (IEEE Consumer Communications and Networking Conference),
- ITSC 2019 (IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems).

Des membres de l'équipe sont également membres des comités scientifiques, éditeurs invités ou évaluateurs pour de nombreuses revues dont Ad Hoc Networks, Journal of Computer and System Science, Array, Applied Soft Computing, Omega pour ne citer que les plus importantes.

Accueil de visiteurs

- J.P. Boufflet est correspondant pour l'UTC du programme BRAFITEC (BRAsil France Ingénieurs TEChnologie) et à ce titre il a organisé l'accueil du Professeur Francisco de A.T. de Carvalho, du Centro de Informatica de l'Universitária Recife,
- D. Nace a accueilli à plusieurs reprise des chercheurs de l'université de technologie de Varsovie et de l'université polytechnique de Tirana.



Séjours à l'étranger

- J.P. Boufflet a séjourné un mois au Royal Melbourne Institute of Technology (Autralie),
- D. Nace effectue régulièrement des séjours à l'université de technologie de Varsovie, à l'Université de Gênes et à l'université polytechnique de Tirana,
- M. Sallak a séjourné à plusieurs reprises à l'université de Gênes,
- M. Serairi a séjourné un mois au Royal Melbourne Institute of Technology (Autralie).
- A. Jouglet est responsable de plusieurs UVs de l'Université de Technologie Sino-Européenne de Shanghai (UTSEUS).

Expertises diverses

- M. Sallak a été expert pour l'évaluation de projets pour l'Institut pour la Maîtrise des Risques (IMDR) et pour l'IRT Railenium,
- W. Schön est expert agréé par l'état pour l'évaluation de la sécurité de projets de transport ferroviaire,
- M. Serairi a été expert pour un projet de recherche de l'Université de Technologie de Troyes.
- D. Nace a été à plusieurs reprises expert pour le centre national de recherche scientifique Polonais.

Diffusion auprès du grand public

- A. Lounis et A. Bouabdallah ont présenté leur solution de partage de données Datashield au Forum International de la Cybersécurité 2020.
- B. Lussier est correspondant du département GI pour la fête de la science à laquelle participent régulièrement des membres de l'équipe,
- L'équipe assure par ailleurs de nombreuses démonstrations de ses plateformes.

5. FAITS MARQUANTS 2019-2021

- J. Carlier et A. Jouglet ont obtenu le prix du meilleur article à la conférence IESM'2019 (8th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Shanghaï, China),
- D. Nace a obtenu le prix du meilleur papier des années 2016, 2017 et 2018 de la section Télécommunications and Network Analytics d'INFORMS lors de l'Informs annual meeting 2019 pour un article publié dans Operations Research en 2016,
- F. D'Andreagiovanni a obtenu un prix du meilleur article dans les conférences COTA International Symposium on Emerging Trends in Transportation (ISETT 2019), 22nd Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN 2018) et Evostar 2018 (EvoApplications best paper award),
- S. Rangra, ancien doctorant de l'équipe (sous la direction de M. Sallak et W. Schön) a obtenu le prix du meilleur article (Lambda-Mu d'or) à la conférence Lambda-Mu 2019,
- F. D'Andreagiovanni, D. Nace et M. Shehaj (doctorante de l'équipe) ont obtenu le prix du meilleur papier à la conférence RNDM 2017,
- La startup Datashield créée par A. Lounis et A. Bouabdallah a été finaliste des trophées de la SATT LUTECH,



■ A. Bouabdallah a obtenu le prix du meilleur article survey de la revue Internationale Pervasive and Mobile Computing, 2020,

6. VALORISATION 2017–2020

- Une thèse CIFRE avec la société Savoye co-encadrée par Dritan Nace et Antoine Jouglet a donné lieu au dépôt de 4 brevets en 2020 : [Col20, P, Pié20a, P, Pié20b, P, Vac20, P]
- Une thèse CIFRE avec le CEA encadrée par Abdelmadjid BOUABDALLAH a donné lieu à des publications et un dépot de brevet,
- Les méthodologies développées dans des travaux de recherche concernant la gestion des incertitudes en sûreté de fonctionnement ont été implémentées dans une suite logicielle "Reliability Tools" (développée sous Matlab). Des travaux sont prévus avec le département "Safety" du CEA de Saclay pour les améliorer. Une première version est disponible à l'adresse suivante https://www.hds.utc.fr/sallakmo/dokuwiki/en/links,
- Un projet de création de startup (Sharshield), porté par Ahmed LOUNIS et Abdelmadjid BOUABDALLAH est incubé chez ITERRA et accompagnée par la SATT LUTECH. Ce projet vise à valoriser les résultats obtenus dans le domaine la sécurité des données partagées, avec comme cas d'usage la protection des données collaboratives des entreprises et la protection des données des capteurs pour les applications IoT industrielles. Elle poursuit le projet Datashield qui a eu le soutien initial du Labex, du FEDER et de la région Picardie. Le projet a obtenu le 2ème Prix du Trophée SATT LUTECH.
- Un projet collaboratif a été initié en 2020 par Abdelmadjid BOUABDALLAH avec la société SQUAD, une des sociétés leader dans le domaine de cybersécurité, dont l'objet est de mener des travaux communs sur la sécurité des réseaux loT et Cloud. A l'issu de cette première phase, un sujet de thèse CIFRE est en cours de montage pour un démarrage en septembre 2022.

LISTE DES PUBLICATIONS 2017–2020

Publications majeures dans des revues (ACL +)

- [Abi21, RI] Abid, K., Lakhlef, H., et Bouabdallah, A. A survey on recent contention-free MAC protocols for static and mobile wireless decentralized networks in IoT. Computer Networks, 2021.
- [Abo21, RI] Aboubakar, M., Kellil, M., et Roux, P. A review of IoT Network Management: Current Status and Perspectives. *Journal of King Saud University Computer and Information Sciences*, 2021.
- [Bou21, RI] **Boufflet, J.P.**, Arbaoui, T., et **Moukrim, A.** The student scheduling problem at Université de Technologie de Compiègne. *Expert Systems with Applications*, volume 175 :114735, 2021.
- [Car21a, RI] Carlier, J., Jouglet, A., Pinson, E., et Sahli, A. A data structure for efficiently managing a set of energy functions. *Journal of Combinatorial Optimization*, 2021.
- [Car21b, RI] Carlier, J., Sahli, A., Jouglet, A., et Pinson, E. A faster checker of the energetic reasoning for the cumulative scheduling problem. *International Journal of Production Research*, pages 1–16, 2021



- [Chi21, RI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Liu, W., Gutierrez, J., Blefari Melazzi, N., Choo, K.K.R., et Alouini, M.S. Multi-Area Throughput and Energy Optimization of UAV-aided Cellular Networks Powered by Solar Panels and Grid. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, volume 20(7):2427–2444, 2021.
- [d'A21, RI] D'Andreagiovanni, F., Vidan, M., et Pandzic, H. Individual Thermal Generator and Battery Storage Bidding Strategies Based on Robust Optimization. *IEEE Access*, volume 9:66829–66838, 2021.
- [Kal21, RI] Kalesnikau, I., Shehaj, M., Nace, D., et Pióro, M. Optimizing FSO networks resilient to adverse weather conditions by means of enhanced uncertainty sets. *Optical Switching and Networking*, volume 42:100628, 2021.
- [Mka21, RI] Mkadem, M.A., Moukrim, A., et Serairi, M. Exact method for the two-machine flow-shop problem with time delays. Annals of Operations Research, volume 298:375–406, 2021.
- [Sai21, RI] Saied, M., Tabikh, A.R., Francis, C., Hamadi, H., et Lussier, B. An Informational Approach for Fault Tolerant Data Fusion Applied to a UAV's Attitude, Altitude and Position Estimation. *IEEE Sensors Journal*, 2021.
- [Sal21a, RI] Sallak, M., Akrouche, J., Châtelet, E., Abdallah, F., et Haj Chhade, H. An Interval Approach for the Availability Optimization of Multi-State Systems in the Presence of Aleatory and Epistemic Uncertainties. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering, 2021.
- [Sal21b, RI] Sallak, M., Qiu, S., Ming, X., et Lu, J. Joint optimization of production and condition-based maintenance scheduling for make-to-order manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, volume 162:107753, 2021
- [Ama20, RI] Amarouche, Y., Guibadj, R.N., Chaalal, E., et Moukrim, A. Effective neighborhood search with optimal splitting and adaptive memory for the team orienteering problem with time windows. *Computers & Operations Research*, volume 123:105039, 2020.
- [Bou20, RI] Boussaha, R., Challal, Y., **Bouabdallah, A.**, et Bessedik, M. Optimized innetwork authentication against pollution attacks in software-defined-named data networking. *Journal of Information Security and Applications*, volume 50:102409, 2020.
- [Car20a, RI] Carlier, J., Pinson, E., Sahli, A., et Jouglet, A. An O(n²) algorithm for time-bound adjustments for the cumulative scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, volume 286(2):468–476, 2020.
- [Car20b, RI] Carlier, J., Pinson, E., Salhi, A., et Jouglet, A. An O(n2) algorithm for time-bound adjustments for the cumulative scheduling problem. European Journal of Operational Research, volume 286:468–476, 2020.
- [Car20c, RI] Carrese, S., **D'Andreagiovanni, F.**, Giacchetti, T., Nardin, A., et Zamberlan, L. An optimization model and genetic-based matheuristic for parking slot rent optimization to carsharing companies. *Research in Transportation Economics*, volume 85 :100962, 2020
- [Dou20, RI] Doudou, M., Bouabdallah, A., et Cherfaoui, V. Driver Drowsiness Measurement Technologies: Current Research, Market Solutions, and Challenges. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, volume 18(2):297–319, 2020.
- [EH20, RI] El-Hajj, R., Guibadj, R.N., **Moukrim, A.**, et **Serairi, M.** A PSO based algorithm with an efficient optimal split procedure for the multiperiod vehicle routing problem with profit. *Annals of Operations Research*, volume 291(291):281–316, 2020
- [Gar20, RI] Garroppo, R., Scutellà, M.G., et **D'Andreagiovanni**, **F.** Robust green Wireless Local Area Networks: A matheuristic approach. *Journal of Network and Computer Applications (JNCA)*, volume 163:102657, 2020.



- [Ham20, RI] Hamadi, H., Lussier, B., Fantoni, I., Francis, C., et Shraim, H. Comparative study of self tuning, adaptive and multiplexing FTC strategies for successive failures in an Octorotor UAV. *Robotics and Autonomous Systems*, volume 133:103602, 2020.
- [Hel20, RI] Hellaoui, H., Koudil, M., et **Bouabdallah, A.** Energy Efficiency in Security of 5G-Based IoT: An End-to-End Adaptive Approach. *IEEE internet of things journal*, volume 7(7):6589–6602, 2020
- [Imi20, RI] Imine, Y., Lounis, A., et Bouabdallah, A. An Accountable Privacy-Preserving Scheme for Public Information Sharing systems. Computers & Security, volume 63:101786, 2020.
- [Jab20, RI] **Jaber, G.** et Kacimi, R. A collaborative caching strategy for content-centric enabled wireless sensor networks. *Computer Communications*, volume 159:60–70, 2020.
- [Kal20, RI] Kalesnikau, I., Pióro, M., Poss, M., Nace, D., et Tomaszewski, A. A robust optimization model for affine/quadratic flow thinning -a traffic protection mechanism for networks with variable link capacity. *Networks*, volume 75(4):420–437, 2020.
- [KS20, RI] Kamdem Simo, F., Ernadote, D., Lenne, D., et **Sallak, M.** Principles for coping with the modelling activity of engineered systems. *Research in Engineering Design*, volume 32:3–30, 2020.
- [Kan20, RI] Kandi, M.A., Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et Challal, Y. A versatile Key Management protocol for secure Group and Device-to-Device Communication in the Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, volume 150(102480):102480, 2020.
- [Kou20, RI] Kouicem, D.E., Imine, Y., Bouabdallah, A., et Lakhlef, H. A Decentralized Blockchain-Based Trust Management Protocol for the Internet of Things. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, pages 1–14, 2020.
- [Lak20, RI] Lakhlef, H., Bourgeois, J., Harous, S., et El-Ghazawi, T. Communication and security in communicating things networks. *Ad Hoc Networks*, volume 98 :102058, 2020.
- [Arb19, RI] Arbaoui, T., Boufflet, J.P., et Moukrim, A. Lower bounds and compact mathematical formulations for spacing soft constraints for university examination timetabling problems. Computers and Operations Research, volume 106:133–142, 2019
- [BO19, RI] Barcelo-Ordinas, J.M., Doudou, M.S., Garcia-Vidal, J., et Badache, N. Self-Calibration Methods for Uncontrolled Environments in Sensor Networks: A Reference Survey. *Ad Hoc Networks*, volume 88:142–159, 2019.
- [BS19, RI] Ben-Said, A., El-Hajj, R., et Moukrim, A. A variable space search heuristic for the Capacitated Team Orienteering Problem. *Journal of Heuristics*, pages 273–303, 2019.
- [Car19, RI] Carlier, J., Lattmann, J., Lutton, J.L., Nace, D., et Pham, T.S. An automatic restoration scheme for switch-based networks. Ad Hoc Networks, volume 89:78–87, 2019.
- [Chi19a, RI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Choo, R., Cuomo, F., et Colonnese, S. Joint Optimization of Area Throughput and Grid-Connected Microgeneration in UAV-Based Mobile Networks. *IEEE Access*, volume 7:69545–69558, 2019.
- [Con19, RI] Coniglio, S., D'Andreagiovanni, F., et Furini, F. A lexicographic pricer for the fractional bin packing problem. Operations Research Letters, volume 47(6):622–628, 2019.
- [Lac19, RI] Lacomme, P., **Moukrim**, **A.**, Quilliot, A., et Vinot, M. Integration of routing into a resource-constrained project scheduling problem. *EURO Journal on Computational Optimization*, volume 7(4):421–464, 2019.
- [Lak19, RI] Lakhlef, H., Raynal, M., et Taïani, F. Vertex Coloring with Communication



- Constraints in Synchronous Broadcast Networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, volume 30(7):1672–1686, 2019.
- [Mah19, RI] Mahdoui, N., Frémont, V., et **Natalizio**, **E.** Communicating Multi-UAV System for Cooperative SLAM-based Exploration. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 98(2):325–343, 2019.
- [Mki19a, RI] Mkireb, C., Dembélé, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. Robust Optimization of Demand Response Power Bids for Drinking Water Systems. Applied Energy, volume 238:1036–1047, 2019.
- [Nac19, RI] Nace, D., Pióro, M., Poss, M., D'Andreagiovanni, F., Kalesnikau, I., Shehaj, M., et Tomaszewski, A. An optimization model for robust FSO network dimensioning. Optical Switching and Networking, volume 32:25–40, 2019.
- [San19, RI] Santos, M.C., Luss, H., Nace, D., et Poss, M. Proportional and maxmin fairness for the sensor location problem with chance constraints. *Discrete Applied Mathematics*, volume 261(31):316–331, 2019.
- [She19, RI] Shehaj, M., Nace, D., Kalesnikau, I., et Pióro, M. Link dimensioning of hybrid FSO/fiber networks resilient to adverse weather conditions. *Computer Networks*, volume 161:1–13, 2019.
- [Tal19, RI] Talbi, S. et **Bouabdallah, A.** Interest-based trust management scheme for social internet of things. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, volume 11:1129–1140, 2019.
- [Wan19, RI] Wang, R., Guiochet, J., Motet, G., et Schön, W. Safety Case Confidence Propagation Based on Dempster-Shafer theory. *International Journal of Approximate Reasoning*, volume 107:46–64, 2019.
- [Yah19, RI] Yahiaoui, A.E., Moukrim, A., et Serairi, M. The clustered team orienteering problem. *Computers and Operations Research*, volume 111:386–399, 2019
- [Ben18, RI] Benmalek, M., Challal, Y., Derhab, A., et **Bouabdallah, A.** VerSAMI: Versatile and Scalable key management for Smart Grid AMI systems. *Computer Networks*, volume 132:161–179, 2018.
- [Boc18, RI] Bocquillon, R. et **Jouglet, A.** Robust routing in deterministic delay-tolerant networks. *Computers and Operations Research*, volume 92:77–86, 2018.
- [Car18, RI] Carlier, J., Moukrim, A., et Sahli, A. Lower bounds for the Event Scheduling Problem with Consumption and Production of Resources. *Discrete Applied Mathematics*, volume 234:178–194, 2018.
- [Fer18, RI] Ferlin, A., Qiu, S., Bon, P., **Sallak, M.**, Collart-Dutilleul, S., **Schön, W.**, et Cherfi-Boulanger, Z. An Automated Method for the Study of Human Reliability in Railway Supervision Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, volume 19(10):3360–3375, 2018.
- [Imi18, RI] Imine, Y., Lounis, A., et Bouabdallah, A. Revocable attribute-based access control in mutli-autority systems. *Journal of Network and Computer Applications* (*JNCA*), volume 122:61–76, 2018.
- [Kou18, RI] Kouicem, D.E., Bouabdallah, A., et Lakhlef, H. Internet of things security: A top-down survey. *Computer Networks*, volume 141:199–221, 2018.
- [Lac18, RI] Lacomme, P., Moukrim, A., Quilliot, A., et Vinot, M. Supply chain optimisation with both production and transportation integration: multiple vehicles for a single perishable product. *International Journal of Production Research*, volume 56(12):4313– 4336, 2018.
- [Lak18, RI] Lakhlef, H., Bouabdallah, A., Raynal, M., et Bourgeois, J. Agent-based Broadcast Protocols for Wireless Heterogeneous Node Networks. *Computer Communications*, volume 115:51 63, 2018.



- [Qiu18, RI] Qiu, S., Sallak, M., Schön, W., et Ming, H.X. Extended LK heuristics for the optimization of linear consecutive-k-out-of-n: F systems considering parametric uncertainty and model uncertainty. *Reliability Engineering and System Safety*, volume 175:51–61, 2018.
- [San18, RI] Santos, M.C., Poss, M., et Nace, D. A perfect information lower bound for robust lot-sizing problems. Annals of Operations Research, volume 271(2):887–913, 2018.
- [Wan18a, RI] Wang, R., Guiochet, J., Motet, G., et **Schön, W.** Modelling Confidence in Railway Safety Case. *Safety Science*, volume 110(part B):286–299, 2018
- [Wan18b, RI] Wang, X., Sekercioglu, A., Drummond, T., Frémont, V., **Natalizio, E.**, et Fantoni, I. Relative Pose Based Redundancy Removal: Collaborative RGB-D Data Transmission in Mobile Visual Sensor Networks. *Sensors*, volume 18(8):2430, 2018.
- [Zem18, RI] Zema, N.R., Trotta, A., Natalizio, E., Felice, M.D., et Bononi, L. The CUS-CUS simulator for distributed networked control systems: Architecture and use-cases. Ad Hoc Networks, volume 68:33–47, 2018.
- [Bad17, RI] Bader, K., Lussier, B., et Schön, W. A fault tolerant architecture for data fusion: A real application of Kalman filters for mobile robot localization. *Robotics and Autonomous Systems*, volume 88:11–23, 2017.
- [BA17, RI] Ben Abdallah, N., Destercke, S., et **Sallak, M.** Easy and optimal queries to reduce set uncertainty. *European Journal of Operational Research*, volume 256(2):592–604, 2017.
- [Boc17a, RI] Bocquillon, R. et **Jouglet, A.** Modeling elements and solving techniques for the data dissemination problem. *European Journal of Operational Research*, volume 256(3):713–728, 2017.
- [Boc17b, RI] Bocquillon, R. et **Jouglet, A.** A constraint-programming-based approach for solving the data dissemination problem. *Computers and Operations Research*, volume 78:278–289, 2017
- [d'A17, RI] **D'Andreagiovanni, F.**, Mett, F., Nardin, A., et Pulaj, J. Integrating LP-guided variable fixing with MIP heuristics in the robust design of hybrid wired-wireless FTTx access networks. *Applied Soft Computing*, volume 61:1074–1087, 2017.
- [Duc17, RI] **Ducourthial, B.**, Mottelet, S., et Busson, A. Improving fairness between close Wi-Fi access points. *Journal of Network and Computer Applications (JNCA)*, volume 87:87–99, 2017.
- [Erd17a, RI] Erdelj, M., Król, M., et Natalizio, E. Wireless Sensor Networks and Multi-UAV systems for natural disaster management. Computer Networks, volume 124:72–86, 2017.
- [Erd17b, RI] Erdelj, M., Natalizio, E., Chowdhury, K.R., et Akyildiz, I.F. Help from the Sky: Leveraging UAVs for Disaster Management. *IEEE Pervasive Computing*, volume 16(1):24–32, 2017
- [Erd17c, RI] Erdelj, M., Saif, O., Natalizio, E., et Fantoni, I. UAVs that fly forever: Uninterrupted structural inspection through automatic UAV replacement. Ad Hoc Networks, volume 94:101612, 2017.
- [Fou17, RI] Fouquet, Y., Nace, D., Pioro, M., et Poss, M. An optimization framework for traffic restoration in optical wireless networks with partial link failures. *Optical Switching and Networking*, volume 23(2):108–117, 2017
- [Gog17, RI] Gogu, A., Nace, D., Natalizio, E., et Challal, Y. Using dynamic programming to solve the Wireless Sensor Network Configuration Problem. *Journal of Network and Computer Applications (JNCA)*, volume 83:140–154, 2017.
- [Hel17, RI] Hellaoui, H., Koudil, M., et Bouabdallah, A. Energy-efficient mechanisms in



- security of the internet of things : A survey. *Computer Networks*, volume 127 :173–189, 2017.
- [Lac17, RI] Lacomme, P., **Moukrim, A.**, Quilliot, A.A., et Vinot, M. A new shortest path algorithm to solve the resource-constrained project scheduling problem with routing from a flow solution. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, volume 66:75–86, 2017.
- [Mar17a, RI] Marotta, A., **D'Andreagiovanni**, **F.**, Kassler, A.J., et Zola, E. On the energy cost of robustness for green virtual network function placement in 5G virtualized infrastructures. *Computer Networks*, volume 125:64–75, 2017.
- [Mar17b, RI] Marotta, A., Zola, E., **D'Andreagiovanni, F.**, et Kassler, A.J. A fast robust optimization-based heuristic for the deployment of green virtual network functions. *Journal of Network and Computer Applications (JNCA)*, volume 95:42–53, 2017.
- [Moh17, RI] Mohammedi, M., Omar, M., et Bouabdallah, A. Secure and lightweight remote patient authentication scheme with biometric inputs for mobile healthcare environments. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, volume 9(46):1527–1539, 2017.
- [Ndi17, RI] Ndiaye, I.A., Neron, E., et **Jouglet, A.** A lexicographical approach for duration and safety criteria: Lex((Q|S) Flow). *OR Spectrum*, volume 39(1):231–272, 2017.
- [Qiu17a, RI] Qiu, S., Rachedi, N., **Sallak, M.**, et Vanderhaegen, F. A quantitative model for the risk evaluation of driver-ADAS systems under uncertainty. *Reliability Engineering and System Safety*, volume 167:184–191, 2017.
- [Qiu17b, RI] Qiu, S., Sallak, M., Schön, W., et Cherfi-Boulanger, Z. Application of Valuation-Based Systems for the availability assessment of systems under uncertainty. Control Engineering Practice, volume 66:39–50, 2017
- [Ran17, RI] Rangra, S., Sallak, M., Schön, W., et Vanderhaegen, F. A Graphical Model Based on Performance Shaping Factors for Assessing Human Reliability. *IEEE Transactions on Reliability*, volume 66(4):1120–1143, 2017
- [Rau17, RI] Rault, T., **Bouabdallah, A.**, Challal, Y., et Marin, F. A survey of energy-efficient context recognition systems using wearable sensors for healthcare applications. *Pervasive and Mobile Computing*, volume 37:23–44, 2017.
- [Raz17, RI] Razafindralambo, T., Erdelj, M., Zorbas, D., et Natalizio, E. Spread and shrink: Point of interest discovery and coverage with mobile wireless sensors. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, volume 102:16–27, 2017.
- [Sai17, RI] Saied, M., Shraim, H., Lussier, B., Fantoni, I., et Francis, C. Local controllability and attitude stabilization of multirotor UAVs: Validation on a coaxial octorotor. *Robotics and Autonomous Systems*, volume 91:128–138, 2017.

Autres publications en revues (ACL)

- [Car21, RI] Carrese, S., D'Andreagiovanni, F., Giacchetti, T., Nardin, A., et Zamberlan, L. A beautiful fleet: optimal repositioning in e-scooter sharing systems for urban decorum. Transportation Research Procedia, volume 52:581–588, 2021.
- [Lak21, RI] Lakhlef, H. et Bouabdallah, A. Efficient and lightweight group rekeying protocol for communicating things. *Computers and Electrical Engineering*, volume 91 :107021, 2021
- [Sah21, RI] Sahli, A., Carlier, J., et Moukrim, A. Polynomial algorithms for some scheduling problems with one nonrenewable resource. *RAIRO Operations Research*, volume 55:3493–3511, 2021.



- [Sen21, RI] Senoussi, N.E.H., Bachir, A., et **Bouabdallah, A.** On QoS-aware location privacy in mobile networks. *International Journal of Information and Computer Security*, volume 15(2-3):163–182, 2021.
- [Xia21, RI] Xiao, L., Wang, Z., Tan, Z., et Wang, C. A solution method for the maritime pilot scheduling problem with working hour regulations. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, volume 38(3):2040015, 2021.
- [Car20c, RI] Carrese, S., **D'Andreagiovanni, F.**, Giacchetti, T., Nardin, A., et Zamberlan, L. An optimization model for renting public parking slots to carsharing services. *Transportation Research Procedia*, volume 45:499–506, 2020
- [Car20d, RI] Carrese, S., D'Andreagiovanni, F., Giacchetti, T., Nardin, A., et Zamberlan, L. Optimal rental and configuration of reserved parking for carsharing by Integer Linear Programming and Ant Colony Optimization. Advances in Transportation Studies, volume 3:63–76, 2020
- [d'A20, RI] **D'Andreagiovanni, F., Lakhlef, H.**, et Nardin, A. A Matheuristic for Joint Optimal Power and Scheduling Assignment in DVB-T2 Networks. *Algorithms*, volume 13(1):27, 2020.
- [Lou20, RI] Louhichi, R., Sallak, M., et Pelletan, J. A Maintenance Cost Optimization Approach: Application on a Mechanical Bearing System. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, volume 9(5):658–664, 2020.
- [Chi19b, RI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Rossetti, S., Sidoretti, G., Blefari-Melazzi, N., Salsano, S., Chiasserini, C.F., et Malandrino, F. Algorithms for the design of 5G networks with VNF-based Reusable Functional Blocks. *Annals of Telecommunications annales des télécommunications*, volume 74(9-10):559–574, 2019.
- [Mki19b, RI] Mkireb, C., Dembélé, A., Denoeux, T., et Jouglet, A. Flexibility of drinking water systems: An opportunity to reduce CO 2 emissions. *International Journal of Energy Production and Management*, volume 4(2):134–144, 2019.
- [Sai19, RI] Saied, M., Lussier, B., Fantoni, I., Shraim, H., et Francis, C. Active versus passive fault-tolerant control of a redundant multirotor UAV. *Aeronautical Journal -New Series*-, volume 124(1273):385–408, 2019.
- [Alv18, RI] Alvear, O., Calafate, C., Zema, N.R., Natalizio, E., Hernández-Orallo, E., Cano, C., et Manzoni, P. A Discretized Approach to Air Pollution Monitoring Using UAV-based Sensing. *Mobile Networks and Applications*, volume 23(6):1693–1702, 2018
- [Chi18, RI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Lancellotti, R., Shojafar, M., Blefari-Melazzi, N., et Canali, C. An Approach to Balance Maintenance Costs and Electricity Consumption in Cloud Data Centers. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, volume 3(4):274–288, 2018.
- [D'a18, RI] D'Andreagiovanni, F., Garroppo, R.G., et Scutellà, M.G. Green Design of Wireless Local Area Networks by Multiband Robust Optimization. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, volume 64:225–234, 2018.
- [Dou18, RI] Doudou, M.S., Bouabdallah, A., et Cherfaoui, V. A Light on Physiological Sensors for Efficient Driver Drowsiness Detection System. *Sensors & Transducers Journal*, volume 224(8):39–50, 2018.
- [Mki18, RI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. Energy-efficient operation of water systems through optimization of load power reduction in electricity markets. *Journal of Electronic Science and Technology*, volume 16(4):304–315, 2018.
- [Ser18, RI] **Serairi, M.** et Haouari, M. A theoretical and experimental study of fast lower bounds for the two-dimensional bin packing problem. *RAIRO Operations Research*, volume 52(2):391–414, 2018.
- [Yah18, RI] Yahiaoui, S., Omar, M., Bouabdallah, A., Natalizio, E., et Challal, Y. An



- energy efficient and QoS aware routing protocol for wireless sensor and actuator networks. $AE\ddot{U}$ International Journal of Electronics and Communications / Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik, volume 83 :193–203, 2018.
- [Yes18, RI] Yessad, N., Omar, M., Tari, A., et Bouabdallah, A. QoS-based routing in Wireless Body Area Networks: a survey and taxonomy. *Computing*, volume 100(3):245–275, 2018.
- [Alv17, RI] Alvear, Ó., Zema, N.R., Natalizio, E., et Calafate, C.T. Using UAV-Based Systems to Monitor Air Pollution in Areas with Poor Accessibility. *Journal of Advanced Transportation*, volume 2017 :8204353, 2017
- [Hou17, RI] Hou, Y., Limnios, N., et **Schön, W.** On the Existence and Uniqueness of Solution of MRE and Applications. *Methodology and Computing in Applied Probability*, volume 19(4):1241–1250, 2017.
- [Man17, RI] Manfredi, S., Natalizio, E., Pascariello, C., et Zema, N.R. A Packet Loss Tolerant Rendezvous Algorithm for Wireless Networked Robot Systems. Asian Journal of Control, volume 19(4):1413–1423, 2017.
- [RS17, RI] Riahi Sfar, A., Natalizio, E., Challal, Y., et Chtourou, Z. A Roadmap for Security Challenges in Internet of Things. *Digital Communications and Networks*, volume 4(2):118–137, 2017
- [Tal17, RI] Talbi, S., Koudil, M., **Bouabdallah, A.**, et Benatchba, K. Adaptive and dual data-communication trust scheme for clustered wireless sensor networks. *Telecommunication Systems*, volume 65(4):605–619, 2017.
- [Tou17, RI] Touazi, D., Omar, M., Bendib, A., et **Bouabdallah, A.** A trust-based approach for securing data communication in delay tolerant networks. *International Journal of Information and Computer Security*, volume 9(4):324–336, 2017.

Communications majeures avec actes dans des conférences (ACTI+)

- [Abo21, CI] Aboubakar, M., Roux, P., Kellil, M., et Bouabdallah, A. A novel scheme for congestion notification in IoT low power networks. In 17th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM 2021). Bordeaux (virtual conference), France, 2021.
- [Bed21a, Cl] Beduneau, G., Jaber, G., et Ducourthial, B. Dynamic p-graphs for predictions in vehicular networks. In 17th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob 2021), pages 407–410. Bologna, Italy, 2021.
- [Bed21b, Cl] Beduneau, G., Jaber, G., et Ducourthial, B. Reliable multi-diffusion with limited memory in vehicular networks. In 2021 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops), pages 239–244. Kassel, Germany, 2021.
- [Ben21, CI] Benhamaid, S., Lakhlef, H., et Bouabdallah, A. Towards Energy Efficient Mobile Data Collection In Cluster-based IoT Networks. In 2021 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops). Kassel, Germany, 2021.
- [Che21, CI] Chemak, R., Lakhlef, H., et Bouabdallah, A. A Decentralized and Reliable Election-based Key Management Protocol for Communicating Things. In 29th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCom 2021), pages 1–6. Hvar, Croatia, 2021.



- [D'A21, CI] D'Andreagiovanni, F., Lakhlef, H., et Nardin, A. A Robust Optimization Approach for Designing FTTx Networks Integrating Free Space Optics under Weather Uncertainty. In 23rd International ACM Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM '20), pages 7–13. Alicante, Spain, 2021.
- [Abi20, CI] Abid, K., Jaber, G., Lakhlef, H., Lounis, A., et Bouabdallah, A. An Energy Efficient Architecture of self-sustainable WSN based on Energy Harvesting and Wireless Charging with Consideration of Deployment Cost. In 23rd International ACM Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM '20), pages 109–114. Alicante, Spain, 2020.
- [Abo20, CI] Aboubakar, M., Kellil, M., Bouabdallah, A., et Roux, P. Using Machine Learning to Estimate the Optimal Transmission Range for RPL Networks. In 2020 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2020), pages 1–5. Budapest, Hungary, 2020.
- [Bia20, CI] Biallach, H., Mechtri, M., et Ghribi, C. Noisy neighbor detection and avoidance for network slicing in 5G. In 17th IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020). Las Vegas, United States, 2020.
- [Kan20, CI] Kandi, M.A., Kouicem, D.E., Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et Challal, Y. A Blockchain-based Key Management Protocol for Secure Device-to-Device Communication in the Internet of Things. In 19th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom 2020), pages 1868–1873. Guangzhou, China, 2020.
- [Kou20, CI] Kouicem, D.E., Bouabdallah, A., et Lakhlef, H. An Efficient and Anonymous Blockchain-Based Data Sharing Scheme for Vehicular Networks. In *IEEE Symposium* on Computers and Communications (ISCC 2020), pages 1–6. Rennes, France, 2020.
- [Lak20a, CI] Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et D'Andreagiovanni, F. A Memory-efficient Group Key Managment for Communicating Things. In 23rd International ACM Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM '20), pages 29–35. Alicante, Spain, 2020.
- [Lak20b, CI] Lakhlef, H., Jaber, G., Bouabdallah, A., D'Andreagiovanni, F., et Lounis, A. Distributed Time Slots Assignment Protocol in Dynamic Networks. In *IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC 2020)*, pages 1–6. Rennes, France, 2020.
- [Mah20, CI] Mahamat, M., Lakhlef, H., Lounis, A., et Imine, Y. Optimal Time Slot Allocation for Communicating Things Using Local Clocks. In 28th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCom 2020), pages 1–6. Hvar, Croatia, 2020.
- [Imi19, CI] Imine, Y., Lounis, A., et Bouabdallah, A. An Efficient Accountable Privacy-Preserving Scheme for Public Information Sharing in Fog Computing. In 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2019), pages 1–6. Waikoloa, United States, 2019.
- [Kan19a, Cl] Kandi, M.A., Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et Challal, Y. An Efficient Multi-Group Key Management Protocol for Heterogeneous IoT Devices. In *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2019)*, pages 1–6. Marrakesh, Morocco, 2019.
- [Kan19b, CI] Kandi, M.A., Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et Challal, Y. A Key Management Protocol for Secure Device-to-Device Communication in the Internet of Things. In 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2019), pages 1–6. Waikoloa, HI, United States, 2019.



- [Lak19, CI] Lakhlef, H., Imine, Y., et Bouabdallah, A. A Distributed Collision-free Distance-2 Coloring Algorithm for Ring Networks. In 27th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCom 2019), pages 1–6. Split, Croatia, 2019.
- [Mki19, CI] Mkireb, C., Dembele, A., Denoeux, T., et Jouglet, A. Flexibility of drinking water systems: An opportunity to reduce CO2 emissions. In 8th International conference on Energy and Sustainability, volume 4, pages 134–144. Coimbra, Portugal, 2019.
- [BO18, CI] Barcelo-Ordinas, J.M., Garcia-Vidal, J., Doudou, M.S., Rodrigo-Muñoz, S., et Cerezo-Llavero, A. Calibrating Low-Cost Air Quality Sensors Using Multiple Arrays of Sensors. In *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2018)*, pages 1–6. Barcelone, Spain, 2018.
- [Bau18, CI] Baumgartner, A., Bauschert, T., D'Andreagiovanni, F., et Reddy, V. Towards Robust Network Slice Design Under Correlated Demand Uncertainties. In *IEEE Interna*tional Conference on Communications (IEEE ICC 2018), pages 1–7. Kansas City, United States, 2018.
- [D'a18, CI] D'Andreagiovanni, F., Lakhlef, H., et Nardin, A. A Hybrid MIP-Based Heuristic for the Optimal Design of DVB-T2 Networks. In 15th IEEE International Conference on Advanced and Trusted Computing (IEEE ATC 2018), pages 1540–1546. Guangzhou, China, 2018.
- [Imi18, CI] Imine, Y., Kouicem, D.E., Bouabdallah, A., et Lounis, A. MASFOG: An Efficient Mutual Authentication Scheme for Fog Computing Architecture. In 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications (TrustCom 2018), pages 608–613. New York, United States, 2018.
- [Kan18, CI] Kandi, M.A., Lakhlef, H., Bouabdallah, A., et Challal, Y. An Efficient Multi-Group Key Management Protocol for Internet of Things. In 26th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCom 2018), pages 1–6. Split, Croatia, 2018.
- [PdMJ18, CI] Pimenta de Moraes Jr, H. et Ducourthial, B. Cooperative Neighborhood Map in VANETs. In 33rd ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC 2018), pages 2109–2116. Pau, France, 2018.
- [Sen18, CI] Senoussi, N.E.H., Kerdoudi, M.L., Bachir, A., et **Bouabdallah, A.** On Enhancing Location Privacy and QoS for Video Streaming Over Wireless Networks. In *2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2018)*, pages 1–6. Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2018.
- [Tro18, CI] Trotta, A., D'Andreagiovanni, F., Di Felice, M., Natalizio, E., et Chowdhury, K.R. When UAVs Ride A Bus: Towards Energy-efficient City-scale Video Surveillance. In *IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2018)*, pages 1043–1051. Honolulu, United States, 2018.
- [Uk18, CI] Uk, B., Konam, D., Passot, C., Erdelj, M., et Natalizio, E. Implementing a System Architecture for Data and Multimedia Transmission in a Multi-UAV System. In 16th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (IFIP WWIC 2018), volume LNCS-10866, pages 246–257. Boston, MA, United States, 2018.
- [Alv17, CI] Alvear, O.A., Zema, N.R., Natalizio, E., et Calafate, C.T. A chemotactic pollution-homing UAV guidance system. In 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2017), pages 2115–2120. Valencia, Spain, 2017.
- [Bou17a, Cl] Bouabdallah, A., Lakhlef, H., Raynal, M., et Taïani, F. Providing Collision-Free and Conflict-Free Communication in General Synchronous Broadcast/Receive Networks. In 31st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and



- Applications (AINA 2017), pages 399-406. Taipei, Taiwan, 2017
- [Col17, CI] Collet, J., Sassolas, T., Lhuillier, Y., Sirdey, R., et Carlier, J. Exploration of de Bruijn Graph Filtering for de novo Assembly Using GraphLab. In 31st IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2017), pages 530–539. Orlando, United States, 2017.
- [d'A17a, CI] D'Andreagiovanni, F., Garroppo, R., et Scutellà, M.G. Green Design of Wireless Local Area Networks by Multiband Robust Optimization. In *International Network Optimization Conference (INOC 2017)*, volume 64, pages 225–234. Lisbon, Portugal, 2017.
- [d'A17b, CI] D'Andreagiovanni, F., Nardin, A., et Natalizio, E. A fast ILP-based Heuristic for the robust design of Body Wireless Sensor Networks. In 20th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation (EvoApplications 2017), pages 234– 250. Amsterdam, Netherlands, 2017.
- [Faj17, CI] Fajjari, I., Aitsaadi, N., et Kouicem, D.E. A Novel SDN Scheme for QoS Path Allocation in Wide Area Networks. In 2017 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2017), volume 62, pages 69–88. Singapore, Singapore, 2017.
- [Ghe17, CI] Gheid, Z. et Challal, Y. Private and Efficient Set Intersection Protocol for Big Data Analytics. In 17th International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing (ICA3PP-2017), volume 13, pages 149–164. Helsinki, Finland, 2017.
- [Ima17a, CI] Imakhlaf, A., Hou, Y., et Sallak, M. Evaluation of the reliability of non-coherent systems using Binary Decision Diagrams. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 12243–12248. Toulouse, France, 2017
- [Imi17a, CI] Imine, Y., Lounis, A., et Bouabdallah, A. ABR: A new efficient attribute based revocation on access control system. In 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2017), pages 735–740. Valencia, Spain, 2017.
- [Kró17, Cl] Król, M., Natalizio, E., et Zema, N.R. Tag-based Data Exchange in Disaster Relief Scenarios. In *International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2017)*, pages 1068–1072. Santa Clara, United States, 2017
- [LL17, CI] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et Sallak, M. Heuristic approach to guarantee safe solutions in probabilistic planning. In 29th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2017), pages 579–585. Boston, United States, 2017.
- [Mah17, CI] Mahdoui, N., Frémont, V., et Natalizio, E. Cooperative Exploration Strategy for Micro-Aerial Vehicles Fleet. In IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2017), pages 180–185. Daegu, South Korea, 2017.
- [Mas17, CI] Masini, B.M., Bazzi, A., et Natalizio, E. Radio Access for Future 5G Vehicular Networks. In 86th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2017-Fall), pages 1–7. Toronto, Canada, 2017.
- [Sai17, CI] Saied, M., Lussier, B., Fantoni, I., Shraim, H., et Francis, C. Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control of an Octorotor UAV using motors speeds measurements. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 5263–5268. Toulouse, France, 2017.
- [Sal17, CI] Sallak, M., Qiu, S., et Schön, W. Safe Design of Consecutive-K-out-of-N Systems under Uncertainty. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 15748–15753. Toulouse, France, 2017
- [Tou17, CI] Touati, L. et Challal, Y. Mediator-Based Immediate Attribute Revocation Me-



- chanism for CP-ABE in Multicast Group Communications. In 16th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications (Trust-Com 2017), pages 309–314. Sydney, Australia, 2017.
- [Zem17a, CI] Zema, N.R., Trotta, A., Sanahuja, G., Natalizio, E., Di Felice, M., et Bononi, L. CUSCUS: An integrated simulation architecture for distributed networked control systems. In 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2017), pages 287–292. Las Vegas, United States, 2017
- [Zem17b, CI] Zema, N.R., Trotta, A., Sanahuja, G., Natalizio, E., Di Felice, M., et Bononi, L. CUSCUS: CommUnicationS-control distributed simulator. In 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2017), pages 601–602. Las Vegas, United States, 2017

Autres communications avec actes dans des conférences (ACTI)

- [Akt21a, CI] Aktouche, S.R., Sallak, M., Bouabdallah, A., et Schön, W. Towards a Relational Model for Collaborative Safety and Security Risk Assessment Processes. In 31st European Safety and Reliability Conference (ESREL 2021), pages 2673–2678. Angers, France, 2021.
- [Akt21b, Cl] Aktouche, S.R., Sallak, M., Schön, W., et Bouabdallah, A. Towards Reconciling Safety and Security Risk Analysis Processes in Railway Remote Driving. In 5th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS 2021). Palerme, Italy, 2021.
- [Car21, CI] Carrese, S., D'Andreagiovanni, F., Nardin, A., Giacchetti, T., et Zamberlan, L. Seek & Beautify: integrating UAVs in the optimal beautification of e-scooter sharing fleets. In 7th International IEEE Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS2021), pages 1–6. Heraklion (en ligne), Greece, 2021.
- [Oub21, CI] Ouberkouk, M.A., Boufflet, J.P., et Moukrim, A. Adaptive iterative destruction construction heuristic for the firefighters timetabling problem. In 8th International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing (META 2021), pages 47–56. Marrakesh, Morocco, 2021.
- [Akt20, CI] Aktouche, S.R., Sallak, M., Bouabdallah, A., et Schön, W. Combinaison Safety-Security dans les systèmes de transport ferroviaire: Contexte, Défis, et Méthodologies. In Lambda Mu 22 Congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, volume Lambda Mu 22. Le Havre, France, 2020
- [Bou20, CI] Boussif, A., Collart-Dutilleul, S., Baranowski, F., Beugin, J., et **Schön, W.** Démonstration de la sécurité opérationnelle de la téléconduite des trains : contexte, méthodologie et défis. In *Lambda Mu 22 Congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement*, volume Lambda Mu 22, pages 312–320. Le Havre, France, 2020.
- [Lou20, CI] Louhichi, R., Sallak, M., et Pelletan, J. Avenues for future research on predictive maintenance purposes in terms of risk minimization. In *European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020)*, pages 3461–3468. Venice, Italy, 2020.
- [Sas20, CI] Sassi, I., Beugin, J., **Sallak, M.**, et Ait Tmazirte, N. Allocating imprecise safety targets in satellite-based localization systems used in railway signaling operations. In *30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020)*, pages 913–920. Venise, Italy, 2020.
- [Vio20, CI] Viot, A., Lussier, B., Schön, W., Geronimi, S., et Tacchella, A. Erroneous models in neural networks and their threats for formal verification. In *Lambda Mu 22*



- Congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, page 596. Le Havre, France, 2020.
- [Yas20, CI] Yassine, B., Larbi, G., et Lakhlef, H. Human detection in surveillance videos using MobileNet. In *2nd International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS 2020)*, pages 1–5. Sakaka, France, 2020.
- [Abo19, CI] Aboubakar, M., Kellil, M., Bouabdallah, A., et Roux, P. Toward Intelligent Reconfiguration of RPL Networks using Supervised Learning. In 11th Wireless Days Conference (WD 2019), pages 1–4. Manchester, United Kingdom, 2019.
- [Akr19, CI] Akrouche, J., Sallak, M., Chatelet, E., Abdallah, F., et Chhadé, H.H. Methodology for imprecise availability computing and optimization. In 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2019), pages 2440–2446. Hannover, Germany, 2019.
- [Bau19, CI] Bauschert, T., **D'Andreagiovanni, F.**, Kassler, A.J., et **Wang, C.** A Matheuristic for Green and Robust 5G Virtual Network Function Placement. In *22th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation (EvoApplications 2019)*, pages 430–438. Leipzig, Germany, 2019.
- [Car19, CI] Carlier, J., Jouglet, A., Pinson, E., et Sahli, A. The cooling box. In 8th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'2019), pages 1–6. Shanghaï, China, 2019.
- [Chi19, CI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Idzikowski, F., et Vasilakos, A. Minimum Cost Design of 5G Networks with UAVs, Tree-based Optical Backhauling, Microgeneration and Batteries. In 21st International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2019), pages 1–4. Angers, France, 2019.
- [Ham19, CI] Hamadi, H., Lussier, B., Fantoni, I., Francis, C., et Shraim, H. Observer-based Super Twisting Controller Robust to Wind Perturbation for Multirotor UAV. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 397–405. Atlanta, GA, United States, 2019.
- [Lou19, CI] Louhichi, R., Sallak, M., et Pelletan, J. A cost model for predictive maintenance based on risk-assessment. In 13ème Conférence internationale CIGI QUALITA 2019. Montréal, Canada, 2019.
- [She19, CI] Shehaj, M., Kalesnikau, I., Nace, D., Pióro, M., et Qafzezi, E. Modeling Transmission Degradation on FSO Links Caused by Weather Phenomena for WMN Optimization. In 11th International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling (RNDM 2019), pages 1–7. Nicosia, Cyprus, 2019.
- [Vac19, CI] Vacher, B., Jouglet, A., Nace, D., Piétrowicz, S., et Bouznif, M. Aggregating partial orders a case study in internal logistic industry. In 9th Multidisciplinary International Scheduling Conference: Theory and Applications (MISTA 2019). Ningbo, China, 2019.
- [Wan19, CI] Wang, C., D'Andreagiovanni, F., et Nace, D. Solving a resource allocation problem in RFB-based 5G wireless networks. In *Third International Balkan Conference* on Communications and Networking (BalkanCom 2019). Skopje, Macedonia, 2019.
- [Akr18, CI] Akrouche, J., Sallak, M., Chatelet, E., Abdallah, F., et Hajj Chehade, H. New method for availability computing of complex systems using imprecise Markov models. In 10th IMA International Conference on Modelling in Industrial Maintenance and Reliability (MIMAR 2018). Liverpool, United Kingdom, 2018.
- [Ama18, CI] Amarouche, Y., Guibadj, R.N., et Moukrim, A. A Neighborhood Search and Set Cover Hybrid Heuristic for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. In 18th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems, (ATMOS 2018), volume 65, pages 11:1–11:15. Helsinki, Finland, 2018.
- [Amo18, CI] Amorosi, L., Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., et Blefari Melazzi, N.



- Energy-efficient mission planning of UAVs for 5G coverage in rural zones. In *IEEE International Conference on Environmental Engineering (IEEE EE 2018)*, pages 1–9. Milan, Italy, 2018.
- [Bou18a, Cl] Boussaha, R., Challal, Y., et Bouabdallah, A. Authenticated Network Coding for Software-Defined Named Data Networking. In 32nd IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA 2018), pages 1115— 1122. Krakow, Poland, 2018.
- [Bou18b, Cl] Boussaha, R., Challal, Y., Bouabdallah, A., Ighit, D., et Tairi, L. Peer-to-Peer Collaborative Video-on-Demand Streaming over Mobile Content Centric Networking. In 32nd IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA 2018), pages 1053–1059. Krakow, Poland, 2018.
- [Bri18, CI] Brini, M., Crubille, P., Lussier, B., et Schön, W. Validation of safety necessities for a Safety-Bag component in experimental autonomous vehicles. In 14th European Dependable Computing Conference (EDCC), pages 33–40. Iasi, Romania, 2018.
- [Chi18, CI] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Siderotti, G., Blefari Melazzi, N., et Salsano, S. Optimal Design of 5G Superfluid Networks: Problem Formulation and Solutions. In 21st Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN 2018), pages 1–8. Paris, France, 2018.
- [d'A18, CI] D'Andreagiovanni, F. et Nardin, A. A fast metaheuristic for the design of DVB-T2 networks. In 21th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation (EvoApplications 2018), pages 141–155. Parma, Italy, 2018.
- [Del18a, CI] Delmas, A., Sallak, M., Schön, W., et Zhao, L. Remaining useful life estimation methods for predictive maintenance models: defining intervals and strategies for incomplete data. In 10th IMA International Conference on Modelling in Industrial Maintenance and Reliability (MIMAR 2018). Liverpool, United Kingdom, 2018.
- [Del18b, CI] Delmas, A., Sallak, M., Schön, W., et Zhao, L. Méthodes de prédiction de durée de vie en vue de modèles de maintenance prévisionnelle : calcul d'intervalles et stratégies en présence de données incertaines. In Lambda Mu 21, "Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces". Reims, France, 2018
- [Fun18, CI] Fundo, A., Nace, D., et Wang, C. A Heuristic Approach for the Robust Flight Level Assignment Problem. In 5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018), pages 86–94. Compiègne, France, 2018.
- [Mah18, CI] Mahdoui, N., Frémont, V., et Natalizio, E. Cooperative Frontier-Based Exploration Strategy for Multi-Robot System. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 203–210. Paris, France, 2018.
- [Mki18, CI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. A linear programming approach to optimize demand response for water systems under water demand uncertainties. In 7th IEEE International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE 2018), pages 206–211. Kajang, Malaysia, 2018.
- [Pio18, CI] Pioro, M., Kalesnikau, I., Poss, M., Nace, D., et Tomaszewski, A. Practical aspects of Flow Thinning optimization. In 10th International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling (RNDM 2018), pages 1–8. Longyearbyen, Norway, 2018.
- [Ran18, CI] Rangra, S., Sallak, M., Schön, W., et Belmonte, F. Analyse Des Risques Et De La Sécurité Du Transport Ferroviaire Autonome Pour Les Grandes Lignes : Contexte, Défis Et Solutions???. In Lambda Mu 21 " Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces". Reims, France, 2018.
- [Rha18, CI] Rhazali, K., Lussier, B., Schön, W., et Géronimi, S. Fault Tolerant Deep Neural Networks for Detection of Unrecognizable Situations. In 10th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes (SAFEPROCESS)



- 2018), volume 51, pages 31-37. Warsaw, Poland, 2018.
- [She18, CI] Shehaj, M., Nace, D., Kalesnikau, I., et Pióro, M. Dimensioning of hybrid FSO/fiber networks. In Second International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom 2018), page 8. Podgorica, Montenegro, 2018.
- [Akr17, CI] Akrouche, J., Sallak, M., Chatelet, E., Abdallah, F., et Haj Chehade, H. A contribution to the evaluation of imprecise availability of complex systems using markov models. In 2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNECOMP 2017), pages 456–466. Rhodes Island, Greece, 2017.
- [Bad17, CI] Bader, K., Lussier, B., et Schön, W. Fault Tolerance from Formal Analysis of a Data Fusion Mechanism. In *First IEEE International Conference on Robotic Computing* (IRC 2017), pages 69–72. Taichung, Taiwan, 2017.
- [Ben17, Cl] Benhamida, F.Z., Bouabdallah, A., et Challal, Y. Using delay tolerant network for the Internet of Things: Opportunities and challenges. In 8th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS 2017), pages 252–257. Irbid, Jordan, 2017.
- [Bou17b, Cl] Boussaha, R., Challal, Y., Bessedik, M., et **Bouabdallah, A.** Towards Authenticated Network Coding for Named Data Networking. In *25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCom 2017)*, pages 1–6. Split, Croatia, 2017.
- [Bri17, CI] Brini, M., Crubille, P., Lussier, B., et Schön, W. Contraintes de sécurité pour le Safety-Bag d'un véhicule autonome : méthodes AMDEC et HazOp. In 12th International Pluridisciplinary Congress on Quality, Dependability and substainability (QUALITA 2017). Bourges, France, 2017.
- [Can17a, Cl] Cantais, B., Jouglet, A., et Savourey, D. Three upper bounds for the speed meeting problem. In 7th Multidisciplinary International Scheduling Conference: Theory and Applications (MISTA 2017), pages 344–347. Kuala Lumpur, Malaysia, 2017.
- [Can17b, Cl] Cantais, B., Jouglet, A., et Savourey, D. Three models and a set of dominance rules for the speed meeting problem. In 3th Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP 2017), pages 44–46. Seeon-Seebruck, Germany, 2017
- [d'A17c, CI] D'Andreagiovanni, F., Garroppo, R., et Scuetellà, M.G. Power Savings with Data Rate Guarantee in Dense WLANs. In *International Conference on Selected Topics* in Mobile and Wireless Networking (MoWnet 2017), pages 1–8. Avignon, France, 2017
- [d'A17d, CI] D'Andreagiovanni, F., Nace, D., Pioro, M., Poss, M., Shehaj, M., et To-maszewski, A. On robust FSO network dimensioning. In 9th International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling (RNDM 2017), pages 1–8. Alghero, Italy, 2017.
- [Del17, CI] Delmas, A., Sallak, M., Schön, W., et Zhao, L. Contribution à la maintenance prévisionnelle des composants en présence de données incomplètes. In 12th International Pluridisciplinary Congress on Quality, Dependability and substainability (QUALITA 2017). Bourges, France, 2017.
- [DPP17, CI] Di Puglia Pugliese, L., Guerriero, F., **Natalizio, E.**, et **Zema, N.R.** A biobjective formulation for filming sport events problem using drones. In *9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems : Technology and Applications (IDAACS)*, volume 2, pages 639–644. Bucharest, Romania, 2017.
- [Hou17, CI] Hou, Y., Qiu, S., et **Sallak, M.** Estimation of system availability using Markov modeling and random set theory. In 27th European Safety and Reliability Conference



- (ESREL 2017). Portoroz, Slovenia, 2017.
- [Ima17b, CI] Imakhlaf, A. et Sallak, M. Une nouvelle approche pour l'analyse des arbres de défaillances non-cohérents en présence d'incertitudes. In 12th International Pluridisciplinary Congress on Quality, Dependability and substainability (QUALITA 2017). Bourges, France, 2017.
- [Imi17b, CI] Imine, Y., Lounis, A., et Bouabdallah, A. Immediate Attribute Revocation in Decentralized Attribute-Based Encryption Access Control. In 16th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications (TrustCom 2017), pages 33–40. Sydney, Australia, 2017.
- [Kou17, CI] Kouicem, D.E., Bouabdallah, A., et Lakhlef, H. Distributed Fine-Grained Secure Control of Smart Actuators in Internet of Things. In 5th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (IEEE ISPA 2017), pages 653–660. Guangzhou, China, 2017.
- [Lac17, CI] Lacomme, P., Moukrim, A., Quilliot, A., Tchernev, N., et Vinot, M. A Linear Program for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem with Routing. In 7th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM 2017). Saarbrücken, Germany, 2017.
- [Man17, CI] Manfredi, S., Pascariello, C., Zema, N.R., Fantoni, I., et Król, M. A cooperative packet-loss-tolerant algorithm for Wireless Networked Robots rendezvous. In IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2017), pages 1058–1062. Silicon Valley, United States, 2017.
- [Mka17, CI] Mkadem, M.A., Moukrim, A., et Serairi, M. A branch-and-bound algorithm for the two-machine flow-shop problem with time delays. In 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2017), pages 690–695. Barcelone, Spain, 2017
- [Mki17, CI] Mkireb, C., Dembele, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. Scheduling Demand Response on the French Spot Power Market for Water Distribution Systems by Optimizing the Pump Scheduling. In 3th Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP 2017), pages 172–174. Seeon-Seebruck, Germany, 2017
- [Qiu17, CI] Qiu, S., Hou, Y., et Sallak, M. Evaluation of the occurrence probability of a railway accident with parametric uncertainties and failure dependencies using Binary Decision Diagram. In 27th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2017). Portoroz, Slovenia, 2017.
- [Ran17, CI] Rangra, S., Sallak, M., Schön, W., et Vanderhaegen, F. Obtaining empirical data from experimentations on railway operational simulator for human reliability modelling. In 27th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2017). Portoroz, Slovenia, 2017.
- [Rha17, Cl] Rhazali, K., Lussier, B., Schön, W., et Géronimi, S. Tolérance aux fautes pour détecter les comportements indésirables des réseaux de neurones. In 12th International Pluridisciplinary Congress on Quality, Dependability and substainability (QUALITA 2017). Bourges, France, 2017.
- [RS17a, CI] Riahi Sfar, A., Chtourou, Z., et Challal, Y. A systemic and cognitive vision for IoT security: a case study of military live simulation and security challenges. In International Conference on Smart, Monitored and Controlled Cities (SM2C'17), pages 101–105. Sfax, Tunisia, 2017.
- [RS17b, CI] Riahi Sfar, A., Natalizio, E., Challal, Y., et Chtourou, Z. A Markov game privacy preserving model in retail applications. In *International Conference on Selected Topics in Mobile and Wireless Networking (MoWnet 2017)*, pages 1–8. Avignon, France,



[Zem17, CI] Zema, N.R., Natalizio, E., et Yanmaz, E. An Unmanned Aerial Vehicle Network for Sport Event Filming with Communication Constraints. In First International Balkan Conference on Communications and Networking (Balkancom 2017). Tirana, Albania, 2017.

Communications dans des conférences françaises (ACTN)

- [Béd19, CN] Béduneau, G. et Ducourthial, B. Diffusion fiable dans les réseaux dynamiques. In 21èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications (ALGOTEL 2019). Saint Laurent de la Cabrerisse, France, 2019.
- [Bou18, CN] Bouchard, S., Dieudonne, Y., et **Ducourthial, B.** Rassemblement byzantin dans les réseaux. In *20èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications(ALGOTEL 2018)*. Roscoff, France, 2018.
- [LL18, CN] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et **Sallak, M.** Génération de scénario : planification avec un opérateur défini par un modèle graphique. In *Journées Francophones sur la Planification, la Décision et l'Apprentissage pour la conduite de systèmes (JFPDA 2018)*. Nancy, France, 2018.
- [PdMJ18, CN] Pimenta de Moraes Jr, H. et Ducourthial, B. Construction d'une carte coopérative dans les réseaux véhiculaires. In 20èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications (ALGOTEL 2018). Roscoff, France, 2018.
- [LL17, CN] Lacaze-Labadie, R., Lourdeaux, D., et **Sallak, M.** Planification probabiliste: une heuristique pour garantir des solutions sûres. In *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle (RJCIA 2017)*. Caen, France, 2017.
- [Zem17, CN] Zema, N.R., Natalizio, E., et Yanmaz, E. Enregistrement d'événements sportifs par un réseau de drones avec des contraintes de communication. In 19èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications (ALGOTEL 2017). Quiberon, France, 2017.

Communications sans actes (COM)

- [BG21, CO] Barros-Garcia, I., Daaboul, J., **Jouglet, A.**, et Le Duigou, J. An approach to jointly optimize the process plan, scheduling, and layout design in reconfigurable manufacturing systems. In 11th Workshop on Service Oriented, Holonic and Multi-Agent Manufacturing Systems for Industry of the Future (SOHOMA'2021). Cluny, France, 2021.
- [Bia21, CO] Biallach, H., Bouhtou, M., et Nace, D. L'optimisation de la reconfiguration des VNFs pour la gestion dynamique des slices dans les réseaux 5G. In 22e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2021). Mulhouse, France, 2021.
- [Car21, CO] Carlier, J., Jouglet, A., et Sahli, A. Computing lower bounds for the cumulative scheduling problem. In 17th international workshop on project management and scheduling (PMS'2020/2021). Toulouse, France, 2021.
- [Fej21, CO] Fejza, D., Kulla, O., Nace, D., et Zhou, Z. An analytic study of credit risk problem in a developing country case study. In *World Finance & Banking Symposium*. Budapest, Hungary, 2021



- [Jou21, CO] Joubert, G., Jouglet, A., Nace, D., Postec, M., et Houzel, B. Génération de sillons optimisés dans un environnement ferroviaire complexe. In 22e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2021). Mulhouse (en ligne), France, 2021.
- [Oub21, CO] Ouberkouk, M.A., **Boufflet, J.P.**, et **Moukrim, A**. Adaptive iterative destruction construction heuristic for the firefighters timetabling problem. In *22e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2021*). Mulhouse, France, 2021.
- [Abo20, CO] Aboubakar, M., Roux, P., Kellil, M., et Bouabdallah, A. An Efficient and Adaptive Configuration of IEEE 802.15.4 MAC for Communication Delay Optimisation. In 11th International Conference on Network of the Future (NoF 2020). Bordeaux, France, 2020.
- [Are20, CO] Arezki, C., **Boufflet, J.P.**, **Mezouari, L.**, et **Moukrim, A.** Planification d'interventions chirurgicales : heuristiques de construction et d'amélioration. In *21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020*). Montpellier, France, 2020.
- [Bou20, CO] Bouchelaghem, S., Bouabdallah, A., et Omar, M. Autonomous Vehicle Security: Literature Review of Real Attack Experiments. In The 15th International Conference on Risks and Security of Internet and Systems (CRISIS 2020). Paris, France, 2020.
- [Car20, CO] Carrese, S., D'Andreagiovanni, F., Giacchetti, T., Nardin, A., et Zamberlan, L. Night makes you beautiful: an optimization approach to overnight joint beautification and relocation in e-scooter sharing. In 3rd Symposium on Management of Future Motorway and Urban Traffic Systems (MFTS2020). Luxembourg, Luxembourg, 2020.
- [Fun20, CO] Fundo, A., Leger, J.B., **Nace, D.**, et **Wang, C.** Dealing with uncertainty in ATM the Flight Level Assignment problem. In *21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020)*. Montpellier, France, 2020.
- [Ism20, CO] Ismail, S., D'Andreagiovanni, F., Lakhlef, H., et Youcef, I. Recent Advances on 5G Resource Allocation Problem using PD-NOMA. In IEEE International Workshop on Smart Protocols and Algorithms for Networks with Mobility (SPANM 2020). Montreal, Canada, 2020.
- [Lev20, CO] Levorato, M., Figueiredo, R., Frota, Y.Y., **Jouglet, A.**, et Savourey, D. Realtime energy scheduling for microgrids based on the Contract Collaboration Problem. In 21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020). Montpellier, France, 2020.
- [Vac20, CO] Vacher, B., Jouglet, A., Nace, D., Bouznif, M., et Piétrowicz, S. Calcul des dates d'injection lors d'une fusion de flux. In 21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020). Montpellier, France, 2020.
- [Yah20, CO] Yahiaoui, A.E., Moukrim, A., Serairi, M., et Demange, M. Heuristique efficace pour la protection des biens contre l'avancée des feux de forêts. In 21e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2020). Montpellier, France, 2020.
- [BS19, CO] Ben-Said, A., Chen, H., et Moukrim, A. Combinatorial auction for LTL transportation service procurement with clusters of requests. In 20e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2019). Le Havre, France, 2019.
- [Car19a, CO] Carlier, J., Jouglet, A., Pinson, E., et Sahli, A. Caractérisation, calcul et



- comparaison des bornes constructives pour le problème d'ordonnancement à contraintes cumulatives. In 20e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2019). Le Havre, France, 2019.
- [Car19b, CO] Carlier, J., Jouglet, A., Pinson, E., et Sahli, A. An Energetic Constructive Bound for the Cumulative Scheduling Problem. In 20e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2019). Le Havre, France, 2019.
- [Gia19, CO] Giacchetti, T., Nardin, A., Zamberlan, L., Carrese, S., et D'Andreagiovanni, F. A Binary Linear Programming model for optimal parking slot management of urban carsharing services. In 2019 COTA International Symposium on Emerging Trends in Transportation (ISETT). Roma, Italy, 2019.
- [Lev19, CO] Levorato, M., Figueiredo, R., Frota, Y.Y., Jouglet, A., et Savourey, D. Real-time command strategies for smart grids based on the Robust Contract-based Collaboration Problem. In *International Network Optimization Conference (INOC 2019)*. Avignon, France, 2019.
- [Moh19, CO] Mohammedi, M., Omar, M., Challal, Y., et Bouabdallah, A. Cryptanalysis and Improvement of Identity-Based Multisignature Scheme. In *The International ACM Conference on Future Networks and Distributed Systems*. Paris, France, 2019.
- [She19a, CO] Shehaj, M., Nace, D., et Pióro, M. Issues in robust network dimensioning -the case of FSO networks. In 20e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2019). Le Havre, France, 2019.
- [She19b, CO] Shehaj, M., Nace, D., Pióro, M., et Kalesnikau, I. Modeling transmission link's degradation caused by weather phenomena -the special case of FSO networks. In *Programme Gaspard Monge pour l'optimisation, la recherche opérationnelle et leurs interactions avec les sciences des données (PGMO DAYS 2019)*. Paris, France, 2019.
- [Vac19, CO] Vacher, B., Piétrowicz, S., Jouglet, A., Nace, D., et Bouznif, M. Le problème d'injection dans un entrepôt. In 20e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2019). Le Havre, France, 2019.
- [Yah19, CO] Yahiaoui, A.E., Moukrim, A., Serairi, M., et Demange, M. A Hybrid Heuristic for the Synchronized Team Orienteering Problem with Time Windows. In *International Workshop on Stochastic Local Search Algorithms (SLS2019)*. Lille, France, 2019.
- [Ama18, CO] Amarouche, Y., Guibadj, R.N., et Moukrim, A. A Set Cover based heuristic for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. In *International Conference on Operations Research (OR 2018)*. Brussels, Belgium, 2018.
- [Chi18, CO] Chiaraviglio, L., D'Andreagiovanni, F., Lancellotti, R., Shojafar, M., Blefari Melazzi, N., et Claudia, C. An optimization approach for balancing maintenance costs and electricity consumption in Cloud Data Centers. In Programme Gaspard Monge pour l'optimisation, la recherche opérationnelle et leurs interactions avec les sciences des données (PGMO DAYS 2018). Palaiseau, France, 2018.
- [Dou18, CO] Doudou, M.S. et Bouabdallah, A. Performance Specifications of Market Physiological Sensors for Efficient Driver Drowsiness Detection System. In 7th International Conference on Sensor Networks (SENSORNETS 2018). Funchal, Madeira, Portugal, 2018.
- [For18a, CO] Fortz, B., Brotcorne, L., D'Andreagiovanni, F., et De Boeck, J. Unit Commitment under Market Equilibrium Constraints. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [For18b, CO] Fortz, B., Brotcorne, L., D'Andreagiovanni, F., et De Boeck, J. Unit Com-



- mitment under Market Equilibrium Constraints. In *Journées de l'Optimisation 2018*. Montréal, Canada, 2018.
- [For18c, CO] Fortz, B., Brotcorne, L., D'Andreagiovanni, F., et De Boeck, J. Unit Commitment under Market Equilibrium Constraints. In 2nd International Workshop on Bilevel Programming (IWOBIP' 18). Lille, France, 2018.
- [For18d, CO] Fortz, B., Brotcorne, L., D'Andreagiovanni, F., et De Boeck, J. Unit Commitment under Market Equilibrium Constraints. In 23rd International Symposium on Mathematical Programming (ISMP 2018). Bordeaux, France, 2018.
- [Lac18, CO] Lacomme, P., **Moukrim, A.**, et Vinot, M. Résolution conjointe du RCPSPR grâce à la définition d'un graphe flot non limité par la demande des activités. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [Man18, CO] Manier, H., Manier, M.A., Chen, H., et **Moukrim, A.** Transport Collaboratif en Distribution Urbaine. In *FUTURMOB'18*. Nevers, France, 2018.
- [Mki18, CO] Mkireb, C., Dembélé, A., Jouglet, A., et Denoeux, T. Optimisation de la flexibilité énergétique des systèmes d'eau potable sur les marchés de l'énergie. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [Moh18, CO] Mohammedi, M., Omar, M., et Bouabdallah, A. Automatic removal of ocular artifacts in EEG signals for driver's drowsiness detection: a survey. In *The 7th International Conference on Smart Communications in Network Technologies*. El-Oued, Algeria, 2018.
- [Oma18, CO] Omar, M., Mohammedi, M., Aitabdelmalek, W., Mansouri, A., et Bouabdallah, A. Secure and lightweight biometric-based patient authentication scheme for home healthcare systems. In *The 13th International IEEE Symposium on Programming and Systems*. Algiers, Algeria, 2018.
- [Sah18, CO] Sahli, A., Carlier, J., et Moukrim, A. Programmation linéaire en nombres entiers pour un problème d'ordonnancement avec production et consommation des ressources. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [She18, CO] Shehaj, M., Nace, D., Pióro, M., Poss, M., D'Andreagiovanni, F., Kalesnikau, I., et Tomaszewski, A. Robust network dimensioning the case of FSO networks. In Programme Gaspard Monge pour l'optimisation, la recherche opérationnelle et leurs interactions avec les sciences des données (PGMO DAYS 2018). Paris, France, 2018.
- [Vac18, CO] Vacher, B., Piétrowicz, S., Jouglet, A., Nace, D., et Bouznif, M. Optimisation d'un système autonome de tri. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [Yah18, CO] Yahiaoui, A.E., Moukrim, A., et Serairi, M. Problème de tournées de véhicules sélectives avec contraintes de clusters. In 19e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018). Lorient, France, 2018.
- [Ama17, CO] Amarouche, Y., Guibadj, R.N., et Moukrim, A. Méthode de résolution en deux phases pour le problème de tournées de véhicules à deux-échelons. In 18e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2017). Metz, France, 2017.
- [Bro17, CO] Brotcorne, L., **D'Andreagiovanni**, **F.**, De Boeck, J., et Fortz, B. Unit Commitment under Market Equilibrium Constraints. In *Programme Gaspard Monge pour l'optimisation*, la recherche opérationnelle et leurs interactions avec les sciences des



- données (PGMO DAYS 2017). Paris Saclay, France, 2017.
- [Can17a, CO] Cantais, B., Jouglet, A., et Savourey, D. Three models and a set of dominance rules for the speed meeting problem. In 21st conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS'2017). Québec, Canada, 2017
- [Can17b, CO] Cantais, B., Jouglet, A., et Savourey, D. Planification de Rendez-Vous en Groupe. In 18e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2017). Metz, France, 2017.
- [Car17, CO] Carlier, J., Lattmann, J., Lutton, J.L., Nace, D., et Pham, T.S. A fully automatic restoration scheme for switch-based networks. In *First International Balkan Conference on Communications and Networking (Balkancom 2017)*. Tirana, Albania, 2017.
- [d'A17a, CO] D'Andreagiovanni, F., Felici, G., et Lacalandra, F. Multiband Robust Optimization for optimal energy offering under price uncertainty. In Variational Analysis and Applications for Modelling of Energy Exchange (VAME 2017). Perpignan, France, 2017.
- [d'A17b, CO] **D'Andreagiovanni, F.**, Garroppo, R., et Scutellà, M.G. Multiband Robust Optimization for the Green Design of Wireless Local Area Networks. In *18e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2017*). Metz, France, 2017.
- [d'A17c, CO] D'Andreagiovanni, F., Nace, D., Nardin, A., et Natalizio, E. Robust relay node placement in body area networks by heuristic min-max regret. In First International Balkan Conference on Communications and Networking (Balkancom 2017). Tirana, Albania, 2017.
- [Lac17a, CO] Lacomme, P., Moukrim, A., Quilliot, A., et Vinot, M. Optimal resolution of the transport problem from a flow into a RCPSP with routing. In sixth meeting of the EURO Working Group on Vehicle Routing and Logistics optimization (VeRoLog 2017). Amsterdam, Netherlands, 2017
- [Lac17b, CO] Lacomme, P., Moukrim, A., Quilliot, A., et Vinot, M. Résolution conjointe du problème d'ordonnancement et de transport des ressources dans un RCPSP avec une flotte hétérogène de véhicule. In 18e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2017). Metz, France, 2017.
- [Lac17c, CO] Lacomme, P., Moukrim, A., Quilliot, A., et Vinot, M. Formalisation linéaire d'un problème de RCPSP avec transport de ressources. In 18e congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2017). Metz, France, 2017.
- [Mka17, CO] Mkadem, M.A., Moukrim, A., et Serairi, M. An exact method for solving the two-machine flow-shop problem with time delays. In 3th Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP 2017), pages 175–176. Seeon-Seebruck, Germany, 2017

Chapitres d'ouvrages scientifiques (OS)

- [Pió20, Ch] Pióro, M., Fitzgerald, E.C., Kalesnikau, I., **Nace, D.**, et Jacek, R. Optimization of Wireless Networks for Resilience to Adverse Weather Conditions. In *Guide to Disaster-Resilient Communication Networks*, 2020.
- [Sim18, L] Simon, C., Weber, P., et Sallak, M. Data Uncertainty and Important Measures. Systems and Industrial Engineering Series. Systems Dependability Assessment Set. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc, 2018.



- [Mka17, Ch] Mkadem, M.A., Moukrim, A., et Serairi, M. Lower Bounds for the Two-Machine Flow Shop Problem with Time Delays. In *Operations Research Proceedings* 2016 (édité par A. Fink, A. Fügenschuh, et M.J. Geiger), pages 527–533. Springer International Publishing, 2017.
- [Sal17, Ch] Sallak, M., Imakhlaf, A., et Hou, Y. Reliability assessment under aleatory and epistemic uncertainty. In Advances in Mathematics Research, volume 24, pages 175–207, 2017.

Directions d'ouvrage ou de revue (DO)

- [Van19a, E] Vanderhaegen, F., Maaoui, C., **Sallak, M.**, et Berdjag, D. *Défis de l'automatisation des systèmes sociotechniques*. Iste editions, 2019.
- [Van19b, E] Vanderhaegen, F., Maaoui, C., Sallak, M., et Berdjag, D. Automation Challenges of Socio-technical Systems: Paradoxes and Conflicts. Wiley, 2019.
- [Pir17, E] Pirovano, A., Berbineau, M., Vinel, A., Guerber, C., Roque, D., Mendizabal, J., Bonneville, H., Aniss, H., et **Ducourthial, B.** Communication Technologies for Vehicles, volume Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS) de Communication Technologies for Vehicles. Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft 2017. Springer, Toulouse, France, 2017.
- [Yah17, E] Yahiaoui, A.E., Moukrim, A., et Serairi, M. Hybrid Heuristic for the Clustered Orienteering Problem, volume 10572 de Lecture Notes in Computer Science. Southampton, United Kingdom, 2017.

Brevets (P)

- [Col20, P] Collin, J., Vacher, B., Jouglet, A., et Nace, D. Procédé de séquencement de charges dans un système de distribution automatisé, avec réduction d'un désordre lors d'une collecte de charges sur un collecteur, 2020.
- [Pié20a, P] Piétrowicz, S., Collin, J., et Vacher, B. Procédé de pilotage en mode flux d'un système de stockage tampon et de séquencement de charges, et unité de pilotage correspondante, 2020.
- [Pié20b, P] Piétrowicz, S., Collin, J., et Vacher, B. Procédé de pilotage en mode tri d'un système de stockage tampon et de séquencement de charges, et unité de pilotage correspondante, 2020.
- [Vac20, P] Vacher, B., Piétrowicz, S., Jouglet, A., et Nace, D. Procédé de fusion, au sein d'un entrepôt logistique, de k flux entrants de charges utiles en un flux sortant, 2020.



SyRI

Systèmes Robotiques en Interaction

1. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPE

Objectifs scientifiques

L'équipe SyRI (Systèmes Robotiques en Interaction), mise en place en janvier 2018 avec le projet scientifique du laboratoire, est une évolution de l'ancienne équipe ASER (Automatique, Systèmes Embarqués, Robotique). L'objectif principal de l'équipe SyRI est d'étudier et de développer des systèmes embarqués permettant de doter les robots mobiles de capacités d'autonomie leur permettant de réaliser certaines tâches.

Cet objectif est articulé en trois axes. Le premier porte sur l'autonomie opérationnelle et décisionnelle de la navigation des systèmes autonomes et en interaction avec un humain. Le deuxième porte sur la perception et localisation en attachant une grande importance à la propagation des incertitudes depuis la perception jusqu'aux étapes finales de décision/action. Enfin, le troisième axe s'intéresse à l'utilisation de flottes de robots autonomes dans des systèmes de systèmes pour réaliser des tâches de façon distribuée et collaborative.

Membres

Au 31 décembre 2021, l'équipe regroupait 40 personnes, dont 13 chercheurs et enseignantschercheurs permanents, 1 professeur et 1 directeur de recherches émérites, 8 membres associés dont 7 externes (Renault) et 17 doctorants.

La responsabilité de l'équipe a été confiée à Véronique Cherfaoui et Pedro Castillo (adjoint).

L'équipe a subi de nombreux changements entre 2017 et 2019 avec le départ de 4 membres (mutation, promotion, disponibilité, détachement) et l'arrivée de 3 nouveaux collègues ainsi que le retour d'A. Correa-Victorino.

Ali Charara, professeur, est détaché au CNRS depuis janvier 2019 comme directeur de l'institut INS2I. Il reste membre de l'équipe à 10% de son temps. Depuis février 2021, Rogelio Lozano est directeur de recherches émérite.

En 2019, Jérôme De Miras, Reine Talj et Franck Davoine ont soutenu leur HDR. En 2021, Pedro Castillo a été promu DR CNRS.

Les enseignants-chercheurs titulaires relèvent de la section 61 du CNU, et les chercheurs CNRS de la section 7 du CoNRS.

Les membres permanents de l'équipe sont répartis en 40% de rang A (4 PR, 1 DR, 1 ECC-HDR) et 60% de rang B (6 MCF, 2 CR) dont 4 ont une habilitation à diriger des



Table 5 – Membres permanents et émérites de l'équipe SyRI de 2017 à 2021

	Nom	Prénom	Statut	2017	2018	2019	2020	2021
Permanents	Adouane	Lounis	PR					
	Al Hage	Joëlle	MCF					
	Bonnifait	Philippe	PR	ASER				
	Castillo	Pedro	DR CNRS	ASER				
	Charara	Ali	PR	ASER				
	Cherfaoui	Véronique	PR	ASER				
	Correa-Victornio	Alessandro	MCF HDR ¹	ASER	l			
	Davoine	Franck	CR CNRS HDR	DI				
	De Miras	Jérôme	MCF HDR	ASER				
	Fantoni	Isabelle	DR CNRS	ASER	l			
	Frémont	Vincent	MCF HDR	DI				
	Moreau	Julien	MCF					
	Talj	Reine	CR CNRS HDR	ASER				
	Thouvenin	Indira	ECC HDR	ICI				
	Xu	Philippe	MCF	ASER				
	Boukerroui	Djamal	MCF HDR ²	DI				
Émérite	Cocquerez	Jean-Pierre	PR	DI				
	Lozano	Rogelio	DR CNRS					
Associés	Lozano	Rogelio	DR CNRS	ASER				
	Vidolov	Boris	MCF	ASER				
	Ibanez Guzman	Javier	IR Renault	SIVAL	b			
	Zinoune	Clément	IR Renault	SIVAL	b			
	Li	You	IR Renault	SIVAL	b			
	Stawiarski	Emmanuel	IE Renault	SIVAL	b			
	Armand	Alexandre	IR Renault	SIVAL	b			
	Adam	Jean-Luc	IR Renault					SIVALa
	Benloucif	Amir	IR Renault					SIVALa

¹En disponibilité de sept. 2017 à oct. 2019

recherches.

Responsabilités locales significatives

- L. Adouane est membre élu du conseil de département Génie Informatique depuis 2019. Il est responsable de la filière INES (INformatique Embarquée et Systèmes autonomes) du Génie Informatique depuis septembre 2020. En 2021 il a été co-animateur d'un groupe de travail lié à l'ingénierie soutenable au niveau du département GI.
- J. Al Hage est, depuis nov. 2021, membre élue au conseil scientifique de l'UTC, membre élue au conseil du département GI, membre du conseil disciplinaire UTC et du conseil de l'école doctorale.
- P. Bonnifait est directeur du laboratoire Heudiasyc depuis janvier 2018. En tant que directeur d'unité, il est membre du comité de direction de l'UTC. Il est également membre nommé du conseil de département de Génie Informatique de l'UTC. Il est membre du comité de direction du Labex MS2T et de la fédération SHIC. P. Bonnifait est aussi représentant des enseignants-chercheurs de l'UTC au conseil de surveillance



²En disponibilité depuis 2015

d'UTEAM et a été responsable de la thématique « robotique mobile terrestre et aérienne » de l'EQUIPEX Robotex, membre du comité de pilotage jusqu'en 2019. Il est responsable de la thématique « robotique mobile terrestre » de l'EQUIPEX TIRREX lancé en 2021.

- A. Charara a été directeur du laboratoire Heudiasyc jusqu'en 2017 et directeur du Labex MS2T de 2011 à 2018. Depuis janvier 2019, il est directeur de l'institut INS2I du CNRS.
- V. Cherfaoui est directrice du laboratoire commun SIVALab depuis octobre 2018 (avec J. Ibanez- Renault). Elle a été responsable de la filière STRIE (systèmes temps réel et informatique embarquée) du Génie Informatique jusqu'en juin 2021. Depuis septembre 2020, elle est membre élue au CEVU de l'UTC et membre du FSDIE.
- A. Correa-Victorino a pris en 2021 la responsabilité de correspondant aux relations internationales du Génie Informatique de l'UTC.
- F. Davoine est membre du Conseil d'administration de l'UTC depuis novembre 2021.Il est coordinateur d'un groupe de travail UTC sur les questions de soutenabilité. Il est membre du GDR Labos 1point5. Il est le référent coordinateur du groupe de travail « Transferts inter-campus » de l'UTC et membre pour l'UTC du réseau des référents Développement durable de la Faculté des sciences et ingénierie de Sorbonne Université. Il a été responsable des relations internationales et membre invité du Comité de direction du Labex MS2T (Maîtrise de Systèmes de Systèmes Technologiques) depuis janvier 2017.
- J. De Miras est responsable pédagogique des stages du Génie Informatique depuis l'automne 2018. Il est aussi le correspondant valorisation de l'unité.
- R. Talj a été membre élue au conseil scientifique de l'UTC, de décembre 2017 jusqu'à sa soutenance d'HDR.
- I. Thouvenin elle est membre du comité de direction de la Chaire vitrage intelligent pour le véhicule du futur, UTC.
- B. Vidolov est responsable du service des stages de l'UTC depuis avril 2016.
- P. Xu a été membre élu titulaire du conseil de département Génie Informatique de 2015 à 2019 et membre du comité de pilotage de la réforme de l'enseignement en Génie Informatique. Il est responsable du parcours « automatique et robotique des systèmes intelligents » du master ingénierie des systèmes complexes de l'UTC.

Implication dans les tâches collectives et la vie de l'unité

Les membres de l'équipe participent à la vie interne du laboratoire dans ses différentes phases; participation au conseil de laboratoire, animation de groupes de travail, groupes de réflexion sur le plan de recrutement pluriannuel du laboratoire, implication dans les diverses actions initiées au sein du laboratoire (Egalité-parité, soutenabilité, etc...) et responsabilités scientifiques des plateformes expérimentales. P. Xu et l. Thouvenin puis J. Moreau (à partir de novembre 2020) sont responsables des séminaires de l'équipe.

Formation par la recherche

Les membres de l'équipe sont fortement impliqués dans le master « ingénierie des systèmes complexes » (ISC) de l'UTC dans le parcours « Automatique et robotique des systèmes intelligents » (ARS) avec la responsabilité de 4 cours.



L'encadrement des stagiaires de master et des doctorants est stable sur la période. En 2021, le nombre de masters encadrés a significativement augmenté, cette situation est certainement due à la situation sanitaire.

Les financements de thèse sont variés. Au 31 décembre 2021 l'équipe comptait 17 doctorants financés par des allocations MESR (5,5), des conventions CIFRE ou contrats industriels (5), des financements des gouvernements étrangers (2,5), des projets nationaux ou internationaux (1,5), un contrat doctoral CNRS (1) avec des co-financements de la région (1,5). Une thèse est co-encadrée avec l'université de Tokyo (Fujimoto Laboratory).

Le tableau 6 montre l'évolution des encadrements sur la période. Le nombre de thèses soutenues, élevé en 2019 s'explique par l'arrivée à échéance de plusieurs projets collaboratifs (DIVINA, DAPAD, ITEAM, SYSCOVI). Plusieurs doctorants qui auraient du soutenir en 2020 ou 2021 ont bénéficié d'une prolongation de thèse liée à la situation sanitaire.

Table 6 – Bilan des membres temporaires de l'équipe SyRI de 2017 à 2021

	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Stagiaires master	10	9	10	10	16	45
Thèses soutenues	5	4	8	5	6	22
Thèses abandonnées	2	-	-	-	-	2
CDD Recherche/Enseignement	2	3	2	1	2	10
Doctorants	24 [†]	19	18	19	17	-

[†]Dans les anciennes équipes ASER et DI

2. AVANCEMENT SCIENTIFIQUE 2017-2021

Axe 1 - Autonomie des robots mobiles en interaction avec l'humain

1.1 Contrôler et faire naviguer un système autonome

La commande de systèmes robotiques constitue une activité importante de l'équipe. Nous avons poursuivi nos travaux en commande non linéaire appliqués aux systèmes robotiques de type mini-drones aériens et véhicules terrestres avec des approches robustes aux perturbations et aux changements de dynamique lors de phases de navigation. Nous nous sommes intéressés aux commandes avec des entrées bornées, aux commandes basées sur la passivité en utilisant l'énergie du système et aux commandes sans modèle. Nos activités se sont également dirigées vers la commande pour des manœuvres agressives et la commande coopérative de drones aériens par des méthodes bio-inspirées. Concernant les véhicules terrestres, nous avons élargi nos travaux sur la dynamique pour améliorer la stabilité, la manœuvrabilité et le confort humain et avons poursuivi nos recherches sur la navigation autonome dans la domaine de la planification de trajectoire et sur le contrôle couplé longitudinal/latéral.

Théorie du contrôle non linéaire Concernant la stabilisation d'un système non linéaire, nous avons apporté une représentation formelle basée sur la notion de quaternions pour décrire la dynamique sous-actionnée d'un véhicule aérien multi-rotors. C'est une avancée significative qui permet de développer des lois de commande à partir d'un modèle dynamique virtuel complètement actionné. De plus, ces améliorations dans les modèles dynamiques nous permettent de résoudre les problèmes de singularité rencontrés avec des mo-

dèles mathématiques basés sur des approches classiques (Euler-Lagrange et Newton-Euler) [CV17, CI, CG17, L, Aba18, Ch, Cab20, RI].

Cette représentation du modèle dynamique virtuel complètement actionné permet d'analyser ses propriétés de passivité pour proposer des fonctions de Lyapunov basées sur l'énergie, afin de concevoir des algorithmes de commande pour stabiliser le système complet. Nous échappons ainsi aux limitations des approches classiques comme le PBC - *Passivity-Based Control*. Nous avons validé cette méthodologie pour stabiliser en temps réel la position et l'orientation d'un drone à quatre rotors [GS17a, RI, GS17b, RI].

Nous avons étudié le domaine d'attraction des lois de commande pour trouver dans quelles conditions il est possible de déterminer la stabilité asymptotique locale du système à l'aide d'un contrôle basé sur la linéarisation par rétro-alimentation. Nous avons donc présenté une stratégie de commande avec une analyse de stabilité basée sur la théorie de Lyapunov. Nous avons calculé le domaine d'attraction de la commande tel que si au départ l'état est à l'intérieur de ce domaine, alors la loi de commande proposée fonctionne sans rencontrer de singularité. Cette stratégie a été testée sur le véhicule aérien du type PVTOL (Planar Vertical Take-Off and Landing) [Esc19, RI]. Une autre stratégie de commande pour un système non linéaire sous-actionné a été proposé dans [Loz21, RI].

Nous avons travaillé sur un système constitué de plusieurs sous-systèmes où chaque sous-système est associé à un ensemble de variables de sorties échantillonnées. Cette caractéristique rend difficile l'utilisation des observateurs en temps continu. Pour résoudre ce problème nous avons proposé un observateur réalisé en deux étapes. Dans la première étape un observateur a grand gain est proposé dans le cas des sorties continues sous l'hypothèse d'une condition d'excitation persistante pour chaque sous-système. Ensuite, l'observateur proposé est adapté de manière à fonctionner avec des sorties échantillonnées, de manière à obtenir un observateur discret. Ces travaux ont été appliqués à la commande d'un quadri-rotor [Gon17, RI]. Nous avons également proposé une classification des algorithmes de commande souvent utilisés dans la commande de drones aériens. Cette étude analyse et compare en temps réel quatre méthodologies en boucle fermée [BV20, RI].

La consommation d'énergie dans les applications robotiques est un défi d'actualité et cela permet d'augmenter le temps d'opération. Nous avons travaillé dans la conception d'une loi de commande non-linéaire discrète sous-optimale permettant de minimiser la consommation d'énergie d'un système [Cas19, RI]. L'algorithme de commande a été validé expérimentalement avec un exosquelette hybride pour le joint du coude. Nous avons également proposé un algorithme de commande basé sur la programmation dynamique en temps discret. L'entrée de commande est obtenue par des étapes en minimisant un critère de performance quadratique à horizon fini. L'algorithme proposé a été testé sur un véhicule à quatre rotors afin d'améliorer ses performances dynamiques et de réduire les dépenses d'énergie [SS21, RI].

Nous avons également proposé des algorithmes de commande basés sur la méthodologie des modes glissants. Un de ces algorithmes nommé 'Fast Terminal Sliding Mode' a été validé en temps-réel dans un robot qui aide une personne à passer de la position assise à la position débout et vice versa [HH20, RI]. De plus, nous avons développé un algorithme avec des propriétés adaptatives où on choisit une surface glissante terminale non singulière qui permet une convergence plus rapide des erreurs de poursuite et présente une réduction des oscillations de l'entrée de commande. Cet algorithme a été testé expérimentalement [Ran20, RI].

Nous avons étudié les systèmes non linéaires avec de perturbations oscillatoires. Les pertur-



bations sont produites par une charge qui peut osciller librement. Nous avons fait la synthèse d'un algorithme de commande qui réduit les oscillations de la charge. L'objectif pratique était de déplacer la charge d'un point à un autre avec atténuation des oscillations de la charge tout au long de la trajectoire en utilisant un véhicule aérien. La stabilité asymptotique est garantie par l'utilisation du principe d'invariance de LaSalle [GS21, RI]

Commande réactive Nous souhaitons fournir aux systèmes non linéaires, liés à la robotique, une importante maniabilité dynamique, de meilleures performances, une robustesse inhérente et un temps de réaction plus rapide. Donc, nous avons conçu des algorithmes de commande, basés sur le formalisme de quaternion et l'analyse de Lyapunov, réactive et robuste à des perturbations endogènes et exogènes qui fournissent une meilleure performance que les contrôleurs classiques [Aba19, RI]. Ces résultats montrent une avancée significative par rapport aux algorithmes développés dans les travaux antérieurs.

Ce type de contrôleurs permet de proposer des solutions innovantes pour différentes applications. Nous avons proposé une approche de commande basée sur un nouveau design d'ordre non-entier établi sur les modes glissants afin de suivre des dynamiques rapides dans des trajectoires agressives [OP18, RI, IE18, RI]. Nous avons également proposé un contrôleur qui fournit des signaux uniformément continus, capables de suivre exactement les manœuvres agressives, et qui compense en même temps les incertitudes non linéaires ou les perturbations externes [IE19, RI], [OP19, RI]. Récemment, nous avons proposé un schéma commande-observateur basé sur la méthode de l'ellipsoïde pour estimer les gains du contrôleur afin de réduire et de converger les erreurs de suivi dans un voisinage convexe compact de l'origine. La procédure d'optimisation est faite en utilisant les LMIs [OP21, RI]. Ces commandes ont été implémentée en temps réel avec succès dans un prototype à quatre rotors.

Concernant le suivi de trajectoire pour un véhicule aérien, nous avons conçu une trajectoire dynamique, basée sur des bifurcations de Hopf, pour le suivi de cible. Cette trajectoire est développée en utilisant les propriétés et les caractéristiques du système aérien pour s'adapter aux changements de la cible en gardant la stabilité du véhicule. Elle est formée par des surfaces de modes glissants pour assurer des trajectoires continues et pouvoir choisir les conditions initiales sans compromettre la stabilité du véhicule aérien. De plus, cette trajectoire change automatiquement entre les étapes de décollage, de navigation, et d'atterrissage, tout en résolvant un ensemble d'équations différentielles. La trajectoire est suivie en temps réel en utilisant une loi de commande basée en quaternions [Aba17, Cl, IJ20, Rl].

Commande sans modèle Nous avons étudié le problème de commande ou d'observation d'un système d'état représenté par une équation non linéaire en temps discret et une équation de sortie. L'objectif était de trouver une estimation d'une partie de l'ensemble entrées-état à l'instant k, sachant la sortie et une estimation-mesure de l'autre partie de l'ensemble entrées-état. On ne connaît pas de représentation mathématique de la fonction qui modélise le système, mais elle est conservée sous une forme numérique dans une table (matrice) dont les axes sont étiquetés par les variables d'état et de sortie. Dans cette représentation tabulée du comportement du système dynamique, nous avons développé des stratégies de recherche des éléments inconnus du vecteur entrées-états de l'instant k permettant d'atteindre une valeur désirée au pas suivant. Cette méthode a été appliquée à l'observation de la vitesse de rotation d'une machine asynchrone en partant des mesures électriques [DM17, RI] et à la stabilisation de l'attitude d'un drone [Ngu17, CI].



Commande tolérante aux fautes et aux incertitudes. Nous avons proposé des architectures de commande aux fautes et aux incertitudes. Ces architectures estiment des défauts d'actionneur et sont conçues avec des observateurs basés sur les modèles du système [Sai17, CI, Sai19b, RI, Ham20, RI]. Nous avons considéré différents observateurs (un observateur adaptatif non linéaire, un observateur proportionnel-intégral (PIO), un PIO à variation de paramètre quasi-linéaire (qLPV) et un Uncertainty and Disturbance Estimator) pour concevoir les schémas. La détection de défauts se fait en comparant le signal d'estimation de défaut à un seuil prédéfini ou un modèle de référence. Les architectures ont été validées dans différents cas d'essais en vol pour illustrer l'efficacité des stratégies [BV20, CI, OT20, RI].

Systèmes à configuration variable Afin de rendre les robots classiques plus performants, nous étudions les systèmes à configuration variable. Nous avons commencé à travailler dans la représentation mathématique d'un avion du type PVTOL - Plannar Vertical Take-Off and Landing - avec des moteurs qui peuvent s'incliner. Le fait d'avoir des rotors inclinables permet au robot d'atteindre des angles élevés du corps tout en conservant une altitude et une position longitudinale constantes. Une loi de commande basée sur un retour d'état linéarisant a été proposée et testée en simulation sur le modèle de PVTOL [Off19, CI]. Cette commande a été étendue au modèle complet d'un quadri-rotor et testée sur un prototype conçu au laboratoire. Ces tests ont été effectués en utilisant une nouvelle architecture logicielle basée sur ROS et adaptée au matériel choisi [Off20, CI].

Nous avons également travaillé en collaboration avec GIPSA Lab pour développer un véhicule hybride capable de voler comme un véhicule quadri-rotor et de se déplacer sur les surfaces au sol comme un véhicule terrestre [Cv19, Cl]. Le prototype était équipé de quatre rotors et de deux roues, non actionnées. Un modèle non linéaire du système qui prend en compte les deux phases (mode terrestre et mode aérien) a été proposé et nous a permis de concevoir un algorithme de commande robuste. La validation en temps réel du modèle et du contrôleur a montré une bonne performance quand le véhicule suivait une trajectoire hybride (air/terre).

Estimation de la dynamique d'un véhicule Concernant les véhicules routiers, nous avons étudié le problème de l'estimation des efforts pneu-chaussée et des angles de glissement latéral et longitudinal, en utilisant des méthodes invariantes par rapport aux paramètres du modèle du véhicule et dans des situations des manœuvres agressives. Les méthodes proposées dans la littérature sont, dans la majorité, d'une part dépendantes du modèle du véhicule ou du pneumatique (i.e. centre de masse, coefficient d'adhérence maximale, etc) et d'autre part non applicables à des situation de conduite sévère. Nous avons ainsi, proposé des nouvelles méthodes d'estimation, avec des contributions théoriques, basées sur l'indépendance des observateurs par rapport aux modèles de pneumatiques, ainsi que l'application de la théorie des quaternions dans la description des rotations en augmentant la robustesse des observateurs lors des manœuvres agressives. Nous avons ensuite proposé une nouvelle méthodologie pour la modélisation et le contrôle des suspensions semi-actives, en vue de la stabilisation dynamique du véhicule par l'optimisation des distributions du couple moteur ("torque vectoring"). Ces méthodes ont été testées et validées avec les plateformes expérimentales du laboratoire et des partenaires du projet Européen ITN ITEAM [AV18, RI, AV19, CI, Reg19, RI, Vie20, RI]. Nous avons proposé une solution pour résoudre le problème de l'estimation des paramètres de la dynamique de véhicules par une méthode hybride, basée sur des techniques d'apprentissage machine et des techniques à base de modèle. L'idée est de compenser les limitations des méthodes à base de modèle dynamiques, dues à leur dépendance à des paramètres incertains, par la connaissance générale apporter par les méthodes à base d'apprentissage [Mur21, CI].



Contrôle pour améliorer la stabilité, la manoeuvrabilité et le confort d'un véhicule

Différents systèmes d'aide à la conduite (ADAS) sont déjà commercialisés dans le but d'assurer la stabilité, la manoeuvrabilité, l'évitement de renversement et le confort à bord des véhicules, à travers plusieurs technologies comme le braquage actif (AFS), le freinage différentiel (DYC), les suspensions actives, et autres. Or, chaque système est performant dans certaines situations de conduite, et atteint ses limites dans d'autres. De plus, en assurant ces objectifs indépendamment, des interférences indésirables peuvent apparaître entre les systèmes ADAS. Nous travaillons sur le développement d'architectures de Contrôle Global du Châssis (CGC), impliquant plusieurs actionneurs, de sorte à maximiser le bénéfice et garantir de meilleures performances globales. Des techniques de commande non-linéaires comme le mode glissant d'ordre supérieur, la théorie de Lyapunov et le Backstepping ont été développées. Ces approches de contrôle adaptatif non-linéaire sont plus robustes et performantes que les approches classiques basées sur de simples PID, surtout en application sur un système non-linéaire et complexe comme la dynamique du véhicule. Nous avons étudié l'influence de la commande de l'angle de roulis sur le renforcement de la stabilité latérale, par une étude de sensibilité dans le domaine fréquentiel [Ter19, RI, Lag17, CI].

Enfin, nous avons développé et comparé deux approches différentes de CGC multi-niveaux avec un niveau de décision : l'une décentralisée basée sur le mode glissant d'ordre supérieur, et l'autre centralisée, basée sur la méthode LPV- H_{∞} . Ces architectures développées sont basées sur le mode glissant d'ordre supérieur, visant à contrôler le braquage actif, le freinage différentiel et les suspensions actives. Des validations ont été faites sur le simulateur de véhicule Scaner Studio (Oktal) [Cho17, Cl, Cho19a, Cl, Cho19b, Cl, Cho20, Rl, Cho20, Cl, Ham20a, Cl]. Malgré des résultats assez proches en terme de performances, le CGC centralisé a l'avantage de garantir la stabilité globale du système et une solution optimale ; alors que le CGC décentralisé est plus simple à implémenter mais n'offre pas de garanties théoriques, que ce soit sur l'optimalité de la solution ou la convergence globale

Génération et suivi de trajectoires Pour le suivi de la trajectoire, nous avons développé des contrôleurs couplés longitudinal/latéral pour le véhicule autonome de sorte à assurer un suivi robuste même à la limite de la stabilité, dans des situations dynamiques sollicitantes. Pour cela, un modèle de véhicule basé sur le formalisme de la robotique a été développé et utilisé, ce qui permet de faire apparaître des termes de couplage entre les dynamiques. Plusieurs approches de contrôle non-linéaire, robuste et adaptatif ont été développées, comme le mode glissant d'ordre supérieur, algorithme du super-twisting, le contrôle par la théorie de Lyapunov et le contrôle par le principe de l'Immersion et l'Invariance (I&I). Des validations expérimentales sur un véhicule robotisé Renault Zoé ont montré les bonnes performances des contrôleurs couplés proposés par rapport à un contrôleur PID classique découplé, surtout à la limite de la stabilité. L'objectif est de garantir un suivi robuste de la trajectoire même en situation critique, ce qui ne peut pas être assuré par les contrôleurs classiques basés sur des PID, communément utilisés, et de montrer l'intérêt de considérer le modèle dynamique du véhicule à travers le contrôleur. [Che17b, Cl, Che19a, Rl].

Planification de trajectoires La méthode des tentacules est bien adaptée pour de la planification locale et réactive. Afin d'avoir un horizon à plus long terme et prenant en compte les contraintes de la route, nous avons travaillé sur la planification de manoeuvres par des courbes polynomiales pour les manoeuvres de dépassement et de changement de voie [Che17a, Cl].

Nous avons proposé une méthode de planification de trajectoire pour les véhicules autonomes



à l'aide de la méthode de tentacules basée sur des clothoïdes en prenant en compte les incertitudes de perception modélisées dans des grilles d'occupation évidentielles. Nous avons exploré plusieurs approches pour le choix du tentacule : une méthode basée sur le calcul de récompenses par combinaison des valeurs de masses des cellules traversées [Mou17a, Cl] [Mou17b, Cl] et une seconde basée sur l'inférence prudente en modélisant les incertitudes sur l'occupation des cellules par des probabilités imprécises [Mas21, Rl]. Une évaluation a été faite sur un simulateur de conduite [Mou19, Rl].

Un autre algorithme de navigation basé sur la segmentation de la perception visuelle de la route à base de grilles évidentielles a été proposé dans [BV21, RI]. Actuellement, nous travaillons sur une architecture et des algorithmes de planification locale multi-niveaux permettant d'intégrer les contraintes dynamiques du véhicule et de l'environnement urbain (forme des routes et vitesses adaptées) [Duh21, CI, Sai21, CI]. Plusieurs brevets ont été déposés et l'approche est en cours de validation sur le simulateur Scaner Studio, en boucle fermée avec le modèle du véhicule et un contrôleur.

Nous avons aussi travaillé avec une méthode bio-inspirée de planification des trajectoires des véhicules autonomes [Gim21, RI]. Les paramètres des clothoïdes utilisées pour cette planification sont obtenus à partir des données issues des comportements des conducteurs humains dans des situations à risque (e.g., évitement d'obstacles). Cette expertise humaine est donc transférée aux trajectoires planifiées pour les véhicules autonomes, afin d'avoir des mouvements sûrs, et qui soient également confortables pour les passagers.

Navigation autonome sûre Plusieurs travaux ont contribué à augmenter l'autonomie décisionnelle des véhicules autonomes.

Pour fournir des informations au système de décision de navigation autonome au niveau tactique, notamment pour les manoeuvres à exécuter, nous avons proposé une représentation de la situation de conduite basée sur une discrétisation du couloir de navigation des véhicules appelée *Lane Grid Map*. Le choix de l'échantillonnage spatial choisi assure l'intégrité des informations et permet de neutraliser des zones d'interaction qui de ce fait ne présentent plus de danger pour le véhicule autonome [San21a, Cl].

En collaboration avec l'équipe CID, nous étudions comment prendre en compte la connaissance sémantique et le contexte de l'environnement pour la prise de décision dans la navigation. [Far21, CI, Far21b, CI, Far21a, CI].

Récemment, nous avons étudié comment associer des méthodes basées sur l'apprentissage machine et des méthodes basées sur la modélisation géométrique de la navigation. Notre objectif est de fusionner les bénéfices des deux méthodes en minimisant les problèmes issus de leurs limitations [San21b, Cl].

Concernant la sûreté des véhicules autonomes, un état de l'art des principaux éléments matériels et technologiques affectant la sûreté des véhicules a été adressé dans [BL20, RI].

Nous avons travaillé sur de stratégies originales de contrôle global probabiliste pour l'évaluation et la gestion des risques de la navigation des véhicules autonomes en environnement encombré. Les approches utilisées sont l'architecture multi-contrôleur probabiliste et ensembliste. Dans la première approche, nous avons appliqué le contrôle pour gérer les manœuvres de dépassement en milieu autoroutier avec apparition de danger en cours de la manœuvre [Bel21, CI, Ibe21, RI]. Dans la seconde approche, des méthodes ensemblistes basées sur des techniques d'analyse par intervalles ont été développées [BL20, CI] pour calculer les espaces d'état atteignables et pour mesurer le niveau de risque que peut avoir un véhicule en utilisant



un ACC (Adaptive Cruise Control) soumis à des incertitudes intrinsèques (e.g., erreurs liées aux modèles) ou extrinsèques (e.g., latence de la communication inter-véhicules). Ainsi, une commande appropriée est appliquée en fonction de la mesure de ce niveau de risque.

1.2 Permettre au robot de gagner en autonomie en présence d'un humain

Les travaux décrits dans cette partie constituent une évolution récente dans l'équipe. L'humain est considéré ici comme un opérateur qui participe au pilotage, de manière directe ou indirecte, d'un système partiellement autonome.

Contrôle partagé Nous avons proposé une méthodologie globale de contrôle partagé entre le pilote humain et le "pilote automatique" d'un véhicule routier. Cette approche est basée sur une méthode originale qui considère que les deux pilotes peuvent agir en même temps sur le système. L'objectif est alors de calculer puis de réduire le conflit entre la commande appliquée par l'opérateur et celle calculée par le système. Plusieurs approches ont été proposées. Une approche basée sur les "non-cooperative games" calcule la décision sur un modèle de conduite prédictive et un modèle du conducteur appris au préalable. Le contrôleur partagé génère les commandes de conduite finales sous forme de vitesse du véhicule et d'angle de braquage. [Jug18b, Cl, Jug18, Cl]. Ces approches ont été testées sur un simulateur de conduite [Jug19, Cl] dans le cadre du projet H2020 I-TEAM et sur Scaner Studio [Sho21, Cl]. Une seconde approche visant à réduire les discontinuités se base sur un système de logique floue pour calculer judicieusement la commande de braquage [Ham21, Cl].

Une autre approche porte sur la commande semi-autonome pour la navigation d'un drone aérien, pour laquelle on exploite la complémentarité d'un geste de l'opérateur avec les capacités de navigation autonome d'un drone. Nous avons proposé une approche intuitive et facile à utiliser car basée sur des bracelets portables équipés de capteurs électromyographiques et d'une centrale inertielle. Notre proposition interprète l'orientation du bras et les signaux musculaires d'un utilisateur comme des commandes de vol pour un drone. Cette approche basée sur des gestes facilite le pilotage du véhicule grâce aux commandes intuitives d'orientation de l'opérateur, de plus, une courbe d'apprentissage légère a été proposée pour inclure et comprendre les mouvements plus complexes que l'opérateur pourrait faire volontairement ou non. [San17, Cl, San20, Rl].

Réalité virtuelle et augmentée pour les interactions homme-robot L'objectif de ces recherches consiste à guider l'utilisateur en environnement virtuel ou augmenté afin de permettre un couplage fort avec le système robotique. Cet axe centré sur l'interaction informée se base sur la théorie du couplage action/perception (énaction). Il s'agit de capturer et interpréter l'activité corporelle et cognitive de l'opérateur et de générer en temps réel des métaphores d'interaction 3D adaptatives, ou des feedbacks. Les travaux [LE17, RI, Jea17a, CI, Jea17b, CI] trouvent un prolongement privilégié pour les systèmes robotiques en interaction avec un opérateur humain.

Nous avons proposé une nouvelle métaphore d'interaction 3D pour réduire la surcharge cognitive lors du pilotage manuel à distance d'un robot aérien. Cette métaphore nommée DrEAM - comme Drone Exocentric Advanced Metaphor – permet à un pilote novice d'avoir une grande précision dans sa navigation. Le drone virtuel est affiché dans une salle immersive et représente le drone réel contenant un contrôleur embarqué basé sur le formalisme des quaternions. Deux plateformes du laboratoire ont été connectées pour ce projet. Des tests expérimentaux montrent que la surcharge cognitive mesurée lors du contrôle d'un drone à l'aide de DrEAM est plus faible que lors du contrôle en vue directe [Woj19, CN].



Décision pour l'interaction humain réel – Agent en Environnement Virtuel Nous nous intéressons au toucher social entre un humain et un agent conversationnel incarné en environnement virtuel (humain virtuel) immersif. Lors de la conception d'une boucle interactive entièrement fonctionnelle entre l'agent conversationnel incarné et l'utilisateur humain, trois principaux problèmes peuvent être identifiés : créer un sens du toucher pour l'agent, le doter d'un modèle de décision et concevoir un affichage ou une synthèse haptique adapté à l'humain. La perception du toucher par l'humain se fait au travers d'un manchon haptique, celle de l'agent se fait au travers d'un algorithme de collision. L'agent est animé et peut afficher ses émotions par des expressions faciales et gestuelles. [Bou19, Cl, Bou20, Cl, Sag20, Rl].

Axe 2 - Perception embarquée multimodale

Les méthodes de fusion de données pour la perception et la localisation doivent considérer des capteurs hétérogènes, asynchrones produisant des données imparfaites. Dans la continuité des travaux des années précédentes, nous étudions différents formalismes de représentation des incertitudes (probabiliste, évidentiel et à erreur bornée) pour fusionner des informations hétérogènes provenant de plusieurs capteurs embarqués ou de cartes numériques. Cet axe de recherche s'articule en trois parties : doter les systèmes de capacités de perception et de localisation multimodales, quantifier l'incertitude des informations de perception et de localisation, et comprendre les scènes.

2.1 Doter les systèmes de capacités de perception et de localisation multimodales

Cette partie traite de l'intégration multicapteurs dans un système autonome avec des contraintes temps-réel fortes. Les contraintes d'embarquabilité sont très différentes selon les systèmes (véhicules routiers ou mini-drones). L'objectif est d'explorer de nouvelles modalités capteurs et d'étudier des configurations mutlimodales adaptées au système et à l'application cliente (navigation, exploration, poursuite, etc.).

Calcul de flot optique sur des caméras à événements haute définition

Les caméras à événements sont aujourd'hui des capteurs très appréciés par l'industrie, dans des domaines variés. Elles permettent d'analyser des scènes dynamiques complexes constituées d'objets en mouvement rapide, sous des conditions d'éclairage pouvant fortement varier. Nous avons proposé une méthode de calcul de flot optique temps réel adaptée à ce type de caméra HD. Une nouvelle représentation dense du flux d'événements épars, sous la forme d'une « surface de distance exponentielle inverse » nous permet la réutilisation de méthodes de calcul de flux optique de l'état de l'art basées sur des trames image. L'efficacité de l'approche proposée a été évaluée sur des scènes de conduite automobile filmées à l'aide de caméra à événement de faible et de haute résolution [Bre21, RI]. Nous obtenons dans les deux cas des résultats souvent de meilleurs que ceux de l'état de l'art actuel, tout en étant plus rapides (77 Hz sur des images HD). Dans le cadre de cette recherche, une base de données ouverte de scènes acquises à partir d'une caméra à événements HD a été constituée (https://datasets.hds.utc.fr/project/7).

Schéma de fusion multimodale pour la détection de l'espace navigable et de voies. Dans la continuité des travaux sur les grilles d'occupation évidentielles qui ont été étendues dans [Yu20, RI] pour intégrer des informations sémantiques, un schéma de fusion LIDAR /



caméra basé sur des grilles a été proposé pour intégrer de manière asynchrone des informations issues d'un LIDAR 360° et d'une caméra RGB. Les informations sémantiques extraites de l'image permettent d'adapter les paramètres de fusion lorsqu'on détecte un objet dynamique. La fusion asynchrone assure une plus grande robustesse en cas de panne d'un des deux capteurs. Une implémentation temps-réel a été réalisée [Cap18, CI]. Une autre approche a été étudiée pour la détection des marquages et bords de route réprésentés par un modèle unifié basé sur les splines de clothoides. Les algorithmes de fusion multi-capteurs et de tracking temporel ont été proposés, développés et implémentés sur un véhicule expérimental de Renault [Cam20, CI].

Doter un drone de moyens de perception et de localisation L'objectif, ici est d'embarquer un système de perception dans un drone capable de pister un objet mobile. Nous avons proposé un algorithme de vision monoculaire capable de détecter l'objet, les détections successives étant filtrées par un filtre de Kalman pour réduire le nombre élevé de faux positifs. Une validation expérimentale du système sous ROS a été réalisée pour le suivi d'un visage humain par un drone [MR19, RI]. Une solution multicapteur basée sur deux modalités complémentaires, un capteur infrarouge et une caméra dans le spectre visible a été étudiée et implémentée. Elle améliore de manière significative la performance des détecteurs d'humains [Blo19, RI].

Une technique de vision monoculaire a été développée pour localiser un drone aérien. Les informations visuelles sont fusionnées avec les mesures inertielles du drone pour avoir une bonne estimation de sa position. Cette technique utilise l'algorithme PTAM (localisation parallèle et mapping). La contribution a été d'utiliser un nuage de points caractéristiques non dense pour détecter des obstacles en face du véhicule. Nous avons proposé un algorithme de commande pour réaliser l'évitement d'obstacles. Cette loi de commande utilise les champs de potentiel pour calculer une force de répulsion qui est appliquée au drone. Des expériences en temps réel ont montré la bonne performance du système proposé [Mer18, RI, MR19, RI].

2.2 Quantifier l'incertitude des informations de perception et de localisation

L'un des aspects les plus importants dans des applications où la sécurité est un point critique, comme c'est le cas pour les véhicules autonomes, est non seulement de pouvoir estimer de manière précise un certain nombre de grandeurs physiques mais surtout de quantifier l'incertitude associée à ces différentes estimations en temps-réel. Sous-estimer l'incertitude d'une estimation, à savoir être confiant sur la valeur d'une estimée alors qu'il y a une grande erreur, peut conduire à des situations catastrophiques. Lorsque les risques associés aux incertitudes d'estimation sont très petits (de l'ordre de 10e-6), on parle alors d'intégrité. Les travaux sur cet axe sont principalement menés dans le cadre du laboratoire commun SIVALab entre Renault et Heudiasyc (CNRS/UTC) qui a été créé en mars 2017 et renouvelé en 2021.

Systèmes de localisation hautement intègres pour la navigation robotique Les robots mobiles de taille importante (comme des voitures autonomes) peuvent être la source de dégâts ou dommages importants en cas d'utilisation d'information erronée. Lorsque les données sont sujettes à défaut, il convient alors de redonder les sources d'information. Nous avons étudié des méthodes d'estimation d'état (filtrage de Kalman et de Student) pour localiser un véhicule routier sur une carte haute définition au niveau de sa voie de circulation avec l'élaboration d'indicateurs d'intégrité permettant d'avertir les applications clientes quand l'information n'est pas jugée fiable [Li18, RI]. Pour borner l'erreur d'estimation d'un système de localisation multi-capteur en temps-réel, nous avons proposé une méthode qui



cherche à détecter et rejeter les mesures aberrantes en se basant sur des résidus de position dans un cadre d'erreur gaussiennes puis qui borne les erreurs résiduelles avec des distributions à queues lourdes (loi de Student) dont le degré de liberté peut être déterminé sur la base d'expériences préliminaires conformément à un risque d'intégrité donné [AH18, CI]. La méthode a été testée avec une caméra fournissant plusieurs mesures de marquage (jusqu'à 4 simultanées). Une version a été implémentée avec un filtre de Student dont le degré de liberté est maîtrisé à chaque itération grâce à une expression analytique simple [AH19b, CI] [AH20b, RI].

Systèmes de localisation basés GNSS Les systèmes GNSS (Global Navigation Satellites Systems) constituent un composant essentiel pour la localisation absolue des véhicules en environnement extérieur.

Une implémentation multi-capteurs (odomètre, gyromètre, GNSS et caméra) de la méthode décrite dans le paragraphe précédent, pour la localisation d'un véhicule, permet de détecter des défauts sur plusieurs sources d'informations et de calculer des niveaux de protection longitudinal et latéral pour un risque donné [AH19a, Cl]. Les résultats ont été étudiés dans deux environnements différents et comparés à différentes stratégies de filtrage.

Nous nous sommes aussi intéressés à l'utilisation des mesures brutes GNSS (pseudo-distances et Doppler) dans des observateurs d'état ensemblistes. Nous avons étudié en collaboration avec l'université de Coimbra (Portugal) des approches à erreur bornée de type inversion ensembliste qui permettent d'intégrer facilement des contraintes provenant de cartes géoréférencées. La méthode a été testée avec succès sur des données GPS brutes dans des environnements urbains et nous avons montré que les domaines d'incertitude sont très fiables [CB19, RI].

Enfin des travaux ont été initiés dans le cadre du projet européen ESCAPE pour combiner les nouvelles fonctionnalités offertes par le système de positionnement par satellites européen Galileo. Le but est de développer un système de localisation intègre. Afin d'atteindre les performances nécessaires au déploiement des véhicules autonomes, les informations issues des satellites (GPS+Galileo) sont complétées par des corrections PPP (Precise Point Positioning) reçues en 4G, des mesures de détections de marquages au sol par caméra, une carte haute définition géoréférençant les marquages au sol ainsi que des informations véhicules issues du bus CAN [Wan18, CI, Fri18, CI]. Une nouvelle approche d'association globale des marquages augmentant la disponibilité du service de localisation a été implémentée sur les véhicules expérimentaux du laboratoire et utilisée dans les démonstrations finales du projet ESCAPE [Tij19, CI, Gar19, CI].

Localisation de véhicules autonomes à l'aide de cartes Nous avons conduit de nombreux travaux de recherche sur l'utilisation des cartes (HD ou non) pour la localisation des véhicules routiers.

Nous avons étudié un système de localisation à l'estime pour un véhicule routier qui utilise les mesures de vitesse des quatre roues du véhicule. Notre contribution principale a porté sur un algorithme de lissage qui permet d'étalonner très précisément et facilement les paramètres du modèle [Wel19a, Cl]. Des caméras intelligentes qui détectent les marquages au sol peuvent améliorer la localisation grâce à une carte très précise. Notre principale contribution porte sur l'étude d'une méthode qui permet de quantifier la confiance dans les marquages enregistrés dans la carte en les associant à des observations [Wel20, Rl, Lim20, Cl]. En effet, les cartes haute-définition (HD) contiennent des erreurs qui peuvent dégrader la qualité de la localisation. Ainsi, lors des passages suivants sur la même zone, ces erreurs de cartographie n'ont plus d'impact [Wel19b, Cl] [Wel21, Cl].



Les cartes HD sont en général limitées au réseau routier (marquage au sol, panneau) et ne sont pas encore déployées à grande échelle. OpenStreetMap (OSM) est une alternative intéressante qui donne des informations sur les bâtiments considérés comme les éléments les plus stables et visibles des villes. La correspondance des mesures LiDAR avec de telles cartes permet d'améliorer la localisation et de fournir des informations complémentaires au GNSS. En utilisant la méthode NDT (Normal Distribution Transform), les observations LiDAR sont mises en correspondance avec l'OSM après une méthode d'extraction de ligne basée sur des régressions linéaires locales. La précision obtenue avec cette approche est de l'ordre de 20cm dans le centre-ville de Compiègne [Esc21, CI]. Une autre approche basée sur un BPF (Box particle filter), extension du filtrage particulaire très robuste et efficace avec peu de particules ensemblistes, proposant ne amélioration des contractions de l'étape de calcul de la vraisemblance a été expérimentée [Wan21, RI].

2.3 Comprendre les scènes

La compréhension de scènes complexes telles que les scènes routières requiert des méthodes d'analyse plus ou moins fines permettant de se localiser et de reconstruire l'environnement dynamique dans lequel il évolue. Le système doit pouvoir détecter, identifier et suivre les principaux objets de la scène afin de prédire leurs comportements ou leurs intentions.

Segmentation sémantique Dans le cadre d'une coopération avec l'Université de Pékin, nous avons développé une approche qui consistait à augmenter une grammaire visuelle avec des fonctions de croyance plutôt que des probabilités. Au lieu d'une grammaire stochastique, le cadre résultant est appelé grammaire évidentielle [Bor17, RI] et a été appliqué à la segmentation sémantique de scènes routières. Partant d'un schéma de fusion de données multicapteurs au niveau des segments d'une image sursegmentée et basé sur la théorie des fonctions de croyance, l'utilisation de grammaires évidentielles spécifiques des scènes routières nous a permis de mieux fusionner les segments voisins appartenant à un même objet.

Apprentissage profond et incertitudes Plus récemment, nous avons exploré des méthodes reposant sur des apprentissages automatiques (apprentissages profonds, etc.) à partir de données multimodales (caméras, Lidars) et de connaissances contextuelles fournies par exemple par des cartes numériques. Dans le cadre du laboratoire commun SIVALAB, nous avons étudié et développé des méthodes d'apprentissage profond pour la classification évidentielle de points LiDAR. Une première approche consiste à classifier les points contenus dans une boite englobante (véhicule, piétons) [Cap19, CN, Cap19a, Cl] et une seconde approche est dédiée à la classification de l'ensemble des points LiDAR pour la détection de voie navigable [Cap19b, Cl]. Le principe repose sur les travaux de Th. Denoeux qui propose une ré-interprétation des sorties des réseaux profonds afin d'estimer la masse sur l'incertain lors de l'inférence. Ceci permet au réseau de ne pas mettre une masse arbitraire lorsque l'élément à classifier fait partie d'une classe qui n'a pas été apprise. Une grille de perception est ensuite construite par fusion temporelle sur le même schéma proposé par C.Yu [Yu20, RI]. Ces recherches contribuent de manière significative à l'intégrité de perception et offrent des pistes prometteuses sur la possibilité d'utiliser des réseaux de neurones profonds de manière prudente pour les véhicules autonomes. Ces travaux ont été validés sur des jeux de données de référence (Kitti) et sur des jeux de données réalisés dans le cadre de SIVALAB [Cap21, RI]. Une autre application en segmentation d'images par fusion de classifieurs a été proposée dans [Ton21a, RI, Ton21b, RI].



Apprentissage par transfert L'apprentissage par transfert semble bien adapté à la conduite autonome. Cela concerne par exemple le fait d'utiliser un modèle avec un conducteur ou un véhicule différent de ceux ayant pris part à l'apprentissage. Nos premiers travaux dans ce domaine ont visé à peaufiner des réseaux de neurones convolutionnels appris sur des bases d'images généralistes (ImageNet par exemple) de façon à pouvoir les utiliser sur nos propres données vidéos ou sur des données spécifiques de scènes de conduite (Cityscapes, KITTI par exemple) [Li18a, CI]. Nous avons pour cela étudié différentes méthodes de régularisation (L2, L2 Fisher, Group-Lasso) des paramètres des réseaux en conservant le modèle pré-appris comme référence [Li20a, RI, Li20b, RI].

World model Un certain nombre d'informations a priori peuvent être utiles à la compréhension d'une scène routière. En particulier, les règles de circulation et la structure de la route permettent d'inférer l'importance, en termes d'interaction, des voies routières à proximité du véhicule hôte. Ces informations peuvent être codées à travers un modèle du monde, appelé "world model". Nous nous sommes notamment intéressés à la caractérisation des zones cachées en utilisant une représentation spatiale le long des voies de circulation [San20, Cl].

Axe 3 - Systèmes multi-robots en interaction

Dans cet axe, la plupart des activités reposent sur des travaux récents développés dans le cadre du Labex MS2T. L'enjeu est d'étendre nos approches à plusieurs robots afin d'augmenter la performance par le nombre et d'exploiter les comportements et fonctionnalités émergents par leur coopération dans le cadre méthodologique et théorique des systèmes de systèmes.

3.1 Perception et localisation coopérative

Localisation pour des systèmes robotiques en coopération mutuelle La localisation est une tâche indispensable pour assurer la coopération de robots mobiles. Dans un groupe de robots coopératifs, chaque robot peut assister ses partenaires et, inversement les partenaires peuvent l'assister pour qu'il se localise plus précisément. Nous nous sommes d'abord intéressés au problème de la localisation coopérative sans mesure directe entre agents : chaque robot doit estimer la pose de ses partenaires par rapport à son repère sans utiliser de mesures d'inter-distance ou d'angle relatif. Nous avons étudié des algorithmes de localisation coopérative distribuée basés sur des techniques bayésiennes et également d'inversion ensembliste avec propagation de contraintes sur des intervalles pour améliorer la localisation absolue et relative en présence de mesures sur des balises affectées par des biais et dans le but d'estimer des domaines de confiance fiables. Grâce à une étude de l'observabilité non linéaire [Las17a, RI], nous avons identifié les conditions dans lesquelles la reconstruction coopérative des biais peut être réalisée [Las19, Ch].

En parallèle, nous avons collaboré avec des chercheurs de l'université de Coimbra sur le même sujet mais en utilisant cette fois des cartes et des capteurs extéroceptifs. La méthode étudiée n'étant pas séquentielle, la consanguinité des données ne pose pas de problème. La méthode a été étudiée en simulation et en grandeur nature avec plusieurs expérimentations. Les résultats montrent que les systèmes coopératifs peuvent permettre de faire naviguer des véhicules autonomes même en environnements urbains complexes [CB17, RI].

Plus récemment, nous avons considéré le problème de la localisation coopérative entre véhicules intelligents avec des mesures relatives très précises faites par des lidars en une dimension en suivant les polylignes d'une carte haute définition. Nous avons comparé plusieurs systèmes de coordonnées curvilignes et mis en œuvre des algorithmes de fusion dis-



tribuée avec intersection de covariance [Hér17b, CI] et nous avons étudié en détails les problèmes de propagation non linéaires qui se produisent quand les poses sont échangées [Hér19a, CI, Hér19b, CI, Hér21, RI].

Perception collaborative Nous avons initié des travaux sur la perception collaborative dans le cadre du projet DAPAD du labex MS2T. Nous étudions des approches basées sur la coopération locale permettant de calculer et garantir l'intégrité de perception. Une preuve de concept sur la fusion de grilles d'occupation par des véhicules communicants a été expérimentée sur la plateforme véhicule [Cam18a, Cl] puis nous avons proposé plusieurs travaux sur le suivi coopératif multi-objets afin de limiter le volume de données échangées.

Un système de perception coopératif combinant des données acquises par une infrastructure intelligente transmises en temps réel à un véhicule autonome a été proposé et porté en temps réel [Mas21, Cl]. Ce système a été utilisé dans le cadre du projet Tornado.

Nous avons étudié le filtrage de Kalman par intersection de covariance partitionnée (Split Covariance Intersection). Nous avons comparé en simulation différentes approches et nous avons proposé une méthodologie pour régler la matrice de covariance du bruit de modèle. Des résultats expérimentaux réalisés avec trois véhicules ont montré que la consistance est conservée et que la portée de perception est améliorée significativement [Lim21, CI].

Fusion distribuée Les sources de données peuvent être des capteurs embarqués ou des données provenant d'autres véhicules grâce à l'échange de messages dans les réseaux de véhicules. Nous avoir étudié ce problème sous l'angle conjoint des systèmes distribués et de la fusion de données. Nous avons proposé des améliorations sur les opérateurs de fusion distribuée définis dans les travaux antérieurs. Une contribution porte sur la formalisation et le calcul de l'affaiblissement sur les poids, nécessaire pour que l'algorithme distribué soit auto-stabilisant [Guy18a, Cl].

Une seconde contribution plus théorique, permet de diminuer considérablement le calcul de ces poids par une formulation plus efficace de la transformée de Moebius [Cha19, CN, Cha19, CI]. Nous démontrons l'intérêt de ces résultats généraux pour la théorie de Dempster-Shafer, pour la réduction de la complexité de la plupart des transformations entre les représentations de croyances et leur fusion. En effet, nous proposons une nouvelle généralisation de la décomposition conjonctive et montrons comment chaque poids de décomposition est lié à la fonction de masse correspondante [Cha21, RI].

Une troisième contribution propose plusieurs schémas de fusion prenant en compte le phénomène de contamination des données (data-incest) et garantissant une convergence en temps fini. Une étude sur des données réelles acquises lors d'expérimentations sur route a permis de mettre en avant les avantages et inconvénients de ces approches [Guy18b, Cl]. Un scénario plus complexe a été développé sur simulateur SUMO pour étudier le comportement des schémas de fusion à plus grande échelle [Guy19, Cl].

3.2 Contrôler les systèmes multi-robots à travers une approche systèmes de systèmes

Architectures pour les systèmes de systèmes Les travaux menés en 2016 dans le cadre de la participation du laboratoire Heudiasyc à la compétition européenne de véhicules autonomes communicants GCDC (Grand Cooperative Driving Challenge) [Xu18, RI] se sont poursuivis notamment à travers le projet Tornado dont l'un des objectifs était d'étendre les approches implémentées durant le GCDC aux franchissements de rondspoints mais cette fois avec une infrastructure intelligente communicante équipée de caméras [Mas18, CI, Mas20, RI, Mas20, CI, Ber20, CI].



Un autre travail a conduit à la définition d'un framework, appelé CMMAV (Cooperative Maneuver Manager for Autonomous Vehicles). Il a été développé pour gérer les manœuvres coopératives entre plusieurs véhicules autonomes. Il est composé de plusieurs vues qui gèrent différents aspects d'un système de systèmes; son objectif est d'assurer la coopération entre les véhicules pour faciliter l'exécution des manœuvres de dépassement et de changement de voie, tout en respectant les distances de sécurité entre les véhicules voisins. Des validations ont été faites sur simulateur et sur les véhicules intelligents du laboratoire [Ass18a, Cl, Ass19, Cl].

Formation et coordination de multi-agents Les travaux sur la commande de systèmes non linéaires, appliqués aux robots aériens, ont été élargis pour les systèmes multi-agents. Nous avons proposé des solutions pour commander une flotte d'agents et lui faire suivre des trajectoires désirées tout en gardant une formation prédéfinie. Un contrôleur du type backstepping a été obtenu en utilisant le modèle non linéaire du véhicule et dérivé avec des entrées virtuelles pour faire converger la flotte vers les références souhaitées. L'analyse de stabilité de l'algorithme en boucle fermée a été prouvée avec la théorie de Lyapunov. Dans ce travail, l'échange d'informations ou l'interaction entre les agents est considéré comme continu par morceaux, de sorte que l'évolution peut être modélisée avec des équations différentielles. De plus, les topologies fixes et commutables ont été étudiées avec la caractéristique qu'elles appartiennent toutes au type de graphes fortement connectés. Ces résultats ont été publiés dans [FP19, Cl].

Nous avons également proposé un schéma de commande robuste pour garantir une formation souhaitée d'un système multi-agents. L'architecture est composée de deux parties; un algorithme conçu en considérant un système complètement actionné basé sur le formalisme de quaternions et un algorithme qui génère les trajectoires optimales de chaque agent en temps réel. La caractéristique de ce schéma est que chaque agent calcule localement en ligne sa propre fonction de coût réparti pour optimiser sa trajectoire. Le problème d'optimisation a, donc, été conçu de telle sorte que son minimum soit atteint lorsque les agents convergent vers une formation polygonale équidistante (en fonction du nombre d'agents) autour du point cible. Cette méthodologie a été validée en temps réel avec des robots aériens [Bel19, RI].

Coopération de véhicules autonomes en milieu urbain dense Nous avons proposé des algorithmes de contrôle et optimisation pour la prise de décision coopérative de véhicules autonomes en présence d'incertitudes en utilisant des techniques probabilistes. Nous avons appliqué les algorithmes pour étudier les intersections/rondpoints d'une manière collaborative sûre et économe énergiquement pour réduire la congestion des centres urbains denses. Notre proposition se basse sur la modélisation de flux de véhicules avec de modèles stochastiques pour obtenir l'algorithme optimal (ou sous-optimal) des profils de vitesses en utilisant les probabilités collectives [Zhu21a, Cl, Zhu21a, Rl, Zhu21b, Rl].

3.3 Faire émerger de nouveaux comportements et fonctionnalités par la collaboration

Des travaux sur l'exploration coopérative d'un environnement inconnu par un système multirobot(UAV) [Mah18, CI] et sur le comportement auto-organisé par agrégation probabiliste [Cam18b, CI] ont été menés par V. Frémont avant sa promotion au LS2N. Nous avons initié ensuite les travaux sur le comportement bio-inspiré de poursuite-évasion.

Comportement de poursuite-évasion Nous avons concentré nos travaux dans la conception d'algorithmes de commande inspirés par les systèmes biologiques pour la capture d'une



cible dynamique en utilisant une flotte d'agents. La stratégie de commande prend en compte les limitations traditionnelles rencontrées dans la formation d'une flotte (collisions entre agents, évitement d'obstacles, etc.) et produit une bonne performance de chasse coopérative. Cette technique décentralisée s'inspire du comportement d'embuscade pratiqué par les animaux chassant en groupe (par exemple les lionnes). Dans notre stratégie, chaque agent est un individu autonome qui définit sa propre stratégie de guidage vers la cible en tenant compte de la présence de voisins dans son champ visuel. Notre approche a été validée en intérieur avec trois drones poursuiveurs et un intrus piloté manuellement [DS20, CI]. Nous avons élargi nos travaux et nous avons proposé un algorithme qu'utilise l'apprentissage par renforcement profond pour poursuivre une cible avec de mouvements aléatoires et omnidirectionnelle avec plusieurs agents homogènes soumis à des contraintes cinématiques monocycles. Chaque agent poursuivant calcule ses propres consignes pour attraper la cible avec une structure de récompense qui encourage une bonne formation et combine des récompenses individuelles et collectives [DS21, RI].

3. PROJETS ET COLLABORATIONS

Projets L'équipe a globalement une forte activité partenariale. Les ressources propres proviennent de projets nationaux, projets européens, contrats industriels, collaborations internationales, projets régionaux et projets académiques. Dans le cadre de ces projets, nous avons recruté des ingénieurs de recherche, des doctorants, des post-doctorants et des stagiaires. Les ressources propres sont en 2021 de 80 k € par ETP pour l'équipe,

La figure 24 montre une période charnière (2020) où plusieurs gros projets sont arrivés à échéance (CPER 2014-2020, labex MS2T, Equipex Robotex, H2020), les financements de la région Picardie n'ont pas été reconduits à l'identique par la région Haut-de-France, et il y a eu des mouvements dans l'équipe.

L'effort des collègues dans le montage de projet a été récompensé en 2021. L'équipe est impliquée dans deux projets EquipEX+ (TIRREX et CONTINUUM) sur la robotique et la réalité mixte. Ph. Bonnifait coordonne la robotique terrestre autonome de TIRREX et I. Thouvenin est impliquée dans CONTINUUM devenu aussi infrastructure de recherche.

Nous avons rejoint en 2020 le consortium du projet Européen Marie Curie RISE OWheel coordonné par TUIL (Allemagne), la contribution Heudiasyc est portée par A. Correa Victorino. L'IRP ADONIS (Liban), coordonné par R. Talj a démarré en 2020. Le projet ERASMO (EUSPA agence spatiale de l'UE) dont la contribution est portée par P. Xu, a été lancé en décembre 2021.

Trois projets ANR (dont 2 portés par des membres de l'équipe, R. Talj et J. Al Hage) ont été acceptés cette année. Le CPER RITMEA (2021-2027) dans lequel sont impliqués tous les membres de SyRI a démarré cette année. L'axe 3 est coordonné par L. Adouane. Concernant les projets industriels, le laboratoire commun SIVALab a été renouvelé pour 4 ans en juin 2021. Un contrat de collaboration avec Roboost a été signé dans le cadre du plan de relance.

Il est important de noter que tous les membres de l'équipe sont impliqués dans au moins un projet de recherche avec généralement une tâche de responsabilité (porteur, coordinateur, responsable de WP).

Collaborations nationales et internationales L'équipe entretient des collaborations nationales et internationales attestées par des co-publications. Au niveau international, nous publions avec de nombreux partenaires universitaires : CINVESTAV, CENIDET et ITESM



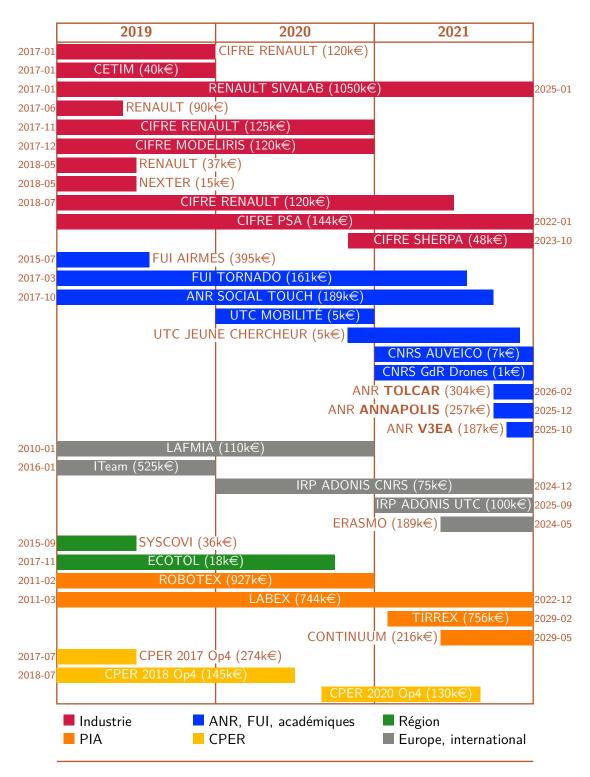


Figure 24 – Projets de l'équipe SyRI sur la période 2018-2021. Les noms en gras indiquent que la (co)-direction scientifique est assurée dans l'équipe. Les montants indiqués correspondent au budget global alloué au projet ; une thèse CIFRE est budgétisée à 75k€. Le projet MS2T est un projet inter-laboratoire, dont le budget propre au laboratoire a été équiréparti sur les trois équipes.



(Mexique), UNICAMP et UFMG (Brésil), Université Libanaise (Liban), Université de Gênes (Italie), Université Polytechnique de Valence (Espagne), Université du Pays Basque (Espagne), Université de Pékin, Laboratoire National de Pattern Recognition et Université de Sciences et Techniques de Nankin (Chine), Université de Coimbra (Portugal), Virginia Tech (USA), Université d'Illemenau (Allemagne) et Université de Sheffield (Royaume Uni). Il est à noter qu'une partie significative des co-publications ont été réalisées dans le cadre de la collaboration étroite entre l'UMI LAFMIA à Mexico et le laboratoire Heudiasyc.

Nous avons eu plusieurs thèses en co-tutelle (Liban, Brésil, Mexique) En 2021, deux thèses en cotutelle ont démarré, une avec le CINVESTAV-IPN (Mexique) et l'autre avec l'Université de Tokyo (Japon).

Les collaborations nationales avec l'UGE, MIS (Amiens), LIRMM (Montpellier), CRESTIC (Reims), CEA, LAMIH (Valenciennes), GIPSA-Lab (Grenoble), CRAN (Nancy), Institut Pascal (Clermont-Ferrand) et ESEO (Angers) sont en cours ou ont mené récemment à des publications communes.

Collaborations locales Enfin, nous menons des collaborations scientifiques avec les autres équipes du laboratoire et d'autres laboratoires de l'UTC, ce qui se traduit par des projets et des co-encadrements d'étudiants (master et/ou doctorat). Par exemple, avec l'équipe CID nous travaillons sur la prise en compte de la connaissance sémantique et du contexte de l'environnement pour la prise de décision dans la navigation, autonome ou non. Un projet de drone hydraulique et un autre sur un voilier de course (SODEBO ULTIM 3) sont développés en collaboration avec le laboratoire Roberval. Nous avons un co-encadrement de doctorat avec ce laboratoire sur la poursuite bio-inspirée de frelons asiatiques par drone aérien avec mesures acoustiques.

4. RAYONNEMENT

Responsabilités et instances d'évaluation

- A. Charara a pris la direction de l'institut INS2I du CNRS en janvier 2019.
- P. Bonnifait a été membre du comité d'évaluation scientifique (CES 22) de l'ANR
 "Mobilité et systèmes urbains durables" en 2018. Il a participé au renouvellement du GdR Robotique en 2019. Il est membre de son conseil scientifique.
- P. Castillo est co-responsable du groupe GT-UAV du GdR Robotique depuis octobre 2018. Il est responsable d'une action au GdR MACs depuis 2021.
- V. Cherfaoui est membre du conseil scientifique du CEESAR (European Center for Safety Studies and Risk Analysis) depuis 2018. Depuis 2019, elle est membre à la commission d'évaluation des chargés et directeurs de recherche du développement durable (COMEVAL).
- L. Adouane est expert depuis 2020 de la commission de normalisation AFNOR (Association Française de Normalisation) sur les AGVs (Automated Guided Vehicles).
- F. Davoine a été membre de la section 61 du CNU, collège B, de 2015 à 2019. Il est membre du CA de l'AFIS (Association française d'ingénierie système) et membre du groupe de travail sur l'ingénierie système durable et responsable. Il est membre du groupe de travail sur l'empreinte carbone des laboratoires de recherche.
- R. Lozano est membre IFAC technical committee 'Nonlinear control Systems'.



- R. Talj est coordinatrice de l'IRP Adonis. Elle est co-animatrice du thème "Contrôle et commande de systèmes dynamiques" du GIS GRAISyHM (2019-2023). Elle est membre du comité de direction du GDR MACS, depuis 2020, et responsable du prix de meilleure thèse du GDR MACS et du club EEA.
- I. Thouvenin a été vice présidente de l'AFRV (Association Française de Réalité Virtuelle) en 2017. Elle a été membre du comité de direction du GDR CNRS IG-RV de 2014 à 2018 et membre de la Chaire UNESCO ITEN.
- P. Xu a été membre du comité d'organisation et formateur de l'Action Nationale de Formation (ANF) du CNRS en 2019.

Comités de rédaction

- R. Lozano est *Senior Editor* de la revue Journal of Intelligent and Robotic Systems depuis 2012.
- P. Bonnifait est éditeur associé à la revue IEEE Transactions on Intelligent Vehicles depuis 2016.
- P. Castillo est éditeur associé à IEEE Robotics and Automation Letters depuis 2020.
- L. Adouane est éditeur invité du Journal of Intelligent and Robotic Systems depuis 2018 et de l'International Journal of Intelligent Robotics and Applications.
- A. Correa-Victorino est éditeur associé au Journal of Mechanical Engineering Science depuis 2020.
- F. Davoine est membre du comité éditorial de Systems Engineering depuis 2018.
- J. Moreau a été co-editeur d'un numéro spécial de Sensors en 2021
- I. Thouvenin a été "Editeur invité" d'un numéro spécial dans Computers & Graphics Journal en 2020.

Organisation de conférences

L'équipe a contribué, depuis 2018, à l'organisation de diverses manifestations scientifiques en lien avec les GdR MACS et Robotique. Voici par ordre chronologique inverse, les principales implications des membres de l'équipe.

- L'équipe a participé à l'organisation de la journée des doctorants en automatique JRDA du GRAISyHM en 2021.
- R. Talj a organisée la journée scientifique de l'IRP Adonis en décembre 2021.
- A. Correa-Victorino a co-organisé une section spéciale dans IEEE International Workshop on Advanced Motion Control (AMC) 2020.
- F. Davoine a coordonné la journée scientifique annuelle du Labex MS2T de l'UTC en février 2020, sur le thème de l'Ingénierie durable.
- I. Thouvenin a été membre du comité d'organisation de IEEE ISMAR 2020 (International Symposium on Mixed and Augmented Reality) Recife, Brésil, 2020.
- Ph. Xu a organisé un workshop international sur l'intégrité de localisation à Compiègne en novembre 2019.
- A. Correa-Victorino a été membre du comité d'organisation de IEEE International Conference on Advanced Robotics, à Belo Horizonte, Brésil en décembre 2019.
- R. Talj a organisé un workshop sur les systèmes de systèmes pour la commande de la dynamique de véhicules intelligents en juin 2019.



■ F. Davoine a été "program co-chair" et président du comité d'organisation de la 13th IEEE Int. Conf. on System of Systems Engineering, Paris, en juin 2018.

Comités de programmes

Nous avons participé à des comités de programme de conférences internationales et nationales. Parmi les plus importantes :

- IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) en continu de 2018 à 2021.
- International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) en continu de 2018 à 2021.
- IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) en continu de 2018 à 2020.
- IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) en continu de 2018 à 2020.
- IFAC World Congress 2020.
- International Conference on Machine Vision Applications (MVA) en 2018 et 2019.
- 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology en 2019.
- IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality en 2018 et 2020.
- International Conference on Machine Learning en 2018.

 Nous avons également participé à d'autres comités de programme de conférences nationales et internationales comme Belief, LFA, CORESA en 2018, IJCAI, SiSoS, SAC en 2019, SVR, ISMAR, ICSTCC, CoDIT en 2020, et SCI, ICEIV, ICAS, IRMAS, MOBILITY, SMAR en 2021.

Conférences invitées

- A. Victorino a fait des séminaires invités à TU-Ilmenau en Allemagne en Août 2021 et à TU-Delft au Pay-Bas en Décembre 2021. Il a été invité à faire une présentation aux journées SAGIP, dans la session Automatique et Transports Terrestres.
- R. Talj a été invitée en tant que "Keynote speaker" à la conférence internationale ICMIESAT 2021.
- P. Castillo et R. Talj ont fait des séminaires au Gipsa-Lab à Grenoble en mai et décembre 2021.
- P. Bonnifait a donné une conférence invitée au MIT Horizon Live Event en septembre 2020.
- P. Bonnifait a été conférencier au Workshop on Flexible and Robust Control Architectures for Intelligent-Autonomous Vehicles à l'IEEE IV 2019 à Paris en juin 2019.
- F. Davoine a été orateur invité (Keynote speaker) au 10th *International Conference on Complex Systems Design & Management* (CSD&M) à Paris en Décembre 2019.
- R. Talj a été conférencière invitée à la conférence "Les Elles de la recherche" à Beyrouth Liban, organisé par le CNRS Liban et le CNRS France, le 17 septembre 2019.
- V. Cherfaoui a été conférencière invitée aux journées du JDJN du GDR MACS à Toulouse en juin 2019,



- P. Bonnifait a été conférencier invité dans deux conférences internationales (Keynote Speaker): ECMR 2017 et SoSE 2018. Il a été conférencier invité à la conférence on High Quality Positioning: a Key to Success for Autonomous Driving à Bruxelles en 2017, au Workshop on Technologies for autonomous vehicles, à Grenoble en 2017 et à la journée ROB & IA 2018.
- V. Cherfaoui a été conférencière invitée à la journée "Objets communicants : algorithmes, architecture et applications" organisée par le CNRS en juillet 2017.
- P. Castillo a été conférencier invité au 17th International Congress on Computer Science
 CORE à Mexico en septembre 2017.

Expertises diverses

Parmi les nombreuses expertises réalisées, on peut citer des projets européens, des projets internationaux (Australie, Canada, Mexique, Espagne, etc), des projets ANR (expertises et revues finales) et des dossiers ANRT.

Sur la période 2017-2021, les membres de l'équipe ont été rapporteurs de 42 thèses (dont 11 étrangères) et ont participé à 42 jurys de thèse en tant qu'examinateur ou président, 9 HDR (6 en tant que rapporteur), à 28 comités de sélection et à 4 comités HCERES.

En 2020, P. Bonnifait a contribué à la rédaction du SRIA (Strategic RIAgenda) en Connected, Cooperative and Automated Mobility pour les appels à projet d'Horizon Europe. En 2021, il a été nommé expert dans le groupe miroir "Mobilités" du CNRS du programme Horizon Europe.

Diffusion auprès du grand public, démonstrations

L'équipe SyRI est très souvent sollicitée pour faire des démonstrations de véhicules autonomes et de drones aériens. Nous essayons de répondre favorablement à la majorité des sollicitations. Nous donnons dans la suite des exemples d'événements organisés sur la période 2017-2021.

Nous participons tous les ans au village de la technologie de l'UTC et/ou du CNRS lors de la fête de la science pour montrer des expérimentations de drones au grand public. Nous avons également une forte participation dans les salons Global Industrie et SIDO via Robotex.

En 2019, l'équipe a organisé les démonstrations finales du projet ESCAPE à Compiègne. Elle a également fait des expériences d'envergure du projet TORNADO à Rambouillet. Ceci a permis à l'équipe de présenter une démonstration impliquant deux véhicules autonomes lors de la session démos de la conférence internationale IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019) à Paris. V. Cherfaoui a donné une conférence à "l'Université dans la ville" sur les véhicules intelligents à Compiègne

Malgré la situation sanitaire, nous avons essayé de maintenir une activité de diffusion auprès du grand public, via des webinaires ou visioconférences. Par exemple, l'équipe a participé aux démonstrations par video à la conférence ICRA 2020 (mai, Paris). Nous avons participé aussi aux webinaires Techniques de l'ingénieur le 20 Avril avec la présentation "Réalité et environnement virtuels : à quand leur acceptation comme outil de communication?" et le 21 décembre 2020 pour les industriels avec la présentation : "la formation en réalité virtuelle entre dans les habitudes". Un ouvrage grand public sur la réalité virtuelle est paru aux éditions Eyrolles, en Novembre 2020, suivi de plusieurs actions de diffusion.

En 2021, nous avons participé au Labcom CNRS et en juillet 2021, nous avons réalisé la démonstration finale du projet TORNADO. Le scénario de la démonstration était le franchissement de ronds-points avec l'utilisation d'une perception LiDAR embarquée sur le véhicule



et une caméra d'infrastructure. La démonstration a eu lieu à Rambouillet sur route ouverte à la circulation publique. Également cette année, P. Bonnifait a été expert consulté par le député Damien Pichereau pour le rapport parlementaire sur "Le déploiement européen du véhicule autonome" (publié le 30 juillet 2021) et il a été interviewé pour l'article "La voiture autonome s'invite sur les routes françaises" CNRS Le journal, Novembre 2021.

V. Cherfaoui, R. Talj, J. Al Hage et I. Thouvenin ont participé au projet ARIA (2021), sur la communication autour du rôle de la femme dans la recherche.

5. FAITS MARQUANTS 2017-2021

- Création du laboratoire commun SIVALAB (Renault-UTC-CNRS) en mars 2017 et renouvelé en juin 2021. Ce laboratoire a été visité en mai 2020 par Madame la ministre Frédérique Vidal et a été mis à l'honneur par le CNRS lors de la journée des labcom en novembre 2021.
- Sortie du livre "La réalité virtuelle démystifiée" d'I. Thouvenin en collaboration avec R. Lelong aux Editions Eyrolles. L'ouvrage a été sélectionné pour le prix Roberval 2021 (catégories prix du public).
- Deux projets EQUIPEX+ acceptés en décembre 2020 : TIRREX (Robotique) et CONTINUUM (Réalité mixte).
- Hernan Abaunza a reçu le prix de thèse Guy Deniélou délivré par la fondation UTC en 2020 et Franck LI a été lauréat du prix de thèse (poster) en 2019.
- Lancement en novembre 2020 de l'IRP ADONIS porté par R. Talj.
- Arrivée en 2019 de trois nouveaux collègues : Lounis Adouane (PU), Joëlle Al Hage (MCF) et Julien Moreau (MCF) et retour d'Alessandro Correa-Victorino (MCF-HDR).
- Expérimentations et démos des véhicules en mode autonome sur route ouverte Rambouillet dans le cadre du projet Tornado (juillet 2021).
- Participation soutenue à la Fête de la science et à diverses actions de communication grand public (80 ans du CNRS, #Futurobot, article Science et Vie).

VALORISATION 2017–2021

Brevets

Deux brevets ont été déposés en 2018 et un en 2019. Les deux premiers sont les résultats des travaux d'une thèse CIFRE avec Renault. Le brevet sur le drone hydraulique est le produit d'une collaboration étroite avec le laboratoire Roberval qui adresse la problématique de la conception des drones adaptés aux longues durées de vol stationnaire. Ce projet bénéficie d'un soutien en prématuration de la SATT Lutech.

- F. Li, P. Bonnifait, et J. Ibanez-Guzman, "Procédé de map-matching utilisant un filtre particulaire", 2018.
- F. Li, P. Bonnifait, et J. Ibanez-Guzman, "Procédé de décision et diagnostic utilisant un calcul de cohérence", 2018.
- Noppe, E. et De Miras, J. "Drone hydraulique multi-rotor", 2019.

11 autres brevets ont été déposés (et sont en phase d'analyse) dans le cadre des coopérations avec PSA et Renault.



SIVALab

Le laboratoire commun avec Renault SIVALab a démarré en mars 2017. 8 enseignants-chercheurs et chercheurs (dont 7 de SyRI) et 2 ingénieurs sont impliqués dans ce projet et participent activement à l'encadrement de doctorants, masters et postdocs et aux réunions de travail régulières que nous faisons avec les ingénieurs de recherche Renault. Afin de faciliter les échanges, ces derniers ont demandé le statut de membre associé externe au laboratoire. Le projet scientifique est construit sur l'étude des méthodes et des systèmes tels que les véhicules soient capables d'élaborer des informations intègres (avec des indicateurs de confiance fiables) avec leurs propres sources d'information embarquées. Chaque véhicule doit assurer l'intégrité de ses informations. Ces informations (incertaines mais intègres) peuvent alors être échangées et mutualisées avec d'autres agents coopératifs dignes de confiance afin de réduire les incertitudes de localisation et de perception et donc augmenter la disponibilité des services de navigation autonome. 6 thèses ont été soutenues et 6 sont en cours. L'exploitation des résultats de SIVALab s'appuie sur la convention Renault-CNRS. Le bilan à 4 ans a montré l'importante activité et la dynamique du laboratoire commun. Il a été renouvelé pour 4 ans le 30 juin 2021.

Datasets

Plusieurs jeux de données ont été acquis, mis en forme, documentés et mis à disposition sur la plateforme dédiée du laboratoire (https://datasets.hds.utc.fr). Ces jeux de données ont un but de reproduction et de comparaison de nos résultats. Ils ont des publications associées.

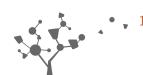
- "scans Lidar annotés", acquis lors de séquences de roulage dans le Technocentre Renault ainsi que dans les villes de Saclay, Compiègne, Rambouillet et Guyancourt .
- "localisation coopérative", données synchronisées de deux véhicules expérimentaux sur la piste SEVILLE de l'UTC.
- "scènes acquises à partir d'une caméra à événements HD", en partenariat avec Davide Migliore de la société Prophesee spécialisée dans la vision neuro- morphique.



7. LISTE DES PUBLICATIONS 2017–2021

Publications majeures dans des revues (ACL +)

- [BV21, RI] Bernardes Vitor, G., Corrêa Victorino, A., et Vaqueiro Ferreira, J. Modeling evidential grids using semantic context information for dynamic scene perception. Knowledge-Based Systems, volume 215, 2021.
- [Bre21, RI] Brebion, V., Moreau, J., et Davoine, F. Real-Time Optical Flow for Vehicular Perception with Low- and High-Resolution Event Cameras. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021
- [Cap21, RI] Capellier, E., Davoine, F., Cherfaoui, V., et Li, Y. Fusion of neural networks, for LIDAR-based evidential road mapping. *Journal of Field Robotics*, volume 38(5):727–758, 2021.
- [Cha21, RI] Chaveroche, M., Davoine, F., et Cherfaoui, V. Focal points and their implications for Möbius Transforms and Dempster-Shafer Theory. *Information Sciences*, volume 555:215–235, 2021.
- [DS21, RI] De Souza, C., Newbury, R., Cosgun, A., Castillo Garcia, P., Vidolov, B., et Kuli, D. Decentralized Multi-Agent Pursuit Using Deep Reinforcement Learning. *IEEE Robotics and Automation Letters*, volume 6(3):4552–4559, 2021.
- [Gim21, RI] Gim, S., Lee, S., et Adouane, L. Safe and Efficient Lane Change Maneuver for Obstacle Avoidance Inspired From Human Driving Pattern. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pages 1–15, 2021.
- [GS21, RI] Guerrero-Sánchez, M.E., Lozano, R., Castillo Garcia, P., Hernandez Gonzalez, O., Garcia Beltran, C.D., et Valencia-Palomo, G. Nonlinear Control Strategies for a UAV Carrying a Load with Swing Attenuation. Applied Mathematical Modelling, volume 91:709–722, 2021.
- [Hér21, RI] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. Consistent Decentralized Cooperative Localization for Autonomous Vehicles using LiDAR, GNSS and HD maps. *Journal of Field Robotics*, 2021.
- [Ibe21, RI] Iberraken, D. et Adouane, L. Safe Navigation and Evasive Maneuvers based on Probabilistic Multi-Controller Architecture. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2021
- [Loz21, RI] Lozano, R., Salazar, S., et Flores, J. Stabilization of the planar vertical take-off and landing using nonlinear feedback control. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, volume 32:3–12, 2021.
- [Nun21, RI] Nunes, F., **Thouvenin, I.**, Teixeira, J.M.X.N., et Forero, P.A.F. Foreword to the Special Section on the Symposium on Virtual and Augmented Reality 2020 (SVR 2020). *Computers & Graphics : X*, 2021.
- [OP21, RI] Oliva-Palomo, F., Sanchez-Orta, A., Alazkio, H., Castillo Garcia, P., et Muñoz-Vázquez, A.J. Robust Global Observer Position-Yaw Control based on Ellipsoid Method for Quadrotors. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2021.
- [Ran21, RI] Rangel, M.A.G., Castillo Garcia, P., Campos, E., et Lozano, R. Design, Construction and Control for an Underwater Vehicle Type Sepiida. *Robotica*, 2021.
- [SS21, RI] Santos-Sánchez, O., García, O., Romero, H., Salazar, S., et Lozano, R. Finite horizon nonlinear optimal control for a quadrotor: Experimental results. *Optimal Control Applications and Methods*, volume 42(1):54–80, 2021.
- [Ton21a, RI] Tong, Z., Xu, P., et Denoeux, T. An evidential classifier based on Dempster-Shafer theory and deep learning. *Neurocomputing*, volume 450:275–293, 2021.



- [Ton21b, RI] Tong, Z., Xu, P., et Denoeux, T. Evidential fully convolutional network for semantic segmentation. *Applied Intelligence*, volume 51(9):6376–6399, 2021
- [Wan21, RI] Wang, P., Mihaylova, L., Bonnifait, P., Xu, P., et Jiang, J. Feature-refined Box Particle Filtering for Autonomous Vehicle Localisation with OpenStreetMap. International Scientific Journal Engineering Applications of Artificial Intelligence, volume 105, 2021.
- [AH20a, RI] Al Hage, J. et El BadaouiÑajjar, M. Improved Outdoor Localization Based on Weighted Kullback-Leibler Divergence for Measurements Diagnosis. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, volume 12(4):41–56, 2020.
- [AH20b, RI] Al Hage, J., Xu, P., Bonnifait, P., et Ibañez-Guzmán, J. Localization Integrity for Intelligent Vehicles through Fault Detection and Position Error Characterization. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pages 1–13, 2020.
- [BL20, RI] Ben Lakhel, N., Nasri, O., Adouane, L., et Ben Hadj Slama, J. Controller area network reliability: overview of design challenges and safety related perspectives of future transportation systems. *IET Intelligent Transport Systems*, volume 14(13):1727– 1739, 2020
- [BV20, RI] Betancourt-Vera, J., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Stabilization and Tracking Control Algorithms for VTOL Aircraft: Theoretical and Practical Overview. Journal of Intelligent and Robotic Systems, volume 100:1249–1263, 2020.
- [Cab20, RI] Cabarbaye, A., Lozano, R., et Bonilla Estrada, M. Adaptive quaternion control of a 3-DOF inertial stabilised platforms. *International Journal of Control*, volume 93(3):473–482, 2020
- [Cho20, RI] Chokor, A., Talj, R., Doumiati, M., Hamdan, A., et Charara, A. A comparison between a centralised multilayer LPV/ \mathcal{H} ∞ and a decentralised multilayer sliding mode control architectures for vehicle's global chassis control. *International Journal of Control*, pages 1–16, 2020.
- [Dou20, RI] Doudou, M., Bouabdallah, A., et **Cherfaoui, V.** Driver Drowsiness Measurement Technologies: Current Research, Market Solutions, and Challenges. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, volume 18(2):297–319, 2020.
- [Ham20, RI] Hamadi, H., Lussier, B., Fantoni, I., Francis, C., et Shraim, H. Comparative study of self tuning, adaptive and multiplexing FTC strategies for successive failures in an Octorotor UAV. *Robotics and Autonomous Systems*, volume 133:103602, 2020.
- [HH20, RI] Hernandez Hernandez, J., Salazar, S., López-Gutiérrez, R., Gonzalez Mendoza, A., et Lozano, R. Robust nonsingular fast terminal sliding-mode control for Sit-to-Stand task using a mobile lower limb exoskeleton. Control Engineering Practice, volume 101(104496), 2020.
- [IJ20, RI] Ibarra-Jimenez, E., Castillo Garcia, P., et Abaunza, H. Nonlinear control with integral sliding properties for circular aerial robot trajectory tracking: Real-time validation. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, volume 30(2):609–635, 2020.
- [Li20a, RI] Li, X., Grandvalet, Y., et **Davoine**, **F.** A baseline regularization scheme for transfer learning with convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, volume 98(107049), 2020.
- [Li20b, RI] Li, X., Grandvalet, Y., Davoine, F., Cheng, J., Cui, Y., Zhang, H., Belongie, S., Tsai, Y.H., et Yang, M.H. Transfer Learning in Computer Vision Tasks: Remember Where You Come From. *Image and Vision Computing*, volume 93(103853), 2020
- [Mas20, RI] Masi, S., Xu, P., et Bonnifait, P. Roundabout Crossing with Interval Occupancy and Virtual Instances of Road Users. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pages 1–13, 2020.



- [OT20, RI] Ortiz-Torres, G., Castillo Garcia, P., Sorcia-Vazquez, F., Rumbo-Morales, J., Brizuela-Mendoza, J., De La, J., et Martmnez-Garcia, M. Fault Estimation and Fault Tolerant Control Strategies applied to VTOL Aerial Vehicles with Soft and Aggressive Actuator Faults. *IEEE Access*, volume 8:10649–10661, 2020.
- [Ran20, RI] Rangel, M.A.G., Manzanilla, A., Suarez, A.E.Z., Muñoz, F., Salazar, S., et Lozano, R. Adaptive Non-singular Terminal Sliding Mode Control for an Unmanned Underwater Vehicle: Real-time Experiments. *International Journal of Control, Automation and Systems*, volume 18(3):615–628, 2020.
- [Sag20, RI] Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I., et Vallery, G. User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, pages 1–15, 2020.
- [San20, RI] Sanchez, L.F.F., Abaunza, H., et Castillo Garcia, P. User-Robot Interaction For Safe Navigation of a Quadrotor. *Robotica*, volume 38(12):2189 2203, 2020.
- [Vie20, RI] Viehweger, M., Vaseur, C., van Aalst, S., Acosta, M., Regolin, E., Alatorre Vaz-quez, A.G., Desmet, W., Naets, F., Ivanov, V., Ferrara, A., et Corrêa Victorino, A. Vehicle state and tyre force estimation: demonstrations and guidelines. Vehicle System Dynamics, pages 1–28, 2020.
- [Wel20, RI] Welte, A., Xu, P., Bonnifait, P., et Zinoune, C. Improved Data Association Using Buffered Pose Adjustment for Map-Aided Localization. *IEEE Robotics and Automation Letters*, volume 5(4):6334–6341, 2020.
- [Yu20, RI] Yu, C., Cherfaoui, V., Bonnifait, P., et Yang, D.G. Managing Localization Uncertainty to Handle Semantic Lane Information from Geo-Referenced Maps in Evidential Occupancy Grids. *Sensors*, volume 20(2):352, 2020.
- [Aba19, RI] Abaunza, H. et Castillo Garcia, P. Quadrotor Aggressive Deployment, Using a Quaternion-based Spherical Chattering-free Sliding-mode Controller. *IEEE Transactions* on Aerospace and Electronic Systems, volume 56(3):1979–1991, 2019.
- [AH19, RI] Al Hage, J., Mafrica, S., El Badaoui El Najjar, M., et Ruffier, F. Informational Framework for Minimalistic Visual Odometry on Outdoor Robot. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, volume 68(8):2988–2995, 2019.
- [Bel19, RI] Belkadi, A., Abaunza, H., Ciarletta, L., Castillo Garcia, P., et Theilliol, D. Design and implementation of distributed path planning algorithm for a fleet of UAVs. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, volume 55(6):2647–2657, 2019.
- [Cas19, RI] Castillo, F., López-Gutiérrez, R., Santos-Sanchez, O.J., Osório, A.J., Salazar, S., et Lozano, R. Finite Horizon Nonlinear Energy Optimizing Control in a Force Augmenting Hybrid Exoskeleton for the Elbow Joint. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, volume 26(6):2681–2688, 2019.
- [Che19a, RI] Chebly, A., Talj, R., et Charara, A. Coupled longitudinal/lateral controllers for autonomous vehicles navigation, with experimental validation. *Control Engineering Practice*, volume 88:79–96, 2019
- [Che19b, RI] Chen, Z., Tu, X., Xing, L., Fu, J., et Lozano, R. A Special kind of Sliding Mode Control for Nonlinear System with State Constraints. *IEEE Access*, volume 7:69998–70010, 2019.
- [CB19, RI] Conde Bento, L., Bonnifait, P., et Nunes, U. Set-Membership Position Estimation With GNSS Pseudorange Error Mitigation Using Lane-Boundary Measurements. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, volume 20(1):185–194, 2019.
- [Esc19, RI] Escobar, J.C., Lozano, R., et Bonilla Estrada, M. PVTOL Exact Linearization Control. *International Journal of Control*, volume 94(7):1794–1803, 2019
- [Fré19, RI] Frémont, V., Phan, M.T., et Thouvenin, I. Adaptive Visual Assistance System



- for Enhancing the Driver Awareness of Pedestrians. *International Journal of Human-Computer Interaction*, volume 36(9):856–869, 2019.
- [Gar19, RI] Garcia, O., Ordaz, P., Santos-Sanchez, O.J., Salazar, S., et Lozano, R. Backs-tepping and Robust Control for a Quadrotor in Outdoors Environments: An Experimental Approach. *IEEE Access*, volume 7, 2019.
- [IE19, RI] Izaguirre-Espinosa, C., Muñoz-Vázquez, A.J.J., Sánchez-Orta, A., Parra-Vega, V., et Fantoni, I. Fractional-order Control for Robust Position/Yaw Tracking of Quadrotors with Experiments. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, volume 27(4):1645–1650, 2019.
- [Jia19, RI] Jiang, K., Yang, D., Xie, S., Xiao, Z., Victorino, A.C., et **Charara, A.** Real-time estimation and prediction of tire forces using digital map for driving risk assessment. *Transportation research. Part C, Emerging technologies*, volume 107:463–489, 2019.
- [Liu19, RI] Liu, Q., Davoine, F., Yang, J., Cui, Y., Zhong, J., et Han, F. A Fast and Accurate Matrix Completion Method based on QR Decomposition and L 2,1-Norm Minimization. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, volume 30(3):803–817, 2019.
- [Man19, RI] Manzanilla, A., Reyes, S., Garcia, M., Mercado-Ravell, D., et Lozano, R. Autonomous Navigation for Unmanned Underwater Vehicles: Real-Time Experiments Using Computer Vision. *IEEE Robotics and Automation Letters*, volume 4(2):1351–1356, 2019.
- [Mou19, RI] Mouhagir, H., Talj, R., Cherfaoui, V., Aioun, F., et Guillemard, F. Evidential-Based Approach for Trajectory Planning With Tentacles, for Autonomous Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, volume 21(8):3485–3496, 2019.
- [OP19, RI] Oliva-Palomo, F., Munoz-Vazquez, A., Sanchez-Orta, A., Parra-Vega, V., Izaguirre-Espinosa, C., et Castillo Garcia, P. A Fractional Nonlinear PI-structure Control for Robust Attitude Tracking of Quadrotors. *IEEE Transactions on Aerospace* and Electronic Systems, volume 55(6):2911–2920, 2019.
- [Reg19, RI] Regolin, E., Alatorre Vazquez, A.G., Zambelli, M., Corrêa Victorino, A., Charara, A., et Ferrara, A. A Sliding-Mode Virtual Sensor for Wheel Forces Estimation With Accuracy Enhancement via EKF. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, volume 68(4):3457–3471, 2019.
- [Ren19, RI] Ren, B., Wang, Y., Luo, X., et Lozano, R. A Hybrid Adaptive Control Strategy for Industrial Robotic Joints. *IEEE Access*, volume 7:47034–47042, 2019.
- [Ros19, RI] Rosales, I., López Gutiérrez, J.R., Zamora, A., Salazar, S., Osorio-Cordero, A., Aguilar, H., et Lozano, R. Comparison of Control Techniques in a Weight Lifting Exoskeleton. *Journal of Bionic Engineering*, volume 16:663–673, 2019.
- [Sai19a, RI] Saif, O., Fantoni, I., et Zavala-Río, A. Distributed Integral Control of Multiple UAVs: Precise Flocking and Navigation. *IET Control Theory and Applications*, volume 13(13):2008–2017, 2019.
- [Ter19, RI] Termous, H., Shraïm, H., Talj, R., Francis, C., et Charara, A. Coordinated control strategies for active steering, differential braking and active suspension for vehicle stability, handling and safety improvement. Vehicle System Dynamics, volume 57(10):1494–1529, 2019.
- [Gne18, RI] Gnemmi, P., Changey, S., Wey, P., Roussel, E., Rey, C., Boutayeb, M., et Lozano, R. Flight phases with tests of a projectile-drone hybrid system. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, volume 26(6):2091–2105, 2018.
- [Hab18a, RI] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Supervised Band Selection in Hyperspectral Images using Single-Layer Neural Networks. *International Journal of Remote Sensing*, volume 40(10):3900–3926, 2018.



- [Hou18, RI] Hou, Z. et Fantoni, I. Interactive leader-follower consensus of multiple quadrotors based on composite nonlinear feedback control. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, volume 26(5):1732–1743, 2018.
- [IE18, RI] Izaguirre-Espinosa, C., Muñoz-Vázquez, A.J., Sanchez-Orta, A., Parra-Vega, V., et Castillo Garcia, P. Contact force tracking of quadrotors based on robust attitude control. Control Engineering Practice, volume 78:89–96, 2018.
- [Mer18, RI] Mercado, D., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Sliding mode collision-free navigation for quadrotors using monocular vision. *Robotica*, volume 36(10):1493–1509, 2018.
- [OP18, RI] Oliva-Palomo, F., Anand, S., Castillo Garcia, P., et Alazki, H. Nonlinear ellipsoid based attitude control for aggressive trajectories in a quadrotor: Closed-loop multi-flips implementation. *Control Engineering Practice*, volume 77:150–161, 2018.
- [Wan18, RI] Wang, X., Sekercioglu, A., Drummond, T., Frémont, V., Natalizio, E., et Fantoni, I. Relative Pose Based Redundancy Removal: Collaborative RGB-D Data Transmission in Mobile Visual Sensor Networks. Sensors, volume 18(8):2430, 2018.
- [Xu18, RI] Xu, P., Dherbomez, G., Héry, E., Abidli, A., et Bonnifait, P. System Architecture of a Driverless Electric Car in the Grand Cooperative Driving Challenge. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, volume 10(1):47–59, 2018.
- [Bor17, RI] Bordes, J.B., Davoine, F., Xu, P., et Denoeux, T. Evidential grammars: A compositional approach for scene understanding. Application to multimodal street data. *Applied Soft Computing*, volume 61:1173–1185, 2017.
- [CM17, RI] Campos Mercado, E., Chemori, A., Creuze, V., Torres Muñoz, J.A., et Lozano, R. Saturation based nonlinear depth and yaw control of underwater vehicles with stability analysis and real-time experiments. *Mechatronics*, volume 45:49–59, 2017.
- [CB17, RI] Conde Bento, L., Bonnifait, P., et Nunes, U. Cooperative GNSS Positioning aided by Road-Features Measurements. Transportation research. Part C, Emerging technologies, volume 79:42–57, 2017.
- [DM17, RI] De Miras, J., Nguyen, H.P., Charara, A., Eltabach, M., et Bonnet, S. Asynchronous machine rotor speed estimation using a tabulated numerical approach. Mechanical Systems and Signal Processing, volume 97:84–94, 2017
- [Erd17, RI] Erdelj, M., Saif, O., Natalizio, E., et Fantoni, I. UAVs that fly forever: Uninterrupted structural inspection through automatic UAV replacement. Ad Hoc Networks, volume 94:101612, 2017.
- [GS17, RI] Guerrero-Sanchez, M.E., Mercado-Ravell, D.A., Lozano, R., et Garcia Beltran, C.D. Swing- attenuation for a quadrotor transporting a cable suspended payload. ISA Transactions, volume 68:433–449, 2017.
- [Las17a, RI] Lassoued, K., Bonnifait, P., et Fantoni, I. Cooperative Localization with Reliable Confidence Domains between Vehicles sharing GNSS Pseudoranges Errors with no Base Station. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, volume 9(1):22–34, 2017.
- [LE17, RI] Loup-Escande, E., Frenoy, R., Poplimont, G., Thouvenin, I., Gapenne, O., et Megalakaki, O. Contributions of mixed reality in a calligraphy learning task: Effects of supplementary visual feedback and expertise on cognitive load, user experience and gestural performance. Computers in Human Behavior, volume 75:42–49, 2017.
- [Muñ17, RI] Muñoz, F., Espinoza, E.S., Salazar, S., Gonzalez, I., et Lozano, R. Second Order Sliding Mode Controllers for Altitude Control of a Quadrotor UAS: Real-Time Implementation in Outdoor Environments. Neurocomputing, volume 233:61–71, 2017.
- [Sai17, RI] Saied, M., Shraim, H., Lussier, B., Fantoni, I., et Francis, C. Local controllability and attitude stabilization of multirotor UAVs: Validation on a coaxial octorotor.



- Robotics and Autonomous Systems, volume 91:128-138, 2017.
- [Tao17, RI] Tao, Z., Bonnifait, P., Frémont, V., Ibañez-Guzmán, J., et Bonnet, S. Road-centred map-aided localization for driverless cars using single-frequency GNSS receivers. Journal of Field Robotics, volume 34(5):1010–1033, 2017.
- [Zho17, RI] Zhou, D., Frémont, V., Quost, B., Dai, Y., et Li, H. Moving object detection and segmentation in urban environments from a moving platform. *Image and Vision Computing*, volume 68:76–87, 2017.

Autres publications en revues (ACL)

- [Bon21, RI] Bonnifait, P. et Zinoune, C. Introduction aux techniques de navigation autonome pour les véhicules intelligents. *Techniques de l'Ingenieur*, (Réf : S7819 v1) :1–20, 2021
- [Flo21, RI] Flores, D., González-Hernández, I., Lozano, R., Vazquez-Nicolas, J.M., et Hernandez Toral, J.L. Automated Agave Detection and Counting Using a Convolutional Neural Network and Unmanned Aerial Systems. *Drones*, volume 5(1):4, 2021.
- [Mas21, RI] Masson, M.H., Destercke, S., et **Cherfaoui, V.** Inference and decision in credal occupancy grids: use case on trajectory planning. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, volume 29(4):537–557, 2021.
- [Zhu21a, RI] Zhu, Z.z., Adouane, L., et Quilliot, A. A Decentralized Multi-Criteria Optimization Algorithm for Multi-Unmanned Ground Vehicles (MUGVs) Navigation at Signal-Free Intersection. IFAC-PapersOnLine, Special issue, IFAC Control in Transportation Systems, volume 54(2):327–334, 2021.
- [Zhu21b, RI] Zhu, Z.z., Adouane, L., et Quilliot, A. Flexible multi-unmanned ground vehicles (MUGVs) in intersection coordination based on ε -constraint probability collectives algorithm. International Journal of Intelligent Robotics and Applications, volume 5:156–175, 2021.
- [CE20, RI] Cariño Escobar, J., Lozano, R., et Bonilla Estrada, M. Two PVTOLs cooperative slung-load transport control based on passivity. *Advanced Control for Applications : Engineering and Industrial Systems*, volume 2(1):e22, 2020.
- [MN20, RI] Mejia-Nava, R.A., Adnan, I., et **Lozano**, **R**. Instability phenomena and their control in statics and dynamics: Application to deep and shallow truss and frame structures. *Coupled systems mechanics*, volume 9(1):47–62, 2020.
- [Oli20, RI] Olivares, D., Romero, G., Guerrero, J., et Lozano, R. Robustness Analysis for Multi-Agent Consensus Systems with Application to DC Motor Synchronization. Applied Sciences, volume 10(18):6521, 2020.
- [SR20, RI] Sanchez-Rivera, L.M., Lozano, R., et Arias, A. Development, Modeling and Control of a Dual Tilt-Wing UAV in Vertical Flight. *Drones*, volume 4(4):71, 2020.
- [Blo19, RI] Blondel, P., Potelle, A., Pégard, C., et Lozano, R. Collaborative training of far infrared and visible models for human detection. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization*, volume 10:A15, 2019.
- [Dav19, RI] Davoine, F. et Bonjour, E. Editorial Special issue on System of Systems Engineering. Systems Engineering, volume 22(6):435–436, 2019.
- [GS19, RI] Guerrero-Sánchez, M.E., Hernández-González, O., Lozano, R., García-Beltrán, C.D., Valencia-Palomo, G., et López-Estrada, F.R. Energy-Based Control and LMI-Based Control for a Quadrotor Transporting a Payload. *Mathematics*, volume 7(11):1090, 2019.



- [Her19, RI] Hernandez, O., Guerrero-Sánchez, M.E., Farza, M., Menard, T., M'saad, M., et Lozano, R. High gain observer for a class of nonlinear systems with coupled structure and sampled output measurements: application to a quadrotor. *International Journal* of Simulation: Systems, Science and Technology, volume 50(5):1089–1105, 2019.
- [HT19, RI] Hernandez Toral, J.L., Gonzalez Hernandez, I., et Lozano, R. Sun Tracking Technique Applied to a Solar Unmanned Aerial Vehicle. *Drones*, volume 3(2):51, 2019.
- [Iva19, RI] Ivanov, V., Savitski, D., Augsburg, K., Els, S., Kat, C.J., Botha, T., Dhaens, M., Sandu, C., He, R., Mcbride, S., Alatorre Vazquez, A.G., et Corrêa Victorino, A. Challenges of Integrated Vehicle Chassis Control: Some Findings of the European Project EVE. *IEEJ Journal of Industry Applications*, volume 8(2):218–230, 2019
- [MR19, RI] Mercado-Ravell, D., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Visual detection and tracking with UAVs, following a mobile object. Advanced Robotics, volume 33(7-8):388– 402, 2019.
- [Muñ19, RI] Muñoz, F., Espinoza, E., González-Hernández, I., Salazar, S., et Lozano, R. Robust Trajectory Tracking for Unmanned Aircraft Systems using a Nonsingular Terminal Modified Super-Twisting Sliding Mode Controller. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 93(1-2):55–72, 2019.
- [Sai19b, RI] Saied, M., Lussier, B., Fantoni, I., Shraim, H., et Francis, C. Active versus passive fault-tolerant control of a redundant multirotor UAV. *Aeronautical Journal -New Series*-, volume 124(1273):385–408, 2019.
- [AV18, RI] Alatorre Vazquez, A.G., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Robust Multi-Model Tire-Ground forces Estimation Scheme. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, volume 3(4):486–500, 2018.
- [Dou18, RI] Doudou, M.S., Bouabdallah, A., et **Cherfaoui, V.** A Light on Physiological Sensors for Efficient Driver Drowsiness Detection System. *Sensors & Transducers Journal*, volume 224(8):39–50, 2018.
- [EF18, RI] Espinoza-Fraire, A., Chen, Y., Dzul, A., Lozano, R., et Juarez, R. Fixed-Wing MAV Adaptive PD Control Based on a Modified MIT Rule with Sliding-Mode Control. Journal of Intelligent and Robotic Systems, volume 91(1):101–114, 2018.
- [Hab18b, RN] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Unsupervised Hyperspectral Band Selection Using Clustering and Single-layer Neural Network. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, pages 33–42, 2018.
- [Li18, RI] Li, F., Bonnifait, P., et Ibanez-Guzman, J. Map-Aided Dead-Reckoning With Lane-Level Maps and Integrity Monitoring. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, volume 3(1):81–91, 2018.
- [Aba17a, RN] Abaunza, H. et Castillo Garcia, P. Les applications de drones aériens L'utilisation civile des UAVs. *Techniques de l'Ingenieur*, volume 42623210 :S7816v1, 2017
- [Din17, RI] Diniz, W.F., Frémont, V., Fantoni, I., et Nóbrega, E.G. An FPGA-based architecture for embedded systems performance acceleration applied to Optimum-Path Forest classifier. *Microprocessors and Microsystems: Embedded Hardware Design (MIC-PRO)*, volume 52:261 – 271, 2017.
- [Gad17, RI] Gadi, S., Osorio-Cordero, A., Lozano, R., et Garrido, R. Stability Analysis of a Human Arm Interacting with a Force Augmenting Device. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 86(2):215–224, 2017.
- [Gon17, RI] González, I., Salazar, S., Rodriguez Mata, A.E., Muñoz, F., López, R., et Lozano, R. Enhanced robust altitude controller via integral sliding modes approach for a Quad-rotor aircraft: Simulations and Real-Time results. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 88(2-4):300–313, 2017.



- [GS17a, RI] Guerrero-Sanchez, M.E., Abaunza, H., Castillo Garcia, P., Lozano, R., et Garcia Beltran, C.D. Quadrotor Energy- Based Control Laws. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 88(2-4):347–377, 2017.
- [GS17b, RI] Guerrero-Sanchez, M.E., Abaunza, H., Castillo Garcia, P., Lozano, R., Garcia-Beltran, C.D., et Rodriguez-Palacios, A. Passivity-Based Control for a Micro Air Vehicle Using Unit Quaternions. Applied Sciences, volume 7(1):1–13, 2017.
- [Las17b, RI] Lassoued, K., Sophy, T., Jouanguy, J., et Moyne, L.L. Fluid flow simulation over complex shape objects using image processing to achieve mesh generation. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, volume 12(1):54–68, 2017.
- [LG17, RI] López Gutiérrez, J.R., Rodriguez Mata, A.E., Salazar, S., Gonzalez, I., et Lozano, R. Robust Quadrotor Control: Attitude and Altitude Real-Time Result. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, volume 88(2-4):286–299, 2017.
- [Val17, RI] Valentini, G., Ferrante, E., et Dorigo, M. The Best-of-n Problem in Robot Swarms: Formalization, State of the Art, and Novel Perspectives. *Frontiers in Robotics and AI*, volume 4:1–9, 2017.

Communications majeures avec actes dans des conférences (ACTI+)

- [Bel21, CI] Bellingard, K., Adouane, L., et Peyrin, F. Safe Overtaking Maneuver for Autonomous Vehicle under Risky Situations based on Adaptive Velocity Profile. In 24th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2021), pages 304–311. Indianapolis, United States, 2021.
- [Bou21, CI] Boucaud, F., Pelachaud, C., et Thouvenin, I. Decision Model for a Virtual Agent that can Touch and be Touched. In 20th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS 2021). Londres (virtual), United Kingdom, 2021.
- [DS21, CI] De Souza, C., Newbury, R., A., C., Castillo Garcia, P., Vidolov, B., et D., K. Decentralized Multi-Agent Pursuit using Deep Reinforcement Learning. In IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2021). Xi'an, China, 2021.
- [Duh21, Cl] Duhautbout, T., Talj, R., Cherfaoui, V., Aioun, F., et Guillemard, F. Generic Trajectory Planning Algorithm for Urban Autonomous Driving. In 20th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2021). Ljubljana, Slovenia, 2021.
- [Far21, CI] Faruffini, F., Pousseur, H., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Context Modelling applied to the Intelligent Vehicle Navigation. In 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2021), pages 1–6. Toronto, Canada, 2021.
- [Ham21, CI] Hamdan, A., Talj, R., et Cherfaoui, V. A Fuzzy Logic Shared Steering Control Approach For Semi-Autonomous Vehicle. In 20th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2021). Ljubljana, Slovenia, 2021.
- [Ibe21a, CI] Iberraken, D. et Adouane, L. Multi-Hypothesis Evasive Maneuvers for Safe Autonomous Navigation. In 20th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2021), pages 988–995. Ljubljana, Slovenia, 2021.
- [Lim21, CI] Lima, A., Bonnifait, P., Cherfaoui, V., et Al Hage, J. Data Fusion with Split Covariance Intersection for Cooperative Perception. In 24th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2021), pages 1112–1118. Indianapolis, United States, 2021.
- [Mas21, CI] Masi, S., leng, S.S., Xu, P., et Bonnifait, P. Augmented Perception with Cooperative Roadside Vision Systems for Autonomous Driving in Complex Scenarios.



- In 24th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2021), pages 1140–1146. Indianapolis, United States, 2021.
- [Mur21, CI] Murta, B., Corrêa Victorino, A., et Guilherme Baêta, J. A Model-less Approach for Estimating Vehicles Sideslip Angle by a Neural Network Concept. In IEEE International Conference on Mechatronics (ICM 2021), pages 1–6. Kashiwa, Japan, 2021.
- [Sai21, CI] Said, A., Talj, R., Francis, C., et Shraim, H. Local trajectory planning for autonomous vehicle with static and dynamic obstacles avoidance. In *24th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2021)*, pages 410–416. Indianapolis, United States, 2021.
- [San21a, Cl] Sanchez, C., Xu, P., Armand, A., et Bonnifait, P. Spatial Sampling and Integrity in Lane Grid Maps. In 32nd IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2021). Nagoya, Japan, 2021.
- [San21b, CI] Santos, M.F. et Corrêa Victorino, A. Autonomous vehicle navigation based in a hybrid methodology: model based and machine learning based. In *IEEE International Conference on Mechatronics (ICM 2021)*, pages 1–6. Kashiwa, Japan, 2021.
- [Sho21, CI] Shour, A., Pousseur, H., Corrêa Victorino, A., et Cherfaoui, V. Shared Decision-Making Forward an Autonomous Navigation for Intelligent Vehicles. In IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2021), pages 1634– 1640. Melbourne, Australia, 2021.
- [Wel21, CI] Welte, A., Xu, P., Bonnifait, P., et Zinoune, C. HD Map Errors Detection using Smoothing and Multiple Drives. In 2021 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV Workshops), pages 37–42. Nagoya, Japan, 2021.
- [Zhu21a, Cl] Zhu, Z.z., Adouane, L., et Quilliot, A. Hierarchical Control for Trajectory-based Intelligent Navigation in Urban Adjacent Intersections. In 24th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2021), pages 948–954. Indianapolis, United States, 2021.
- [Aba20, CI] Abaunza, H., Castillo Garcia, P., Theilliol, D., Belkadi, A., et Ciarletta, L. Cylindrical bounded quaternion control for tracking and surrounding a ground target using UAVs. In 21st IFAC World Congress, IFAC 2020. Berlin, Germany, 2020
- [Ber20, CI] Bernardi, E., Masi, S., Xu, P., et Bonnifait, P. High Integrity Lane-level Occupancy Estimation of Road Obstacles Through LiDAR and HD Map Data Fusion. In 31st IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2020), pages 1873–1878. Las Vegas, United States, 2020.
- [BV20, CI] Betancourt-Vera, J., Balaguer, V., Castillo Garcia, P., Garcia Gil, P., et Lozano, R. Robust linear control scheme for nonlinear aerial systems: an experimental study on disturbance rejection. In 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2020), pages 1–6. Rhodes, Greece, 2020.
- [Cam20, CI] Camarda, F., Davoine, F., Cherfaoui, V., et Durand, B. Multisensor Tracking of Lane Boundaries based on Smart Sensor Fusion. In 31st IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2020), pages 1649–1654. Las Vegas, United States, 2020.
- [Cho20, CI] Chokor, A., Talj, R., Doumiati, M., et Charara, A. Effect of Roll Motion Control on Vehicle Lateral Stability and Rollover Avoidance. In American Control Conference (ACC 2020), pages 4868–4875. Denver, United States, 2020.
- [DS20, CI] De Souza, C., Castillo Garcia, P., et Vidolov, B. Reactive drone pursuit and obstacle avoidancebased in parallel navigation. In 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2020), pages 1–6. Rhodes, Greece, 2020.
- [Del20, CI] Delbene, A., De Souza, C., Castillo Garcia, P., Vidolov, B., et Baglietto, M. Trajectory Generation and Tracking for Phugoid Maneuvers Using a Mini-Airplane. In



- 28th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED'20), pages 44–49. Saint-Raphaël, France, 2020.
- [Ham20a, CI] Hamdan, A., Chokor, A., Talj, R., et Doumiati, M. A centralized multilayer LPV/H-infinity control architecture for vehicle's global chassis control, and comparison with a decentralized architecture. In 21st International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2020). Berlin (virtual), Germany, 2020.
- [Lim20, CI] Lima, A., Welte, A., Bonnifait, P., et Xu, P. LiDAR Observations by Motion Compensation and Scan Accumulation. In 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2020), pages 400–405. Shenzhen, China, 2020
- [Mas20, CI] Masi, S., Xu, P., et Bonnifait, P. A Curvilinear Decision Method for Two-lane Roundabout Crossing and its Validation under Realistic Traffic Flow. In 31st IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2020), pages 1290–1296. Las Vegas, United States, 2020.
- [Off20, CI] Offermannn, A., Castillo Garcia, P., et De Miras, J. Nonlinear Model and Control Validation of a Tilting Quadcopter. In 28th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED'20), pages 50–55. Saint-Raphaël, France, 2020.
- [San20, CI] Sanchez, C., Xu, P., Armand, A., et Bonnifait, P. Lane level context and hidden space characterization for autonomous driving. In 31st IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2020), pages 144–149. Las Vegas, United States, 2020.
- [AH19a, CI] Al Hage, J., Xu, P., et Bonnifait, P. High Integrity Localization With Multi-Lane Camera Measurements. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 1232–1238. Paris, France, 2019.
- [AH19b, CI] Al Hage, J., Xu, P., et Bonnifait, P. Student's t Information Filter with Adaptive Degree of Freedom for Multi-Sensor Fusion. In 22nd International Conference on Information Fusion (FUSION 2019), pages 839–846. Ottawa, Canada, 2019.
- [AV19, CI] Alatorre Vazquez, A.G., Vaseur, C., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Road profile and suspension state estimation boosted with vehicle dynamics conjectures. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 1809–1815. Paris, France, 2019.
- [Cap19a, CI] Capellier, E., Davoine, F., Cherfaoui, V., et Li, Y. Evidential deep learning for arbitrary LIDAR object classification in the context of autonomous driving. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 1304–1311. Paris, France, 2019.
- [Cho19a, CI] Chokor, A., Doumiati, M., Talj, R., et Charara, A. Design of a new gain-scheduled LPV/Hinf controller for vehicle's global chassis control. In 58th IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2019), pages 7602–7608. Nice, France, 2019.
- [Cv19, CI] Colmenares vazquez, J., Castillo Garcia, P., et Marchand, N. Nonlinear control for ground-air trajectory tracking by a hybrid vehicle: theory and experiments. In IAV 2019 - 10th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles (IAV 2019), volume 52, pages 19–24. Gdansk, Poland, 2019.
- [Guy19, CI] Guyard, R. et Cherfaoui, V. VANET distributed data fusion for traffic management. In 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), pages 1851–1856. Auckland, New Zealand, 2019.
- [Hér19a, CI] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. Distributed asynchronous cooperative localization with inaccurate GNSS positions. In 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), pages 1857–1863. Auckland, New Zealand, 2019.
- [Hér19b, CI] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. Pose and covariance matrix propagation issues in cooperative localization with LiDAR perception. In 30th IEEE Intelligent



- Vehicles Symposium (IV 2019), pages 1219-1224. Paris, France, 2019.
- [Ibe19a, CI] Iberraken, D., Adouane, L., et Denis, D. Reliable Risk Management for Autonomous Vehicles based on Sequential Bayesian Decision Networks and Dynamic Inter-Vehicular Assessment. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 2344–2351. Paris, France, 2019.
- [Ibe19b, CI] Iberraken, D., Adouane, L., et Denis, D. Multi-Controller Architecture for Reliable Autonomous Vehicle Navigation: Combination of Model-Driven and Data-Driven Formalization. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 245–251. Paris, France, 2019.
- [Jug19, CI] Jugade, S.C., Corrêa Victorino, A., et Cherfaoui, V. Shared Driving Control between Human and Autonomous Driving System via Conflict resolution using Non-Cooperative Game Theory. In 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), pages 2141–2147. Auckland, New Zealand, 2019.
- [Wel19a, CI] Welte, A., Xu, P., et Bonnifait, P. Four-Wheeled Dead-Reckoning Model Calibration using RTS Smoothing. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2019)*, pages 312–318. Montreal, Canada, 2019.
- [Wel19b, CI] Welte, A., Xu, P., Bonnifait, P., et Zinoune, C. Estimating the reliability of georeferenced lane markings for map-aided localization. In 30th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2019), pages 1225–1231. Paris, France, 2019.
- [Abc18, CI] Abci, B., Al Hage, J., Badaoui El Najjar, M.E., et Cocquempot, V. Multi-Robot Autonomous Navigation System Using Informational Fault Tolerant Multi-Sensor Fusion with Robust Closed Loop Sliding Mode Control. In 21st International Conference on Information Fusion (FUSION 2018), pages 1–5. Cambridge, France, 2018.
- [AV18, CI] Alatorre Vazquez, A.G., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Sideslip estimation algorithm comparison between Euler angles and quaternion approaches with black box vehicle model. In 15th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control (AMC 2018), pages 553–559. Tokyo, Japan, 2018.
- [Ass18a, CI] Assaad, M.A., Talj, R., et Charara, A. Cooperative Lateral Maneuvers Manager for Multi-Autonomous Vehicles. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2018)*, pages 2651–2656. Miyazaki, Japan, 2018.
- [Cap18, CI] Capellier, E., Davoine, F., Frémont, V., Ibañez-Guzmán, J., et Li, Y. Evidential grid mapping, from asynchronous LIDAR scans and RGB images, for autonomous driving. In 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2018), pages 2595–2602. Maui, Hawaii, United States, 2018.
- [Fri18, CI] Frisch, G., Xu, P., et Stawiarski, E. High integrity lane level localization using multiple lane markings detection and horizontal protection levels. In 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2018), pages 1496– 1501. Singapore, Singapore, 2018
- [Guy18a, Cl] Guyard, R. et Cherfaoui, V. Study of discounting methods applied to canonical decomposition of belief functions. In 21st International Conference on Information Fusion (FUSION 2018), pages 2505–2512. Cambridge, United Kingdom, 2018.
- [Jug18, CI] Jugade, S., Corrêa Victorino, A., Cherfaoui, V., et Kanarachos, S. Sensor based Prediction of Human Driving Decisions using Feed-forward Neural Networks for Intelligent Vehicles. In 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2018), pages 691–696. Maui, Hawaii, United States, 2018.
- [Li18a, CI] Li, X., Davoine, F., et Grandvalet, Y. A Simple Weight Recall for Semantic Segmentation: Application to Urban Scenes. In *29th IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (IV 2018), pages 1007–1012. Changshu, Suzhou, China, 2018.
- [Li18b, CI] Li, X., Grandvalet, Y., et Davoine, F. Explicit Inductive Bias for Transfer Lear-



- ning with Convolutional Networks. In 35th International Conference on Machine Learning (ICML 2018), volume 80, pages 2825–2834. Stockholm, Sweden, 2018.
- [Lou18, CI] Loukkal, A., Frémont, V., Grandvalet, Y., et Li, Y. Improving semantic segmentation in urban scenes with a cartographic information. In 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2018), pages 400–406. Singapore, Singapore, 2018
- [Mas18, CI] Masi, S., Xu, P., et Bonnifait, P. Adapting the Virtual Platooning Concept to Roundabout Crossing. In 29th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2018), pages 1366–1372. Changshu, China, 2018.
- [Wan18, CI] Wang, P., Xu, P., Bonnifait, P., et Jiang, J. Box Particle Filtering for SLAM with Bounded Errors. In 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2018), pages 1032–1038. Singapore, Singapore, 2018
- [Aba17, CI] Abaunza, H., Ibarra, E., Castillo Garcia, P., et Corrêa Victorino, A. Quaternion based control for circular UAV trajectory tracking, following a ground vehicle: Real-time validation. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 11453–11458. Toulouse, France, 2017.
- [Aco17, CI] Acosta, M., Alatorre Vazquez, A.G., Kanarachos, S., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Estimation of tire forces, road grade, and road bank angle using tire model-less approaches and Fuzzy Logic. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 14836–14842. Toulouse, France, 2017
- [AV17a, CI] Alatorre Vazquez, A.G., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Estimation of Wheel-Ground Contact Normal Forces: Experimental Data Validation. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 14843–14848. Toulouse, France, 2017
- [AV17b, CI] Alatorre Vazquez, A.G., Corrêa Victorino, A., et Charara, A. Robust Multi-Model Longitudinal Tire-force Estimation Scheme: Experimental Data Validation. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1–7. Yokohama, Japan, 2017
- [Bel17, CI] Belkadi, A., Abaunza, H., Ciarletta, L., Castillo Garcia, P., et Theilliol, D. Distributed path planning for controlling a fleet of UAVs: application to a team of quadrotors. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 15983–15988. Toulouse, France, 2017.
- [Che17a, Cl] Chebly, A., Talj, R., et Charara, A. Maneuver Planning for Autonomous Vehicles, with Clothoid Tentacles for Local Trajectory Planning. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1–6. Yokohama, Japan, 2017
- [Che17b, Cl] Chebly, A., Talj, R., et Charara, A. Coupled Longitudinal and Lateral Control for an Autonomous Vehicle Dynamics Modeled Using a Robotics Formalism. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 12526–12532. Toulouse, France, 2017
- [Cho17, Cl] Chokor, A., Talj, R., Charara, A., Doumiati, M., et Rabhi, A. Rollover Prevention Using Active Suspension System. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1706–1711. Yokohama, Japan, 2017
- [CV17, CI] Colmenares-Vazquez, J., Marchand, N., Castillo Garcia, P., et Gomez-Balderas, J.E. An Intermediary Quaternion-based Control for Trajectory Following Using a Quadrotor. In IROS 2017 - IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 5965–5970. Vancouver, Canada, 2017.



- [Fré17, CI] Frémont, V., Rodriguez Florez, S.A., et Wang, B. Mono-vision based moving object detection in complex traffic scenes. In 28th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2017), pages 1078–1084. Redondo Beach, United States, 2017.
- [Hab17a, CI] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Feature Selection for Hyperspectral Images using Single-Layer Neural Networks. In 8th International Conference on Pattern Recognition Systems (ICPRS 2017), pages 1–6. Madrid, Spain, 2017.
- [Hér17a, CI] Héry, E., Masi, S., Xu, P., et Bonnifait, P. Map-based Curvilinear Coordinates for Autonomous Vehicles. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1–7. Yokohama, Japan, 2017
- [Hér17b, CI] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. Along-track Localization for Cooperative Autonomous Vehicles. In 28th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2017), pages 511–516. Redondo Beach, CA, United States, 2017.
- [Iba17a, CI] Ibarra, E. et Castillo Garcia, P. Aerial autonomous catching ball using a nested second order sliding mode control. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 11415–11420. Toulouse, France, 2017.
- [Jea17a, CI] Jeanne, F., Soullard, Y., Oker, A., et Thouvenin, I. EBAGG: Error-Based Assistance for Gesture Guidance in Virtual Environments. In 17th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2017), pages 472–476. Timisoara, Romania, 2017
- [Jea17b, CI] Jeanne, F., Thouvenin, I., et Lenglet, A. A study on improving performance in gesture training through visual guidance based on learners' errors. In 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST'17), 24, pages 1–10. Göteborg, Sweden, 2017
- [Lag17, CI] Laghmara, H., Doumiati, M., Talj, R., et Charara, A. Yaw moment Lyapunov based control for In-Wheel-Motor-Drive Electric Vehicle. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), volume 50, pages 13828–13833. Toulouse, France, 2017
- [Li17a, Cl] Li, F., Bonnifait, P., et Ibañez-Guzmán, J. Estimating Localization Uncertainty Using Multi-hypothesis Map-Matching on High-Definition Road Maps. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1–6. Yokohama, Japan, 2017
- [Li17b, Cl] Li, F., Bonnifait, P., Ibañez-Guzmán, J., et Zinoune, C. Lane-level mapmatching with integrity on high-definition maps. In 28th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2017), pages 1176–1181. Los Angeles, CA, United States, 2017.
- [Mah17, CI] Mahdoui, N., Frémont, V., et Natalizio, E. Cooperative Exploration Strategy for Micro-Aerial Vehicles Fleet. In *IEEE International Conference on Multisensor Fusion* and Integration for Intelligent Systems (MFI 2017), pages 180–185. Daegu, South Korea, 2017.
- [Man17a, CI] Manzanilla, A., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Nonlinear algorithm with adaptive properties to stabilize an underwater vehicle: real-time experiments. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 6857–6862. Toulouse, France, 2017.
- [Mou17a, CI] Mouhagir, H., Cherfaoui, V., Talj, R., Aioun, F., et Guillemard, F. Using Evidential Occupancy Grid for Vehicle Trajectory Planning Under Uncertainty with Tentacles. In 20th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2017), pages 1–7. Yokohama, Japan, 2017
- [Mou17b, CI] Mouhagir, H., Talj, R., Cherfaoui, V., Aioun, F., et Guillemard, F. Trajectory planning for autonomous vehicle in uncertain environment using evidential grid. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017),



- volume 50, pages 12545-12550. Toulouse, France, 2017
- [Rui17, CI] Ruifang, D., Frémont, V., Lacroix, S., Fantoni, I., et Changan, L. Line-based Monocular Graph SLAM. In IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2017), pages 494–500. Daegu, South Korea, 2017.
- [Sai17, CI] Saied, M., Lussier, B., Fantoni, I., Shraim, H., et Francis, C. Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control of an Octorotor UAV using motors speeds measurements. In 20th International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2017), pages 5263–5268. Toulouse, France, 2017.
- [Spa17, CI] Spaenlehauer, A., Frémont, V., Sekercioglu, A., et Fantoni, I. A Loosely-Coupled Approach for Metric Scale Estimation in Monocular Vision-Inertial Systems. In IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2017), pages 137–143. Daegu, South Korea, 2017.

Autres communications avec actes dans des conférences (ACTI)

- [Ala21, CI] Alatorre, A., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Least Airspeed Reduction Strategy & Flight Recuperation of a Fixed-Wing Drone. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS'21)*, pages 750–757. Athens, Greece, 2021.
- [Ari21, CI] Arizaga, J., Castaneda, H., et Castillo Garcia, P. Payload Swing Attenuation of a Fully-Actuated Hexacopter via Extended High Gain Observer Based Adaptive Sliding Control. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS'21)*, pages 901–908. Athens, Greece, 2021.
- [Baï21, CI] Baïou, M., Mombelli, A., Quilliot, A., Adouane, L., et Zhu, Z.z. Algorithms for the Safe Management of Autonomous Vehicles. In 16th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS 2021), volume 25, pages 153–162. Sofia, Bulgaria, 2021.
- [Esc21, CI] Escourrou, M., Al Hage, J., et Bonnifait, P. NDT Localization with 2D Vector Maps and Filtered LiDAR Scans. In *European Conference on Mobile Robots (ECMR 2021)*. Bonn (on line), Germany, 2021.
- [Far21a, CI] Faruffini, F., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Towards a Semantic Model of the Context of Navigation. In 5th International Conference on Information and Knowledge Systems (ICIKS 2021), volume 425, pages 168–183. online, France, 2021
- [Far21b, CI] Faruffini, F., Corrêa Victorino, A., et Abel, M.H. Vehicle Autonomous Navigation with Context Awareness. In 2nd IEEE International Conference on Human-Machine Systems ((ICHMS 2021), pages 1–4. Magdeburg, Germany, 2021.
- [Gra21, CI] Grandidier, M., Boucaud, F., Thouvenin, I., et Pelachaud, C. Softly: Simulated Empathic Touch between an Agent and a Human. In *29th ACM International Conference on Multimedia*. Chengdu, China, 2021.
- [Ibe21b, CI] Iberraken, D. et Adouane, L. An Evasive Strategy for Safe Autonomous Navigation using Bayesian Networks and CMA-ES. In 9th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications (RiTA'21). Daejeon, South Korea, 2021.
- [Kat21, CI] Katt, C., Castaneda, H., et Castillo Garcia, P. Formation-Containment for a MAV Fleet Under Perturbations via Adaptive Sliding Mode Approach. In *Internatio-nal Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS'21)*, pages 1530–1537. Athens, Greece, 2021.



- [Ton21, CI] Tong, Z., Xu, P., et Denœux, T. Fusion of evidential CNN classifiers for image classification. In 6th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2021), volume 12915, pages 168–176. Shanghai, China, 2021.
- [Zhu21b, Cl] Zhu, Z.z., Adouane, L., et Quilliot, A. Intelligent Traffic Based on Hybrid Control Policy of Connected Autonomous Vehicles in Multiple Unsignalized Intersections. In 5th IEEE International Conference on Smart City Innovations (SCI 2021). Atlanta, United States, 2021.
- [Ana20, CI] Anand, S., Castillo Garcia, P., Oliva-Palomo, F., Betancourt-Vera, J., Parra-Vega, V., Gallegos-Bermudez, L., et Ruiz-Sánchez, F. Aerial Following of a Non-Holonomic Mobile Robot Subject to Velocity Fields: A Case Study for Autonomous Vehicles Surveillance. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2020)*, pages 1093–1102. Athens, Greece, 2020.
- [BL20, CI] Ben-Lakhal, N., Nasri, O., Adouane, L., et Ben Hadj Slama, J. Reliable Modeling for Safe Navigation of Intelligent Vehicles: Analysis of First and Second Order Set-membership TTC. In 17th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2020), volume 1, pages 545–552. Paris (on line), France, 2020.
- [Bou20, CI] Boucaud, F., Thouvenin, I., et Pelachaud, C.I. Quand et Comment Toucher un Humain? Un Modèle de Décision pour un Agent Touchant. In Workshop sur les Affects, Compagnons artificiels et Interactions (WACAI 2020). Saint Pierre d'Oléron, France, 2020.
- [Ham20b, CI] Hamdan, A., Chokor, A., Talj, R., et Doumiati, M. A decentralized multilayer sliding mode control architecture for vehicle's global chassis control, and comparison with a centralized architecture. In 2nd International Conference on Electronic Engineering and Renewable Energy (ICEERE 2020), volume 681, pages 583–591. Saidia, Morocco, 2020.
- [Mou20a, CI] Mounsif, M., Lengagne, S., Thuilot, B., et **Adouane**, **L.** CoachGAN: Fast Adversarial Transfer Learning between differently shaped entities. In *17th International Conference on Informatics in Control*, Automation and Robotics (ICINCO 2020), volume 1, pages 89–96. Paris, France, 2020.
- [Mou20b, CI] Mounsif, M., Lengagne, S., Thuilot, B., et Adouane, L. BAM! Base Abstracted Modeling with Universal Notice Network: Fast Skill Transfer Between Mobile Manipulators. In 7th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2020), volume 1, pages 926–932. Prague, Czech Republic, 2020.
- [AL19, CI] Arizaga-Leon, J.M., Castañeda Cuevas, H., et Castillo Garcia, P. Adaptive Control for a Tilted-Motors Hexacopter UAS Flying on a Perturbed Environment. In International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019), pages 171–177. Altanta, United States, 2019.
- [Ass19, CI] Assaad, M.A., Talj, R., et Charara, A. Autonomous Driving as System of Systems: current state and a future roadmap. In 14th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2019), pages 102–107. Anchorage, Alaska, United States, 2019
- [Bou19, CI] Boucaud, F., Tafiani, Q., Pelachaud, C., et Thouvenin, I. Social Touch in Human-agent Interactions in an Immersive Virtual Environment. In 3rd International Conference on Human Computer Interaction Theory and Applications (HUCAPP 2019), pages 129–136. Prague, Czech Republic, 2019.
- [Cap19b, Cl] Capellier, E., Davoine, F., Cherfaoui, V., et Li, Y. Transformation-adversarial network for road detection in LIDAR rings, and model-free evidential road grid mapping. In 11th Workshop on Planning, Perception, Navigation for Intelligent



- Vehicle (PPNIV IROS 2019), pages 47-52. Macao, China, 2019.
- [Cha19, Cl] Chaveroche, M., Davoine, F., et Cherfaoui, V. Efficient Möbius Transformations and their applications to D-S Theory. In 13th International Conference on Scalable Uncertainty Management (SUM 2019), pages 390–403. Compiègne, France, 2019.
- [Cho19b, Cl] Chokor, A., Talj, R., Doumiati, M., et Charara, A. A Global Chassis Control System Involving Active Suspensions, Direct Yaw Control and Active Front Steering. In 9th IFAC Advances in Automotive Control (AAC 2019), volume 52, pages 444–451. Orléans, France, 2019.
- [Duh19, CI] Duhautbout, T., Moras, J., et Marzat, J. Distributed 3D TSDF Manifold Mapping for Multi-Robot Systems. In *European Conference on Mobile Robots (ECMR 2019)*, pages 1–8. PRAGUE, Czech Republic, 2019.
- [FP19, CI] Flores-Palmeros, P.F., Castillo Garcia, P., et Castaños, F. Backstepping-Based Controller for Flight Formation. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 263–269. Atlanta, United States, 2019.
- [FS19, CI] Flores-Santiago, J., Salazar, S., et Lozano, R. Hybrid autogyro: airborne wind energy conversion autorrotation. In *International Conference on Unmanned Aircraft* Systems (ICUAS 2019), pages 1255–1260. Atlanta, United States, 2019.
- [Gar19, CI] García, J., Contreras, J., Calzón, M.T.F., Tijero, E.D., Ibañez-Guzmán, J., Stawiarski, E., Avellone, G., Xu, P., Falletti, E., et Ortiz, M. High accurate positioning for autonomous vehicles enabled by connectivity. In 25th Ka and Broadband Communications Conference. Sorrento, Italy, 2019.
- [GH19, CI] Gonzalez Hernandez, I., Hernandez Toral, J.L., Vazquez, J.M., et Lozano, R. Enhanced hover mode control of a quadrotor aircraft based on nested saturation. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*. Atlanta, United States, 2019.
- [Ham19, CI] Hamadi, H., Lussier, B., Fantoni, I., Francis, C., et Shraim, H. Observer-based Super Twisting Controller Robust to Wind Perturbation for Multirotor UAV. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 397–405. Atlanta, GA, United States, 2019.
- [HT19, CI] Hernandez Toral, J.L., Gonzalez Hernandez, I., et Lozano, R. Attitude and altitude control of a fixed wing UAV applied to photogrammetry. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 498–502. Atlanta, United States, 2019.
- [Mou19, CI] Mounsif, M., Lengagne, S., Thuilot, B., et Adouane, L. Universal Notice Network: Transferable Knowledge Among Agents. In 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2019), pages 563–568. Paris, France, 2019.
- [Off19, CI] Offermannn, A., Castillo Garcia, P., et De Miras, J. Control of a PVTOL with tilting rotors. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 1451–1457. Atlanta, United States, 2019.
- [San19, CI] Sanchez, L.M., Lozano, R., et Arias, A. Pitching moment analysis and adjustement for tilt-wing UAV in VTOL mode. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 1445–1450. Atlanta, United States, 2019.
- [Tij19, Cl] Tijero, E.D., Moreno, A.C., Calzón, M.F., García, J., Ibañez-Guzmán, J., Stawiarski, E., Xu, P., Avellone, G., Pisoni, F., Falletti, E., et Ortiz, M. Autonomous vehicle high-accuracy position and integrity engine performance results. In 32nd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2019), pages 1234–1241. Miami, United States, 2019.



- [Var19, CI] Vargas, C., Suarez, J., Espinoza, E.S., Carrillo, L.R.G., et Lozano, R. Design and Implementation of an Artificial Neural Network Wavelet for Load Transportation with Two Unmanned Aircraft Systems. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019)*, pages 336–343. Atlanta, United States, 2019.
- [AH18, CI] Al Hage, J., Xu, P., et Bonnifait, P. Bounding Localization Errors With Student Distribution For Road Vehicles. In *International Technical Symposium on Navigation and Timing (ITSNT 2018)*. Toulouse, France, 2018.
- [Ass18b, CI] Assaad, M.A., Talj, R., et Charara, A. A System of Systems Framework: Cooperative Maneuvers Manager for Autonomous Vehicles. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 92–97. Paris, France, 2018.
- [BV18, CI] Betancourt-Vera, J., Castillo Garcia, P., Lozano, R., et Vidolov, B. Robust control scheme for trajectory generation and tracking for quadcopters vehicles: Experimental results *. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2018)*, pages 1118–1124. Dallas, United States, 2018.
- [Cam18a, CI] Camarda, F., Davoine, F., et Cherfaoui, V. Fusion of evidential occupancy grids for cooperative perception. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 284–290. Paris, France, 2018.
- [Cam18b, CI] Cambier, N., Frémont, V., Trianni, V., et Ferrante, E. Embodied Evolution of Self-Organised Aggregation by Cultural Propagation. In 11th International Conference on Swarm Intelligence (ANTS 2018), pages 351–359. Rome, Italy, 2018.
- [DS18, CI] De Souza, C., Castillo Garcia, P., Lozano, R., et Vidolov, B. Enhanced UAV pose estimation using a KF: experimental validation. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2018)*, pages 1255–1261. Dallas, United States, 2018.
- [Der18, CI] Dermy, O., Chaveroche, M., Colas, F., Charpillet, F., et Ivaldi, S. Prediction of Human Whole-Body Movements with AE-ProMPs. In *IEEE-RAS 18th International Conference on Humanoid Robots (HUMANOIDS 2018)*, pages 572–579. Beijing, China, 2018.
- [DT18, CI] Dominguez Tijero, E., Martinez Fernandez, L., Herrero Zarzosa, J.I., Garcia, J., Ibanez-Guzman, J., Stawiarski, E., Xu, P., Avellone, G., Pisoni, F., Falletti, E., et Ortiz, M. High Accuracy Positioning Engine with an Integrity Layer for Safety Autonomous Vehicles. In 31st International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2018), pages 1566–1572. Miami, United States, 2018.
- [Fir18, CI] Firat, Z., Ferrante, E., Cambier, N., et Tuci, E. Self-organised Aggregation in Swarms of Robots with Informed Robots. In *International Conference on Theory* and Practice of Natural Computing (TPNC 2018), volume 11324, pages 49–60. Dublin, Ireland, 2018.
- [Guy18b, Cl] Guyard, R. et Cherfaoui, V. Study of distributed data fusion using Dempster's rule and cautious operator. In 5th International Conference on Belief Functions (BELIEF 2018), pages 95–101. Compiègne, France, 2018.
- [Hab18, CI] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Unsupervised Band Selection in Hyperspectral Images using Autoencoder. In 9th International Conference on Pattern Recognition Systems (ICPRS-18). Valparaiso, Chile, 2018.
- [Har18, CI] Hartmann, M., Abaunza, H., Castillo Garcia, P., Stolz, M., et Watzenig, D. Pedestrian in the loop: An approach using flying drones. In *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC 2018)*, pages 1–6. Houston, United States, 2018



- [Hér18, CI] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. LiDAR based relative pose and covariance estimation for communicating vehicles exchanging a polygonal model of their shape. In 10th Workshop on Planning, Perception and Navigation for Intelligent Vehicles (PPNIV - IROS 2018). Madrid, Spain, 2018.
- [Jug18a, CI] Jugade, S. et Corrêa Victorino, A. Grid based Estimation of Decision Uncertainty of Autonomous Driving Systems using Belief Function theory. In 15th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems (CTS), volume 51, pages 261–266. Savona, Italy, 2018.
- [Jug18b, CI] Jugade, S., Corrêa Victorino, A., et Cherfaoui, V. Human-Intelligent System Shared Control Strategy with Conflict Resolution. In 14th International Conference on Control and Automation (ICCA 2018), pages 686–691. Anchorage, Alaska, United States, 2018
- [Mah18, CI] Mahdoui, N., Frémont, V., et Natalizio, E. Cooperative Frontier-Based Exploration Strategy for Multi-Robot System. In 13th Annual International Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018), pages 203–210. Paris, France, 2018.
- [McB18, CI] Mcbride, S., Sandu, C., Alatorre Vazquez, A.G., et Corrêa Victorino, A. Estimation of Vehicle Tire-Road Contact Forces: A Comparison Between Artificial Neural Network and Observed Theory Approaches. In SAE World Congress Experience (WCX 18). Detroit, United States, 2018.
- [OT18, CI] Ortiz-Torres, G., Castillo Garcia, P., et Reyes-Reyes, J. An Actuator Fault Tolerant Control for VTOL vehicles using Fault Estimation Observers: Practical validation
 *. In International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2018), pages 1054–1062. Dallas, United States, 2018.
- [Hab17b, CI] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Problem-Based Band Selection for hyperspectral images. In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2017)*, pages 1800–1803. Fort Worth, United States, 2017.
- [Iba17b, CI] Ibarra, E. et Castillo Garcia, P. Nonlinear super twisting algorithm for UAV attitude stabilization. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2017)*, pages 640–645. Miami, United States, 2017.
- [Li17, CI] Li, F., Bonnifait, P., et Ibañez-Guzmán, J. Using High Definition Maps to Estimate GNSS Positioning Uncertainty. In European Navigation Conference (ENC 2017). Lausanne, Switzerland, 2017.
- [Man17b, CI] Manfredi, S., Pascariello, C., Zema, N.R., Fantoni, I., et Król, M. A cooperative packet-loss-tolerant algorithm for Wireless Networked Robots rendezvous. In IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2017), pages 1058–1062. Silicon Valley, United States, 2017.
- [Ngu17, CI] Nguyen, H.P., De Miras, J., Charara, A., et Bonnet, S. A numerical approach for attitude control of a quadrotor. In 9th International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (IMAV 2017), pages 23–28. Toulouse, France, 2017.
- [San17, CI] Sanchez, L.F., Abaunza, H., et Castillo Garcia, P. Safe navigation control for a quadcopter using user's arm commands. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2017)*, pages 981–988. Miami, FL, United States, 2017.
- [SB17, CI] Santos-Brandao, A., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. On the guidance of an UAV Formation Applying Multi-Layer Control Scheme. In *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2017)*, pages 425–431. Miami, FL., United States, 2017.



Communications dans des conférences françaises (ACTN)

- [Cap19, CN] Capellier, E., Davoine, F., et Cherfaoui, V. Classification crédibiliste d'objets LIDAR en monde ouvert, par apprentissage profond. In XXVIIème Colloque francophonede traitement du signal et des images (GRETSI 2019). Lille, France, 2019.
- [Cha19, CN] Chaveroche, M., Davoine, F., et Cherfaoui, V. Calcul exact de faible complexité des décompositions conjonctive et disjonctive pour la fusion d'information. In XXVIIème Colloque francophonede traitement du signal et des images (GRETSI 2019). Lille, France, 2019.
- [Woj19, CN] Wojtkowski, B., Castillo Garcia, P., et Thouvenin, I. A New Exocentric Metaphor for Complex Path Following to Control a UAV Using Mixed Reality. In *Journées Française de l'Informatique graphique et de Réalité Virtuelle (JF.IG.RV 2019)*. Marseille, France, 2019.
- [Bou18, CN] Boucaud, F., Tafiani, Q., Pelachaud, C., et Thouvenin, I. Vers une prise en compte du toucher social dans les interactions humain-agent en environnement virtuel immersif. In *Journées de la Réalité Virtuelle (j•RV 2018)*. Evry, France, 2018.
- [Des18, CN] Destercke, S., Cherfaoui, V., Masson, M.H., Mouhagir, H., et Fakih, S. Inférences prudentes dans des grilles d'occupation : planification de trajectoires de véhicules dans l'incertain. In 27èmes Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2018), pages 283–289. Arras, France, 2018.
- [Hab18, CN] Habermann, M., Frémont, V., et Shiguemori, E.H. Clustering-based Unsupervised Hyperspectral Band Selection using Single-Layer Neural Networks. In *Conférence Française de Photogrammétrie et de Télédétection (CFPT 2018)*. Marne-la-Vallée, France, 2018.
- [Gro17, CN] Grosse, R., Lenne, D., **Thouvenin**, I., et Aubry, S. Menus circulaires et linéaires: Expérience utilisateur de méthodes d'interaction au regard. In *29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM-2017)*, pages 291–297. Poitiers, France, 2017.
- [Jea17, CN] Jeanne, F., Thouvenin, I., et Lenglet, A. Improving training performances with the EBAGG metaphor. In *Journées IGRV 2017*. Rennes, France, 2017.

Communications sans actes (COM)

- [Bon17, CO] Bonnifait, P. Cooperative localization for autonomous cars. Lessons learned from the Grand Cooperative Driving Challenge. In European Conference on Mobile Robotics (ECMR 2017). Paris, France, 2017.
- [Cam17, CO] Cambier, N., Frémont, V., et Ferrante, E. Group-size Regulation in Self-Organised Aggregation through the Naming Game. In *International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (SWARM 2017)*. Kyoto, Japan, 2017.
- [Hér17, CO] Héry, E., Xu, P., et Bonnifait, P. One-dimensional Cooperative Localization for Vehicles equipped with mono-frequency GNSS receivers. In *European Navigation Conference (ENC 2017)*. Lausanne, Switzerland, 2017.

Chapitres d'ouvrages scientifiques (OS)



- [Bro20, Ch] Brogliato, B., Lozano, R., Maschke, B., et Egeland, O. *Dissipative Systems Analysis and Control*. Communication and Control Engineering. Springer International Publishing, 2020.
- [Cos20, Ch] Costa, L.A., Corrêa Victorino, A., et Chaves, P.A.D. Development of an Intelligent Parking Aid System. In 5th Brazilian Technology Symposium, pages 123–131, 2020.
- [Tho20, Ch] Thouvenin, I. et Lelong, R. La réalité virtuelle démystifiée, 2020.
- [Las19, Ch] Lassoued, K. et Bonnifait, P. Cooperative Localization for Autonomous Vehicles Sharing GNSS Measurements. In COOPERATIVE LOCALIZATION AND NAVIGATION Theory, Research, and Practice (édité par C. Gao, G. Zhao, et H. Fourati). Taylor & Francis Group, 2019.
- [Aba18, Ch] Abaunza, H., Castillo Garcia, P., et Lozano, R. Quaternion Modeling and Control Approaches. In *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, 2018.
- [Man18, Ch] Manzanilla, A., Garcia, M.A., Lozano, R., et Salazar, S. Design and Control of an Autonomous Underwater Vehicle (AUV-UMI). In *Marine Robotics and Applications*, pages 87–100, 2018.
- [Aba17, Ch] Abaunza, H., Carino, J., et Castillo Garcia, P. Modeling approaches. In *Indoor navigation strategies for aerial autonomous systems. ISBN :780128051894*, 2017.
- [CG17, L] Castillo Garcia, P., Munoz Hernandez, L.E., et Garcia Gil, P. *Indoor Navigation Strategies for Aerial Autonomous Systems*, 2017
- [CV17, Ch] Colmenares-Vazquez, J., Marchand, N., Alatorre Vazquez, A.G., Mondié, S., et Castillo Garcia, P. Chapter 6: Nonlinear control algorithms with integral action. In *Indoor navigation strategies for aerial autonomous systems* (édité par L.E.M. P. Castillo et P. Garcia). Elsevier, 2017.

Brevets (P)

- [Nop21, P] Noppe, E. et De Miras, J. MULTI-ROTOR HYDRAULIC DRONE, 2021.
- [Li19a, P] Li, F., Ibañez-Guzman, J., et Bonnifait, P. Method for estimating the position of a vehicle on a map, 2019
- [Li19b, P] Li, F., Ibañez-Guzman, J., et Bonnifait, P. Method for selecting a restricted or empty set of hypotheses of possible positions of a vehicle, 2019.
- [Nop19, P] Noppe, E. et De Miras, J. Drone hydraulique multi-rotor, 2019.





Annexe A Compte-rendu de l'audit ZRR du 17/11/2021





Le Délégué Régional

Service Partenariat & Valorisation

Affaire suivie par: Damien DUCATTEAU (CoPPST)

E-mail: damien.ducatteau@dr18.cnrs.fr

Tél. 03.20.12.58.07

Compiègne, le 17/11/2021

Référence : **DD / PPST – CR / Audit / UMR7253 / 2021-11-17**

Objet : Compte-rendu de l'audit PPST/PSSI réalisé le 17/11/2021 au sein de l'UMR7253 HEUDIASYC — HEUristique et DIAgnostic des SYstèmes Complexes — relevant d'une Zone à Régime Restrictif (ZRR)

Personnes ayant participé à l'audit

- Christophe MULLER (Délégué Régional Délégation CNRS HdF)
- Cédric VAUTHEROT (Ingénieur Régional de Prévention et Sécurité Délégation CNRS HdF)
- Maxime FLAMANT (Responsable des Ressources Humaines Délégation CNRS HdF)
- Trang NGUYEN (RSI & Responsable de la Sécurité des Systèmes d'Information Délégation CNRS HdF)
- Damien DUCATTEAU (Responsable du Service Partenariat et Valorisation & CoPPST Délégation CNRS HdF)
- Philippe BONNIFAIT (Directeur d'Unité HEUDIASYC)
- Gildas BAYARD (CoPPST, responsable de la ZRR et responsable de la Sécurité des Systèmes d'Information HEUDIASYC)
- Gabriela DE SAINT-DENIS (Secrétaire Générale HEUDIASYC)
- Davis SAVOURAY (Responsable du Service Plateformes HEUDIASYC)
- Olivier GAPENNE (Fonctionnaire de Sécurité et Défense Université de Technologie de Compiègne)
- Jean-Marc BERENGUIER (Adjoint au Fonctionnaire de Sécurité et Défense Université de Technologie de Compiègne)
- Harry CLAISSE (Directeur des Systèmes d'information Université de Technologie de Compiègne)

Ordre du jour

- Rappel des grands principes de la PPST et de la PSSI
- Rappel des missions respectives du Directeur d'Unité et du Délégué Régional
- Objectifs et attendus de l'audit
- Moyens mis en œuvre
- Identification des risques spécifiques, des points de vulnérabilité et des axes d'amélioration (en incluant la dimension sécuritaire liée au PMS-AI)
- Plan d'actions à décliner et calendrier associé
- Conclusion

CNRS

Délégation Régionale Hauts-de-France 43 avenue Le Corbusier – BP 30123 59001 LILLE Cedex Tél. 03.20.12.58.00 www.hauts-de-france.cnrs.fr En préambule, Christophe MULLER, Délégué Régional CNRS des Hauts-de-France, rappelle que l'audit PPST/PSSI de l'Unité de recherche *HEUDIASYC - UMR7253* s'inscrit dans le cadre des missions régaliennes de la Délégation Régionale en termes d'accompagnement et de conseil auprès des Directeur·rice·s d'Unité dans la mise en œuvre des moyens nécessaires à la bonne application de la PPST et, en particulier, au sein des Unités relevant d'une ZRR.

Damien DUCATTEAU et Trang NGUYEN rappellent ensuite les grands principes de la PPST/PSSI et des missions respectives des Directeur·rice·s d'Unité et du Délégué Régional.

Accès physique au(x) bâtiments

L'Unité mixte de recherche *HEUDIASYC — UMR7253* — relève d'une ZRR globale découpée en 4 zones distinctes. La ZRR n°1, localisée dans le bâtiment central (département « génie informatique ») héberge les espaces destinés aux activités de recherche et répartis sur 3 niveaux ; cette zone n'englobe pas la totalité du bâtiment, certains espaces communs étant hors ZRR. Les ZRR n°2, n°3 et n°4 sont situées dans le bâtiment « Centre d'Innovation » et hébergent chacune des plateformes avec la répartition suivante :

- ZRR n°2 : Halles dédiées aux véhicules autonomes et aux drones ;
- ZRR n°3 : Salle de réalité virtuelle ;
- ZRR n°4 : Plateformes ferroviaires.

Chaque ZRR est indépendante et couvre une activité scientifique sensible différente. Les avis du HFDS sont donc rendus séparément pour chacune des ZRR.

Sujets abordés	Conformité (oui/non)	Points de vulnérabilité et/ou de vigilance	Observations	Actions curatives ou préventives	Échéancier et responsable					
	Accès physique au(x) bâtiments									
Contrôle de l'accès physique au(x) bâtiment(s)	Oui	La zone de vol extérieure des drones, à proximité du centre d'innovation, n'est pas en ZRR. Elle n'est utilisée que de façon occasionnelle pour des expérimentations spécifiques et qui ne présente pas de risque de PPST particulier	L'Unité est en ZRR globale avec 4 zones indépendantes localisées dans 2 bâtiments distincts : le bâtiment central (département « génie informatique ») et le Centre d'Innovation hébergeant les plateformes, avec une étanchéité stricte entre les différents espaces Les ZRR sont équipées d'un système récent de contrôle d'accès par badge qui peut être configuré indépendamment avec 17 profils d'accès différents. Ces accès peuvent, le cas échéant, être mixés avec des plages horaires variables selon les personnels Le serveur de gestion des badges d'accès et le système de vidéosurveillance sont hébergés par la DSI de l'UTC avec un poste déployé au sein de l'Unité. Certains agents identifiés au sein de l'Unité disposent d'un accès en gestion au système pour l'attribution de droits, la modification des plages horaires, etc. Les 2 bâtiments sont couverts par une alarme anti-intrusion au rez-de-chaussée et un système de vidéoprotection (26 caméras déclarées auprès de la CNIL et en Préfecture, 11 caméras en intérieur et 15 en extérieur). Le système de vidéoprotection permet des enregistrements en continu 24h/24h, avec une sauvegarde sur 14 jours et une visualisation en cas de force majeure							

Maîtrise des opérations immobilières et/ou de (ré)aménagement intérieur des espaces de recherche, en lien avec l'extension du périmètre de la ZRR et les prérogatives de l'hébergeur	Oui	Les problématiques de la réglementation relative aux ZRR avaient été anticipées au moment de la conception du bâtiment hébergeant l'Unité (« génie informatique ») L'Unité interagit fréquemment avec la Direction du Patrimoine Immobilier (DPI) de l'UTC	
Respect des procédures permettant de garantir la sûreté des biens et des personnes (hors conditions d'hygiène et sécurité dans l'environnement de travail)	Oui	Les bâtiments sont fermés et mis sous alarme de 22h00 et 5h00 tous les jours ouvrables et, le week-end, du samedi à 14h00 jusqu'au lundi à 5h00. Le système dispose d'un report d'alarme vers les agents logés. L'UTC dispose de 4 agents logés sur site qui réalisent une permanence en semaine de 8h00 à 20h00, à tour de rôle, une semaine sur quatre, pour la gestion des alertes et incidents techniques. Un numéro unique (7998) permet de contacter l'agent de permanence En complément, une société de gardiennage assure la surveillance du site de 20h00 à 8h00 et	
		le weekend (fermeture bâtiment, rondes aléatoires, etc.) Un système de communication d'urgence par talkie-walkie est déployé entre les principaux acteurs de la sécurité du site	
Moyens de sécurisation supplémentaires déployés dans le cadre de la mise en œuvre du Plan de Mise en Sûreté – Attentat Intrusion (PMS – AI)	Oui	Les systèmes d'accès contrôlé sont étendus à l'ensemble des bâtiments de l'UTC Les bâtiments sont sécurisés pour éviter l'accès aux toits terrasses Le PMS est en cours de finalisation avec la rédaction de fiches réflexes	

Ressources Humaines

Sujets abordés	Conformité (oui/non)	Points de vulnérabilité et/ou de vigilance	Observations	Actions curatives ou préventives	Échéancier et responsable
			Ressources humaines		
Processus de recrutement des personnels (permanents et contractuels) dans le respect de l'avis émis par le FSD (CNRS ou établissement partenaire)	Oui		Dichotomie entre établissement employeur (CNRS) et établissement hébergeur (UTC)	Il conviendrait de trouver un moyen d'anticiper le processus de recrutement, par le CNRS, des personnels contractuels, alors même que la demande d'avis du FSD est instruite par l'UTC. Le SRH de la Délégation Régionale du CNRS pourrait être intégré dans le workflow d'instruction de la demande d'avis FSD (problématique d'accueil de personnes hors zone Europe pour lesquelles une demande de visa est nécessaire) Une vigilance particulière doit être portée sur les personnels statutaires employés par le CNRS sans information préalable de l'UTC en sa qualité de porteur de la PPST	
Processus d'accueil de collaborateurs de recherche, français et étrangers, du secteur public et/ou privé	Oui		Problématique de la mise à jour de la liste du personnel des sociétés de soustraitance lors du renouvellement ou de la passation des marchés publics. Cela est bien spécifié dans l'appel d'offre, mais quelques difficultés sont observées dans la transmission d'informations entre les services de l'UTC. La même difficulté est constatée pour certains prestataires de service en raison d'une gestion difficile du turn-over des personnels		
Processus d'accueil et de traçabilité des visiteurs	Oui		Le processus fonctionne bien, mais il requiert un agent de l'Unité pour compléter les systèmes d'information, accompagner les visiteurs et faire signer les registres	L'UTC envisage le développement d'une application interne permettant aux visiteurs de renseigner eux-mêmes leurs données personnelles	

Partenariats & propriété intellectuelle

Sujets abordés	Conformité (oui/non)	Points de vulnérabilité et/ou de vigilance	Observations	Actions curatives ou préventives	Échéancier et responsable		
Partenariats & propriété intellectuelle							
Respect de la confidentialité et la protection de la propriété intellectuelle	Oui		Un NDA est mis en œuvre en amont de toute négociation				
Contractualisation de partenariats industriels en lien avec les acteurs <i>ad hoc</i> (CNRS, Université, filiale de valorisation, etc.)			La gestion des contrats industriels est principalement assurée par la filiale UTEAM	Une vigilance particulière doit être portée sur les clauses de propriété intellectuelle des contrats industriels négociés par la filiale UTEAM alors même que le CNRS a été désigné Mandataire Unique de valorisation Il convient de définir un processus simple permettant une interaction entre la filiale UTEAM et le Service « Partenariat & Valorisation » de la Délégation Régionale			
Sécurisation et formalisation des partenariats internationaux (Europe & hors Europe)							
Vigilance portée sur les thématiques de recherche revêtant un caractère sensible au regard des savoir-faire susceptibles d'être détournés Dans l'affirmative précisez les thématiques concernées							
Encadrement par une convention ad hoc (nature du contrat et type de partenaire) de l'accès aux plateformes et équipements stratégiques à l'état de l'art							
Sécurisation des démarches de transfert de technologies vers des tiers en lien avec les acteurs ad hoc (CNRS, Université, filiale de valorisation, etc.)							
Actions de sensibilisation, de formation et d'adhésion du personnel de l'Unité aux	Oui		Des assemblées générales des personnels ont été organisées en amont du passage en ZRR pour expliquer les objectifs de la PPST				

dispositions spécifiques liées à la ZRR, à la PPST et à la PSSI	et ses modalités de mise en œuvre opérationnelle	
	Une action de sensibilisation supplémentaire est organisée à l'occasion de la journée d'accueil des nouveaux entrants	
	L'Unité a développé un Wiki rappelant les principes fondamentaux de la PPST	
	Des interventions sont prévues, au coup par coup, en journée du laboratoire, en conseil de laboratoire et en comité de direction	

Achats & marchés

Sujets abordés	Conformité (oui/non)	Points de vulnérabilité et/ou de vigilance	Observations	Actions curatives ou préventives	Échéancier et responsable
			Achats & marchés	3	·
Modalités spécifiques liées à la passation de marchés publics jugés sensibles	Oui		Sans objet dans le cadre d'achat de matériels standards pour les plateformes		
Encadrement des échanges (informations, échantillons, savoir-faire, etc.) avec les fournisseurs par un accord de secret				Il convient d'avoir une vigilance accrue sur l'acquisition d'une instrumentation dédiée aux véhicules autonomes et, plus particulièrement, de celle acquise dans le cadre du projet EquipEx+TIRREX dont la gestion est assurée par le CNRS	
Adaptation de la grille d'analyse des offres, en lien avec la cellule des marchés					

Respect de la Politique de Sécurité des Systèmes d'Information (PSSI)

Sujets abordés	Conformité (oui/non)	Points de vulnérabilité et/ou de vigilance	Observations	Actions curatives ou préventives	Échéancier et responsable			
	Respect de la Politique de Sécurité des Systèmes d'Information (PSSI)							
Traitement des données liées aux activités sensibles : PDI-1 et PDI-2 ¹			Un wiki a été mis en œuvre pour expliquer le marquage du niveau de sensibilité des documents. Malheureusement les personnels ne se sont pas appropriés la procédure	Le CSSI de l'unité devrait accompagner davantage les personnels de recherche pour les aider à appréhender le niveau de sensibilité des documents élaborés				
			L'Unité bénéficie des offres de stockage de données de la DSI de l'UTC. Un deuxième site distant PRA (Plan de Reprise d'Activité) permet la sauvegarde des données hebdomadaires (tous les soirs)	L'Unité encourage la suppression de supports physiques de stockage et renforce le recours à des espaces de stockage de la DSI de l'UTC				
				Le Directeur de l'Unité demande à ce que le CNRS soit DPD, en remplacement de l'UTC, établissement employeur du Directeur (suite aux déclarations faites dans le cadre du projet européen INFINITY nécessitant l'enregistrement de données médicales personnelles)				
Renforcement de l'authentification et du contrôle de l'accès aux réseaux et systèmes portant les Informations à Régime Restrictif (IRR) : AUT-2-1 et AUT-8 ²	Oui		Les réseaux de l'Unité sont segmentés (VLANs) et filtrés par un pare-feu administré par la DSI de l'UTC. Les ouvertures de filtres sont demandées par le CSSI à la DSI La DSI de l'UTC a mis à la disposition du CSSI de l'Unité une interface de gestion des accès des postes de travail aux réseaux et des accès					
Traçabilité des activités — utilisateurs et administrateurs			utilisateurs aux systèmes d'information. Les accès sont nominatifs et authentifiés Les logs sont centralisés (« Elasticsearch ») par l'UTC. Le CSSI	Généralisation de la centralisation des « logs »				

¹ PDI-1 : les documents électroniques produits dans l'unité doivent être marqués par leur producteur suivant leur niveau de confidentialité ; PDI-2 : les documents électroniques doivent être stockés, manipulés, transmis *via* les procédures et avec les outils propres à assurer leur confidentialité au niveau adéquat

² AUT-2-1 : Toute action d'autorisation d'accès d'un utilisateur à une ressource des SI, qu'elle soit locale ou nationale, doit s'inscrire dans le cadre d'un processus d'autorisation formalisé qui s'appuie sur le processus d'entrée et de sortie du personnel ; AUT-8 : Le contrôle d'accès aux SI classés ZRR est géré en application des directives nationales. Seuls les matériels autorisés peuvent se connecter directement au réseau local d'une ZRR ou aux segments de réseaux inclus dans une ZRR. L'accès à la zone doit être soumis au contrôle de l'identité de la machine et de l'identité de l'utilisateur.

associée à une gestion très rigoureuse des identités : EXP-7 ³		de l'Unité n'a pas accès à ces logs générés par les systèmes d'information de l'UTC. En revanche, le CSSI a accès aux logs des serveurs de calculs hébergés dans l'Unité	
Protection physique renforcée des systèmes serveurs hébergeant les Informations à régime restrictif: PHY-2-1, PHY-2-2 et PHY-2-3 ⁴	Oui	Les infrastructures réseaux sont administrées exclusivement par la DSI de l'UTC La DSI de l'UTC déploie des machines virtuelles Les salles machines sont protégées par un système ad hoc La DSI de l'UTC déploie, progressivement, un plan de continuité d'activité (PCA)	

Conclusion

Lors de cet audit, la Délégation Régionale a fortement apprécié le niveau d'implication et le professionnalisme des personnels de l'UTC comme ceux de l'Unité de Recherche *HEUDIASYC*. Les discussions ont été sincères, riches et constructives ; elles ont démontré que les risques et les procédures liés à la Protection du Potentiel Scientifique et Technique sont maitrisés. Ces échanges ont également permis d'identifier collectivement plusieurs pistes d'amélioration, notamment pour partager et fluidifier les procédures avec un objectif de réduction des délais d'instruction et de plus grande efficacité.

³ ***EXP-7 : Les traces générées par les systèmes informatiques (serveurs, postes de travail, matériels actifs, etc.) sont régulièrement analysées pour détecter d'éventuels évènements anormaux.

⁴ PHY-2-1, 2-2 et 2-3 : Les locaux et/ou zones doivent être protégés par les moyens recommandés suivant leur niveau de sensibilité (0- peu sensible, 1- sensible, 2- très sensible et 3- critique)