

Rapport d'activité

2021 - 2022

CE RAPPORT, PUBLIÉ EN 2022, RETRACE LES ACTIVITÉS DU CREC AU TITRE DES ANNÉES 2021 ET 2022.

Introduction

Le présent rapport présente l'ensemble des **activités et travaux menés par les enseignants-chercheurs du Centre de Recherche de Coëtquidan (CREC)** au titre des années 2021 et 2022.

Pour mémoire, l'organisation du CREC et des activités de recherche est précisé dans le **Document de Politique Scientifique du CREC**, édition 2022.

Sommaire

1. POLE ÉTHIQUE ET ENVIRONNEMENT JURIDIQUE.....	04
2. POLE DÉFENSE ET SÉCURITE EUROPEENNES.....	07
3. POLE MUTATION DES CONFLITS.....	13
4. POLE SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE DEFENSE.....	29
4.1. Unité de recherche ESTP : Électronique, signal, télécommunications et propagation	31
4.2. Unité de recherche MACCLIA: Méthodes Algébriques pour la Construction de Connaissances, les Logiques de l'Intelligence Artificielles	48
4.3. Unité de recherche LMM : Laboratoire Mécanique et Matériaux	67

1. POLE ETHIQUE ET ENVIRONNEMENT JURIDIQUE

Le pôle est placé sous la direction de **M. Gwenaël Guyon, Maître de conférences.**

Présentation

Les composantes juridique et éthique de l'action militaire ont pris encore de l'importance ces dernières années. D'abord, parce que l'action militaire est plus que jamais médiatisée et judiciaire. Ensuite, parce que l'Armée de Terre est engagée dans des opérations intérieures et déployée sur le territoire national. Enfin, parce que de nouvelles technologies (drones, robots-tueurs, intelligence artificielle), de nouvelles menaces (terrorisme, cyber-attaques, guerre cognitive) et de nouvelles formes de violences non-cinétiques (*lawfare*, désinformation) transforment la conflictualité.

Ces évolutions contemporaines requièrent une attention constante de la part des enseignants-chercheurs ainsi qu'une adaptation continue de la formation des officiers de demain. Ces derniers doivent en effet être intellectuellement préparés pour comprendre ces évolutions et y faire face. La bonne formation des jeunes officiers de l'Armée de Terre nécessite ainsi la prise en compte toute particulière du cadre éthique et juridique de leur action terrestre, en opération extérieure comme en opération intérieure.

Parce que la recherche est mise au service de la formation académique, le pôle Ethique et Environnement Juridique a pour mission d'approfondir la connaissance que nous avons de l'environnement juridique et éthique du militaire et de l'Armée de Terre (Droit de la défense, droit constitutionnel, responsabilité, droit et justice militaires, lutte contre le terrorisme). Par ailleurs, le métier des armes ne serait rien sans les sciences et les techniques d'armement qui le préparent. D'où les réflexions menées sur le « soldat augmenté », les nouvelles technologies et les nouvelles formes de conflits à travers la philosophie, l'éthique et le droit.

Le pôle EEJ est un pôle pluridisciplinaire qui réunit toutes les disciplines juridiques nécessaires à l'excellence de la formation intellectuelle des élèves-officiers : le droit public, le droit comparé, la science politique et l'histoire du droit. Avec l'ambition de participer au rayonnement du CREC aux niveaux national et international, le pôle est engagé dans des partenariats visant à enrichir la recherche et coordonne ses travaux non seulement avec les autres pôles du CREC, mais aussi avec des institutions publiques d'enseignement supérieur et de sécurité, nationales ou étrangères.

Le pôle EEJ est structuré en plusieurs entités :

- L'Observatoire Enjeux des nouvelles technologies pour les forces (dir. M. Gérard de Boisboissel)
- L'Observatoire du fait religieux (dir. M. Olivier Hanne)
- L'Institut Droit et Défense (dir. M. Gwenaël Guyon)

Composition du pôle :

Directeur de recherche : Gwenaël GUYON
gwenael.guyon@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Enseignants chercheurs :

Stéphane BAUDENS

☎ : 02.90.40.40.28 ☎ : stephane;baudens@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Ronan DOARÉ

☎ : 02.90.40.72.02 ☎ : ronan.doare@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Marie-Liesse HOUBE

☎ ☎ : marie-liesse.hoube@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Olivier HANNE

☎ : 02.90.40.40.11 ☎ : olivier.hanne@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Gérard de BOISBOISSEL

☎ : ☎ : gerard.de-boisboissel@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Chercheurs associés :

Sandrine TURGIS

David GILLES

Anne-Sophie TRAVERSAC

Eric GHÉRARDI

Axes de recherche

- L'intégration humaine des techniques et des technologies.
- Les forces armées et les nouvelles technologies.
- Les cadres juridiques de l'action terrestre sur le territoire national.
- Géo-culture au Proche et Moyen Orient.
- Libertés publiques et droits sociaux pour le militaire.
- Droit militaire et justice militaire.

Programmes de recherche en cours

- Sécurité du territoire national.
- Justice militaire, histoire de la justice militaire, justice militaire comparée.
- Droit comparé de la lutte contre le terrorisme.
- Droit de la Défense, droit comparé de la Défense.
- Les enjeux éthiques et juridiques du « soldat augmenté ».
- Les enjeux éthiques et juridiques de l'Intelligence Artificielle.
- Géo-culture au Proche et Moyen Orient
- Éthique militaire européenne.

Les partenaires :

Les partenaires : Université de Rennes 1, ICES (La Roche-sur-Yon), UCO (Angers, Centre de Recherche en Ethique et Droit de l'Ouest), Université de Rennes 2, Norwich University, Stellenbosch University, Saldanha Military Academy, Université du Québec à Montréal, EUROISME, Croix-Rouge française, DAJ-DAPM, IRBA.

Communications et publications

1. OUVRAGES

- Stéphane Baudens, Marc Dupré, Hélène Terrom, *Combattants étrangers*, Mare et Martin, 2022.
- Gérard de Boisboissel, *Cahier de la RDN : le soldat augmenté, optimisation de la gestion du sommeil*, sous la direction de Gérard de Boisboissel et du professeur Mounir Chennaoui de l'IRBA, 2022.
- Olivier Hanne, *L'Europe face à l'Islam. Histoire croisée de deux civilisations*, Paris, Tallandier, 2021. Prix spécial du jury du livre européen (Bruxelles, décembre 2021).
- Olivier Hanne, *Le Coran et le Croissant. Les tribulations d'un islamologue en France*, Éditions Piranha, 2021 (témoignage).

2. ARTICLES DANS DES ACTES DE COLLOQUE

Gwenaël Guyon, « Le Code de justice militaire de 1857 dans la tourmente de la Guerre de 1870-71 », in Benoit Bodart, Gabriel Garrote (dir.), *Un autre regard sur la guerre de 1870-71, Pour une approche pluridisciplinaire*, Lamarque, 2021.

- o Gwenaël Guyon, « Il faut sauver le droit romano-hollandais ! Sir John Wessels et l'avenir du droit anglais en Afrique du sud (1928) », in Sylvain Soleil, Roman Bareau, Que faire du droit privé étranger dans un territoire libéré ? Approches historiques et comparatives, PUR, 2022
- o Olivier Hanne, « Conflits de droits au Proche-Orient, de l'empire ottoman aux indépendances », Que faire du droit privé étranger dans un territoire libéré ? Approches historiques et comparatives, dir. S. Soleil, R. Bareau, PuR, Rennes (L'univers des normes), 2022, p. 325-340.
- o Olivier Hanne, « Translating from Arabic to Latin in the Twelfth Century: the examples of two Englishmen, Robert of Ketton and Adelard of Bath », The Latin Qur'an, 1143-1500, translation, transmission, interpretation, dir. J. Tolan, De Gruyter, 2021, p. 71-94.
- o Olivier Hanne, « Mahomet, premier converti, modèle pour la conversion », Les Convertis à l'islam (1100-2018), dir. J.-M. Joubert, Paris, Classiques Garnier, 2021, p. 13-27.
- o Olivier Hanne, « Adélarde de Bath et les Arabes : le renouvellement des sciences en Syrie du Nord au XIIe siècle », Transferts culturels, France et Orient latin aux XIIe et XIIIe siècles, dir. M. Aurell, Paris, Classiques Garnier, 2021.
- o Renaud Bouvet, Homme réparé, homme augmenté. Le droit de la santé à l'épreuve de l'évolution. In : Evolution, évoluons-nous ? Presses universitaires de Paris Nanterre 2022, à paraître.

3. ARTICLES DE REVUE.

- o Olivier Hanne, « L'islam et les héritages culturels français : parallèles et ouvertures », *L'Islam au XXI^{ème} siècle*, n° 6, avril-juin 2022, p. 10-16.
- o Olivier Hanne, « Le Ciel et la Terre, un tout au Moyen Âge », *Revue Choisir*, n° 703, avril-juin 2022, p. 5-8.
- o Olivier Hanne, « Quand la recherche en islamologie sert l'islamophobie », *Antisémitisme, islamisme, islamophobie et discriminations*, dir. H. Seniguer, *Confluences Méditerranée*, 121, juillet 2022, p. 19-33.
- o Olivier Hanne, « Évolution du djihadisme et du terrorisme au Sahel depuis vingt ans », *Conflits*, 34, juin 2021, p. 49-52.
- o Olivier Hanne, « Jihâd : histoire et détournement d'une approche islamique de la guerre », *Conflits*, 36, nov. 2021, p. 12-14.
- o Olivier Hanne, « L'État et la nation en Islam, perspectives historiques », *Diplomatie*, 64, oct.-nov. 2021, p. 8-12.
- o Olivier Hanne, « L'islam et l'Europe, une histoire longue et passionnée », *Diplomatie*, 64, oct.-nov. 2021, p. 61-65.
- o Renaud Bouvet, Guillaume-Crane A. Le « crime parfait », mythe ou réalité ? *Revue française de criminologie et de droit pénal* 2022 ; 18 : 53-72.
- o Renaud Bouvet, Dumont C. Les unités sanitaires en milieu pénitentiaire. *Soins* 2022 ; à paraître.
- o Gérard de Boisboissel et Docteur Le Masson, "The Enhanced Soldier - Part 2 : Definitions" , in *Military Review of the US Army University Press* : <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/Online-Exclusive/2021-French-OLE/>, 2022.
- o Gérard de Boisboissel, Didier Danet. « Les enjeux de l'autonomie pour les systèmes d'armes létaux », *Revue DSI* n°157, janvier 2022.
- o Gérard de Boisboissel. « Le sous-système tête : intégration multi capteurs, exploitation répartie et visionique étendue », *Hors-série Revue DSI* n°81, janvier 2022.
- o Gérard de Boisboissel. « Le soldat augmenté », *Revue Engagement, ASAF* septembre et décembre 2022 (article publié en 2 temps).

4. ARTICLES DANS DES OUVRAGES COLLECTIFS

- o Renaud Bouvet, Jousset N. « Responsabilités médicales et missions de l'ONIAM », in : Collège des enseignants de médecine légale, Collège des enseignants de médecine et santé au travail. Médecine légale, médecine du travail. Paris : Elsevier Masson 2022, à paraître.
- o Gérard de Boisboissel, « Scénario d'emploi de l'IA au service d'une stratégie militaire » in : *Intelligence Artificielle, Vivre avec*, sous la direction de Christian Byk, MA édition ESKA, 2022

- o Gérard de Boisboissel, "New technologies and decision making for the military" , in *Advances in Decision Making* : Fausto Pedro García Márquez (dir.), IntechOpen (langue anglaise), 2022
- o Gérard de Boisboissel, « robotique militaire et système d'armes létal autonome », in : *Dictionnaire du numérique*, sous la direction de Marie Cauli, Laurence Favier et Jean-Yves Jeannas, ISTE éditions, 2022.
- o Gérard de Boisboissel et colonel Guillaume Venard, « la nécessaire place du chef dans les systèmes d'armes robotisés autonomes », in : *Cahier de la RDN SIGEM 2022 : l'officier au service de la nation dans le monde du XXIème siècle*, 2022.
- o Olivier Hanne, « Les tensions maritimes dans le golfe Persique », *Atlas géopolitique du monde contemporain*, Paris, Ellipses, 2022, p. 150-153.
- o Olivier Hanne, Préface à l'ouvrage de Gildas Lemarchand, *Désarmement, démobilisation et réintégration au cœur des conflits armés sahéliens*, Paris, L'Harmattan, 2021, p. 17-21.

5. COLLOQUES ET CONGRES INTERNATIONAUX

- o Gérard de Boisboissel, organisation du colloque *Les enjeux de l'autonomie des systèmes d'armes létaux, Avec la Croix Rouge Française, Balard, le 9 novembre 2021. Publication des actes attendue en septembre 2022, éditions PEDONE*
- o Gérard de Boisboissel, organisation du colloque *Les nouvelles technologies au service de l'augmentation des performances du combattant*. Avec la DGA et l'AID, dans le cadre du programme de recherche sur le soldat augmenté, Banque Française Mutualiste, le 12 octobre 2021. Publication des actes dans le Hors-série n°81 de la revue DSI, décembre 2021-janvier 2022
- o Gérard de Boisboissel, organisation du colloque Optimisation de la gestion du sommeil, avec l'IRBA, dans le cadre du programme de recherche sur le soldat augmenté. Val de Grâce, le 29 septembre 2021. Publication des actes dans le cahier de la RDN https://www.defnat.com/e-RDN/sommaire_cahier.php?cidcahier=1284 en juin 2022.
- o Gérard de Boisboissel, organisation du colloque Pour une gestion optimale du stress, avec l'IRBA, dans le cadre du programme de recherche sur le soldat augmenté. Val de Grâce, le 28 septembre 2022. Publication des actes dans le cahier de la RDN en 2023
- o Gérard de Boisboissel, organisation de la Journée d'études *L'ingénierie comportementale au sein de l'Intelligence Artificielle*, avec le soutien de Nexter et la participation de Naval Group. Banque Française Mutualiste, le 24 novembre 2021
- o Gwenaël Guyon, Organisation de la première édition de *l'International Military Justice Forum*, Cour de Cassation, Invalides, 18 et 19 novembre 2021.
- o Gwenaël Guyon, Coorganisation du colloque « Napoléon, Homme de droit, Homme de guerre », Académie Militaire Saint-Cyr Coëtquidan, 2, 3 décembre 2021.
- o Olivier Hanne, organisation du colloque : Jihâd et jihadisme, *perspectives historiques et théologiques* (AMSCC, École militaire) et communication : « Y a-t-il un jihâd prophétique dans la Sîra al-nabawiya ? », 23-24 mai 2022 (École militaire, Paris).

6. COMMUNICATIONS

- o Renaud Bouvet, Bélar A. Health data privacy of contact tracing systems during the Covid-19 pandemic in France. 8th European Association of Health Law Conference: "Quality of healthcare. Can the law help to guarantee safe and reliable care for the patient?". Gand, 20 avril 2022.
- o Gwenaël Guyon, « La justice militaire française d'une guerre à l'autre : Réformes, comparaisons, controverses (1870-1928) », *International Military Justice Forum*, Paris, Nov. 19, 2021.
- o Olivier Hanne, communication au colloque de l'AMIDEX co-organisé par l'Université de Tunis (Raja Chaaba) et Aix-Marseille Université (Tristan Vigliano) : « Quand Dieu devient Allah, comment les Européens ont qualifié le Dieu de l'islam ? », 18-19 avril 2022 (IRMC, Tunis).

- o Olivier Hanne, communication à la 2^e conférence de Paris, *L'Islam au XXI^e siècle*, 16-17 février 2022 : « L'Islam et les héritages culturels française : parallèles et ouvertures » (UNESCO, Paris).
- o Olivier Hanne, communication au webinaire *GSC Talk Serie* : « Translations of the Quran in Europe », 29 novembre 2021 (Gulf University for Science and Technology, Koweït City).
- o Olivier Hanne, communication à la journée de lancement de l'Institut de Promotion des Formations sur l'Islam : « Quels savoirs sur l'Islam ? », 24 juin 2021 (Bruxelles).
- o Olivier Hanne, communication au workshop *European Visions of the Qur'an in the Middle Ages* (projet EuQu) : « Le Coran d'après l'Alcoran » 20-21 mai 2021 (distantiel).

7. JURYS, EXPERTISE, DIRECTIONS

- o Olivier Hanne, expertises d'articles au profit des *Cahiers de civilisation médiévale*.
- o Olivier Hanne, expertises d'articles au profit des *Cahiers de l'Agora*.
- o Olivier Hanne, direction de thèse, *L'amniyat*, thèse de l'École de guerre (en cours).
- o Olivier Hanne, direction de thèse, *Le 'Kashf' d'Averroès*, CNRS, ENS-Rue d'Ulm (en cours).

8. ETUDES

- o Gérard de Boisboissel, Etude GICAT/CRéC : DRAGON : Vers une solution française ?, étude accessible via le GICAT <https://www.gicat.com/>.
- o Gérard de Boisboissel, *RETEX exercices terrain CRéC / EMIA 1 des 21 et 22 juin 2022* : emploi de drones d'observation et de combat en essaim au sein d'une section robotisée: à paraître en septembre 2022.

2. POLE DEFENSE ET SECURITE EUROPEENNES

Le pôle est placé sous la direction de **M. Frédéric DESSBERG, Maître de conférences**.

Présentation

Le Pôle « Défense et sécurité européennes » a été inauguré en 2005, sa dénomination et son domaine d'activité ont été révisés en 2010. Il s'intéresse au cadre d'action de la politique européenne de sécurité et de défense à travers les recherches d'équipes européennes liées entre elles dans une logique de réseaux de partenaires. Son ambition est donc d'établir une véritable coopération scientifique européenne dans les questions de défense et dans l'étude du rapport des Européens à la guerre.

Le pôle contribue à assurer une formation de qualité délivrant le grade de Master. Il répond à une demande interne de la formation des élèves-officiers de l'armée de Terre et assure une interaction recherche-enseignement, ainsi qu'une capacité d'encadrement scientifique. Le champ de travail est en cohérence avec celui des institutions de défense, il concerne toute l'aire couverte par l'Union européenne, en s'attachant notamment au cadre d'action de la Politique européenne de sécurité et de défense et des États extérieurs à l'UE mais liés à elle par des intérêts stratégiques communs, aux questions de sécurité et à la dimension culturelle de la guerre dans les sociétés européennes. Il répond à une logique de partenariat aussi bien académique (centres de recherche universitaires français et étrangers) que militaire (IRSEM, SHD, CDEC, Académies de défense...).

Dans une perspective pluridisciplinaire, les travaux des enseignants-chercheurs et chercheurs associés du pôle favorisent les thématiques contemporaines en matière de sécurité et de défense dans le spectre à géométrie variable des structures institutionnelles (UE, OTAN, OSCE, etc.).

Composition du pôle :

Directeur de recherche : Frédéric DESSBERG

☎ : 02.90.40.40.10 ☎ : frederic.dessberg@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Enseignants-chercheurs :

Morgane BAREY, Capitaine

☎ : 02.90.40.40.10 ☎ : morgqne.barey@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Sandra CUREAU

☎ : 02.90.40.40.18 ☎ : sandra.cureau@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Gabriel GARROTÉ, Capitaine

☎ : 02.90.40.40.05 ☎ : gabriel.garrote@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Yann LAGADEC, Maître de conférences

☎ : 02.90.40.40.05 ☎ : yann.lagadec@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Robin MARTEAU

☎ : 02.97.70.75.53 ☎ : robin.marteau@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Enseignants-chercheurs associés : Pierre BOUILLON, Anne DEBROSSE, Ana-Maria MISDOLEA

Axes de recherche

Les principaux axes de recherche du pôle sont :

Les Européens et la guerre.

Les frontières et les périphéries de l'Europe.

Les coopérations militaires en Europe.

Écrits sur la guerre (en collaboration avec le pôle « Mutations des Conflits »).

Communications et publications

PUBLICATIONS

1. DIRECTION D'OUVRAGES ET DE PUBLICATIONS

BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel, HANNE Olivier, LAGADEC Yann, MARTEAU Robin, *Manuel d'histoire militaire*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, à paraître, 2022.

BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel (dir.), *Un autre regard sur la guerre de 1870-1871. Pour une approche pluridisciplinaire*, s. l., éditions Lamarque, 2021.

CUREAU Sandra, DEBROSSE Anne, DE KERBAOL Camille, *Guerre et littérature : guerre et correspondance*, Bruxelles, P. I. E. Peter Lang, à paraître, 2022.

CUREAU Sandra, DEBROSSE Anne, LAGADEC Yann, PANSINI Valeria, SPARACELLO Giovanna, *Théâtre en guerre*, Presses universitaires de Rennes, coll. « Le Spectaculaire-Arts de la scène », à paraître, 2023.

DE GRAAF Beatrice, DESSBERG Frédéric, VAISSET Thomas (ed.), *Soldiers in Peacemaking, The Role of the Military at the End of War, 1800-present*, London, Bloomsbury, coll. « New Approaches to International History », à paraître 2022.

Yann LAGADEC, LE GALL Erwan, TISON Stéphane (coord.), « Aux marges de l'invasion : l'Ouest dans la guerre de 1870-1871 », *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 2021/4.

2. CHAPITRES D'OUVRAGES

BODART Benoît, « Sedan-Bazeilles, le 1^{er} septembre : entre humiliation et héroïsme », in BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel (dir.) *Un autre regard sur la guerre de 1870-1871. Pour une approche pluridisciplinaire*, s. l., éditions Lamarque, 2021, pp. 113-130.

BOUILLON Pierre (chercheur-associé), « French diplomacy and the Romanian claim to independence from the USSR: an ambiguous challenge to the Cold War order », in PEZÉ Warren, ROJAS Daniel (eds.), *International Recognition: a Historical and Political Perspective*, Tübingen, Mohr Siebeck, 2021, pp. 197-210.

DESSBERG Frédéric, « Le Contexte géopolitique de la guerre de 1870 », in BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel (dir.) *Un autre regard sur la guerre de 1870-1871. Pour une approche pluridisciplinaire*, s. l., éditions Lamarque, 2021, pp. 19-31.

GARROTÉ Gabriel, « Partir à la guerre et mourir au combat : parcours de Saint-Cyriens en juillet-août 1870 », in BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel (dir.) *Un autre regard sur la guerre de 1870-1871. Pour une approche pluridisciplinaire*, s. l., éditions Lamarque, 2021, pp. 93-112.

3. ARTICLES DE REVUES

BOUILLON Pierre, « S'appuyer sur les asymétries de structures pour réduire les asymétries de systèmes, ou la détente française en Roumanie », *Politique européenne*, 2022/2, n° 76, pp. 96-120.

DESSBERG Frédéric, « France and the Treaty of Riga ; The Problem of Guaranteeing the Eastern Border of Poland », *Res Gestae, Czasopismo Historyczne*, 2022/14, pp. 170-183.

DESSBERG Frédéric, « La France et l'Europe centrale à Versailles : objectifs stratégiques et combinaisons diplomatiques », *Guerres mondiales et conflits contemporains*, 2021/3, n° 282, pp. 15-23.

GARROTÉ Gabriel, « La Logistique de la Grande Armée dans le système de guerre napoléonien », *Revue de tactique générale*, 2022/6, pp. 127-136.

LAGADEC Yann, « La guerre de 1870-1871 dans l'Ouest : bilan et perspectives de la recherche » (en collaboration avec E. Le Gall et S. Tison), *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 2021/4, pp. 7-24.

LAGADEC Yann, « Arthur de La Borderie, Conlie et la Bretagne (1870-2021) », *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 2021/4, pp. 139-158.

LAGADEC Yann, « D'une guerre l'autre : les monuments aux morts de la Grande Guerre entre Occupation et Libération (Bretagne, septembre 1939-août 1944) » (en collaboration avec F. Lostec), *Guerres mondiales et conflits contemporains*, 2021/3, pp. 49-71.

4. RECENSIONS

DESSBERG Frédéric, Michal J. Kšiňan, L'homme qui parlait avec les étoiles : Milan Rastislav Štefánik, héros franco-slovaque de la Grande Guerre, *Guerres mondiales et conflits contemporains*, 2021/3, n° 282, pp. 143-155.

5. ORGANISATION DE MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES

BODART Benoît, GARROTÉ Gabriel, GUYON Gwenaël, Colloque *Napoléon, Homme de droit, homme de guerre*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 2-3 décembre 2021.

CUREAU Sandra, DEBROSSE Anne, LAGADEC Yann, MISDOLEA Ana-Maria, journée d'étude *Guerre et fiction : les effets de la fiction sur la conduite de la guerre*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 14 juin 2022.

DESSBERG Frédéric, LOMELLINI Valentine, MOISE Octavia, Springschool International Politics and Security (IPSE), *The Changing Nature of Conflicts. Global Diplomacy and International Threats*, Università degli studi di Padova, 11-14 mai 2022.

DESSBERG Frédéric, LOMELLINI Valentine, Springschool International Politics and Security (IPSE), *Crisis Management and Crisis' Impact over National and International System*, Università degli studi di Padova, 25-29 mai 2021.

DESSBERG Frédéric, DE LANGLOIS Maurice, Journée d'étude, *Souveraineté et solidarité européennes, la question de la défense*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 20 janvier 2022.

LAGADEC Yann, *Archéologie du champ de bataille, de la guerre de Cent Ans à la Seconde Guerre mondiale*, Université Rennes 2, 25 février 2022.

LAGADEC Yann, *Les troupes aéroportées de la Seconde Guerre mondiale à nos jours : faire la guerre autrement ?*, Académie militaire de Saint-Cyr-Coëtquidan, 24 mars 2022.

6. COMMUNICATIONS DANS DES COLLOQUES ET JOURNÉES D'ÉTUDE

BODART Benoît, « La Formation des officiers saint-cyriens », colloque *Napoléon, Homme de droit, homme de guerre*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 3 décembre 2021.

DESSBERG Frédéric, « The Legacy of the Cold War in East-Central Europe : Partners and Allies in the European Union and NATO », Springschool International Politics and Security (IPSE), *The Changing Nature of Conflicts. Global Diplomacy and International Threats*, Università degli studi di Padova, 13 mai 2022.

DESSBERG Frédéric, « La formation d'un contingent polonais en France, 1939-1940 », colloque *1939-1945, la contribution des Polonais dans la lutte contre les deux totalitarismes en Pologne et en Occident*, Bibliothèque polonaise de Paris, 16-17 novembre 2021.

DESSBERG Frédéric, « De la CED à la PSDC : quels cadres institutionnels pour une défense européenne ? », colloque *Quelle spécificité de la défense en droit de l'Union européenne ?*, Université de Rennes 1, Rennes, 21-22 octobre 2021.

DESSBERG Frédéric, « De Gaulle et la question du Comité de Lublin », Journée d'études *De Gaulle et la Pologne*, Bibliothèque polonaise de Paris, 18 octobre 2021.

DESSBERG Frédéric, « La France, la Pologne et l'esprit de Locarno. La Pologne et le projet français de pacte oriental (1933-1934), colloque *Une relation particulière ? Les convergences franco-polonaises de la Mission militaire française en Pologne à la visite de Charles de Gaulle en 1967*, Varsovie, Musée du Palais Royal de Łazienki, 24 septembre 2021.

DESSBERG Frédéric, "France and the Treaty of Riga: the Problem of Guaranteeing the Eastern Borders of Poland", colloque *The Treaty of Riga and Other Post-Versailles Treaties as Elements of the Interwar World-Order in Central and Eastern Europe*, Pedagogical University of Kraków, 22-24 septembre 2021.

DESSBERG Frédéric, "The French Army Facing the Spanish Influenza Pandemic; Impossible 'Cordon sanitaire' ", Springschool *Crisis Management and Crisis' Impact over National and International System*, Università degli studi di Padova, 27 mai 2021.

GARROTÉ Gabriel, « L'échec du système de guerre napoléonien : la logistique durant la campagne de Russie, de l'entrée en campagne à la prise de Moscou '24 juin-14 septembre 1812) » colloque *Napoléon, Homme de droit, homme de guerre*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 3 décembre 2021.

LAGADEC, « Donner et tenir sa parole... ou pas : les prisonniers de guerre sur parole (vers 1689-vers 1815) », Colloque international *Donner et tenir sa parole. Engagements et réputations dans les sociétés françaises et européennes à l'époque moderne (XVIe-XVIIIe siècles)*, Université Rennes 2, 25-26 novembre 2021.

LAGADEC Yann, « "C'était un fracas épouvantable"... L'artillerie dans les guerres napoléoniennes », Colloque *Napoléon, homme de droit, homme de guerre*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 2-3 décembre 2021.

LAGADEC Yann, « Grande et petite patries dans les armées françaises de la Grande Guerre à nos jours », Colloque *Les patriotismes : formes, pratiques et mutations au 21^e siècle*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 9-10 décembre 2021.

LAGADEC Yann, « Routes et circulations militaires en Bretagne de Louis XIV au chemin de fer (vers 1650-vers 1870) » (en collaboration avec S. Perréon), Colloque *Chemins, mobilités et circulations en Bretagne de l'âge du bronze à nos jours. Lecture diachronique et pluridisciplinaire*, Université Rennes 2, 31 mai-2 juin 2022.

7. AUTRES CONFÉRENCES

DESSBERG Frédéric, « Défense européenne : histoire et perspectives », dans le cadre de la formation *Faire la guerre, faire la paix*, lycée Freyssinet de Saint-Brieuc, 7 juin 2022.

DESSBERG Frédéric, « L'Europe centrale de Trianon à Locarno », Bibliothèque polonaise de Paris, 31 mai 2022.

DESSBERG Frédéric, « La France et son influence pendant et dans l'immédiat après Première Guerre mondiale », École de Guerre, École militaire, Paris, 10 décembre 2021.

DESSBERG Frédéric, « Les frontières de la Pologne (1919-1923) : traités de paix, autodétermination, affrontements sur le terrain », conférence à la Bibliothèque nationale de France, mise en ligne le 15 juillet 2021.

8. ENCADREMENT DE THÈSES PROFESSIONNELLES

BODART Benoît (dir.), Hippolyte de Solages, *Commandement et traditions dans les troupes de Marine*, EMAC, AMSCC, 2022.

BODART Benoît (dir.), Emmanuel Laprin, *Commandement et traditions dans les troupes de Marine*, EMAC, AMSCC, 2022.

BODART Benoît (dir.), Théophile Mayasi, *Commandement et traditions dans les troupes de Marine*, EMAC, AMSCC, 2022.

BODART Benoît (dir.), Thomas Launay, *L'Armée et l'antimilitarisme (1870-1962)*, EMAC, AMSCC, 2022.

CUREAU Sandra (dir.), Lorian Joly, *L'Exercice du commandement d'après Jonquille, de J. Michelin*, EMAC, AMSCC, 2022.

CUREAU Sandra (dir.), Louis Scherrer, *L'Exercice du commandement d'après Jonquille, de J. Michelin*, EMAC, AMSCC, 2022.

CUREAU Sandra (dir.), Jean WALLEY, *L'Exercice du commandement d'après Jonquille, de J. Michelin*, EMAC, AMSCC, 2022.

CUREAU Sandra (dir.), Timothée Roman-Amat, *L'abnégation de l'officier en temps de paix dans « Splendeur et servitude militaires » d'A. de Vigny*, EMAC, AMSCC, 2022.

DESSBERG Frédéric (dir.), Quentin Dufraigne, *Commander en résistance : le général Catroux*, EMAC, AMSCC, 2022.

DESSBERG Frédéric (dir.), Antoine Leclercq, *Commander un contingent multinational : le cas de la Haute Silésie (1921)*, EMAC, AMSCC, 2022.

DESSBERG Frédéric (dir.), Jennifer Coridon, *Le Militaire et le politique : l'exemple du maréchal Foch*, EMAC, AMSCC, 2022.

GARROTÉ Gabriel (dir.), Gabriel Musté, *Napoléon, chef de guerre et chef politique*, EMAC, AMSCC, 2022.

GARROTÉ Gabriel (dir.), Grégoire Minvielle (dir.), *La Formation des officiers au 19^e siècle : former des chefs de guerre ?*, EMAC, AMSCC, 2022.

LAGADEC Yann (dir.), Denis Grégoire, *Commander dans la Grande Guerre*, EMAC, AMSCC, 2022.

LAGADEC Yann (dir.), Germain Guillaud, *Commander dans la Grande Guerre*, EMAC, AMSCC, 2022.

LAGADEC Yann (dir.), Antoine Kerrand, *Commander dans la Grande Guerre*, EMAC, AMSCC, 2022.

LAGADEC Yann (dir.), Victor Laure, *Commander dans les armées napoléoniennes*, EMAC, AMSCC, 2022.

MARTEAU Robin (dir.), Martin Brizot, *Commandement et prise de décision à l'ère nucléaire*, EMAC, AMSCC, 2022.

MARTEAU Robin (dir.), Samson Perthuisot, *Commandement et prise de décision à l'ère nucléaire*, EMAC, AMSCC, 2022.

MARTEAU Robin (dir.), Maxence Regazzoni, *Commandement et prise de décision à l'ère nucléaire*, EMAC, AMSCC, 2022.

MISDOLEA Ana-Maria (dir.), Geoffroy Fesquet, *Le Commandement dans « La Guerre des Gaules » de César, livres VI et VII*, EMAC, AMSCC, 2022.

MISDOLEA Ana-Maria (dir.), Louis Quatrefages, *Le Commandement dans « La Guerre des Gaules » de César, livres III, IV et V*, EMAC, AMSCC, 2022.

MISDOLEA Ana-Maria (dir.), Simon Rochambeau, *Le Commandement dans « La Guerre civile » de César, livres I et II*, EMAC, AMSCC, 2022.

3. POLE MUTATION DES CONFLITS

Le pôle est placé sous la direction de **M. Didier DANET, Maître de conférences.**

Présentation

Le Pôle Mutation des conflits se consacre aux transformations à l'œuvre dans la conflictualité contemporaine. Les chercheurs regroupés au sein de ce pôle s'efforcent d'identifier les mutations dans l'emploi de la force sur le champ de bataille, de discerner leur importance ou leur caractère transitoire et de produire les connaissances scientifiques utiles à l'action des forces armées. Si cet objet d'étude est partagé par de nombreux centres de recherche ou think-tanks de par le monde, le Pôle Mutation des conflits de l'AMSCC présente deux grandes originalités. La première est son approche pluridisciplinaire et son orientation principalement issue des sciences sociales et politiques. La seconde est le caractère évolutif de son objet de recherche. En effet, si la nature de la guerre peut être considérée comme un invariant des relations internationales, ses caractéristiques sont fondamentalement changeantes. Le pôle a donc pour ambition de faire évoluer ses axes d'effort en maintenant un équilibre optimal entre l'ambition de rendre compte des réalités nouvelles de la conflictualité et une stabilité suffisante de ses axes de recherche de sorte à apporter une contribution scientifiquement valide mais qui ne soit pas détachée des réalités contemporaines. L'activité du Pôle Mutation des conflits peut se mesurer à quelques chiffres synthétiques : quinze directions de thèses de doctorat ou participation à des comités de thèses de doctorat, deux ouvrages rédigés en nom propre et trois directions d'ouvrages collectifs, vingt-deux chapitres dans des ouvrages collectifs, neuf articles dans des revues à comité de lecture et cinquante-deux présentations dans des colloques et manifestations scientifiques.

Composition du pôle :

Directeur de recherche : Didier DANET

☎ : 02.90.40.40.12 ☎ : didier.danet@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Stéphane TAILLAT

☎ : 02.90.40.40.23 ☎ : stephane.taillat@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Ghislain DUTHEIL de la ROCHÈRE

☎ : 02.90.40.40.13 ☎ : ghislain.dutheil@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Claude WEBER

☎ : 02.90.40.40.15 ☎ : claude.weber@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Axel AUGER

☎ : 02.90.40.40.16 ☎ : axel.auge@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Said HADDAD

☎ : 02.90.40.40.18 ☎ : said.haddad@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Marie VARIN

☎ : 02.90.40.76.09 ☎ : marie.varin@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Julien NOCETTI

☎ : 02.90.40. . ☎ : julien.nocetti@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Axes et travaux de recherche

En conformité avec le document de politique scientifique, l'activité des chercheurs du Pôle Mutation des conflits se structure autour de quatre thèmes :

1. **Leadership** : question centrale pour la grande école du commandement, le leadership est abordé dans une perspective interactionniste qui envisage la conduite de l'action collective comme un processus d'influence mettant en jeu une relation entre le leader, les *followers* et la situation, c'est à dire l'environnement dans lequel intervient la décision par laquelle le chef militaire entend déterminer la conduite de ses subordonnés. Dans un environnement qui est précisément incertain et fluctuant, il est donc particulièrement intéressant de confronter l'analyse de l'essence du commandement et l'incidence que peut avoir sur elle l'irruption de dispositifs multiples qui affectent la préparation et la mise en œuvre de la décision : numérisation du

champ de bataille, automatisation très large des systèmes d'armes, transformations sociales et culturelles de la population, émergence de nouvelles catégories de combattants (par exemple les cyber combattants)... L'intérêt porté par le commandement de l'AMSCC à ce thème essentiel pour le Pôle Mutation des conflits, s'est incarné dans la conduite d'un projet de Chaire « Leadership et Commandement », porté par Claude Weber, et qui permettra, en lien avec la Direction des Formations d'Élèves, de produire des connaissances enracinées dans le double terreau des recherches académiques au meilleur niveau international et de l'expérience du commandement que les chefs militaires qui participeront aux travaux seront susceptibles de partager au sein de la Chaire. Productrice de connaissances nouvelles, la Chaire aura pour caractéristique de les intégrer au plus près de la scolarité des différentes formations présentes au sein de l'Académie.

2. **Post conflit** : Dans la logique d'une action globale des forces armées qui doit tendre à créer les conditions du succès politique, c'est à dire de la possibilité de rétablir la paix et les libertés civile, la démocratie politique et le progrès économique et social, la question de la manière dont sont conçus et mis en œuvre les processus visant à mettre fin aux hostilités et à construire une paix durable est indissociable des opérations militaires. C'est pourquoi, le thème du "Post-Conflit" a constitué très tôt un sujet de réflexion pour les chercheurs du Pôle. Le Pôle développe un ensemble de travaux, en lien avec des centres de recherche et des organisations issues de la société civile, sur un thème particulièrement important et sensible : celui des « blessures invisibles », c'est à dire des traumatismes psycho-sociaux engendrés par la présence sur des champs de bataille, particulièrement ceux où l'irrégularité tend à accroître le stress imposé aux combattants. Dans le prolongement de ce travail, un axe de réflexion proche mais distinct a été abordé avec l'étude des ressorts du (ou des) patriotisme(s), axe de recherche qui s'incarnera très prochainement dans la création d'un Observatoire des forces morales, porté par Axel Augé. Ce thème, qui est inscrit de longue date dans l'histoire des forces armées, connaît un regain d'attention, notamment en lien avec la nouvelle approche des conflits : compétition / confrontation / affrontement.
3. **Cyberdéfense et lutte informationnelle** : La transformation numérique en cours constitue pour les forces armées un enjeu central. Elle fait naître des opportunités nouvelles pour agir dans le champ des relations internationales tant en amont du conflit proprement dit, la compétition des Nations, que dans les phases de confrontation et d'affrontement. Longtemps cantonnée dans une vision technicienne principalement centrée sur la défense des systèmes d'information employés par les forces armées, la cyberdéfense a pris un sens nouveau avec la nécessité croissante de produire des effets militaires dans les champs immatériels, guerre électronique, espaces numérique et informationnel. Si la sécurité des systèmes d'information reposait principalement sur la maîtrise des paramètres techniques par les sciences de l'ingénieur, la production d'effets militaires dans les champs immatériels est principalement affaire de sciences politiques et sociales. C'est la raison pour laquelle le Pôle Mutation des conflits s'est pleinement investi dans l'analyse pluridisciplinaire et une approche par les sciences sociales et politiques de cette dimension de la cyberdéfense. La pertinence de cette approche a été consacrée par l'ouverture d'une formation de haut niveau, le Mastère Spécialisé « Cyberdéfense et champs immatériels », formation qui s'enracine dans les recherches du Pôle et qui se décline dans un programme de formation accrédité par la Conférence des Grandes Ecoles et qui vise à former des officiers généralistes des opérations numériques, capables, au niveau d'un état-major, d'intégrer les dimensions numériques et informationnelles dans la manœuvre globale, que ce soit dans leurs travaux de planification, de renseignement ou de conduite. Ces officiers doivent être capables de s'appuyer sur l'expertise de différents spécialistes : PSYOPS, cyber opérations (LIO/LID), guerre électronique... L'équipe qui se consacre à l'étude de la cyber conflictualité est par ailleurs membre du Groupement GEODE, seule structure ayant reçu le « label d'excellence » délivré par le ministère des Armées, dans le domaine de la cyberdéfense.
4. **Écrits sur la guerre** : Ce thème qui réunit des chercheurs du Pôle Mutation des conflits et du Pôle Sécurité et défense européenne fait l'objet d'une présentation complète dans la partie du rapport d'activité consacré à ce dernier pôle.

1. ENCADREMENT DE THÈSES DE DOCTORAT

- o KLAOUSEN, Patrick, MACHIKOU Nadine, AUGÉ, Axel (sous la dir. de), thèse de doctorat soutenue le 8 octobre 2021 par CHRISTEL DIOR TAMEGUI, « Le concept de forces duales et hybridation civilo-militaire dans les forces armées africaines : analyse des missions d'aménagement du territoire du Génie militaire au Cameroun », Rennes, université de Rennes 1, Laboratoire IODE, 481 pages.
- o AUGÉ, Axel (sous la dir. de), thèse de doctorat en cours (3^{ème} année) de VIDJINGNINO Fiacre « *Trois décennies de démocratie au Bénin : du retour dans les casernes à la professionnalisation de l'armée de terre* », Rennes, université de Rennes 2, Crec et Liris (EA 7481), université de Rennes 2, 2022.
- o AUGÉ, Axel (sous la dir. de), thèse de doctorat en cours (1^{ère} année) de MBALA Protas, « L'armée camerounaise à l'ère de la numérisation des conflits », Rennes, université de Rennes 2, Crec et Liris (EA 7481), université de Rennes 2, 2022.
- o AUGÉ, Axel, membre du comité de thèse (inscription en 2^{ème} année) de PICARD Edwige, Bouvet Cyrille (sous la dir. de), « L'effet du Service militaire adapté sur l'identité du jeune adulte ultramarin en situation de précarité sociale et psychologique », Paris, université Paris Nanterre, juin 2022.
- o AUGÉ, Axel, membre du comité de thèse (inscription en 3^{ème} année) de Arnaud DAVIRE COLLINET Cécile (sous la dir. de), « le rôle du sport dans le parcours de reconstruction des blessés militaires », Paris, université Gustave Eiffel, octobre 2021.
- o DOUZET, Frederick et DANET, Didier, 2020. *Cathelineau Yolaine*, « *Les forces armées face au défi de l'irruption des organisations irrégulières sur les plate-formes numériques* », (titre provisoire). Thèse de doctorat. Paris Saint-Denis : Institut Français de Géopolitique, Université Paris 8.
- o HADDAD, Saïd. *Membre du comité de thèse de Anthony Tuvée*, « *Les relations personnelles et la sociabilité gendarmique dans les transitions des cycles de vie : L'exemple des gendarmes en brigade territoriale périurbaine* », sous la direction d'Axel Augé, Université Rennes 2.
- o VARIN, Marie. *Membre du comité de thèse de Najla Salim Eltahir*, « *L'évolution de l'arabe standard écrit au Soudan : cas de la langue de la presse soudanaise contemporaine* », sous la direction de Catherine Miller et Manuel Sartori, Aix-Marseille Université.
- o VARIN, Marie et PERRIN, Laurent, 2018. *Rae Amjad*, « *Analyse pragmatique comparée des marqueurs discursifs en arabe palestinien et en français : les cas de šū, bass, ya'ni* ». Thèse de doctorat. Sorbonne Université.
- o VARIN, Marie et HARALAMBOUS, Yannis, 2020. *Fetnaci Nawel*, « *Didactique du français et de l'arabe (langues secondes et étrangères) adaptée aux déficients visuels*. » Thèse de doctorat. Université Rennes 2.
- o VARIN, Marie et LE ROUX, David, 2020. *Stéphan Ronan, Korpusiñ asambl*. « *Application de traitement collaboratif de corpus. Intérêt et applications linguistico-didactiques, linguistiques et traductologiques* ». Thèse de doctorat. Université Rennes 2.
- o VARIN, Marie, 2022. *Driss Fatima-Zahra*, « *L'adaptation de la langue arabe à un monde en mutation et l'intégration des nouveaux termes apparus dans les médias aux dictionnaires généraux*, » (projet de thèse à soumettre à l'ED ELICCE). Thèse de doctorat. Université Rennes 2.

- o WEBER, Claude. Membre du comité de thèse de Cyril Touboulic, « *La formation de l'esprit commando Marine. Ethnologie d'une sous-culture d'exception* », sous la direction de Monica Heintz, Université Paris Nanterre
- o WEBER, Claude. Membre du comité de thèse de Joséphine Seewald, « *La socialisation des élèves des lycées de la Défense en France* » sous la direction de Sébastien Jakubowski Université de Lille.
- o WEBER, Claude. *Membre du comité de thèse de Sandy Brice, sous la direction de Céline Bryon-Portet*, Université de Montpellier 3.

2. ENCADREMENT DE THÈSES PROFESSIONNELLES

A. Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense :

- o DANET, Didier, 2021. *Saghry Tarik, L'influence numérique à l'ère des réseaux sociaux, un serious game pour l'anticipation des cyberattaques informationnelles*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o DANET, Didier et TAILLAT Stéphane, 2022. *Quemener Gaëlle, L'intelligence artificielle et le traitement des attaques cyber*, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o HADDAD, Saïd et BUISSON, Jérémy, 2021b. *Villemin Laurent, Cartographie du système d'information, des outils perfectibles*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o NOCETTI, Julien et HADDAD, Saïd 2021. *Elter Amaury, Narratifs des opérations informationnelles russes ciblant la France – formulation et leviers cognitifs*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o HADDAD, Saïd, WEBER, Claude et BELLOIR, Nicolas, 2021. *Masseteau Samuel, Anticiper les menaces cyber : approche et méthode associées à une matrice de déclenchement d'une attaque*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane et BUISSON, Jérémy, 2021. *Waszak Thierry, Les télécommunications par satellite à l'ère des cyber-menaces : la vision américaine. Une architecture hybride civile et gouvernementale est-elle la solution au besoin croissant en capacité, en cyber sécurité et en résilience ?*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane, NOCETTI, Julien et BELLOIR, Nicolas, 2021. *Denis Blandine, Les vulnérabilités numériques humaines. Comment les données des militaires génèrent-elles un risque pour l'exercice de leur mission ?*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022. *Ephritikine Nicolas, Les causes du déclenchement d'opérations offensives dans l'espace numérique*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Opérations et gestion des crises en cyberdéfense. Guer Coëtquidan : AMSCC.

B. Mastère Spécialisé Leadership :

- o AUGÉ, Axel, 2022a, WACOGNE, Victor (sous la dir. de AUGÉ Axel), « L'impact du traumatisme psychique sur le commandement », Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement, Guer Coëtquidan : AMSCC.

- o AUGÉ, Axel, 2022b, GARCIA, Léa (sous la dir. de AUGÉ Axel), « La prise de décision en situation d'urgence : le rôle des émotions et le commandement », Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement, Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o AUGÉ, Axel, 2022c, GARYGA, Antoine (sous la dir. de AUGÉ Axel), « La prise en compte de la blessure invisible dans le commandement », Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement, Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o AUGÉ, Axel, 2022d, SESBOUE, Jean-Baptiste (sous la dir. de AUGÉ Axel), « Blessure psychique et commandement », Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement, Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o DANET, Didier, 2021a. *Donat Adrien, Quel équilibre vie professionnelle / vie privée pour un chef militaire*, Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o DANET, Didier, 2021a. *Gruffat Hugo, La quatrième révolution industrielle modifie-t-elle les facteurs individuels du leadership dans le monde militaire*, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o DANET, Didier, 2021a. *Longo Pierre-André, L'empreinte numérique des officiers*, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o HADDAD, Saïd, 2021a. *Caudan Bérenger, Gestion et communication de crise : le bombardement de Bounti*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o HADDAD, Saïd, 2021b. *Pelletier Gabriel, Gestion et communication de crise : le cas de la tempête Alex*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane, 2021a. *Déhu Paul, Leadership et commandement dans les coopérations militaires et de défense en Europe : le cas de l'Eurocorps*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane, 2021b. *Dréher Lucas, Commandement militaire dans les champs immatériels : la guerre dans le Donbass (2014-2022)*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o TAILLAT, Stéphane, 2021c. *Lavaud Augustin, Commandement militaire dans les champs immatériels : la place du cyber dans la stratégie russe*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o WEBER, Claude, 2021a., *Petit Clément, L'exercice du commandement à l'ère du combat Scorpion*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o WEBER, Claude, 2021b., *Petit Raphaël, La lutte contre le terrorisme peut-elle constituer une exception à l'interdiction de la torture ?* Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o WEBER, Claude, 2021c., *Boulidard Carole, Commander en unité : le stress en opération avec l'exemple de la BSPP*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.
- o WEBER, Claude, 2021d., *Cadilhon Hugo, Commander en unité : l'esprit Leclerc*. Thèse professionnelle, Mastère Spécialisé Leadership & Commandement. Guer Coëtquidan : AMSCC.

3. OUVRAGES

- o AUGÉ, Axel, *Être reconnu dans l'armée. Sociologie de la reconnaissance en milieu militaire*, Tours, Lamarque, 2021, 175 pages.
- o NOCETTI, Julien, à paraître. Géopolitique du numérique, La Découverte, coll. Repères.

4. DIRECTION D'OUVRAGES

- o AUGÉ, Axel, 2021. Le soldat et l'intime. Les familles face au traumatisme psychique de la guerre, Lamarque, Tours.
- o NOCETTI, Julien, à paraître. Les GAFAM dans le monde, Presses universitaires de Rennes.
- o TAILLAT Stéphane, CATTARUZZA Amaël et DANET Didier, à paraître. La cyberdéfense, politique de l'espace numérique, Collection U, Armand Colin, 2^e édition

5. CHAPITRES D'OUVRAGES

- o AUGÉ, Axel et Diavie Ursula AUGÉ, 2021a. « Le traumatisme psychique de guerre : se réinsérer dans l'intime par le travail socio familial » in Axel AUGÉ (sous la dir.de), *Le soldat et l'intime*, Tours, éditions Lamarque, 2021, pp. 127-142.
- o AUGÉ, Axel, 2021b. « Le traumatisme psychique : une épreuve à surmonter dans la réinsertion familiale du militaire » in Gilles Ferréol (sous la dir. de), *Epreuves et limites*, Bruxelles, EME éditions, 2021, pp. 78-99.
- o BAIZE-VARIN, M. Le rôle du moyen arabe dans la standardisation de la synonymie des formes II et IV factitives en arabe écrit de presse. In GRAND'HENRY, J. and LENTIN, J. Middle and Mixed Arabic over Time and across Written and Oral Genres: From Legal Documents to Television and Internet through Literature. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve : Peeters, 2022, p. 21-41. Publications de l'Institut Orientaliste de Louvain.
- o BAIZE-VARIN, M. Semi-integrated teaching of Arabic to French-speaking beginners: a local experiment. Acte de ma participation distancielle au colloque international SFERE Provence (FED 4238), AMPIRIC « Apprentissages, stratégies et politiques éducatives. Quelles interdisciplinarités, méthodologies et perspectives internationales ? », InsPé, AMU (Marseille), 30-31 mars 2021. Sous presse.
- o DANET, Didier, 2022a. Digital Sovereignty : The Case of Amazon's Ring Doorbell. In : *Handbook on Geopolitics of Digital Sovereignty*. Georg Glasz, Finn Damann, Frederick Douzet & Amaël Cattaruzza. London : Edward Elgar Publishing. pp. à Paraître. Handbooks.
- o DANET, Didier, 2022b. Les interférences entre la politique étrangère et de sécurité européenne et la politique du numérique. In : *La construction d'une politique européenne du numérique*. Brunessen Bertrand. Bruxelles : Bruylant.
- o DANET, Didier, à paraître. GAFAM, Union européenne et États-membres : vers une co-construction de la souveraineté numérique. In : *Les GAFAM et le monde*. Julien Nocetti. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- o DANET, Didier, à paraître. Gestion des crises dans le domaine numérique. In : *Cyberdéfense*. TAILLAT Stéphane, Cattaruzza Amaël, Didier DANET. Armand Colin. Collection U.
- o DANET, Didier, à paraître. Le contentieux judiciaire dans la stratégie de l'entreprise. In : *Handbook of Law and Management*. Hugues Bouthinon-Dumas. Oxford.
- o HADDAD, Saïd, 2021a. Du soldat blessé et de sa famille à l'institution militaire et à la Nation : Quelques réflexions autour de la résilience. In : AUGÉ, Axel (sous la direction de), *Le soldat et l'intime. Les familles face au traumatisme psychique de guerre*. Axel Augé. Tours : Editions Lamarque. pp. 163-172.

- o HADDAD, Saïd, 2021b. Les monarchies du Golfe et le conflit libyen. In : BENANTAR Abdenour. *Le Maghreb et la crise entre les monarchies du Golfe. Une neutralité positive*. Paris : L'Harmattan. pp. 117-130.
- o HADDAD, Saïd. 2022a. Être cybercombattant. Entre représentations et entretien de la frontière ; In : TAILLAT Stéphane, Cattaruzza Amaël, Didier DANET. *Cyberdéfense*. Armand Colin. Collection U. A paraître.
- o HADDAD, Saïd. 2022b. *Building Digital Sovereignty : Doctrine, Organization and Cybercombatants*. In: *Handbook on Geopolitics of Digital Sovereignty*. Georg Glasz, Finn Damann, Frederick Douzet & Amaël Cattaruzza. London: Edward Elgar Publishing. A paraître.
- o HADDAD, Saïd. 2022c. *Operation Resilience: The French Armed Forces and COVID-19*. In: HEINECKEN Lindy, LEUPRECHT, Christian. COVID-19: Comparing Military Domestic Military Deployments in times of Crisis. Oxford University Press. A paraître.
- o LE ROUX, DAVID, BAIZE-VARIN, MARIE et STEPHAN RONAN, 2023. Préparer l'outillage d'une transmission affective du breton et de l'arabe. In FILHON, A., LE HENAFF, C. et PENTECOUTEAU, H. *Diversité linguistique, éducation et transmission en Bretagne*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2023, coll. « Le sens social ». Sous presse.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Information, désinformation : les leçons du Covid. In : *Ramses*. Thierry de Montbrial et Dominique David. Paris : Dunod. pp. 102-107.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Géopolitique du cyberspace. In ARGOUNES, Fabrice, *Géographies du politique*. Paris : Atlande, pp. 145-154.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Le triple enjeu de la 5G en Russie. In DUBIEN Arnaud, *Regards de l'Observatoire franco-russe*, Yearbook 2021.
- o NOCETTI, Julien, à paraître. Le contrôle par la loi : les autorités russes et Internet. In *Cyberdéfense*, TAILLAT Stéphane, Cattaruzza Amaël, Didier DANET. Armand Colin. coll. U.
- o TAILLAT, Stéphane et DOUZET, Frédéric, 2022. Prepping for Long-Term Competition? U.S. Leadership in Cyberspace from Trump to Biden. In : VAGNOUX, Isabelle et STRICOF, Michael, *Assessing U.S. Leadership in a World of Uncertainties*. Londres : Palgrave. Studies in America. Book Authors: :n15
- o WEBER, Claude, 2021, Egalité femmes-hommes sous l'uniforme : une équation impossible à résoudre ? In JANKOWSKI, B., MUXEL, A., et THURA, M., *La sociologie militaire – Héritages et perspectives*, Ed. Peter Lang, pp. 87-106.
- o WEBER, Claude, 2022, Perspectives. Les femmes militaires : constats et enjeux actuels. Ouvrage à paraître édité par la Siéfar (société internationale pour l'étude des femmes de l'Ancien Régime).

6. NOTES & ETUDES

- o AUGÉ Axel et KOUROUMA Oumar, *La contribution du renseignement et de l'information à la performance des opérations de paix : rôle et défis des JMAC*, Observatoire Boutros Ghali et Groupe de recherches et d'information sur la paix, DGRIS- Ministère des armées-GRIP Bruxelles, juin 2021, 17 pages.
- o AUGÉ, Axel, Les opérations de paix et la justice transitionnelle : le rôle des mécanismes communautaires de pacification dans l'Et de la RD Congo, Note d'analyse, Groupe de recherches et d'informations sur la paix (GRIP Bruxelles), 2022, 20 pages.
- o NOCETTI, Julien, janvier 2022. L'Europe dans la géopolitique de la 5G. Une ligne de crête technologique ? *Etudes de l'Ifri*. 38 p. Disponible à l'adresse : https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nocetti_europe_geopolitique_5g_2022.pdf.

- o TAILLAT Stéphane, HADDAD Saïd et DANET, Didier, 25 mars 2022. De la compétition à l'affrontement : quelle place pour les actions cyber une fois les opérations aéroterrestres déclenchées ? *Observatoire de l'Armée de Terre 2035*, Note Analyse n°3. Consultance.

7. ARTICLES DE REVUES

- o AUGÉ, AXEL et DIOR TAMEGUI, CHRISTEL, Le Génie militaire au Cameroun : la force duale pour l'aménagement du territoire et le développement. *Revue internationale des études du développement*, 2021-1, n° 245, pp. 203-225.
- o DANET, Didier, 2022. L'enjeu des données pour la cyberdéfense. *Annales des Mines*. 2022. Vol. Août, n° La protection des données dans une économie globalisée, pp. 88-92.
- o HADDAD, Saïd, 2021. Dynamiques et limites d'une restauration militaire autoritaire. *Herodote*. 6 octobre 2021. Vol. 182, n° 3, pp. 33-48.
- o HADDAD, Saïd. 2022. Franchir le Rubicon et se désenclaver : Les chemins sinueux d'une restauration militaire. *Confluences Méditerranée*. A paraître
- o NOCETTI, Julien, 2022. Internet contre la démocratie ? *Questions internationales*, n° 113-114, pp. 122-128.
- o NOCETTI, Julien, 2021. L'Europe reste-t-elle une colonie numérique des Etats-Unis ? *Politique étrangère*, vol.85, n° 4, pp. 51-63.
- o NOCETTI, Julien, 2021. Les GAFAM, nouveaux acteurs contestés des relations internationales. *Questions internationales*, n° 109, pp. 19-28.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022. Les cyber opérations: la continuité de la politique par d'autres moyens? *Annuaire Français des Relations Internationales*. 2022. Vol. XXIII, pp. 51-64.
- o BOUTRON, Camille, WEBER, Claude, 2022. La féminisation des armées françaises : entre volontarisme institutionnel et résistances internes, *Travail, genre et sociétés*, 2022/1 (n° 47), pp. 37-54.

8. AUTRES ARTICLES

- o HADDAD, Saïd, 2021. Libye. *Moyen-Orient*. Août -septembre 2021. N° Bilan géostratégique 2021.
- o HADDAD, Saïd, 2022, Libye. *Moyen Orient*. Août-septembre 2022. N° Bilan géostratégique 2022.
- o TAILLAT, Stéphane, 2021a. Zero Trust? *Défense et Sécurité Internationale*. décembre 2021. N° 156, pp. 82-83.
- o TAILLAT, Stéphane, 2021b. Le facteur humain dans la cybersécurité et la cyberdéfense. *Défense et Sécurité Internationale*. octobre 2021. N° 155, pp. 88-89.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022a. Les cyberopérations dans la guerre en Ukraine. *Défense et Sécurité Internationale*. juin 2022. N° 159, pp. 88-91.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022b. Ransomwares (partie 1). *Défense et Sécurité Internationale*. août 2022. N° 160.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022c. Ransomwares (partie 2). *Défense et Sécurité Internationale*. octobre 2022. N° 161.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022d. Compétition, contestation, affrontement. *Défense et Sécurité Internationale*. avril 2022. N° 158, pp. 102-103.

- o TAILLAT, Stéphane, 2022e. Cyberopérations et haute intensité. *Défense et Sécurité Internationale*. février 2022. N° 157, pp. 82-85.
- o WEBER, Claude, 2021. La France et son armée : prêtes pour le futur ? *Revue Emile*, été 2021, n°22, L'armée à la conquête de la société <https://www.emilemagazine.fr/article/2021/8/25/enquete-larmee-a-la-conquete-de-la-societe>

9. ORGANISATION DE MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES

- o AUGÉ, Axel. 2021 : Colloque international et pluridisciplinaire sur « Les Patriotismes », académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan en partenariat avec l'université de Rennes 2 et l'université d'Artois, 9 et 10 décembre 2021, membre du comité d'organisation.
- o HADDAD, Saïd. Ethnologies militaires, Maison des Sciences de l'Homme, Rennes, 17 et 18/11/2022. Membre du Conseil scientifique du colloque organisé par la Société d'Ethnologie Française et le CReC Saint-Cyr.
- o VARIN, Marie. Apport du multimédia dans la traduction et l'enseignement-apprentissage des langues minorées (AMTEALM), Maison des Sciences de l'Homme en Bretagne, Rennes, 15/12/2022.
- o WEBER, Claude. Ethnologies militaires, Maison des Sciences de l'Homme, Rennes, 17 et 18/11/2022. En partenariat avec la Société d'Ethnologie Française

10. COMMUNICATIONS & CONFÉRENCES

- o AUGÉ Axel, 2021a. Conférence à l'académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan sur le thème suivant : « Le Sahel : enjeux et perspectives dans un espace aux multiples décompositions », Infos cadres AMSCC, amphithéâtre Bonaparte, académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, Guer, 19 octobre 2021.
- o AUGÉ Axel, 2021b. « Etre militaire blessé et se reconstruire par le sport », journée d'étude « Sport et reconstruction », université Gustave Eiffel, 14 décembre 2021.
- o AUGÉ Axel, 2021c. « Patriotisme et patriotismes », colloque international et pluridisciplinaire de sociologie, organisé par l'université de Rennes 2, l'université d'Artois et l'académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, amphithéâtre Foch, académie militaire de Saint-Cyr, Guer, 09 et 10 décembre 2021.
- o AUGÉ Axel, 2022a. « La prise en charge de la blessure par l'armée de terre : entre réinsertion et reconnaissance », colloque du CTAS Bordeaux, 7-8-9 juin 2022.
- o BAIZE- VARIN MARIE, 2022. Les enjeux de l'utilisation de la transcription phonétique en cours d'arabe dialectal de Damas : entre pis-aller pédagogique et exactitude phonétique. Forum Insaniyyat. Communication individuelle. Université de la Manouba (Tunis). 22 septembre. Consulté à l'adresse : Insaniyyat.
- o DANET, Didier, 2021a. Géopolitique de l'espace numérique. *Rencontre pluridisciplinaire sur les enjeux du numérique*. Colloque. Rennes, Maison des Sciences de l'Homme. 19 octobre 2021.
- o DANET, Didier, 2021b. Souveraineté numérique et autonomie stratégique. *Assises de la recherche stratégique*. Colloque. Paris, CNAM. 10 septembre 2021.
- o DANET, Didier, 2021c. Digital Sovereignty in the European Union : The Case of Amazon's Ring Dorell. *Franco-German workshop on political and geographical issues of „digital sovereignty“*, Dir. Georg Glasz, Finn Daman, Frederick Douzet & Amaël Cattaruzza. Colloque. Université Paris 8, Maison des sciences de l'homme. 20 octobre 2021.

- o DANET, Didier, 2021d. L'intégration de l'autonomie dans les systèmes d'armes : que peut le Droit ? *Les enjeux de l'autonomie des systèmes d'armes létaux*, Dir. Gérard de Boisboissel. Colloque. Paris, ministère des Armées. 9 novembre 2021.
- o DANET, Didier, 2021e. Co-location of Resources in the Digital Industry : the « French Silicon Valley ». *CYDEF 2021*. Colloque. Tokyo, Visio-Conférence. 24 novembre 2021.
- o DANET, Didier, 2021f. Patriotisme économique : les MAMAA sont-elles des entreprises patriotes ? *Les patriotismes*, dir. Axel Augé. Colloque. Guer, Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan. 9 décembre 2021.
- o DANET, Didier, 2022a. Ukraine War : a New Grammar for Cyber Conflicts. *The Changing Nature of Conflicts Global Diplomacy and International Threats*, dir. Valentine Lomellini. International Politics & Security Spring School. Université de Padoue. 11 mai 2022.
- o DANET, Didier, 2022b. Lethal Autonomous Weapons Systems : could ethical principles and legal provisions be reconciled? *Is military ethics keeping pace with the changing nature of warfare?*. Conférence EURO-International Society for Military Ethics. Université Ludovika - Budapest. 18 mai 2022.
- o DANET, Didier, 2022c. Objets connectés et souveraineté numérique : l'exemple des sonnettes connectées. *Masterclass*. Forum International Cybersécurité. Lille, Palais des congrès. 7 juin 2022.
- o DANET, Didier, 2022d. Modération de la table ronde Red Team. *Guerre et fiction ou les effets de la fiction sur la conduite de la guerre*. Organisé par Sandra Cureau, Anne Debrosse, Yann Lagadec, Lionel Mary et Ana Maria Misdolea. Journée d'études. AMSCC, Guer Coëtquidan. 14 juin 2022.
- o DANET, Didier, 2022e. Diplomatie numérique : quels enjeux ? *La souveraineté numérique*, Colloque organisé par Brunessen Bertrand et Guillaume Le Floch. Colloque. Université de Rennes 1. 16 juin 2022.
- o HADDAD, Saïd, 2021a. Dynamiques et limites d'une solution militaire autoritaire, Colloque *Libye : la poudre et les urnes. Le chaos libyen à l'heure des élections*, IREMMO (Institut de Recherche et d'Etudes Méditerranée Moyen-Orient. Colloque. Paris, Collège de France. 10 décembre 2021.
- o HADDAD, Saïd, 2021b. Building Digital Sovereignty: Doctrine, Organization and Cybercombatants. In: GLASZE Georg, DAMMANN Finn, DOUZET Frederick & CATTARUZZA Amaël (éd). *Franco-German workshop on political and geographical issues of „digital sovereignty“*, Colloque. Paris 8, Maison des Sciences de l'Homme. 21/10 2021.
- o HARALAMBOUS YANNIS, VARIN MARIE, et FETNACI NAWEL, 2022. On Arabic Braille. Grapholinguistics in the 21st Century. Poster. Télécom Paris, Palaiseau, France, 8-10 juin. Consulté à l'adresse : <https://grafematik2022.sciencesconf.org/>
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Audition Assemblée nationale*, 2021. [en ligne]. Paris. Disponible à l'adresse: https://videos.assemblee-nationale.fr/video.11200484_614b27943c339.resilience-nationale--auditions-diverses-22-septembre-2021.
- o NOCETTI, Julien, 2021a. Le cybermonde, un enjeu géopolitique. *Assises de la cybersécurité, Monaco*. Colloque. Monaco. 13 octobre 2021.
- o NOCETTI, Julien, 2022. La conception russe des enjeux de souveraineté numérique. *Colloque « souveraineté numérique »*, Université Rennes 1. 17 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Géopolitique de la cybersécurité. Conférence au Lycée Chateaubriand, Rennes. 15 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2021. Quelle place pour les opérations cyber dans le concept multi-milieux/multi-champs ?, *table-ronde à Eurosatory*, 14 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Présidence de session, *Journée d'étude « Guerre et fiction : les effets de la fiction sur la conduite de la guerre »*, Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, 14 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Gouvernance et résilience cyber : clés de lecture. *Conférence à l'ENSIBS*, Vannes, 10 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Le cyber en Ukraine : premiers enseignements. *Masterclass* au Forum international de la cybersécurité, Lille, 8 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. L'éducation au cyber. *Table-ronde au Paris Cyber Summit*, Paris, 12 mai.
- o NOCETTI, Julien, 2022. La stratégie numérique de l'Union européenne. *Audition par la commission des Affaires européennes du Sénat*, Paris, 4 mai.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Géopolitique des GAFAM : quels enjeux pour les Européens ? *Conférence à l'Université inter-âges de Versailles*, 22 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. La « décolonisation numérique ». *Séminaire CEVIPOF-OFCE*, Paris, 8 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Les facteurs cyber et informationnel dans la guerre en Ukraine. *Audition par l'association des parlementaires progressistes*, Assemblée nationale, 7 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Cyberspace at the frontline: assessing the ambitions and contradictions in Russia's global cyber-focused initiatives. *Colloque annuel de l'International Studies Association*, 29 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Propaganda, politics, and war: Information manipulation in France's presidential election. *Conférence GMFUS/ASD*, 29 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. La place de la Russie dans la compétition technologique internationale. *Séminaire de l'Observatoire franco-russe*, Université de Nice, 10 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. European digital sovereignty: French and Latvian perspectives, *Colloque franco-letton*, Riga, 3 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Digitization of work : Facing the economic and political risks. *Conférence à la Stockholm School of Economics*, Riga, 2 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Cyberguerre et cybersécurité : Internet, première zone de conflit au XXIe siècle, *Conférence Crypto, Cyber & Compliance*, BLL Consulting, 1er février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Russia's digital sovereignty strategy in the light of global geo-tech competition. *Séminaire du DGAP*, Berlin, 1er décembre.
- o NOCETTI, Julien, 2022. L'intelligence artificielle et les nouveaux équilibres mondiaux. *Conférence à l'Université Auguste-Rodin*, Meudon, 30 novembre.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Les GAFAM, de nouveaux acteurs géopolitiques ? *Conférence à l'Université Auguste-Rodin*, Meudon, 23 novembre.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Les nouveaux enjeux de la cybersécurité liés aux personnes, aux biens et aux usages. *Table-ronde à l'European Cyber Week*, Rennes, 17 novembre.
- o NOCETTI, Julien, 2022. Modération de la table-ronde « Knowledge is key: Measuring the stability of cyberspace », *Paris Peace Forum*, 12 novembre.
- o NOCETTI, Julien, 2022. The GAFAM and shifting global hierarchies. Which impacts for Europe's digital sovereignty? *Franco-German workshop on political and geographical issues of „digital sovereignty“*, Colloque. Université Paris 8, Maison des sciences de l'Homme. 20
- o TAILLAT, Stéphane, 2021, Les cyber opérations entre opportunités stratégiques et contraintes opérationnelles. *Séminaire SoSySec, DGA-INRIA*, - Campus de Beaulieu, Rennes, 1er octobre 2021

- o TAILLAT, Stéphane, 2021. Participation *Cyber-Power Workshop – International Institute for Strategic Studies (IISS)* – Londres, 19 et 20 octobre 2021
- o TAILLAT, Stéphane, 2021. Quelle place pour les cyberopérations dans un conflit de haute intensité ? *Webinaire trimestriel du COMCYBER* – Paris, 21 octobre 2021
- o TAILLAT, Stéphane, 2021. L'avenir de la coopération franco-britannique après le Brexit. *Colloque Rennes 2 et EMZDO « Quelles ambitions françaises pour une défense européenne ? » La Fabrique Défense* – Université Rennes 2, 18 novembre 2021.
- o TAILLAT, Stéphane 2022. Cyberspace, espace et désinformation : les nouveaux domaines de la concurrence stratégique. *Table ronde Forum St-Laurent sur la sécurité internationale*, - en ligne, 13 mai 2022
- o WEBER, Claude, 2021a. Retours sur les réformes entreprises à St-Cyr. *IXe Congrès national de l'Association Française de Sociologie au sein du RTF 8 « Sociologie du militaire : sécurité, armées et sociétés »* ; Université Lille, du 5 au 9 juillet 2021 (colloque en distanciel).
- o WEBER, Claude, 2021b. Présentation d'une étude internationale et comparative sur le commandement et leadership *XXIe Congrès de l'ASISLF (Association Internationale des Sociologues de langue française)*, « *La société morale* » au sein du GT05 « *Forces armées et sociétés* » ; Université de Tunis, 12 au 16 juillet 2021 (en distanciel).
- o WEBER, Claude, 2021c. Doctrines, training and Practices: First feedback on an international comparison. *Colloque Ergomas (European Research Group On Military And Society), Working Group: Morale, Cohesion and Leadership, 16th Biennial conference*, Tartu, Estonia, 19-24 July 2021 (intervention pré-enregistrée et en distanciel).
- o WEBER, Claude, 2021d. Réflexions sur le concept d'institution totale appliqué aux armées et sur la pratique anthropologique en milieu militaire. *Colloque Ethnographies plurielles 11- Société d'ethnologie française : Institutions totales - Evolutions et usages du concept au XXIe siècle* – Campus Condorcet Aubervilliers – 29 et 30 novembre 2021.
- o WEBER, Claude, 2021e. La féminisation des armées vue comme une innovation ou les raisons des résistances persistantes. *Colloque annuel de l'AEGES (Association pour les Etudes sur la Guerre et la Stratégie) – Table ronde "Genre et innovation"* - Université Grenoble-Alpes – 2 et 3 décembre 2021.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Tout ce que le cyber change à la guerre* [L'Humanité]. 12 juillet, <https://www.humanite.fr/monde/cyberguerre/strategie-tout-ce-que-le-cyber-change-la-guerre-757732>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La cyberguerre n'a pas eu lieu* [NextInpact]. 12 juillet.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : quid du « Google russe » Yandex ?* [L'Usine Digitale]. 11 juillet.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Criminels, espions et manque de candidats : la cybermenace et ses défis. Emission « Politique ! »* [France Culture]. 18 juin. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/politique/la-cybesecurite-9232558>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Il existe aujourd'hui une asymétrie entre le pouvoir des GAFAM et celui des Etats* - interview [Digitemis]. 15 juin ? <https://www.digitemis.com/julien-nocetti-specialiste-des-enjeux-numeriques-digitemis/>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Face au risque de cyberescalade, la France ajuste sa défense* [Le Figaro]. 11-12 juin.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Dans le cyber, l'ogre russe impressionne moins mais fait toujours peur* [AFP]. 11 mai.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Cybersécurité : face au russe Kaspersky, la défiance virale des Occidentaux* [Libération]. 5 mai.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La guerre en Ukraine renforce la fragmentation du web* - interview [Le Monde]. 28 avril, https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/04/28/la-guerre-en-ukraine-renforce-la-fragmentation-du-web_6124000_3234.html.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *L'armée russe défaite par un... téléphone portable* [Mediapart]. 27 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La Russie renforce son contrôle sur Internet et les réseaux sociaux* [La Croix]. 26 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *RuTube, Rossgram... Comment la Russie pousse ses citoyens vers des réseaux sociaux « maison »* [Les Echos]. 25 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Le Pen closer ever to the French presidency (and to Putin)* [New York Times]. 22 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Liens idéologiques, argent... La Russie tient les RN* [Libération]. 18 avril.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Avons-nous les moyens de nous protéger des cybermenaces ?* [France Culture]. 12 avril. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/le-temps-du-debat/avons-nous-les-moyens-de-nous-protéger-des-cybermenaces-1500430>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Cyberguerre : pourquoi la Russie est à la peine en Ukraine ?* [France Inter, cellule investigation]. 8 avril. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceinter/cyberguerre-pourquoi-la-russie-est-elle-a-la-peine-en-ukraine-1163808>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Mécaniques de la cybermenace*. [France Culture]. 30 mars. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/mecaniques-de-la-cybermenace>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La menace des « infox » plane sur la campagne présidentielle* [Le Télégramme]. 25 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : Qu'est-ce que le deepfake de Zelensky laisse craindre pour la suite du conflit ?* [20 Minutes]. 23 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Ukraine : les influenceurs, petits soldats de la guerre informationnelle* [Le Figaro]. 21 mars.

10. PRÉSENCE MÉDIATIQUE

- o AUGÉ Axel, Emission radio France Culture du journaliste Raphaël Kraft, Saint-Cyr : *L'école des chefs*. [Radio France Culture], 4 mai 2022 : LSD la série documentaire, podcast France culture ; <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/lsd-la-serie-documentaire/st-cyr-l-academie-des-chef-fe-s-militaires-de-demain-4198137>
- o DANET, Didier, 2022. *Avons-nous les moyens de nous protéger des cybermenaces ?* [France Culture]. 12 avril 2022. <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/le-temps-du-debat/avons-nous-les-moyens-de-nous-protéger-des-cybermenaces-1500430>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Sanctions contre la Russie : dans quel état se trouve vraiment l'économie du pays ?* [L'Express]. 18 août.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *En Ukraine, le cyber épaissit encore le brouillard de la guerre* [Libération]. 9 août.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Eutelsat, OneWeb, Starlink, Kuiper... Internet spatial, les raisons d'un emballement* [L'Express]. 26 juillet.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Russia is quietly ramping up its Internet censorship machine* [WIRED]. 25 juillet, <https://www.wired.com/story/russia-internet-censorship-splinternet/>.

- o NOCETTI, Julien, 2022. *Qui sont les cyber-combattants de la guerre en Ukraine ?* [Loopsider]. 20 mars. Disponible à l'adresse <https://twitter.com/Loopsidernews/status/1505498389735251970>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Emission Vrai ou Fake ?*, [FranceInfo TV]. 19 mars. Disponible à l'adresse <https://www.france.tv/franceinfo/vrai-ou-fake/3217117-emission-du-samedi-19-mars-2022.html>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : priver la Russie de technologie, l'autre bataille* [L'Express]. 19 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Ukraine-Russie : pourquoi la cyberguerre n'a pas (encore) eu lieu* [Huffington Post]. 17 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Comment la guerre en Ukraine ébranle la tech russe* [L'Usine Digitale]. 17 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *D'antivax à Pro-Poutine, l'évolution des complotistes* [AFP]. 10 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Réseaux sociaux bloqués, médias censurés... Comment Moscou cache aux Russes la vérité sur l'Ukraine* [Madame Figaro]. 10 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Les amitiés romandes de la Russie dans leurs petits souliers* [L'Illustré]. 8 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : comment les Russes s'informent-ils sur le conflit ?* [RTL, podcast Focus]. 8 mars. Disponible à l'adresse <https://www.rtl.fr/programmes/focus/7900132094-61-guerre-en-ukraine-comment-les-russes-s-informent-ils-sur-le-conflit>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La cyber résistance de l'Ukraine, cette riposte que Poutine n'avait pas anticipée* [L'Obs]. 7 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Cybercombattants, sensibilisation... Comment la France se prépare aux cyberattaques russes* [L'Express]. 6 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Comment s'informer en ligne sur la guerre en Ukraine*. [RFI, L'Atelier des médias]. 5 mars. Disponible à l'adresse <https://www.rfi.fr/fr/podcasts/atelier-des-m%C3%A9dias/20220305-comment-s-informer-en-ligne-sur-la-guerre-en-ukraine>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : hackers et cyber-résistants entrent dans le conflit* [Télérama]. 3 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Cyberguerre Russie-Ukraine : « on n'a pas encore vu toute la puissance de feu de la Russie »* [TV5 Monde]. 3 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *« C'est assez inédit » : en Russie, comment les opposants à la guerre en Ukraine réussissent à s'exprimer malgré l'étau des autorités* [FranceTVinfo]. 2 mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Kiev, la déferlante des chars russes*. [France 5, C dans l'air]. 1er mars. Disponible à l'adresse <https://www.france.tv/france-5/c-dans-l-air/3103629-emission-du-mardi-1-mars-2022.html>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La cyberguerre fait rage entre la Russie et l'Ukraine* [Le Figaro]. 1er mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Ukraine, le conflit se déroule aussi en ligne : les géants de la tech s'attaquent aux médias proches de Moscou* [La Tribune]. 1er mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Comment l'OTAN riposterait à une cyberattaque russe* [Ouest France]. 1er mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Europe seeks a legal route to switch off Russian TV* [Politico]. 1er mars.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Cyberattaques, fausses informations : ces armes que la Russie maîtrise avec brio* [L'Express]. 26 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : la Russie a-t-elle un temps d'avance grâce à son arsenal de cyberarmes ?* [20 Minutes]. 26 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Invasion de l'Ukraine et désinformation : Twitter n'est pas préparé à modérer une guerre* [Libération]. 26 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Ukraine-Russie : le cyber, les prémices de la guerre* [Libération]. 25 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Attention à l'utilisation des métadonnées du discours de Vladimir Poutine annonçant l'invasion de l'Ukraine* [AFP]. 25 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *« L'informationnel est une arme de guerre clé du Kremlin » - interview* [Les Echos]. 25 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Médias russes : le contrôle des esprits*. [France Inter, L'Instant M]. 24 février. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/l-instant-m/l-instant-m-du-jeudi-24-fevrier-2022-8355865>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Les cyberattaques constituent l'autre front de la guerre en Ukraine* [Les Echos]. 24 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Les déclarations de Poutine sont-elles enregistrées à l'avance ? Depuis une semaine, le poison du doute* [Le Parisien]. 24 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La Russie mène aussi une cyberguerre contre l'Ukraine* [Le Parisien]. 24 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Guerre en Ukraine : pourquoi Vladimir Poutine s'est abstenu de faire une vraie déclaration de guerre* [20 Minutes]. 24 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Les multiples scénarios de la guerre de Vladimir Poutine en Ukraine* [Le Figaro]. 23 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Crise ukrainienne : la bataille de l'information fait rage* [La Croix]. 22 février.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Une histoire de... l'Internet*. [France Culture]. 2 février. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/serie-une-histoire-de-l-internet>.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Armée russe aux portes de l'Ukraine : ces politiques français complaisants avec le régime de Poutine* [Le Parisien]. 27 janvier.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Présidentielle : l'Etat en alerte face à la menace d'interférences étrangères* [AFP]. 23 janvier.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *La Russie annonce avoir démantelé le groupe cybercriminel REvil* [Libération]. 14 janvier.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Le cyberspace, le facteur flou omniprésent dans les crises géopolitiques* [AFP]. 14 janvier.
- o NOCETTI, Julien, 2022. *Piratage, espionnage, infiltration... Comment certains Etats profitent de la pandémie pour mener des cyberattaques mondiales* [FranceTVinfo]. 5 janvier.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Julian Assange, la némésis de l'Amérique*. [France Culture, CulturesMonde]. 2 décembre. Disponible à l'adresse <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/cultures-monde/julian-assange-la-nemesis-de-l-amerique-8628608>.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Facebook : comment lui réguler son compte ?* [Libération]. 8 novembre.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Yahoo, LinkedIn... pourquoi les géants américains du numérique quittent le marché chinois* [Le Parisien]. 3 novembre.

- o NOCETTI, Julien, 2021. *Les géants du Net, un défi aux Etats du globe ?* [en ligne]. [Radio France Internationale, Géopolitique, le débat]. 23 octobre 2021. Disponible à l'adresse: <https://www.rfi.fr/fr/podcasts/g%C3%A9opolitique-le-d%C3%A9bat/20211022-les-g%C3%A9ants-du-net-un-d%C3%A9fi-aux-%C3%A9tats-du-globe>.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Avant la présidentielle 2022, un risque de cyberattaques « diffus et protéiforme »* [Usbek & Rica]. 20 octobre.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *Russia sends warning to cyber security sector with arrest of Ilya Sachkov* [Financial Times]. 13 octobre.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *The arrest of Russian cybersecurity titan Ilya Sachkov* [Meduza]. 2 octobre.
- o NOCETTI, Julien, 2021. *La Lituanie découvre un système de censure dans les smartphones chinois Xiaomi* [Libération]. 22 septembre.
- o TAILLAT, Stéphane, 2022. *Le cyberspace, un espace de confrontation*. [Réseau d'Analyse Stratégique du Canada]. 25 avril 2022.
- o Stratégique du Canada]. 25 avril 2022.
- o WEBER, Claude, 2021, [l'Express], le 06/ juillet 2021). https://www.lexpress.fr/actualite/societe/cinquante-nuances-de-kaki-l-embarras-des-militaires-face-aux-prises-de-position-politiques_2154360.html
- o WEBER, Claude, 2022. *Saint-Cyr L'école des chefs*. [France Culture]. 4 mai 2022 (diffusion fin juin 2022 : <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/lsd-la-serie-documentaire/st-cyr-l-academie-des-chef-fe-s-militaires-de-demain-4198137>

4. POLE SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE DEFENSE

Le laboratoire était placé sous la responsabilité de M. Yvon ERHEL jusqu'au 1^{er} septembre 2022. Il est depuis placé sous la direction de **Mme Christelle COMBESURE maître de conférences**

Présentation du pôle

Le pôle "sciences et technologies de défense" (STD) est une structure multidisciplinaire regroupant 23 enseignants-chercheurs dans des spécialités liées aux sciences de l'ingénieur (Électronique pour le LESTP, Informatique et Mathématiques Appliquées pour MACCLIA et Mécanique pour le LMM) et menant des actions de recherche sur des thématiques concernant la défense et à la sécurité au sens large. Il bénéficie également de l'appui d'un ingénieur de recherches plus particulièrement en charge des relations avec les industriels.

Le pôle STD contribue à assurer les 3 missions fondamentales confiées au CReC lors de sa création à savoir garantir le niveau académique de l'enseignement, fournir une capacité d'expertise au ministère de la Défense et assurer le rayonnement de l'AMSCC.

Ainsi, le pôle irrigue les programmes de la formation grâce à sa production de connaissances, tant à Saint-Cyr qu'à l'EMIA. Il est à ce titre un acteur principal de la Conduite de Projet concluant la formation académique des élèves. Il apporte par ailleurs une importante capacité d'accueil et d'encadrement de stagiaires français ou étrangers, civils ou militaires.

La capacité d'expertise de ses enseignants-chercheurs se manifeste sous différents aspects : implication directe dans des projets de la DGA (ETO, PEA, Rapid), consultation sur des questions techniques émanant d'organismes de l'Armée de Terre (STAT, École des Transmissions...), participation à des collèges d'experts (guerre électronique HF de la DGSE, comité d'évaluation de l'ONERA/DEMR) ...

Le rayonnement enfin est assuré d'une part par le biais de la publication et de la communication des résultats de la recherche. Les cibles alors visées sont des revues internationales sélectives (en langue anglaise), des conférences internationales ou nationales. La diffusion des conclusions d'étude se fait également par le biais des rapports adressés aux commanditaires des travaux, la confiance renouvelée par bon nombre de ceux-ci étant une mesure de la qualité de nos prestations. Le rayonnement se concrétise également par un ensemble de coopérations internationales comprenant la participation à des programmes de recherche en commun (propagation électromagnétique, simulateurs tactiques...), l'accueil de stagiaires et/ou cadets étrangers pour des durées variables (1 à 4 mois) ainsi que l'envoi de Saint-Cyriens en stage de S5 dans des laboratoires partenaires. Enfin, quelques journées d'études sont organisées et rassemblent, sur une thématique technique précise, un public constitué d'opérationnels (militaires), d'industriels de la Défense et de représentants du monde académique.

Le pôle STD poursuit sa collaboration avec l'industrie de Défense au travers des chaires de recherches. Tout d'abord, la chaire de recherche « Le soldat augmenté dans l'environnement numérique de bataille », financée par Safran a permis la soutenance de quatre thèses, deux thèses en mécanique et deux thèses en informatique. Cette chaire est à ce jour en cours de prolongation après cinq années de production scientifique. Une deuxième chaire dont le sujet porte sur l'intelligence artificielle comportementale et portée par Nexter a vu le jour en 2021. Elle prendra forme très prochainement par le début de travaux doctoraux encadré par des chercheurs de MACCLIA. Enfin, une troisième chaire portée par Thalès s'intéressera cette fois à la cybersécurité. Des chercheurs en informatique et mathématique du pôle STD seront partie prenante de cette nouvelle chaire.

Ces chaires de recherche montrent la collaboration des mondes académiques, militaires et industrielles et contribuent à la qualité des travaux de recherche effectués au sein du pôle STD. L'année passée, une journée d'étude à portée nationale avec l'appui de l'AID comme co-organisatrice a permis de disséminer les travaux du pôle STD. D'avantage de détails sont listés ci-après.

Organisation d'une journée d'études le 12 octobre 2021 sur « les aspects technologiques de l'augmentation des performances du combattant »



Y. Erhel et G. De Boisboissel ont monté cette journée d'études consacrée aux nouvelles technologies au service de l'augmentation des performances du combattant, co-organisée par le CReC, et l'Agence d'Innovation de la Défense.

Plusieurs acteurs (DGA, EMAT, industriels de défense, laboratoires publics ou privés, académiques) ont apporté leur contribution, permettant ainsi de balayer un large spectre d'innovations techniques qui pourraient se retrouver, à un horizon que nous avons établi autour de 2030, dans les équipements du fantassin et qui conduiront à modifier significativement la conduite des opérations.

Le programme de la journée fait apparaître un grand nombre de thématiques comme les solutions innovantes pour améliorer :

- La mobilité, comme l'ont montré des tests réalisés sur des exosquelettes en 2018 à Saint-Cyr avec des élèves-officiers ;
- La protection, grâce à des matériaux innovants alliant résistance accrue et légèreté ;
- La perception situationnelle personnalisée, grâce à la multiplication des capteurs déployés et le traitement de l'information associée ;
- L'aide à la décision et la hiérarchisation des données,
- Le partage collaboratif de données (communication tactique à haut débit ou à débit adaptatif) ;
- La réduction de la charge cognitive du fantassin grâce au recours à l'IA ;
- La résistance et l'endurance du fantassin par l'optimisation de la dépense énergétique,
- Les performances de nouvelles batteries plus légères, plus souples d'emploi et à meilleur rendement ;
- Les systèmes de positionnement efficaces en absence de signaux GNSS.

Cet évènement est apparu comme une opportunité de diffuser auprès des opérationnels les avancées technologiques qui permettront de proposer de nouveaux équipements pouvant être mis à disposition des combattants débarqués dans un futur proche. Une réflexion peut alors être engagée sur le bénéfice escompté de ces solutions techniques et sur l'inflexion qu'elles supposeraient dans la manière de conduire les opérations.

1.1. Unité de recherche ESTP : Électronique, signal, télécommunications et propagation

Composition de l'unité de recherche au 1^{er} septembre 2022 :

Directeur de l'unité :

Jérôme LE MASSON, Professeur des Universités, détaché de l'IETR

☎ : 02 90 40 40 37

☎ jerome.lemasson@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Membres :

Yves BERGEON, Professeur agrégé, docteur, chercheur associé

☎ : 02 90 40 40 53

☎ yves.bergeon@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Yvon ERHEL, Professeur des Universités, détaché de l'IETR (retraite a/c d'octobre 2022)

☎ : 02 90 40 40 33

☎ yvon.erhel@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Bruno FONTAINE, Maître de Conférences, détaché de l'ENSCR

☎ : 02 90 40 40 35

☎ bruno.fontaine@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Jean MOTSCH, Maître de Conférences, détaché de l'INSA

☎ : 02 90 40 40 32

☎ jean.motsch@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Éric PLOUHINEC, Maître de Conférences, détaché de l'IETR

☎ : 02 90 40 40 36

☎ eric.plouhinec@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Laurent QUIBUS, Contractuel, docteur, chercheur associé (a/c d'octobre 2022)

☎ : 02 90 40 40 34

☎ laurent.quibus@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Mohammad YOUNES, Contractuel, docteur, chercheur associé (a/c de septembre 2022)

☎ : 02 90 40 40 34

☎ mohammad.younes@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Départs sur la période 2021-2022 :

Yvon ERHEL, Professeur des Universités, détaché de l'IETR (a/c d'octobre 2022)

Jacques CLAVERIE, Maître de conférences, détaché de l'IETR (a/c de septembre 2022)

Arrivées sur la période 2021-2022 :

Mohamad YOUNES, Contractuel, docteur, chercheur associé (a/c de septembre 2022)

Laurent QUIBUS, Contractuel, docteur, chercheur associé (a/c de septembre 2022)

Axes et thèmes de recherche

Les activités du laboratoire se répartissent en deux grands thèmes : *applications du traitement du signal et des images et propagation électromagnétique*. Les études menées sont aussi bien théoriques qu'expérimentales avec l'emploi de moyens matériels propres ou mis à disposition par nos différents partenaires (essentiellement l'IETR, Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes, UMR 6164 du CNRS dont le LESTP est une composante).

Dans le domaine du traitement du signal, le laboratoire travaille depuis 20 ans sur des applications radio en gamme HF [3 ; 30 MHz] pour laquelle la propagation longue distance est possible grâce aux réflexions ionosphériques (ce évite dans certains cas le recours à des liaisons par satellites). L'ensemble des activités concerne :

1. La radiogoniométrie opérant sur un réseau hétérogène d'antennes : couplée à des calculs de tracé de rayon exploitant un modèle de densité électronique de l'ionosphère, elle permet la localisation d'émetteurs (à longue distance) en n'utilisant qu'un seul site de réception. Depuis 2016, ces compétences nous ont valu d'être associés à un projet DGA-MI de type Rapid (régime d'appui pour l'innovation duale), piloté par la société SYRLINKS de Cesson-Sévigné et portant sur la localisation d'émetteurs par des méthodes PDOA.
2. L'augmentation du débit numérique sur les liaisons HF afin de rendre possible la transmission d'images fixes ou lentement animées par le canal ionosphérique. Une première étape a permis de développer un système de réception multivoies, conférant une structure SIMO (single input, multiple output) à la liaison et augmentant significativement le débit numérique. Les travaux en cours cherchent également à étendre le concept à une solution de type MIMO (multiple input, multiple output).

Dans le domaine de la propagation électromagnétique, le laboratoire s'intéresse à :

- La modélisation du milieu de propagation (la basse atmosphère et l'environnement « indoor » notamment) ;
- La résolution des équations de propagation et plus particulièrement à l'influence du milieu sur la propagation ;
- La modélisation déterministe de la propagation (principalement par l'utilisation de tracés de rayons, de l'Optique Géométrique (OG), de la Théorie Uniforme de la Diffraction (TUD), ainsi que de la Théorie de Fresnel-Kirchhoff. (TFK)).

Les applications étudiées concernent aussi bien les systèmes de télécommunications que les systèmes de détection (radar et optronique). Les études en cours concernent :

- La propagation au-dessus de la mer ; effets de réfraction et de turbulence, influence de la rugosité de surface de mer avec applications aux signatures de cibles dans les domaines radar et infrarouge.
- L'influence du corps humain sur les communications sans fil, étude qui concerne principalement les WBANs (« Wireless Body Area Networks ») et les réseaux de communications 5G (ondes millimétriques).

La thématique « Mise en œuvre de capteurs hétérogènes sur plateforme robotique » s'intéresse aux robots terrestres autonomes (*Unmanned Ground Vehicle, UGV*) et à leurs déplacements dans un environnement *indoor* inconnu. Un robot autonome doit connaître d'une part son environnement (une carte) et d'autre part sa position dans cet environnement (sa localisation).

Pour répondre à cet objectif, l'équipe utilise des solutions :

- à bas coûts et basse consommation ;
- redondantes et hétérogènes ;
- ouvertes et libres.

Ce choix nécessite de fusionner des données de nature différente, de gérer les échanges entre capteurs et actionneurs et de faire communiquer plusieurs robots. Les outils développés visent donc à cartographier l'environnement immédiat de robots. Les cartes ainsi obtenues sont ensuite utilisées pour planifier de manière optimale les futurs déplacements des robots autonomes.

Cette année l'accent a été mis sur le développement d'une « Hardware Abstraction Layer » permettant d'unifier les différents protocoles utilisés sur des robots de type unicycle provenant de différents fabricants.

Les travaux de B. Fontaine, maître de conférences en chimie, se font en collaboration avec l'équipe de *Chimie Théorique Inorganique* au sein de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Un des domaines d'études abordés concerne la structure électronique de matériaux thermoélectriques dont la propriété est de générer un courant électrique lorsqu'ils sont le siège d'un gradient de température. Ces derniers suscitent en effet un regain d'intérêt de par la demande croissant de nouvelles sources d'énergie.

Travaux de recherche

1- LOCALISATION D'ÉMETTEURS UTILISANT DES MÉTHODES PDOA

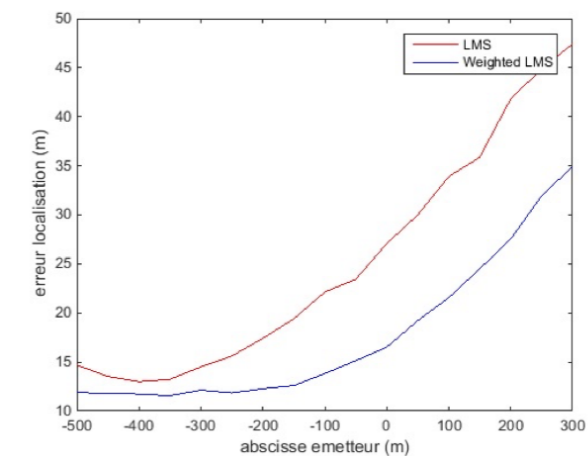
Chercheurs : Yvon Erhel, Jérôme Le Masson, D. Lemur, M. Oger

Partenaires : étude financée par la DGA (Maîtrise de l'Information Bruz) sous maîtrise d'œuvre de la société SYRLINKS (Cesson-Sévigné)

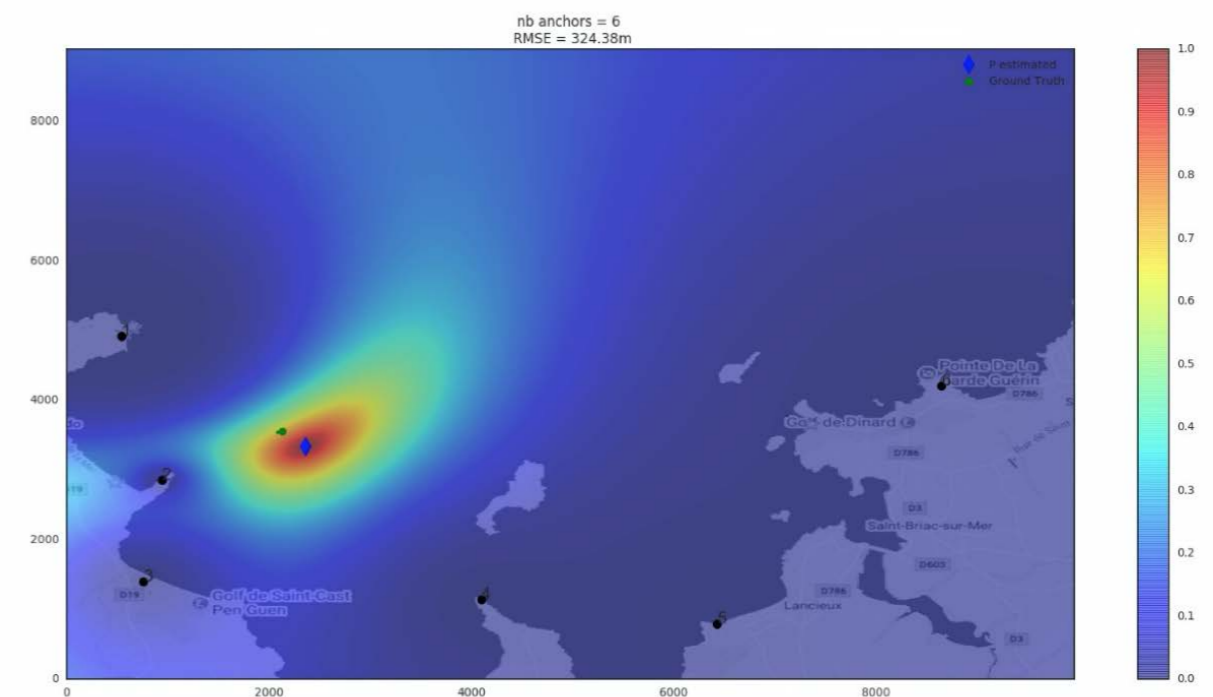
Ce projet, démarré en 2016 et financé par le biais d'un dispositif Rapid proposé par la DGA, est baptisé REACC-RF (réseau autonome de capteurs côtiers radio fréquences). Il est centré sur la localisation d'émetteurs en zone maritime par des méthodes PDOA (power differences of arrival). Les applications possibles sont duales (civiles et militaires) et concernent aussi bien la localisation d'un appel de détresse que la détection d'une intrusion malveillante dans une zone sensible ou interdite.

Les méthodes de localisation PDOA utilisent un réseau de NC capteurs fixes pour estimer la position (inconnue du problème) d'un émetteur fixe ou lentement mobile à partir des mesures de puissances reçues. Elles présentent l'avantage d'un coût modéré puisque la simple mesure de puissance reçue évite de devoir implémenter des modules complexes de traitement du signal comme la synchronisation d'une porteuse, l'inter corrélation entre acquisitions ou encore des calculs d'algèbre linéaire comme la décomposition de matrices en éléments propres que l'on rencontre dans certains systèmes de goniométrie.

Après une première série d'expérimentations en zone maritime menées en 2017 (voir le rapport d'activités 2017), les essais se sont poursuivis en 2018 et 2019 dans des bandes de fréquences différentes. Ces tests ont permis de valider les algorithmes de localisation et d'estimer la précision attendue sur une zone surveillée de 10 km x 10 km environ. L'ordre de grandeur de la précision constatée est de quelques pourcents de la dimension typique de la zone couverte. Cette valeur modeste était prévisible compte tenu de la simplicité des moyens et traitements mis en œuvre. Elle apparaît néanmoins suffisante pour les futures missions du démonstrateur.



Estimation de la précision attendue pour la localisation (résultats de simulation ; la zone surveillée est couverte par un réseau de capteurs disposés sur un cercle de 1km de diamètre)



Résultats de localisation (essai en zone côtière à la fréquence de 434 MHz ; l'erreur de localisation est d'environ 320m pour une zone couverte de 10 km x 10 km). En vert, position exacte de l'émetteur ; en bleu, position estimée.

Le démonstrateur a fait l'objet d'une recette technique positive par les services compétents de la DGA en octobre 2019.

2- TRAITEMENT DU SIGNAL POUR APPLICATIONS EN GAMME HF (3-30 MHz)

Chercheurs : Yvon Erhel, Jérôme Le Masson, D. Lemur, M. Oger, F. Marie

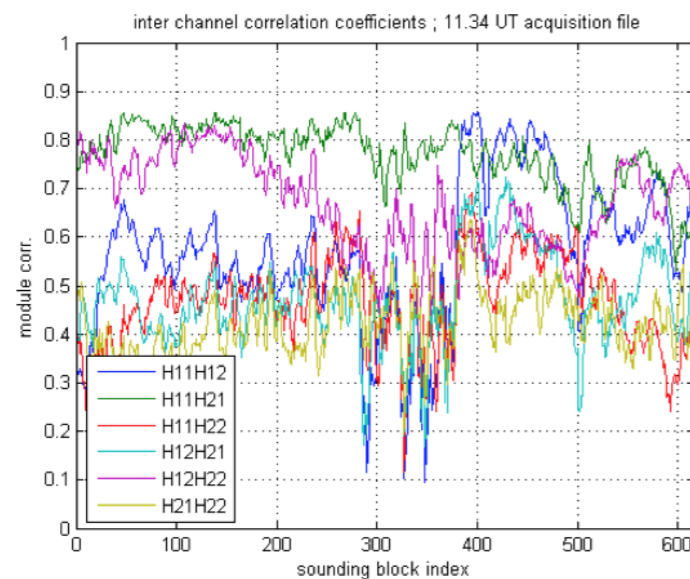
Partenaires : étude commanditée par la DGA (Systèmes Navals Toulon)

La bande de fréquences HF (3-30 MHz) autorise la mise en œuvre de radiocommunications à longue portée grâce à la réflexion des ondes électromagnétiques sur les couches ionisées de la haute atmosphère appelée ionosphère. Le principe en est connu depuis les années 1920 et est largement utilisé par les radio-amateurs entre autres. Les distances couvertes peuvent atteindre plusieurs milliers de kilomètres mais avec un débit numérique limité (de 4.8 kbits/s à 9.6 kbits/s) compte tenu de la faible bande passante du canal ; les applications se cantonnent à la transmission au texte et à la phonie pour les équipements actuellement en service.

Le savoir-faire de l'équipe CReC/IETR dans ce domaine nous a valu d'être partenaires de projets financés dans le passé par la DGA et visant à augmenter le débit numérique de ces liaisons radio. Le principe est d'utiliser des architectures de systèmes avec plusieurs voies de réception (SIMO single input multiple output) ou plusieurs voies d'émission et plusieurs voies de réception (MIMO multiple input multiple output).

Ces travaux se sont effectués dans le cadre d'un plan d'études amont (PEA) de la DGA baptisé SALAMANDRE faisant suite à l'étude technico-opérationnelle (ETO) RIFAN 3 dont les résultats expérimentaux avaient été jugés très positifs (cf rapport d'activités CReC/LESTP 2013 et 2016).

Le service en charge des communications HF à Toulon nous a sollicité pour animer en janvier 2019 un séminaire centré sur les perspectives offertes par le traitement du signal multi-voies pour ces liens radio. A la suite de ces réflexions, il prépare une convention cadre entre la DGA et l'IETR/CReC ? en vue de financer un projet de recherche devant conduire à la réalisation d'un démonstrateur de communications HF haut débit.



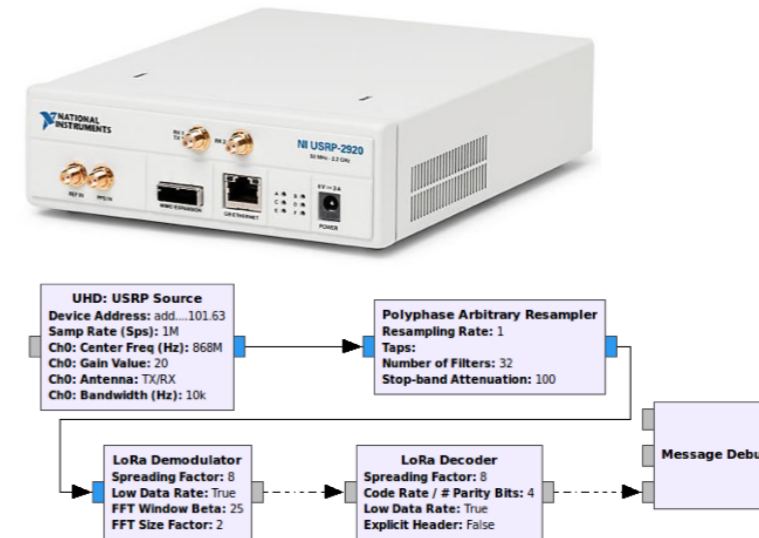
Coefficients d'inter corrélation estimés sur un système de transmission HF MIMO 2x2 de 850 km de portée

3- SOFTWARE DEFINED RADIO - APPLICATIONS À LA GÉOLOCALISATION ET AUX COMMUNICATIONS TACTIQUES

Chercheurs : Jérôme Le Masson, Yvon Erhel

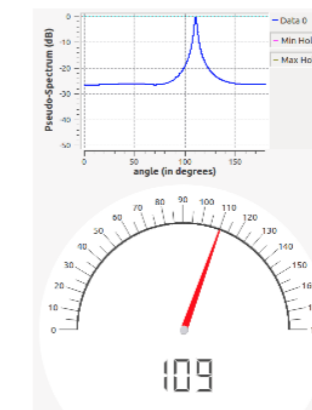
Collaboration : IETR

Les systèmes SDR (Software Defined Radio) appelés aussi radio-logicielles sont des dispositifs d'émission/réception dont une grande partie des traitements sont réalisés de façon logicielle. Cela permet de couvrir de nombreux champs d'applications, depuis les communications numériques jusqu'aux radars ainsi qu'à la localisation ou la mesure de distance. Il existe aujourd'hui de nombreuses plateformes de radio-logicielle ainsi que différentes chaînes de développement interopérables, par exemple les plateformes Universal Software Radio Peripheral (USRP) avec l'outil GNUradio (figure ci-dessous).



Module radio-Logicielle USRP (à g.) et diagramme réalisé avec GNUradio (à d.)

Cette nouvelle thématique au CReC vise à exploiter au mieux un ensemble de systèmes SDR mis en œuvre de manière synchronisée. La première application visée est la géolocalisation d'objets connectés de type LoRa par la méthode des angles d'arrivés. Le principe est d'identifier la direction d'arrivée des ondes radio en utilisant un réseau d'antennes reliées à des récepteur SDR synchronisés. Ce travail a fait l'objet du stage d'un élève Polytechnicien au CReC durant le printemps 2017. Un réseau linéaire de quatre antennes associées à autant de modules USRP synchronisés ainsi qu'une chaîne de traitement basée sur l'algorithme MUSIC ont été mis en œuvre.



De g. à d. : réseau d'antennes, modules USRP, interface GNUradio donnant la direction d'arrivée du signal

La seconde application concerne des systèmes de communication utilisant les technologies MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output) distribuées dans l'espace numérique de bataille. Le système envisagé serait celui d'un dispositif permettant de transmettre des informations à partir d'un ensemble d'éléments mobiles (véhicules ou fantassins) agissant en coordination. Le destinataire des informations pourrait être aussi constitué d'un groupe d'éléments mobiles coordonnés.

S'agissant d'éléments mobiles, la topologie change au cours du temps, ajoutant ainsi une dimension considérée dans le domaine des réseaux ad hoc mobiles (MANET : Mobile Ad hoc NETWORKS). Chaque élément est à la fois un nœud du réseau et un composant du système MIMO distribué. La figure 1 montre un exemple de deux groupes mobiles distants utilisant le MIMO distribué (MIMO-D) pour établir une communication entre deux éléments appartenant chacun à un groupe.

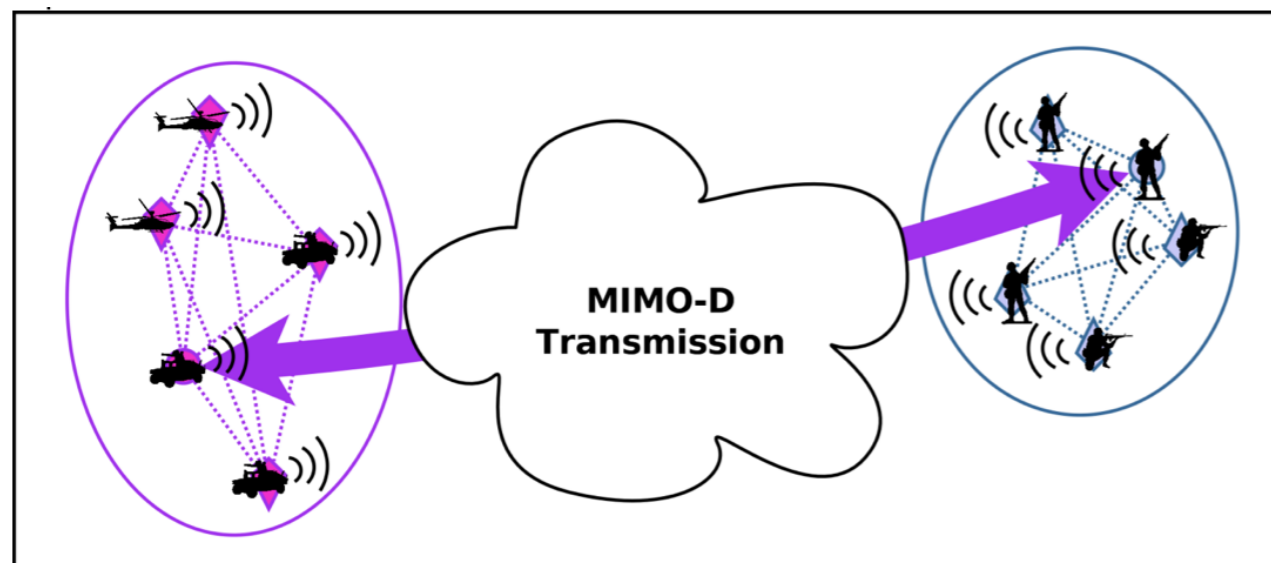


Illustration d'une communication MIMO-D

Ces travaux seront développés dans le cadre d'une thèse proposée dans le cadre de la chaire sur le thème du soldat augmenté dans l'espace numérique de bataille.

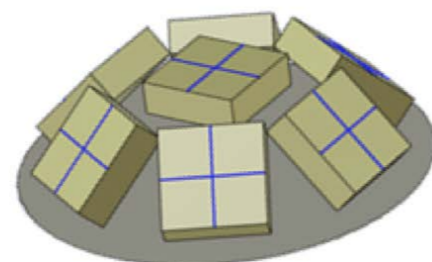
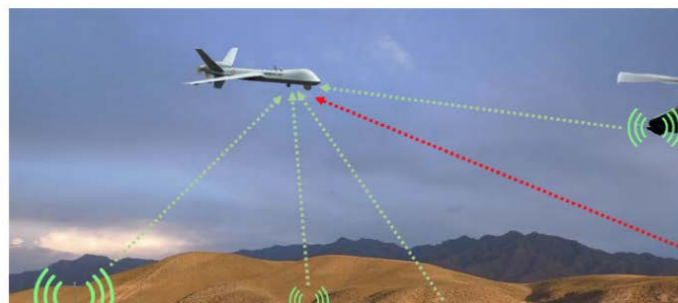
4- RADIOGONIOMÈTRE 3D EMBARQUÉ SUR UN DRONE

Chercheurs : Yvon Erhel, D. Lemur

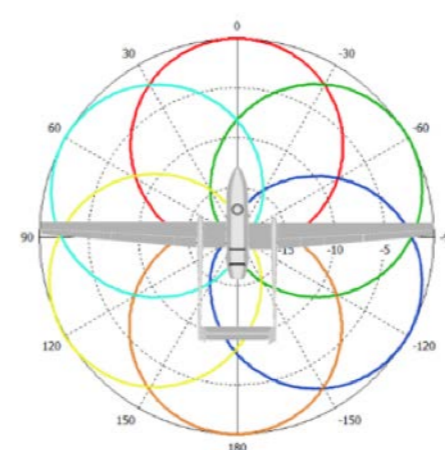
Collaboration : IETR

Il s'agit d'un projet RAPID AirLoc piloté par la DGA-MI (Bruz) sous la maîtrise d'œuvre de la société ADVANTEN 35510 CESSON-SEVIGNE avec pour partenaire académique l'IETR (D. Lemur) et le CREC (Y. Erhel). La durée prévue est de 24 mois (début 1/09/2020) et une post-doc a été embauchée par l'IETR.

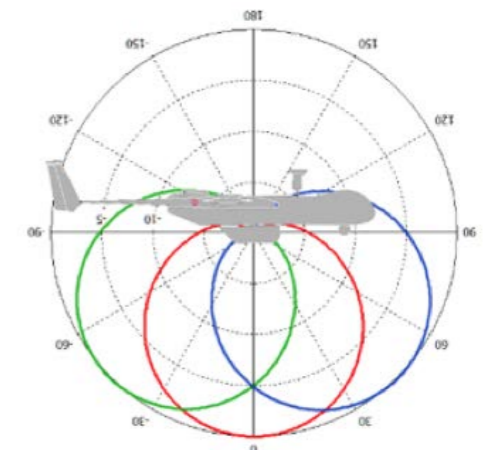
L'objectif est de réaliser un réseau de goniométrie distribué sur une portion d'hémisphère et embarqué sous le ventre de l'appareil (diamètre 70 cm ; hauteur 30 cm). La recherche des directions d'arrivée se fait dans un demi espace : Az $\in [0^\circ - 360^\circ]$; El $\in [0^\circ ; -90^\circ]$



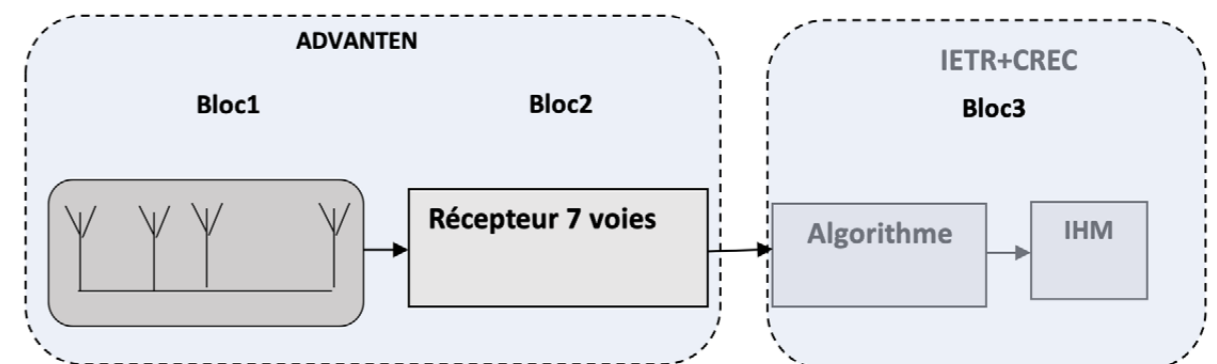
La structure utilise 7 capteurs directionnels hétérogènes (différences dans l'orientation de chaque antenne) : la radio goniométrie dans un contexte de capteurs hétérogènes fait partie des savoir-faire de l'équipe CREC-IETR depuis une trentaine d'années, même si elle a été jusqu'ici mise en œuvre dans des gammes de fréquences différentes de celle de ce projet (700 MHz à 3 GHz).



Diagrammes de rayonnement en azimut



Diagrammes de rayonnement en site



Synoptique du système avec contributions respectives des partenaires

La contribution IETR-CREC a consisté à coder les algorithmes de goniométrie 3D avec intégration des réponses spatiales des capteurs. Leurs capacités assurent une haute résolution (prise en compte de 6 cibles max.) : il s'agit des algorithmes Music et Weighted Subspace Fitting WSF.

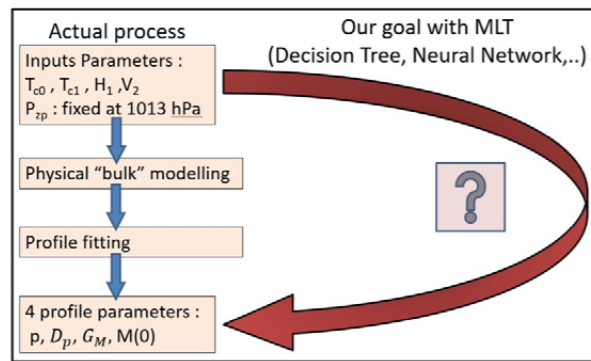
5- MODÉLISATION DE LA PROPAGATION ÉLECTROMAGNÉTIQUE EN ATMOSPHÈRE MARINE

Chercheurs : Jacques Claverie, Jean Motsch

Soutien financier : Prestation pour Naval Group pour un montant de 8 k€ HT

Depuis les années 90, le CREC St-Cyr en partenariat avec la DGA a développé le modèle PIRAM (Profils d'Indice de Réfraction en Atmosphère Marine). Ce modèle, validé à de nombreuses reprises, présente l'inconvénient de ne pas se résumer à une expression analytique. Une expression log-linéaire est couramment utilisée pour approximer le profil. En 2015, une nouvelle approximation analytique a été publiée par Salamon, Hansen et Abott (SHA).

Après avoir démontré que cette expression analytique était pertinente pour le cas des radiofréquences en présence de conduit d'évaporation, nous avons, en 2017, étendu cette formulation aux situations d'infraréfraction, très fréquentes dans le domaine optique. Nous disposons donc désormais d'une représentation mathématique complète des variations de l'indice de réfraction dans la couche de surface marine. Nous avons également pu vérifier que vis-à-vis du calcul des effets de propagation, l'utilisation de cette expression analytique n'introduisait que des erreurs très minimes.



Nous récemment cherché à mettre en œuvre des techniques de « Machine Learning » pour passer directement des paramètres physiques d'entrée de PIRAM aux paramètres utilisés par la loi analytique. Cet objectif est résumé sur la figure ci-dessous.

Une méthode de type « decision tree » a donné des résultats encourageants. En revanche, les premiers tests faits avec des réseaux de neurones se sont avérés décevants. D'autres investigations sont en cours. L'ensemble des résultats obtenus fait l'objet des papiers que nous avons publié en 2021 et 2022.

Parallèlement à cette étude, Naval Group, dans le cadre d'un marché de ventes de frégates et afin de proposer à ses clients des scénarii de calcul pour évaluer les performances des senseurs optroniques, avait besoin d'un logiciel de calcul des profils météorologiques dans la couche de surface marine. Nous avons, à cet effet, développé et vendu à Naval Group le logiciel PAM en y adaptant et actualisant une partie des codes présents dans PIRAM.

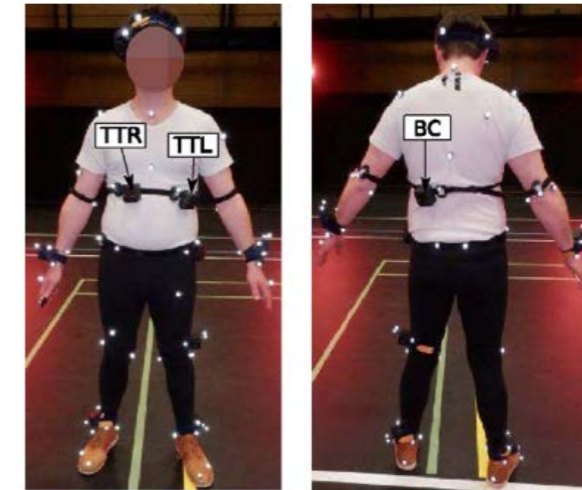
6- INFLUENCE DU CORPS HUMAIN SUR LES COMMUNICATIONS SANS FIL

Chercheur : Éric Plouhinec

Collaboration : IETR/Université de Rennes 1 (Professeur des Universités B. UGUEN)

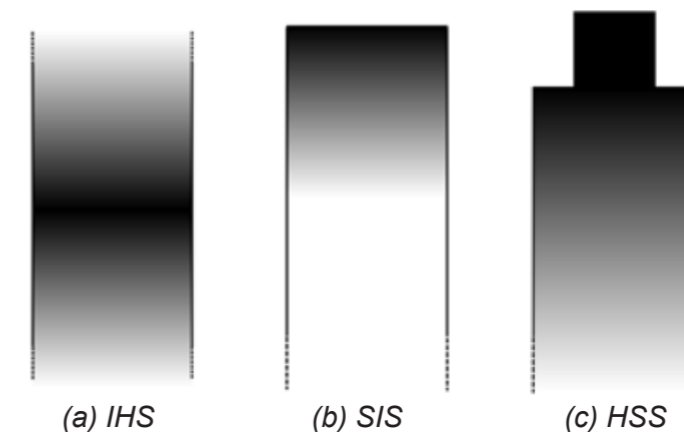
Les travaux menés durant le projet ANR (Agence Nationale de la Recherche) CORMORAN (Réseaux **COR**porels **MO**biles **CO**opér**AT**ifs pour la **N**avigation de Groupe), ont clairement montré l'intérêt d'une modélisation déterministe des interactions que peut subir une onde électromagnétique avec le corps humain. Ces interactions peuvent en effet intervenir dans un contexte WBANS (« Wireless Body Area Networks » ou Réseaux Corporels sans Fil), cadre du projet CORMORAN, mais aussi dans un contexte plus large où le corps humain est statique ou en mouvement à proximité d'une communication sans fil. Cela sera normalement le cas pour les réseaux de communication 5G pour lesquels l'utilisation d'ondes millimétriques est préconisée (utilisation de la fréquence 26 GHz) : le corps humain sera alors l'une des principales causes de « blocage » pour ces communications, phénomène que l'on appelle HBS (pour « Human Body Shadowing »). On peut également citer les WLANs (« Wireless Local Area Networks »), et les environnements urbains avec une densité de piétons importante.

Un premier type de modèle de propagation déterministe lié au HBS avait déjà été développé durant le projet ANR CORMORAN. Celui-ci était basé sur la Théorie Uniforme de la Diffraction (TUD). Cette théorie permet de calculer le champ électromagnétique reçu à partir d'un tracé de rayons (ou « Ray-Tracing » (RT)) préalablement établi. De plus, elle ne s'applique qu'à des formes canoniques spécifiques : le corps humain, dans ce contexte, ne peut être modélisé que par des cylindres et/ou des sphères. Pour évaluer l'impact du corps humain sur une communication sans fil, nous avons aussi pu exploiter des mesures effectuées en contexte « réel » dans un gymnase de l'ENS/IRISA de Rennes, basée sur le Campus de Ker Lann à Bruz. Ces mesures couplaient des mesures de Capture de Mouvement (ou « Motion Capture » (ou « MoCap »)) à des mesures radio effectuées à une fréquence de 2,4 GHz, comme illustré par les photos du « cobaye » de la Figure 1. De plus, 4 points d'ancrage appelés AP_i ($i=1, 2, 3, 4$) fixes émettaient/recevaient également à 2,4 GHz : ce sont les communications entre ces points d'ancrage que nous avons étudiées.

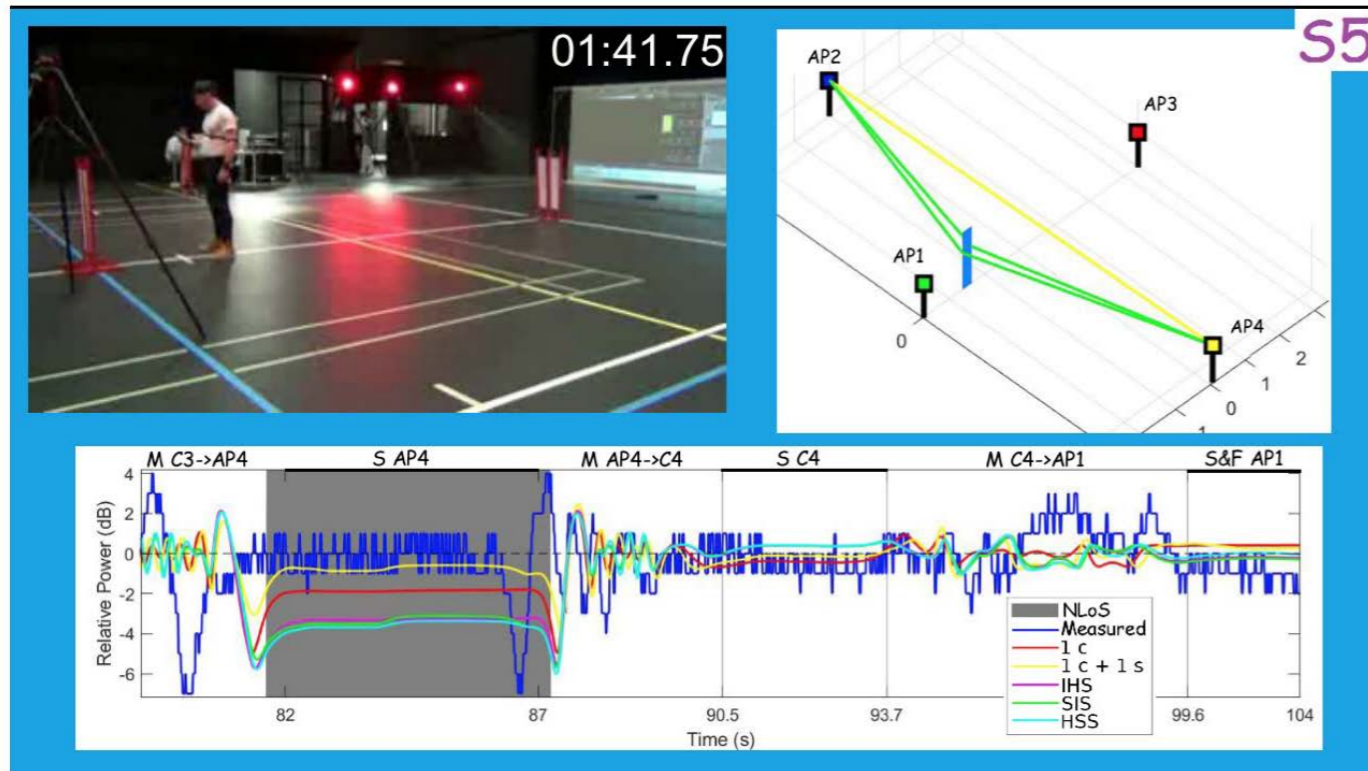


« Cobaye » avec marqueurs « MoCap » et nœuds radio

Quatre modèles de corps humain, à base de surfaces convexes, et utilisables par la TUD, ont été construits à partir des marqueurs MoCap présents sur le « cobaye » (cf. Figure au-dessus). La comparaison entre ces 4 modèles et les mesures a déjà été faite dans le dernier rapport d'activités. Comme également dit dans ce rapport, le modèle géométrique constitué d'un cylindre circulaire pour le corps et d'une sphère pour la tête, appelé '1c+1s', donnait alors les meilleurs résultats. Nous avons alors décidé d'aller un peu plus loin dans la simplicité, à savoir travailler avec la Théorie de Fresnel-Kirchhoff (TFK) et 3 modèles géométriques de corps humain à base d'écran(s) qui sont représentés sur la Figure ci-dessous : ceux-ci ont été appelés IHS (pour 'Infinitely High Screen'), SIS (pour 'Semi-Infinite Screen') et HSS (pour 'Head and Shoulders Screen').



Les 3 modèles géométriques de corps humain développés et associés à la Théorie de Fresnel-Kirchhoff (TFK).



Synchronisation, pour la liaison AP2-AP4 :

- de la scène de mesures (en haut à gauche),
- de la scène reconstruite géométriquement avec le modèle SIS (en haut à droite),
- des mesures radio (RSSI) et des 3 modèles TFK (en bas) + 2 modèles TUD.

Enfin, les résultats obtenus avec les 3 modèles ont pu être comparés, le long du trajet parcouru (donc en fonction du temps), avec le niveau mesuré de signal radio reçu (ou RSSI pour « Received Signal Strength Indicator »), comme représenté en bas de la Figure 3 pour la liaison AP2-AP4, avec les 3 modèles d'écran(s) et 2 modèles TUD (dont le modèle '1c+1s', et, de plus, le modèle '1c' (corps modélisé seulement par un cylindre circulaire)).

Ces comparaisons ont donné lieu à la publication d'un article au Colloque ICEAA - IEEE APWC 22 (cf. paragraphe « Participation à des Colloques ») qui a eu lieu au Cap (Afrique du Sud) en Septembre 2022. Elles ont ainsi mené aux conclusions suivantes :

- Le modèle « 1c + 1s » semble toujours donner les meilleurs résultats en non-visibilité (le corps humain bloquant véritablement la liaison Emetteur-Récepteur), mettant en évidence qu'un rayon rampant au-dessus de la tête n'est pas à négliger dans ce type de modélisation.
- Les modèles à base d'écran(s) semblent suffisants dans les cas de visibilité.
- La prise en compte de la réflexion par le sol a une forte influence sur les résultats, impliquant un décalage vertical (vers le haut) non négligeable.
- L'orientation du corps humain semble avoir une influence sur le niveau du champ reçu, mais cette orientation n'est pas prise en compte par les modèles de HBS que nous avons développés jusqu'à présent.

Au vu de ces conclusions, nous avons décidé d'explorer d'autres types de formes géométriques pour le corps humain, seulement utilisables avec la TUD : d'une part, le cylindre elliptique, et, d'autre part, des écrans dont on peut jouer sur l'orientation (ce qui n'est pas le cas des écrans décrits plus hauts utilisables avec la TFK) et basés sur des dièdres d'angle intérieur nul.

7- MISE EN ŒUVRE DE CAPTEURS HÉTÉROGÈNES SUR PLATEFORME ROBOTIQUE -APPLICATION À LA LOCALISATION DE ROBOTS TERRESTRES / CARTOGRAPHIE INDOOR

Chercheurs : Yves Bergeon, Jean Motsch

Collaboration : University of Defence Brno (République tchèque)

Les capteurs embarqués sur les robots mobiles autonomes sont de plus en plus utilisés. Ces capteurs autorisent la perception de l'environnement par le robot afin de lui permettre d'évoluer dans de bonnes conditions, et de communiquer vers d'autres robots ou vers une plateforme centralisée les informations d'importance qu'il a pu recueillir.

La partie des capteurs pour le déplacement est hétérogène : émetteur-récepteur à ultrason, LIDAR, *kinect* ou bien simple caméra. De même, les caractéristiques comme la nature de la mesure, sa précision, son orientation, la fréquence de répétition, sont variées, et pas nécessairement toujours accessibles. Dans un tel contexte, il est nécessaire de fusionner les différentes données reçues pour en retirer une information exploitable pour les traitements ultérieurs comme la cartographie.

La plateforme matérielle supportant actionneurs, capteurs et système de commande embarqués est doublée d'une plateforme logicielle assurant la communication entre les différents sous-systèmes. *Robot Operating System (ROS)* est une architecture *open source* de choix. Elle implémente sur un système unix (Linux Ubuntu) des mécanismes de type client-serveur ou de diffusion asynchrone. ROS permet ainsi de découpler les interactions entre capteurs et actionneurs. De plus, ROS autorise l'utilisation d'un grand nombre de bibliothèques extérieures, par exemple pour faire du traitement d'image ou utiliser des outils de vision par ordinateur.

Les applications visées à court terme sont le pilotage des robots terrestres indoor et la réalisation de cartographie tandis que les objectifs long-terme concernent la localisation de robots et la planification de trajectoire. De plus, l'étude des échanges d'informations entre robots d'un même essaim permet de considérer la construction d'une cartographie partagée et la mise en place d'un réseau de communication *ad hoc*.

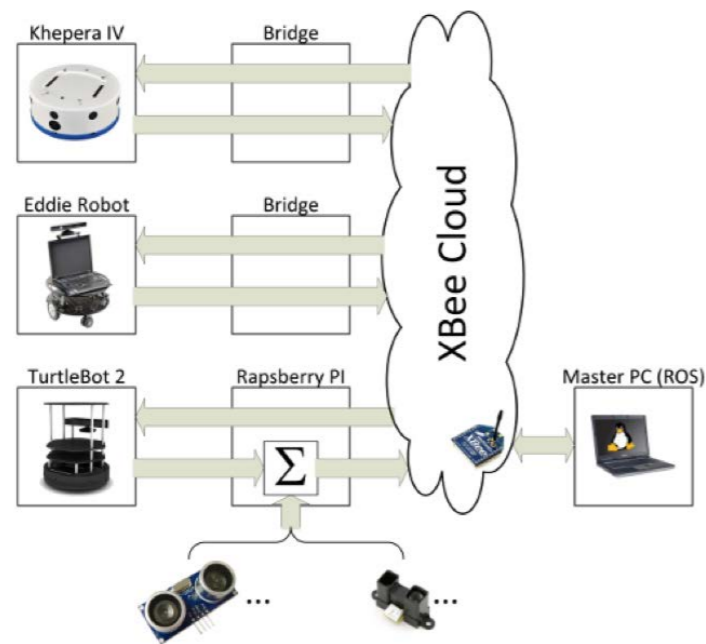
Afin de pouvoir uniformiser le contrôle de robots hétérogènes en essaim, une « Hardware Abstraction Layer » a été proposée et est en cours de développement. L'idée sous-jacente est de permettre la communication entre entités de haut-niveau (gestion des déplacements, ...) et les robots qui peuvent provenir de différents fabricants et donc être hétérogènes. Aujourd'hui chaque fabricant propose ses propres protocoles de communication, ses propres interfaces ...

La commande de ces robots hétérogènes provenant de différents constructeurs pose le problème de la mise à jour des drivers. Afin d'éviter de redéfinir les différents algorithmes de haut niveau pour chaque architecture, l'utilisation de ROS (Robot Operating System) est devenue incontournable, de par sa disponibilité open-source et de la communauté de développement associée. Or ROS est implanté au-dessus d'une version Linux, en l'occurrence Ubuntu. Chaque nouvelle version de celle-ci entraîne une nouvelle version de ROS (tous les 6 mois) et une mise à jour des différents drivers pour chaque type de robot. Le développement et la mise au point de ces drivers sont développés par la communauté ou par les fabricants qui souhaitent mettre sur le marché de nouveaux robots. Les robots plus anciens (au-delà de 2/3 ans) ne bénéficient pas de ces mises à jour, car chaque driver est à développer de manière séparée pour chaque robot.

L'unification des protocoles de communication devient donc une nécessité. Le travail s'est focalisé cette année sur le développement d'une « Hardware Abstraction Layer ». Celle-ci permettrait de n'avoir à redévelopper que les drivers spécifiques pour la nouvelle interface ainsi créée à chaque changement de version de ROS. Elle permettrait également de commander les robots de différents fabricants uniquement à travers cette interface unifiée.

À plus haut niveau, une tâche à exécuter pourrait être envoyée à un essaim de robots hétérogènes, à charge pour le premier robot disponible d'exécuter cette tâche. Cela permettrait à haut niveau une transparence complète du type de robot effectuant cette tâche.

L'axe de recherche est axé sur l'utilisation de composants courants et bas-coût. Basé sur le protocole de communication de la plate-forme de référence Turtlebot 2, une extension des protocoles de communication a été proposée en utilisant un ordinateur de type Raspberry Pi. Celui-ci présente assez de puissance pour pouvoir accéder à la communication avec la partie matérielle du robot et d'ajouter si nécessaire les capteurs nécessaires de manière à uniformiser les possibilités de tel ou tel robot. La structure de la partie matérielle présentée ci-dessous a été publiée dans la revue AEEE (Advances in Electrical and Electronic Engineering).



Dans cette architecture, le Raspberry Pi est le centre de contrôle des communications et sert de pont (bridge) vers l'extérieur. La communication peut être réalisée grâce à divers protocoles : wifi, xbee longue portée (illustration), Lora, etc. Le problème étant complexe, la recherche s'est pour le moment focalisée sur les robots de type unicycle. Les problèmes identifiés jusqu'à lors amèneront à proposer une modification du protocole ROS au démarrage du Master afin qu'ils puissent enregistrer les caractéristiques du robot comme la taille ou la vitesse maximum.

8- DE LA SIMULATION À LA MISE EN ŒUVRE PHYSIQUE : VERS UN JUMENTA NUMÉRIQUE

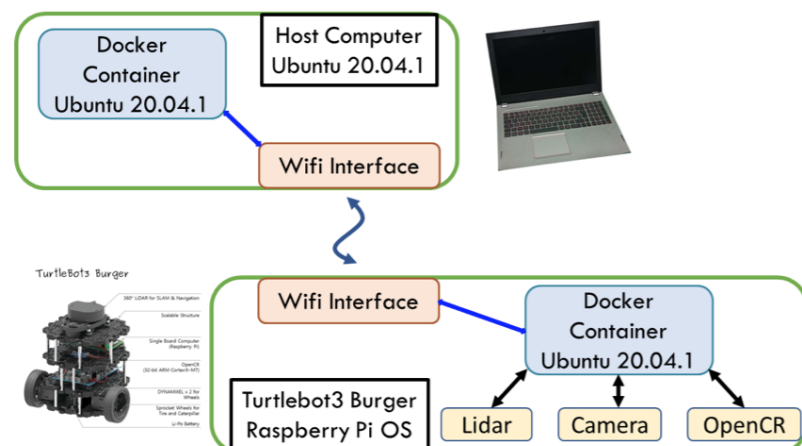
Chercheurs : Yves Bergeon, Jean Motsch

Collaboration : University of Defence Brno (République tchèque)

L'AMSCC propose depuis 2021 un semestre en langue anglaise intitulé **Smart Robotics** qui intègre des cadets de l'académie et des académies militaires européennes partenaires. De niveau M1, ce semestre favorise l'expérimentation d'algorithmes divers avec des robots physiques tout en utilisant dans la conception les outils de simulation ad hoc.

Dans ce contexte, l'équipe robotique a développé une architecture complète permettant une transition simple depuis un robot simulé à un robot physique tout en assurant des communications efficaces et la résilience du système face aux erreurs de programmation.

Cette architecture repose sur l'intégration ROS (*Robot Operating System*) comme meta système d'exploitation spécialisé dans les interactions en robotique et le mécanisme de container *Docker* pour prendre en compte l'hétérogénéité du matériel. La figure suivante décrit un peu plus en détail les relations entre équipements.



Avec cette architecture, il est possible, en utilisant les simulateurs adéquats, de développer des algorithmes de contrôle utilisant les capteurs présents sur le robot, de les vérifier en simulation puis de les faire fonctionner sur les robots physiques en modifiant uniquement quelques lignes dans un fichier de configuration. Cette approche consiste ainsi à considérer que le modèle de simulation est un jumeau numérique (*digital twin*) du robot turtlebot3 utilisé.

9- VERS DE NOUVEAUX MATÉRIAUX À FORT POTENTIEL THERMOÉLECTRIQUE

Chercheur : Bruno Fontaine

La thermoélectricité est un phénomène physique caractérisant certains matériaux qui permettent de convertir soit l'énergie thermique en énergie électrique par effet Seebeck, soit l'énergie électrique en énergie thermique par effet Peltier. Les matériaux possédant un bon pouvoir thermoélectrique sont des matériaux qui ont le plus grand facteur de mérite ZT à la température T .

$$ZT = S^2 \sigma T / \lambda$$

Pour que ZT soit maximum il faut que le matériau possède un coefficient de Seebeck S le plus grand possible, une conductivité électrique σ élevée afin de fournir une quantité d'électricité suffisante et en même temps une faible conductivité thermique λ . La conductivité thermique se compose principalement de deux contributions : λ_e la conductivité thermique due aux porteurs de charge (électrons ou trous) et λ_l la contribution due aux vibrations thermiques du réseau (phonons). La minimisation de la conductivité thermique de réseau est l'une des possibilités permettant d'augmenter le facteur de mérite ZT ; l'insertion d'atomes lourds vibrant dans les cages d'une structure cristalline complexe comme dans les composés clathrates ou les composés à clusters de molybdène conduit à une diminution de la conductivité thermique par le phénomène de diffusion des phonons.

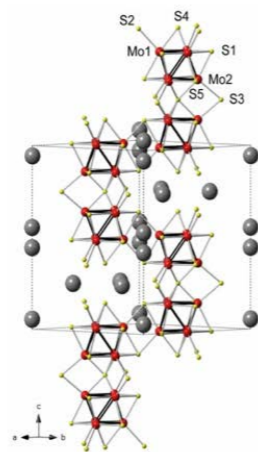
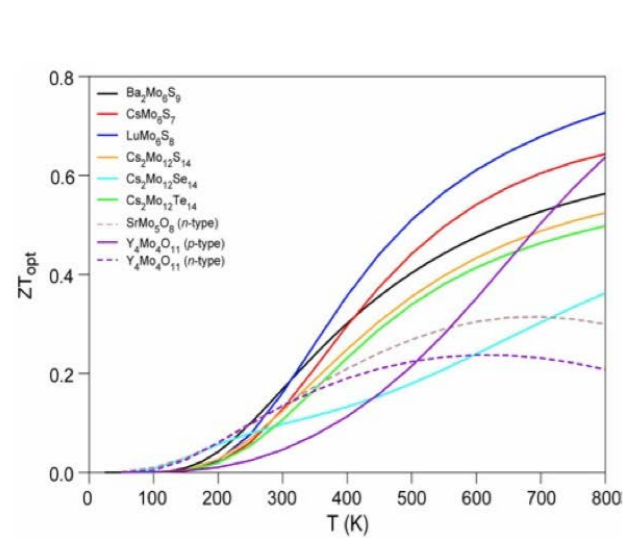
Ces travaux sont axés sur les synthèses par voie solide-solide et sur les caractérisations des propriétés structurales et électroniques de ces composés. Ces dernières sont étudiées à l'aide de calculs quantiques périodiques basés sur la DFT. Il est nécessaire de comprendre la nature précise des bandes au niveau de Fermi, leur évolution selon certaines directions de l'espace réciproque ainsi que la nature des différentes interactions. Enfin le calcul des propriétés de transport doit permettre d'accéder aux valeurs théoriques de la résistivité et du coefficient de Seebeck afin de les comparer aux valeurs expérimentales.

9.1 Projet ANR MASSCOTE : Matériaux sulfures à structures complexes, application à la thermoélectricité

Chercheurs : Bruno Fontaine, R. Gautier (ENSCR), J.-F. Halet (Univ. Rennes1)

Collaborations : équipes CTI et CSM, Sciences Chimiques de Rennes – UMR CNRS 6226, CRISMAT (Caen), IJL (Nancy)

Ce projet vise à accroître les propriétés thermoélectriques de composés sulfurés à structures cristallines complexes. Les applications dans les domaines de l'énergie solaire, de l'automobile, de l'industrie sont particulièrement visées afin de convertir les énergies thermiques perdues et renouvelables en électricité. Les sulfures en tant que matériaux thermoélectriques ont fait l'objet de recherches approfondies dans les années 1960. Cependant, en raison du grand succès de Bi_2Te_3 en tant que matériau thermoélectrique le plus efficace à la température ambiante, seules les propriétés de transport électrique des sulfures métalliques ont été étudiées. Néanmoins, ils ont suscité un regain d'intérêt ces dernières années, principalement en raison de leur faible coût, de leur faible toxicité et de leurs propriétés thermoélectriques optimisables. L'accent est particulièrement mis sur les matériaux à clusters de métaux de transition, les phases tetraédrites $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ et les composés ternaires $\text{Cu}_2\text{Sn}_{3+x}\text{S}_{7+2x}$ ($0 \leq x \leq 1$).



Modélisation des propriétés de transport par une approche semi-classique

9.2 Projet ANR HIGHTHERM : Antimoniures thermoélectriques pour applications hautes températures

Chercheurs : B. Fontaine, R. Gautier (ENSCR), J.-F. Halet (Univ. Rennes1)

Collaborations : équipe CTI, Sciences Chimiques de Rennes – UMR CNRS 6226, CRISMAT (Caen), NIMS (Japon), UMI LINK 3629, St Gobain CREE (Cavaillon)

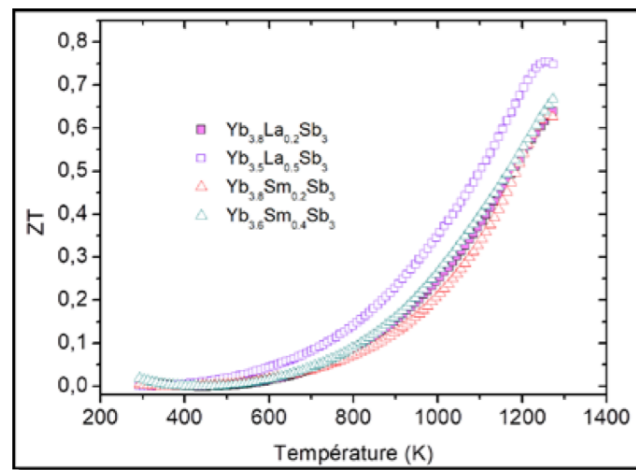
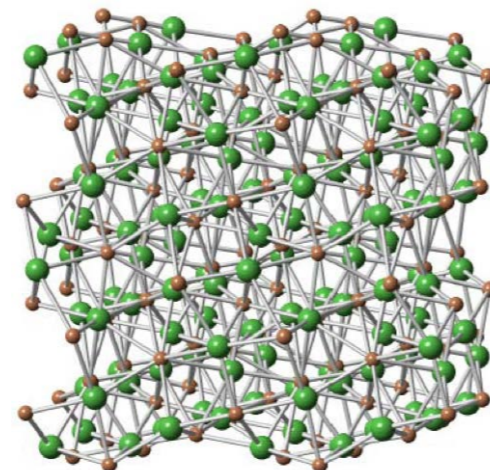


Figure de mérite du composé $Yb_{4-x}La_xSb_3$



Structure cristalline du composé Th_3P_4

Le projet HIGHTHERM est axé sur l'optimisation et la mise en œuvre de matériaux susceptibles d'applications industrielles à des températures supérieures à 600 ° C, afin de récupérer la chaleur perdue et de la convertir en énergie utilisable, par exemple dans l'industrie du verre. Pour répondre à ces exigences, ce projet porte sur la recherche et le développement de matériaux thermoélectriques à haute température de structure cubique type Th_3P_4 . Dans cette famille, les La_3Te_{4-x} de type n sont de bons thermoélectriques avec un ZT supérieur à celui à 1000 ° C. Cependant, il existe peu d'informations sur leurs homologues de type p (antimoniures anti- Th_3P_4) avec toutefois des preuves de leurs bonnes performances (ZT légèrement inférieur à l'unité à température élevée).

Production scientifique sur la période 2021-2022

Publications dans des revues scientifiques internationales

- Yves Bergeon, Jean Motsch et Vaclav Krivanek. *Implementation of a Multi-disciplinary Robotics Curriculum for master's Student: The Use Case of AMSCC International Semester*, Robotics in Education 2022, Lectures Notes in Networks and Systems volume 515, Lepuschitz, Merdan et al. Editors, Springer Edition.

Publications dans des revues scientifiques Nationales

- Jacques CLAVERIE. « *La propagation hertzienne : une longue histoire plus que jamais d'actualité* », REE n° 2022-2, Mai-Juin 2022, pp 113-121

Publications dans des revues militaires techniques

- Y. Erhel, G. de Boisboissel, E. Gardinetti et E. Chiva « Les nouvelles technologies et l'augmentation des performances du combattant » Revue DSI, hors-série n°81, pp 74-76, décembre 2021
- Y. Erhel, « Le photochromisme » Revue DSI, hors-série n°81, pp 77-78, décembre 2021

Rapports d'études et de contrats de recherche :

- J. Claverie, J. Motsch. *Modélisation de la propagation électromagnétique en atmosphère marine*, Naval Group, Prestation 8k€.

Publications dans des conférences scientifiques internationales

- Yves Bergeon, Jean Motsch et Vaclav Krivanek, « Robotics in master's degree including multi-disciplinary projects. Case of semester in first year of master's degree » 13th IFAC Symposium on Advances in Control Education, July 24-27, 2022, Hamburg.
- Yves Bergeon, Jean Motsch et Vaclav Krivanek, « Implementation of a Multi-disciplinary Robotics Curriculum for master's Student: Use Case of AMSCC International Semester », 13th International Conference on RIE, April 27-28, 2022, Bratislava.

Participations à des colloques

- Jacques CLAVERIE and Jean MOTSCH. "Applying neural networks techniques to compute vertical refractivity profiles in maritime environments – Preliminary results", IEEE AP-S and URSI Symposium, Décembre 2021, Singapour.
- Jacques CLAVERIE and Jean MOTSCH. "Applying machine learning techniques to compute vertical refractivity profiles in maritime environments", 16th European Conference on Antennas and Propagation, Madrid (Espagne), Mars 2022
- Jacques CLAVERIE and Jean MOTSCH. "Computing vertical refractivity profiles by neural networks. Comparison with bulk model results", IEEE AP-S and URSI Symposium, Juillet 2022, Denver (USA)
- E. PLOUHINEC et B. UGUEN. *Knife-Edge Diffraction Models for Human Body Shadowing Prediction*, ICEAA 22 (International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications) & IEEE APWC 22 (IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications), 5-9 Septembre 2022, Le Cap (Afrique du Sud).

Soutenance de HdR

- J. LE MASSON. *Communications numériques et exploitation de la diversité pour différents supports de transmission*, Habitation à diriger des recherches, soutenue à Guer le 25 février 2022.

Encadrement de doctorants et de stagiaires

- Sous la direction du Dr Yves Bergeon, le lieutenant Aymen Ben Hamed de l'académie militaire de Fondouk Jedid (Tunisie) a réalisé au CREC son stage de fin d'étude entre mars et juillet 2022, intitulé « Réalisation d'une interface d'abstraction matérielle du robot Parallax Eddie sous ROS ».

Ingénieur Diplômé Par l'État – IDPE

- Y. ERHEL et J. LE MASSON sont membres du jury local de la procédure IDPE (ingénieur diplômé par l'Etat). Ce dispositif permet de valoriser les responsabilités et compétences techniques d'un candidat (dont le déroulement de carrière vérifie les conditions requises) en lui attribuant, sous l'égide d'un jury national, un diplôme d'ingénieur.

Partenariats

- L'équipe « Mise en œuvre de capteurs hétérogènes sur plateforme robotique » a une collaboration de recherche avec l'université de Défense de Brno (UoD) en république tchèque depuis 2010. Dans ce contexte, le commandant Krivanek de l'UoD a participé en décembre 2021 à l'enseignement dans le séminaire européen « Robotics : practical views » et en recherche sur l'analyse du choix de capteurs sur la reconnaissance de matériels militaires. Yves Bergeon est allé en juin 2022 à l'université de défense de Brno (république tchèque) pour envisager les collaborations possibles dans le cadre de la future Université Militaire Européenne.

Expertises

- Jacques CLAVERIE a été membre du jury de la thèse de Uygur Karabas soutenue le 04 Novembre 2021 à l'ISAE (Toulouse) intitulée « *Inferring Tropospheric Radio Refractivity Using Optimization Methods* ».
- Jean Motsch a été relecteur pour la conférence MESAS 2021, ICMT 2021, ACE 2022 et MESAS 2022.
- Yves Bergeon a été reviewer pour les conférences MESAS 2021, ICMT 2021, RIE 2022 et MESAS 2022.

Valorisation des travaux de recherches

- Les travaux de recherche de l'équipe « Mise en œuvre de capteurs hétérogènes sur plateforme robotique » ont permis la création d'un séminaire de formation d'une semaine intitulé « Robotics : practical views », ouverts aux cadets européens de niveau minimal licence (*bachelor*). Cette formation a lieu tous les ans depuis 2015, avec pour la dernière édition 17 cadets étrangers (académies d'Italie, du Portugal, de République Tchèque, des Pays-Bas et de Roumanie). Ce séminaire sera reconduit pour l'année 2022.
- L'équipe de recherche « Mise en œuvre de capteurs hétérogènes sur plateforme robotique », compte-tenu de leur activité de recherche, a supervisé en 2020 la création du semestre en langue anglaise « Smart robotics » à destination des cadets européens et a développé l'architecture matérielle et logicielle autour des compétences acquises en recherche.

Notoriété/ organisation de manifestations scientifiques

- Jacques CLAVERIE a été le principal organisateur de l'édition 2021 des journées d'études SEE & DGA : « *Propagation radioélectrique – Caractérisation de l'Environnement* ». Ces journées tenues en Novembre 2021 ont rassemblé sur 2 jours plus de 60 participants autour de 33 présentations orales.
- Jacques CLAVERIE a été réélu en Juin 2022 au Conseil d'administration de la SEE (Société de l'Electricité de l'Electronique et des technologies de l'information et de la communication). Il a intégré le bureau de cette association en tant que Président de la commission des conférences et congrès. Il est par ailleurs membre du Comité d'organisation du congrès International « *IEEE Radar 2024* », prévu pour se tenir à Rennes en Octobre 2024.
- Jacques CLAVERIE est également, depuis 2021, membre du comité de rédaction de la revue REE éditée par la SEE.
- Eric PLOUHINEC a été choisi comme « co-chairman » de la session intitulée « Antennas and Propagation » (Session 14) du colloque IEEE APWC 22 (IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications), qui a eu lieu au Cap (Afrique du Sud) du 5 au 9 Septembre 2022.
- Yves BERGEON est membre de l' « Editorial Board » du journal « *CyberneticLetters - Informatics, Cybernetics and Robotics* » (République Tchèque), ainsi que membre de l'Editorial Board de la revue AIMT (Advances in Military Technology) depuis 2017.

1.2. Unité de recherche MACCLIA: Méthodes Algébriques pour la Construction de Connaissances, les Logiques de l'Intelligence Artificielles

Composition de l'unité de recherche au 1^{er} septembre 2022 :

Directeur de l'unité :

Patrice PARRAUD, Maître de conférences

☎ : 02 90 40 40 39

☎ : patrice.parraud@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Membres :

Rachel ABABOU, Maître de conférences, hors classe, agrégée

☎ : 02 90 40 40 46

☎ : rachel.ababou@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Didier ALQUIER, Ingénieur en chef de l'armement, DGA

☎ : 02 90 40 40 47

☎ : didier.alquier@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Nicolas BELLOIR, Maître de conférences

☎ : 02 97 70 75 16

☎ : nicolas.belloir@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Jérémy BUISSON, Maître de conférences HDR

☎ : 02 90 40 40 43

☎ : jeremy.buisson@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Stéphane CARDON, Maître de conférences

☎ : 02 90 40 40 55

☎ : stephane.cardon@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Guy CHASSÉ, Maître de conférences, hors classe

☎ : 02 90 40 40 45

☎ : guy.chasse@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Aline HUFSCMITT, Maître de conférences,

☎ : 02 90 40 40 41

☎ : aline.hufschmitt@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Zoubida JADDA, Maître de conférences

☎ : 02 90 40 40 42

☎ : zoubida.jadda@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Guillaume PREVOST, Doctorant

☎ : 02 90 40 40 41

☎ : guillaume.prevost@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Jérôme ROUSSEAU, Contractuel, docteur HDR

☎ : 02 90 40 40 46

☎ : jerome.rousseau@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Lionel TOUSEAU, Maître de conférences

☎ : 02 90 40 40 44

☎ : lionel.touseau@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Départs sur la période 2021-2022 :

Cyril ODASSO, Maître de conférences, agrégé (a/c de de septembre 2021)

Éric JACOPIN, Docteur, HDR (a/c de septembre 2022)

Guy CHASSÉ, Maître de conférences, hors classe (a/c d'octobre 2022)

Arrivées sur la période 2021-2022 :

Lionel TOUSEAU, Maître de conférences (a/c de septembre 2021)

Jérôme ROUSSEAU, Contractuel, docteur HDR (a/c de septembre 2021)

Jean-François CULUS, Maître de conférences (a/c d'octobre 2022)

Axes et thèmes de recherche

L'équipe MACCLIA est le fruit de l'intégration de l'équipe de recherche Informatique et de l'équipe de recherche Mathématiques dans une même unité de recherche. Les premiers pas de cette intégration sont visibles par des travaux qui se situent aux interactions entre ces deux domaines. L'équipe MACCLIA, forte de ses multiples compétences, réussit à décloisonner différentes thématiques qui sont habituellement éloignées les unes des autres. Cela nous offre des approches et des points de vue originaux pour résoudre les questions de recherche de chacun.

Parmi les différents thèmes de recherche abordés, on notera ceux-ci : la cryptologie et la sécurité de l'information, la cyber sécurité et ses investigations scénarisées / contextualisées, l'intelligence artificielle pour l'ingénierie comportementale, stress et apprentissage en réalité virtuelle, les

architectures logicielles, la cybersécurité des systèmes de systèmes à mise en œuvre rapide, l'analyse de la vulnérabilité dans le cadre des systèmes de systèmes sociotechniques, la prise de décision et la rupture de causalité en intelligence artificielle, la vision artificielle et la réalité augmentée, pour ne citer que ceux-là.

Travaux de recherche

1- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR L'INGÉNIERIE COMPORTEMENTALE

Chercheurs : Stéphane Cardon, Aline Hufschmitt et Guillaume Prévost

C'est le jeu de tir à la première personne (FPS – First Person Shooter) F.E.A.R. (Monolith, 2005) qui a été le premier à utiliser la planification d'actions pour contrôler le comportement des personnages du jeu qui n'étaient pas manipulés par le joueur (NPCs – Non-Player Characters) mais par le programme du jeu lui-même.

Le premier objectif de ce thème est de produire un composant de planification d'actions pour les NPCs. Un tel composant fait partie de l'intelligence artificielle du jeu qui s'occupe aussi, par exemple, de calculer les trajectoires des déplacements de ces mêmes NPCs. Planifier des actions pour ces personnages correspond à déterminer une suite d'actions qui seront exécutées par le jeu pour ces personnages ; ceci doit se faire de façon très rapide et très économe, c'est-à-dire au plus quelques millisecondes avec une consommation en Watts la plus faible possible. Une première implémentation, efficace, sur cartes graphiques nVidia, a été réalisée. Dans l'optique de réduire la consommation (celle d'une unité de traitement sur carte graphique – GPU est plus énergivore que celle de l'unité centrale – CPU), une thèse, financée dans le cadre de la chaire Safran « Soldat augmenté », a débuté en octobre 2018. Elle a mis en évidence un algorithme capable de produire des millions de plans sur l'unité centrale (CPU).

Le deuxième objectif s'inscrit dans le cadre de l'apprentissage en Réalité Virtuelle et Mixte. Une collaboration avec l'Institut en Recherche Biomédicale des Armées a débuté en 2017 sur la gestion du stress pilotée par Intelligence Artificielle. La motivation est que lorsque le stress est vécu comme un défi à surmonter, il peut devenir un puissant stimulant, à condition de bien gérer le dosage des facteurs stressants. Aujourd'hui, cette collaboration se traduit par le développement de simulations immersives avec stimuli stressant dans le but d'identifier de nouveaux indicateurs de stress. Il s'agit là d'une étape primordiale avant la catégorisation utile au développement d'une IA capable de gérer ces stimuli de manière automatique et en fonction de l'utilisateur, travaux qui débutent comme une partie de l'ANR DRIFT-FH en collaboration avec la Fondation Saint-Cyr, l'UTC, PSYCLE et l'InCIAM.

Le troisième objectif, initié en septembre 2019, est l'utilisation de l'IA pour la pro-action sonore. L'environnement sonore d'un jeu ou simulation (musique et effets sonores) peut être manipulé pour influencer positivement ou négativement la performance du joueur. Cet objectif s'inscrit dans une collaboration avec Nexter pour la mise au point d'environnements sonores pour déstresser. La réalisation d'outils expérimentaux nommé Sonotris puis DynaTris ont permis de réaliser une étude sur les effets de la variation du tempo qui a débouché sur plusieurs publications. La réalisation d'expérimentations sur d'autres critères du son (spatialisation, complexité musicale, timbre, mode, harmonie, mixage) et d'autres modalités (Réalité Virtuelle – VRTris) permettra d'identifier les stimuli utiles pour la mise au point d'une IA capable de réaliser une pro-action sonore dynamique.

2- CRYPTOLOGIE ET SÉCURITÉ DE L'INFORMATION

Chercheurs : Zoubida Jadda, Patrice Parraud

A l'ère du numérique, des simulations tactico-virtuelles, des objets connectés et embarqués, des architectures d'informations complexes et des données de très grandes tailles, la sécurité dans le cyberspace est un enjeu des plus prioritaires. C'est tout naturellement que nos travaux s'inscrivent en sécurité de l'information avec une forte interaction entre mathématiques

discrètes, calcul formel et implémentations informatiques. Les domaines investis sont la cryptologie avec ses protocoles de chiffrement et ses schémas de signatures, et la stéganographie basée sur des codes correcteurs d'erreurs.

Un premier axe de recherche porte sur l'étude et la conception de fonctions booléennes activement utilisées dans les protocoles de chiffrement itératifs par blocs et par flux et dans la combinaison ou le filtrage de registres à décalage à rétroaction linéaire pour la génération de suites chiffrantes. Les critères cryptographiques que doivent satisfaire les fonctions booléennes sont nombreux et sujets à compromis selon leurs compatibilités. Parmi ces critères, on retiendra l'équilibre, l'immunité aux corrélations, le critère de propagation, le critère d'avalanche stricte, la non-linéarité (d'ordre r), le degré algébrique, l'immunité algébrique et la résistance aux attaques algébriques rapides. La conception et l'étude de nouvelles primitives cryptographiques font apparaître d'autres propriétés spécifiques que les fonctions booléennes utilisées doivent satisfaire. Sans tous les citer, on distinguera la monotonie, l'uniformité différentielle ou encore la presque parfaite non-linéarité.

Habituellement, les fonctions booléennes, comme leur nom l'indique, sont des fonctions binaires, de $\{0,1\}^n$, muni de la métrique de *Hamming*, à valeurs dans $\{0,1\}$. L'espace vectoriel $\{0,1\}^n$ étant isomorphe au corps fini à 2^n éléments $GF(2^n)$, ces fonctions sont généralement construites sur corps finis binaires résultant d'extensions Galoisiennes du sous corps premier $GF(2)$. Quelques études portent sur des fonctions booléennes construites sur des corps finis non binaires $GF(p^n)$ avec p premier appelées p -ary fonctions.

L'idée génitrice de nos travaux porte sur l'investigation d'une nouvelle approche de l'étude et de la conception de ces fonctions à partir de fonctions quaternaires définies de Z_4^m , muni de la métrique de *Lee*, à valeurs dans l'anneau des entiers modulo 4 noté $Z_4 = \{0,1,2,3\}$. Ces fonctions quaternaires sont alors construites sur des extensions de Z_4 que sont les anneaux de Galois notés $GR(4,m)$. La fonction de Gray \square nous offre une projection isométrique de Z_4 dans $GF(2) \times GF(2)$ avec la conservation de la distance à savoir $d_{Lee}(a,b) = d_{Hamming}(\square(a), \square(b))$. Cette passerelle nous permet de transiter entre fonctions quaternaires et fonctions booléennes.

Les résultats obtenus ont contribué à définir formellement les fonctions quaternaires et certaines de leurs propriétés cryptographiques puis à proposer des constructions de familles de fonctions quaternaires ayant de très bonnes propriétés au même titre que leurs projections binaires par la fonction de Gray. Ces travaux se poursuivent avec d'autres propriétés et d'autres constructions et notamment un nouveau cadre d'étude qui vise à généraliser les projections binaires.

Ces travaux continuent avec d'autres propriétés et d'autres constructions et notamment un nouveau cadre d'étude qui vise à généraliser les projections binaires en s'affranchissant du formalisme quaternaire. Les derniers travaux en dates portent sur une nouvelle propriété des fonctions booléennes, l'uniformité différentielle, propriété particulièrement importante pour résister aux différentes variantes de la cryptanalyse différentielle. Les premiers résultats obtenus ont permis de caractériser ces propriétés cryptographiques pour des fonctions quaternaires afin d'en exhiber certaines familles présentant un spectre différentiel optimal tout comme leurs homologues binaires projetées. Les derniers résultats en date se focalisent sur des fonctions puissances ayant une très bonne uniformité différentielle avec comme objectif une certaine généralisation de ce type de fonctions.

Dans la même veine, les codes définis sur Z_4 et leurs codes projetés binaires font l'objet d'une étude pour le calcul de certaines propriétés cryptographiques et dans un tout autre domaine, leur utilisation en stéganographie et leurs algorithmes de décodage associés.

Un second axe de recherche porte sur l'étude et la conception de cryptosystèmes définis, non pas sur un corps fini, comme il se fait habituellement, mais sur des anneaux locaux multivariés. L'idée principale réside dans la construction d'automorphismes particuliers appelés TTM pour *Tame Transform Method* afin de fabriquer une application dissimulée par une double combinaison latérale du type $\square_1 \circ \square_2$. La mise en œuvre de tels protocoles de chiffrement, utilisant ces automorphismes, demande différents alphabets dédiés et corrélés. Les avantages d'une telle approche sont, une faible complexité algorithmique, une sécurité basée sur la difficulté d'inverser l'automorphisme utilisé et une robustesse algébrique aux attaques de Patarin ou par les bases de Groëbner. Toutes les expérimentations numériques sont implémentées à l'aide de logiciels de mathématiques comme Sage (www.sagemath.org).

Parallèlement à ces travaux, c'est tout intuitivement que des investigations à la frontière entre l'intelligence artificielle et la cryptographie ont vu le jour avec la conception d'un nouveau protocole de chiffrement symétrique et/ou un générateur pseudo aléatoire de suites chiffrantes basé sur les algorithmes génétiques en collaboration avec Aline Hufschmitt.

En effet, aujourd'hui, avec un cyberspace en constante évolution, un Internet des objets en constante croissance et des technologies émergentes toujours plus innovantes, la cryptographie doit être

capable de s'adapter et de répondre aux nombreux besoins de sécurité adjacents. Bien que les approches mathématiques et combinatoires jouent toujours leur rôle dans ce contexte (cf. axes précédents), l'intelligence artificielle et plus particulièrement les algorithmes génétiques semblent être une alternative réelle et prometteuse aux problèmes de sécurité ouverts.

Aussi, les travaux menés ont abouti à un premier protocole de chiffrement symétrique, appelé GMC pour Genetic Meta Cipher, basé sur un algorithme génétique standard avec des options configurables et des opérations modulaires. Dans un protocole cryptographique symétrique standard, nous avons un algorithme de (dé)chiffrement unique associé à sa clé privée, sur qui, selon le principe de Kerckhoffs, la sécurité du protocole doit reposer. Dans notre cas, l'algorithme de (dé)chiffrement n'est qu'une sorte de lecteur d'opérations (opérateur et ses paramètres) associé à la base de données de toutes les opérations possibles. Le processus complet de (dé)chiffrement, encapsulé et sécurisé, est fourni par le protocole GMC vu alors comme une clé. Ainsi, pour un algorithme de (dé)chiffrement et sa base de données, nous pouvons produire plusieurs clés différentes (protocole de chiffrement). Comparé à d'autres protocoles cryptographiques connus, tels que AES, DES ou 3DES, en termes de critères tels que l'entropie et la distance différentielle sur différents ensembles de données, le protocole GMC s'avère être une première et très prometteuse réponse cryptographique aux problèmes de sécurité et de confidentialité. Ce premier prototype d'algorithme cryptographique « génétiquement modifié » semble offrir de réelles opportunités de prospection. Ces travaux se poursuivent avec une étude de la pertinence de notre protocole GMC en termes d'aléas. Cela revient à appliquer toute une batterie de tests statistiques issus du NIST afin de positionner notre algorithme de chiffrement dans le bon seuil d'aléas.

3- CYBER SÉCURITÉ

Chercheur : Patrice Parraud

Parallèlement à ces travaux de recherche en CRYPTOLOGIE ET SÉCURITÉ DE L'INFORMATION, j'ai développé avec de nombreux partenaires français et étrangers une activité de recherche autour de la CYBER SÉCURITÉ avec des investigations offensives et défensives d'architectures matérielles et logicielles déployées dans le cadre de systèmes tactico-opérationnels avec un volet public et un volet privé.

3-1 Le Laboratoire d'Informatique Cyber (LIC).

Afin de répondre à des besoins fonctionnels et opérationnels en termes de formation, d'entraînement, de challenges, d'expérimentation et de recherche, j'ai créé et administre un laboratoire d'expérimentation cyber (LIC). Ce laboratoire à accès réglementé et sécurisé est soumis à un document de Politique d'Exploitation de Sécurité (PES) et à une Attestation de Reconnaissance de Responsabilité Administrateur (ARRA). Il reste autonome dans sa gestion et son administration et peut selon les interventions être physiquement déconnecté du réseau de l'institution.

Le LIC est dotée d'une architecture unique permettant des investigations en Cyber sécurité spécifiques. Son architecture, pensée comme un centre d'exercices comprend quinze ordinateurs portables (postes « candidats ») reliés en réseaux et répartis en 3 îlots, un poste « Prof/Admin » hébergeant un serveur Clonezilla, un serveur SFTP, un serveur SSH et un serveur de virtualisation, un poste « Cyber » hébergeant un Cyber Range, un poste « Cyber Mobile » hébergeant une version mobile du Cyber Range (activité extérieure), un banc de stations Raspberry et quelques ordinateurs portables spécialement configurés. Le poste « Cyber » est conçu sur une architecture réseau semi-virtualisée et héberge un Cyber Range (avec une centaine de machines virtuelles) permettant de drainer une activité de recherche avec l'élaboration de scénarios, l'expérimentation de primitives de sécurité, l'étude de triptyques offensives (vulnérabilité, exploits, payload) en toute sécurité mais également de servir de support aux différentes cours de l'option Cyber. Sur le plan « formation », selon la nature et les objectifs de l'exercice, les « candidats » peuvent avoir accès à une ou plusieurs machines virtuelles spécifiques dites vulnérables dont la vulnérabilité est ciblée par rapport aux attentes du cours. Sur le plan « entraînement », les « candidats », peuvent être confrontés à différents types de machines virtuelles en réseau ayant chacun un objectif spécifique (*Capture The Flag*, *Born*

2 *Root*, ...). Le mode « challenge » est destiné à des « candidats » regroupés en équipes afin de dérouler un scénario préalablement mis en place par le coordinateur de type Red Team vs Blue Team. Sur le plan recherche, des architectures plus complexes et spécifiques, accompagnées de scénarios construits, peuvent être déployées pour simuler au mieux l'infrastructure d'une institution (université, hôpital, entreprise, ...) dont on souhaiterait évaluer la sécurité. Les résultats recueillis pouvant servir à une post exploitation à des fins de prédiction et/ou d'anticipation par reconnaissance comportementale ou de signatures.

Documentations actualisées régulièrement :

- Support de conception, maintenance et utilisation du LIC et de son Cyber Range.
- Cyber bookmark, fichier HTML de plus de 200 entrées thématiques.
- Recueil de scénarios Cyber alimenté par les différents échanges et challenges/CTF.

3-2 Les projets de recherche

Les dernières collaborations (*) que j'ai mise en place et cette capacité à virtualiser et déployer une architecture réseau spécifique ont ouvert la voie à de nouveaux projets de recherche avec comme appui les Cyber Range à disposition.

@ Génération automatique et réaliste de trafic réseau

La "génération automatique et réaliste de trafic réseau" pour lequel nous disposons déjà d'un prototype est un des principaux axes de recherche que nous avons investi cette année avec nos partenaires du NTNU (auquel il m'a été offert l'opportunité d'être chercheur associé). En effet, si un cyber range offre la possibilité de virtualiser fidèlement une architecture réseau et d'y déployer des scénarios cohérents, l'environnement informatique simulé n'en reste pas plus efficace sans un trafic réseau réaliste. Et c'est là toute la difficulté de concevoir un tel trafic réseau. Sans trafic, toute attaque serait immédiatement repérée et trop de trafic permettrait de la masquer. L'idée est d'associer à une architecture contextualisée un trafic réseau scénarisé. L'architecture se doit d'être complète et la plus fidèle possible à une infrastructure réelle existante comme un hôpital, une entreprise, ou une université. Le trafic réseau lui doit reposer sur plusieurs jeux d'acteurs avec leurs rôles, leurs prérogatives et leurs emplois du temps mais aussi sur des actions automatiques et intrinsèques du réseau (mise à jour, tâches d'administration, requêtes client-serveur, ...). Le Cyber Range sera un atout non négligeable pour le déploiement et l'administration de l'architecture réseau et l'intelligence artificielle vue de l'angle des jeux vidéo (à contrario du machine learning) conditionnera le générateur de trafic au plus près de la réalité.

@ Scénarios contextuels et ciblés avec une approche *Purpule Team*

C'est avec notre partenaire Airbus Defense and Space avec notamment l'accès à son Cyber range et son hub que nous avons entrepris une collaboration recherche autour de l'implémentation virtualisée du framework VECTR dans le cadre de scénarios Cyber de type *Purple Team* sur des campagnes référencées de Mitre Att&ck. L'idée est d'expérimenter les implémentations sur le cyber range du LIC puis de les déployer à grande échelle sur celui de notre partenaire. Il s'agit de faire de la « Cyber Threat Intelligence » par la collecte d'informations dans le but de dresser un portrait de l'attaquant pour construire au mieux des défenses face à un ennemi (in)connu. La *Purple Team* fait référence à la collaboration entre la *Blue Team* et la *Red Team* dont l'objectif est l'évaluation de l'efficacité des contrôles de détection et de la pertinence des tests de pénétration. La *Red Team* simule les activités offensives de l'attaquant/adversaire tandis que la *Blue Team* représente les actions et contrôles défensifs censés détecter et/ou prévenir une cyberattaque. VECTR est un outil qui facilite le suivi des activités de tests des *Red Team* et *Blue Team* afin de mesurer les capacités de détection et de prévention dans différents scénarios d'attaque.

On parle alors de « Threat Actor » pour désigner une personne ou une entité qui a la volonté ou la capacité de porter atteinte à la sécurité informatique de personnes, compagnies ou entités. Ces acteurs peuvent être liés à une organisation ou non et leurs actions peuvent être volontaires ou non. L'ennemi étant défini, il s'agit de décliner le « Mode Opérateur Adverse » (MOA) en s'appuyant sur des rapports de sécurité rendus publics ou bien en se reportant à des bases de données partagées

telles que la matrice MITRE ATT&CK. Cette matrice est une méthode de normalisation de Kill Chain qui catégorise et organise les Techniques, Tactiques et Procédures (TTP) utilisées par les acteurs de menace dans le monde du cyberspace. Tandis qu'une Kill Chain est une méthode de modélisation/normalisation des procédés d'intrusion sur un réseau informatique qui détaille un certain nombre d'étapes essentielles par lesquelles l'attaquant est obligé de passer.

@ Ingénierie CTF

Concevoir des épreuves de challenge Cyber de type CTF est une chose, mais du point de vue ingénierie cela implique d'autres réflexions. Et c'est avec nos partenaires du NDUC que nous avons envisagé d'investir cette voie de recherche avec comme principal objectif celui de proposer un « CFT in Box » configurable et prêt à l'emploi répondant à des exigences précises. Pour cela il nous faut classiquement une architecture réseau, un scénario, des épreuves, des règles d'engagement, etc., le tout dans un environnement virtuel que l'on souhaite « transportable », « adaptable », « modulable » et compatible avec nos infrastructures existantes.

@ Pentesting industriel

La cybersécurité industrielle porte sur les Systèmes d'Information Industriels (SII). Les évolutions technologiques, l'hyperconnectivité et la normalisation des protocoles de communication sur fond de digitalisation, d'intelligence artificielle et d'IOT, ont accru l'exposition des équipements et des systèmes aux cybermenaces. Tout comme leurs homologues informatiques, ces systèmes ont besoin d'être « pentestés ». Le Pentesting Industriel est une thématique qui nous faisait défaut jusqu'à présent et c'est avec nos partenaires du GCC que nous avons initié une collaboration mettant en commun nos compétences et moyens. En effet, une structure OT/ICS ou architecture industrielle n'a rien à voir avec un réseau classique tant sur les protocoles de communication que sur les éléments communicants. L'idée est alors d'investir ce domaine avec en premier le déploiement dans un Cyber Range d'une OT/ICS avec ses différents composants (DCS, SCADA) puis d'en analyser la cyber sécurité via des scénarios de pentesting. Tout comme le générateur de trafic réseau, l'architecture industrielle se devra d'être la plus fidèle possible à une chaîne de production réelle.

@@ La motivation, l'objectif, ...

Le point commun à moyen/long terme de ces axes de recherche, serait de pouvoir disposer d'une représentation virtualisée d'une infrastructure existante et d'en éprouver la cyber sécurité. Le premier exemple qui vient à l'esprit, est la cyber sécurité d'un OIV ou d'un organisme vulnérable comme un hôpital, une institution ou un ministère qui subirait une attaque cyber.

@ Autres

De plus, dans le cadre de la collaboration académico-recherche que j'ai contribué à établir entre l'AMSCC et l'Académie Militaire du Fondouk Jedid en Tunisie il est prévu de nouveaux échanges et visites sur invitation. Nos homologues tunisiens ont entrepris une importante réforme de leur académie tant sur le plan infra qu'académique. Une de leurs priorités est de pouvoir monter en puissance dans le domaine émergent qu'est la Cyber avec des activités de recherche communes. La dernière en date est l'encadrement de stage PFE du SLT H. LAKHDHAR sur la « *Conception et implémentation d'une topologie réseau virtualisée pour l'expérimentation automatique de scénarios cyber* » qui a reçu le prix d'excellence du Président de la République Tunisienne en 2021.

Cette topologie, accompagnée d'une Interface Homme Machine, se construit et s'instancie automatiquement dans VirtualBox et le scénario choisi est mis en place explicitement.

@ En marge

En marge de ces activités publiques, des travaux d'étude et de recherche « classifiées » (habilitation Secret Défense – OTAN) en partenariat avec des institutions gouvernementales comme l'European Cyber Crime Center d'Europol-EC3 (Pays-Bas, La Haye) et le Joint Research Center de la Commission Européenne (Italie, Ispra) sont menés dans le cadre de projets européens et certains font l'objet de publications internes « classifiées » de par la portée des résultats obtenus et de leur mise en œuvre active.

4- ARCHITECTURES LOGICIELLES

Chercheur : Jérémy Buisson

L'activité sur ce thème se déroule dans l'équipe ARCHWARE de l'IRISA (UBS).

Expliciter l'architecture logicielle est une pratique d'ingénierie disciplinée, indispensable à la construction des systèmes complexes. Le but est de mettre en évidence les éléments qui constituent le système, les interactions entre ces éléments et leur évolution. Mais se pose la question de modifier cette architecture sans suspendre le fonctionnement du système. La reconfiguration dynamique est donc un moyen de réconcilier continuité de service avec le besoin d'évolution, quelle que soit la raison de ces évolution (correction de bugs et de failles de sécurité, ajout de fonctionnalités, adaptabilité au contexte et à l'environnement, supervision et contrôle autonome).

Au cours de l'année 2017, le développement du langage SoSADL de description d'architecture dédié aux systèmes de systèmes s'est poursuivi, notamment par les travaux de définition d'un système de types et de mise en œuvre d'un typeur. Ce travail de développement a conduit à des travaux sur la génération de preuves de bon typage, dans le contexte de l'ingénierie dirigée par les modèles. Dans ce cadre, une transformation entre les méta-modèles Ecore et les types inductifs (ici en lien avec Coq) a été définie en partenariat avec l'université de Constantine 2 (Algérie).

En lien avec les travaux sur les systèmes de systèmes, Jérémy Buisson a coencadré la thèse de doctorat de Franck Petitdemange soutenue en 2018, dirigé par Isabelle Borne, au sein de l'équipe ARCHWARE de l'IRISA (UBS). Afin d'aider l'architecte à concevoir les reconfigurations, ses travaux ont pour objectif de définir une notion de patron de reconfiguration (similairement aux patrons de conception ou d'architecture) et d'identifier de tels patrons pour le domaine des systèmes de systèmes. Au-delà de ce cœur de sujet, un effort particulier a été porté sur la modélisation des systèmes de systèmes. Ce travail a cherché à appliquer le canevas d'architecture UPDM, ainsi que les notations SysML, à un cas concret modélisant l'organisation des services de secours français, afin de forger un regard critique sur ces approches. Ce travail a conduit à la publication finale d'un article en revue internationale avec comité de lecture [PBB21].

Depuis janvier 2021, Jérémy Buisson coencadre la thèse de Monica Buitrago, dirigée par Isabelle Borne (équipe ARCHWARE de l'IRISA UBS). Cette thèse a pour objectif de proposer de nouvelles analyses, par calcul de métriques, afin d'évaluer le niveau de sécurité d'une architecture logicielle.

5- CYBERSÉCURITÉ DES SYSTÈMES À MISE EN ŒUVRE RAPIDE

Chercheur : Nicolas Belloir

L'activité sur ce thème se déroule dans l'équipe ARCHWARE de l'IRISA (UBS).

Les systèmes de systèmes (SoS) peuvent être vus comme des systèmes complexes distribués, concurrents, à large échelle, composés de systèmes existants. La constitution d'un SoS par assemblage de systèmes existants a une implication directe sur les propriétés extra-fonctionnelles, et notamment sur la sécurité. En effet, les propriétés de sécurité ne sont pas compositionnelles, c'est-à-dire que la combinaison des mécanismes de sécurité des sous-systèmes n'amène pas forcément à un système sécurisé ou sûr. Par ailleurs, il est admis que plus tôt une propriété extra-fonctionnelle est prise en compte, plus sa prise en charge par le système constitué sera efficace.

Parmi les différents types de SoS existants, nous nous intéressons à ceux dont la mise en place doit être effective dans un laps de temps court (de quelques heures à quelques jours). Par exemple, la mise en place d'une opération comportant des systèmes comme ceux intégrés dans le programme Scorpion ou Félin, qu'on peut imaginer combinés avec un certain nombre d'objets connectés. Dans ce contexte, les approches de développement traditionnelles ne peuvent être utilisées car trop longues à mettre en place.

Nous nous proposons d'étudier la manière dont la cyber-sécurité peut être prise en compte lors de la définition d'un tel système de systèmes. Nous nous concentrerons sur une phase que l'on peut considérer comme à cheval entre l'expression des exigences et l'analyse et nous chercherons à définir un espace cyber-sécurisé, limité par les contraintes de son architecture abstraite, dans lequel le SoS pourra évoluer. Nous utiliserons les techniques d'ingénierie des modèles afin de conserver les propriétés exprimées et de les transmettre à des langages d'ingénierie tels que SysML. L'idée

principale est de définir une architecture système abstraite embarquant les contraintes issues de l'expression des exigences de sécurité. Ainsi, l'architecte système pourra constituer et faire évoluer un SoS tant qu'il restera dans l'architecture abstraite spécifiée. Le principal verrou scientifique sera lié à la nature même des SoS, qui évoluent dans un univers constamment mouvant et non prévisible. Cela s'oppose par essence à la notion même de sécurité pour laquelle on a besoin d'un environnement stable. Il convient donc de définir un espace de couverture sécurisé, c'est-à-dire borné, dans lequel le SoS pourra évoluer, se reconfigurer et s'adapter, sans que la sécurité du SoS ne soit menacée.

Ces travaux entrent dans le cadre de la thèse de Nan Messe (débutée en octobre 2017 et terminée en janvier 2021) financée par une bourse DGA dans le cadre du Pôle d'Excellence Cyber. Le travail a conduit à la soumission toujours en cours d'un article en revue internationale avec comité de relecture.

6- ANALYSE DE LA VULNERABILITÉ DANS LE CADRE DES SYSTÈMES DE SYSTÈMES SOCIOTECHNIQUES

Chercheur : Nicolas Belloir

L'activité sur ce thème se déroule conjointement dans l'équipe ARCHWARE de l'IRISA (UBS) et au CREC et est réalisée en collaboration avec l'École Navale, l'IMT-Atlantique et Naval Group.

Portée par l'évolution du numérique, de plus en plus de systèmes sont interconnectés et forment ce qu'on appelle un système de système (SoS). Parmi les nombreuses définitions proposées pour les SoS, l'INCOSE propose la suivante [1] : « un SoS est un système dans lequel les éléments sont des systèmes managérialement et opérationnellement indépendants, et qui, tous ensemble, produisent des résultats qui ne peuvent être atteints par les systèmes individuels seuls ». Dans ce contexte, on appelle « comportement émergent » un comportement obtenu à partir de la collaboration entre les systèmes constituants. Ces types de comportements sont généralement imaginés par le concepteur du SoS en réponse à un problème complexe que les systèmes constituants seuls ne peuvent traiter. Dyson Et al. [2] définissent le comportement émergent comme : « ce qui ne peut être prévu par analyse d'un système à un niveau inférieur que celui d'un système vu comme un tout. [...] Le comportement émergent, par définition, est ce qui reste lorsque tout le reste a été expliqué ». Même si le comportement émergent peut être vu comme l'objectif visé par la construction d'un SoS, ce n'est cependant pas toujours le cas. En effet, d'après Jeffrey Mogul [3], si l'émergence n'est pas forcément mauvaise par essence, son imprédictibilité est elle-même considérée comme un mauvais comportement. Cela sous-entend la nécessité de classer les comportements émergents en deux familles : les désirés et les non désirés. Les premiers sont la raison même qui pousse à la construction d'un SoS. Les seconds résultent également de sa mise en place mais n'ont pas été pris en compte comme objectifs. Ils représentent donc une vulnérabilité potentielle du SoS.

Par ailleurs, la diffusion des systèmes numériques, que ce soit dans la société au sens large, ou dans des microcosmes telles que les entreprises, font que l'humain peut être considéré comme un constituant à part entière d'un SoS. En effet, de par son interaction directe avec les SoS, ou à travers les systèmes tels que les IoT par exemple, il peut être amené à interagir avec un ou des systèmes du SoS, amenant par la même un comportement émergent prévu ou non. On appelle ce type de systèmes des systèmes de systèmes sociaux-techniques (SoSTS).

Dans ce cadre, nous poursuivons les travaux initiés dans [4], de manière à étendre la prise en compte de la vulnérabilité dans les SoSTS en y intégrant l'aspect humain. En effet, même si les systèmes constituants d'un SoSTS sont considérés comme surs dans leur unicité, en relations entre eux dans un SoSTS ils peuvent faire apparaître de nouvelles vulnérabilités qui peuvent être liées aux systèmes, aux humains ou aux interactions. Dans ce contexte, plusieurs défis liés aux contraintes posées par les SoSTS sont à relever. Parmi ceux-ci,

le principal est de proposer une méthodologie unifiée pour l'évaluation des vulnérabilités, prenant en compte notamment l'émergence de manière à prendre en compte l'inattendu. Pour cela, il faut notamment considérer le facteur humain dans l'évaluation des risques : plusieurs aspects cognitifs et émotionnels sont à considérer et à étudier, tel que l'impact de la charge mentale, de la conscience de la situation, et du stress influençant l'efficacité et la performance des individus et de l'équipe dans la prise de décision, ainsi que l'impact d'un individu dans un SoSTS. Nous cherchons, donc, dans ce travail à nous appuyer sur les sciences sociales et cognitives de manière à intégrer leurs connaissances des vulnérabilités humaines dans les processus d'ingénierie système. Le travail a conduit aux publications suivantes sur la période : [PBSHB1-22, PBSHB2-22].

Références bibliographiques :

[1] SE Handbook Working Group Et al. « Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities ». International Council on Systems Engineering (INCOSE): San Diego, CA, USA, pages 1–386, 2011.

[2] George B. Dyson. "Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence". Perseus Books, Cambridge, MA, USA, 1998.

[3] Jeffrey C. Mogul. "Emergent (mis)behavior vs. complex software systems". In Proceedings of the 1st ACM SIGOPS/EuroSys European Conference on Computer Systems 2006,

[4] Rymel Benabidallah, Salah Sadou, Mohamed Ahmed Nacer, "Using Systems of Systems's States for Identifying Emergent Misbehaviors", 13th Systems of Systems Engineering Conference, Paris, France, June 19-22, 2018, IEEE.

Ces travaux entrent dans le cadre de la thèse de Paul Perrotin (débutée en décembre 2018) financée par une bourse de la chaire de cyberdéfense des systèmes navals.

7- CRÉATION D'UN LANGAGE SPÉCIFIQUE AU DOMAINE DE LA RÉDACTION DES ORDRES D'OPÉRATION

Chercheurs : Nicolas Belloir, Jérémy Buisson, Lionel Touseau

L'activité sur ce thème se déroule conjointement dans les équipes ARCHWARE et CASA de l'IRISA (UBS) et au CREC.

Les organisations militaires reposent sur une chaîne de commandement dans laquelle les instructions données à haut-niveau sont progressivement découpées et adaptées à la taille, à la compétence, et à la capacité de l'échelon inférieur. Ces instructions reposent sur une même notion d'« ordre ».

L'OTAN standardise la façon dont un chef militaire donne ses ordres à ses subordonnés. Plusieurs catégories d'ordre sont définies : ordres préparatoires (WngO), ordres d'opération (OPORD), calques (OvO), ordres simplifiés (FRAGO). Tous doivent être formatés en utilisant la terminologie et les notations du standard. Malgré le standard, la plupart des informations d'un ordre sont écrites de manière non structurée, en langue naturelle. La vérification et la bonne compréhension des ordres repose donc uniquement sur un processus d'ingénierie rigoureux.

Par ailleurs, la numérisation de l'espace de bataille met en place un système d'information et de communication connectant les équipements des soldats sur le terrain, afin d'améliorer la coopération entre commandement et subordonnés. Les évolutions technologiques (drones, systèmes d'armes et véhicules connectés) ne font qu'accroître cette tendance. Même si cela aide à la réalisation de la mission, la préparation des ordres s'en trouve complexifiée : de nouvelles préoccupations émergent, par exemple le bon choix des équipements du système d'information au regard des fonctionnalités requises et des risques de sécurité.

Grâce à des langages de modélisations, il serait possible d'assister le chef par un outillage adéquat, pour la préparation des ordres, de la même façon que cela a amélioré le génie logiciel et l'ingénierie des systèmes. Il s'agit donc d'explorer les idées de l'ingénierie dirigée par les modèles dans ce contexte de la préparation des ordres militaires.

Considérant que la tactique est à la fois une Science et un Art, nous pensons qu'une assistance technologique peut aider l'officier à se concentrer sur la création de la manœuvre en automatisant certaines tâches fastidieuses à faible valeur ajoutée.

L'ingénierie dirigée par les modèles peut aider un commandement et ses subordonnés dans le processus d'élaboration des WngO, OPORD, FRAGO, c'est-à-dire dans les processus de planification et de conduite des opérations. En plus de l'intégration avec la simulation et l'aide au travail collaboratif, rendre les ordres manipulables par logiciel permet de propager automatiquement les informations le long de la chaîne de commandement opérationnel. Étant donné un OPORD au niveau brigade, il est par exemple possible d'en dériver (semi)automatiquement certains éléments des OPORD du niveau section. Nous souhaitons également étudier les dépendances entre les OPORD et les équipements technologiques employés en mission, par exemple pour en vérifier leur bonne adéquation.

Après deux publications en 2019 et 2020, nous continuons d'investiguer cette thématique en intégrant la problématique de la coopération entre humains et robots au sein d'un même groupe opérationnel. Nous focalisons également sur la manière dont le chef devra émettre ses ordres à un groupe hétérogène hommes-machines ainsi constitué. Le travail a conduit à la publication suivante : [BBT21].

8- UN SUPPORT DE COMMUNICATIONS OPPORTUNISTES POUR SMARTPHONES

Chercheur : Lionel Touseau

L'activité sur ce thème a été poussée sur les années 2020 et 2021 (et antérieures) par l'équipe CASA de l'IRISA. Il s'agit d'offrir un support pour le développement d'applications mobiles s'appuyant sur un mode de communication opportuniste.

Les nœuds (mobiles) d'un réseau opportuniste stockent, portent, et transmettent les données à leurs voisins selon les opportunités de contact radio. Un réseau opportuniste peut donc être assimilé à un réseau mobile ad hoc fragmenté, dont la topologie évolue selon les contacts entre nœuds (dus à leur mobilité ou à leur activité).

Bien que la recherche dans ce domaine ait évalué différents algorithmes de retransmission dans des environnements simulés, la mise en œuvre de ces réseaux opportunistes reste en pratique difficile.

Les smartphones semblent être des candidats idéals pour leur mise en œuvre (mobilité, faible encombrement, interfaces de communication sans fil et puissance de calcul), pourtant les limitations imposées par les constructeurs et principaux systèmes d'exploitation empêchent en réalité l'utilisation des interfaces pour des communications point-à-point.

Afin de palier à ces limitations, un dispositif annexe (Ligo), connecté en Bluetooth au smartphone, a été développé [GMLTN21]. Ce dispositif prend en charge les communications opportunistes ainsi déportées. Au dessus de ce dispositif, a été conçu un support pour le développement d'applications web opportunistes à destination des smartphones [TMN21]. Composé d'une couche intergicielle permettant l'accès aux fonctionnalités du support de communications opportunistes (i.e., détection du voisinage, adressage, réception de messages, ...), et d'une API Javascript à destination des développeurs, la solution a pu être expérimentée avec succès en conditions réelles sur des paires smartphones/Ligo.

Les résultats de ces travaux offrent donc un support permettant le développement d'applications web, décentralisées, opérant sur des réseaux opportunistes. L'exécution en simulation de ces applications est également possible dans l'outil LEPTON développé par CASA. L'API Javascript est en effet utilisable par des nœuds NodeJS.

Bien que ces travaux soient désolidarisés de l'activité du CREC, les retombées permettront de réaliser des expérimentations de systèmes opportunistes appliqués au domaine militaire, à la fois sur le terrain et en simulation.

9- COMMUNICATIONS OPPORTUNISTES LONGUES DISTANCES AVEC LoRA

Chercheur : Lionel Touseau

Les technologies de communication longue-distance ont fait leur preuve dans le domaine

de l'Internet des objets. LoRa en est un des principaux standards. Sur la bande de fréquence des 868MHz, LoRa propose des transmissions longue-portée, mais de faibles débits. En soi, l'utilisation de LoRa dans la bande des 868MHz comme technologie de transmission pour des communications opportunistes est déjà un sujet intéressant, mais l'évolution du standard qui annonce l'extension à la bande des 2,4GHz (et donc sans limitation de duty cycle) motive encore plus cet axe de recherche.

Une première publication [LST22] rend compte de l'utilisation de LoRa (868) pour la collecte de données sur un mode de communication opportuniste : les nœuds agissent comme des relais pour s'adapter aux différentes périodes d'activités des nœuds. Un protocole multi-saut tolérant aux interruptions appelé LoRaOpp a été défini dans le cadre de ces travaux.

LoRaOpp est un travail préliminaire débuté en collaboration avec l'équipe CASA de l'IRISA, qui servira par la suite à poursuivre ces travaux à travers d'autres projets. Une demande de financement via l'AID (dispositif RAPID) est en cours, impliquant un autre chercheur du CreC/STD.

Les domaines d'application de ces travaux de recherche vont de la surveillance environnementale (collecte de données en géosciences), voire de la sécurité civile (détection de feux de forêts et organisation de secours en zones sinistrées), au domaine militaire (communications tactiques).

10- UNE DÉMARCHE XAI POUR LA CARACTÉRISATION ET LA CONCEPTUALISATION DES FAKE NEWS

Chercheur : Nicolas Belloir

Les fausses nouvelles ou communément connues sous le nom de "Fake News" sont un sujet d'intérêt mondial et de plus en plus de travaux sont consacrés à l'étude de ce phénomène (Tandoc, 2017). En effet, les Fake News peuvent être créées et publiées en ligne très rapidement et à moindre coût par rapport aux médias d'information traditionnels tels que les journaux et la télévision (Shu et al, 2017). Elles ont un impact sociétal et économique considérable. Un exemple tout récent est celui de la période de pandémie de la Covid-19, qui a été l'occasion de voir, une fois de plus, la propagation quasiment néfaste et incontrôlée de ces Fake News sur Internet.

De nombreux travaux se sont intéressés à la compréhension et à l'identification de la nature des informations contenues dans les Fake News afin de mieux les distinguer des informations réelles. Par exemple, (Zhou et al, 2020) ont mis en place un cadre pour la détection automatique des Fake News en ligne destiné à aider les utilisateurs à identifier les informations de valeur. Dans un contexte d'ingénierie des systèmes d'information, une gestion correcte des données relatives aux Fake News nécessite une *caractérisation conceptuelle* précise de "ce qu'est" une Fake News. Si une structure d'information doit représenter une conceptualisation, les entités qui représentent cette conceptualisation doivent être explicitement déterminées.

Un modèle conceptuel est un moyen naturel pour obtenir une représentation fiable du domaine qui est utilisée par les utilisateurs pour soutenir la communication, la discussion, les négociations, etc. Dans le contexte des Fake News, il nous permet de définir les Fake News avec une sémantique spécifique et précise. De plus, un modèle conceptuel offre une facilité dans la construction de modèles bien justifiés et explicables pour la détection et la génération de Fake News, qui, à ce jour, ont rarement été disponibles. En effet, comme le soulignent (Zhou et al, 2020), malgré la multiplication des travaux autour du concept de Fake News, la manière dont on peut évaluer automatiquement l'authenticité des nouvelles d'une manière *efficace* et *explicable* reste une question ouverte.

Une question fondamentale concernant la terminologie et l'ontologie des Fake News : *qu'est-ce qui constitue et qualifie une Fake News?* Une première réponse à cette question est proposée dans (Belloir et al. -1, 2022 et Belloir et al. -2, 2022) à travers un modèle conceptuel. Ce dernier offre une caractérisation conceptuelle bien fondée permettant d'aller au-delà de ce que proposent les approches classiques, en ouvrant la porte à la conception d'un processus de génération de Fake News entièrement guidé par le modèle conceptuel. De plus, ce modèle s'inscrit dans une démarche de production de modèles qui soient compréhensibles, dignes de confiance et gérables par les humains, comme suggéré dans (Gunning et al, 2019). En effet, faciliter l'explicabilité et

l'interprétabilité a suscité un grand intérêt dans la recherche en Intelligence Artificielle dans le but de produire des systèmes intelligents qui renforcent la confiance des utilisateurs par la compréhension du raisonnement et des automatismes sous-jacents (Gunning et al, 2019). Pour le contexte des Fake News, à notre connaissance, les travaux impliquant la fonction d'explicabilité dans les méthodes de détection de Fake News n'en sont qu'à leurs débuts (Shu et al, 2019).

Dans ce contexte, nous nous intéresserons dans un premier temps à l'enrichissement et à la validation du modèle conceptuel proposé dans (Belloir et al -1, 2022) (Belloir et al -2, 2022). Il s'agit de se poser la question de comment concevoir un outil basé sur le modèle conceptuel en vue d'une génération automatique de Fake News (quels mécanismes mettre en place). Dans un deuxième temps, on se posera la question de comment répondre à cette fonctionnalité d'explicabilité dans la construction d'un tel outil. Une première piste est de considérer l'approche XAI proposé par (Spreeuwenberg, 2019), où le modèle conceptuel pose les bases d'un tel processus en répondant à la première étape, essentielle, qui consiste à obtenir une compréhension commune de ce qu'est une Fake News en introduisant un modèle précis de la Fake News. Enfin, les autres étapes conduisant à la mise en place d'une démarche XAI présentée par (Spreeuwenberg, 2019) seront investiguées.

Ce travail est une collaboration avec le MICS, CentraleSupélec et PROS Research Group, Universitat Politècnica de València, Spain. Il a conduit à l'obtention d'une bourse de doctorat. Les travaux doctoraux commenceront en octobre 2022. Il a déjà produit deux publications dont une co-écrite avec des élèves officiers de l'ESM [BOPFB22, BOP22].

Références bibliographiques :

- Belloir, N., Ouerdane, W., Pastor, O. Frugier, E. and De Barmon L-A., "A Conceptual Characterization of Fake News : A Positioning Paper". in *Proceedings of the 16th International Conference on Research Challenges in Information Sciences (RCIS 2022)*, Forum@RCIS. pages 662-670, Barcelone, Espagne, 17-20 May 2022, LNCS, Springer.
- Belloir, N., Ouerdane, W., Pastor, "Characterizing Fake News: A Conceptual Modeling-based Approach", accepted for publication to the 41st International Conference on Conceptual Modeling (ER 2022), Hyderabad, India, October 17-20, 2022
- Gunning, D., Stefik, M., Choi, J., Miller, T., Stumpf, S., Yang, G.: Xai: Explainable artificial intelligence. *Science Robotics* 4 (37), 7120 (2019)
- Shu, K., Cui, L., Wang, S., Lee, D., Liu, H.: Defend: Explainable fake news detection. In: *Proc. of the 25th ACM SIGKDD*. p. 395-405 (2019)
- Shu, K., Sliva, A., Wang, S., Tang, J., Liu, H.: Fake news detection on social media: A data mining perspective. *SIGKDD Explor. Newsl.* 19 (1), 22-36 (2017)
- Spreeuwenberg, S.: AIX: Artificial Intelligence needs eXplanation: Why and how transparency increases the success of AI solutions. *LibRT BV*, Amsterdam (2019)
- Tandoc, E., Lim, Z., Ling, R.: Defining "Fake News": A typology of scholarly definitions. *Digital Journalism* 6 , 1-17 (2017)
- Zhou, X., Zafarani, R.: A survey of fake news: Fundamental theories, detection methods, and opportunities. *ACM Comput. Surv.* 53 (5) (2020)

11- Vision Artificielle et Réalité Augmentée

Chercheurs : Rachel Ababou - Patrice Delmas Professeur à l'Université d'Auckland en Nouvelle Zélande et Alfonso GASTELUM STROZZI Professeur à l'Université Nationale Autonome du Mexique UNAM.

Traitements des données pour la reconnaissance de scènes et d'objets en environnement naturel ou artificiel. L'acquisition de données et la mise en place d'une base de données. Le traitement des données et la création d'un environnement augmenté. Dans le cadre de la pédagogie de projet nous avons proposé un sujet sur la réalité augmentée. C'est un thème qui touche plusieurs disciplines à la fois et trouve des applications dans divers domaines. Il s'agit de mettre en place une plateforme opérationnelle de réalité augmentée 3D en temps-réel. La plateforme combine un apprentissage passif à partir d'une base de données 2D/3D acquises en situation au préalable et

une mise en action en temps réel se basant sur l'acquisition et le calcul en temps réel de scène 3D combinés aux résultats de l'analyse des données effectuée en amont. Le système pourrait par exemple s'appuyer sur les techniques récentes d'extraction de zones d'intérêt d'une image pour la reconnaissance d'objet spécifique dans une image. Ces informations pourraient être transmises en temps réel à un opérateur en salle de commande ou à un viseur avec un écran intégré à la panoplie de l'utilisateur du casque 3D. Le système propose en outre la possibilité de reconstruction d'un environnement 3D pour des activités de simulation.

- « CUDA implementation of a point cloud shape descriptor method for archaeological studies » en collaboration avec P. Delmas, A. Gastelum et al., article accepté (Proceeding of ACIVS 2020) <http://acivs.org/acivs2020/>
- « Guided Stereo to Improve Depth Resolution of a Small Baseline Stereo Camera Using an Image Sequence » en collaboration avec P. Delmas, A. Gastelum et al., article accepté (Proceeding of ACIVS 2020) <http://acivs.org/acivs2020/>

12- Projet robots e-Puck2

Chercheurs: Rachel Ababou en collaboration avec Stéphane Le Menec (MBDA)

Réaliser en simulation simplifiée Matlab (simulation du type point matériel) et réaliser un démonstrateur (avec robots mobiles du type e-Puck2) une mission d'encerclement (barrière) d'une cible fixe ou mobile. La cible mobile comme les robots encerclant seront du type e-Puck2 (1 cible et 5 robots autour). La coordination des robots mobiles gardien pour l'encerclement de cible sera réalisée selon des principes de contrôle distribué en essaim (contrôle distribué en réseau). Les robots gardien coopèrent de façon à réaliser une mission d'encerclement (confinement de cible, protection de cible). La cible est non coopérative au sens où la cible est immobile ou mobile sans actions coordonnées avec les gardiens (voir action antagoniste dans la version / option jeu de poursuite évasion).

Des techniques basées champ de potentiel issues du domaine de l'IA (Intelligence Artificielle) seront implémentées pour réaliser les contrôleurs des robots gardien (contrôleurs utilisant uniquement des informations locales).

Les techniques d'apprentissage du domaine de l'IA pourraient être envisagées à ce stade pour la définition de contrôleurs / agents distribués.

13-PROBABILITÉS, LOGIQUE, ALGÈBRE, GÉOMÉTRIE, IMAGERIE, ANALYSE

Chercheurs : Rachel Ababou, Didier Alquié, Guy Chassé, Zoubida Jadda, Jérôme Rousseau

Les mathématiques contemporaines embrassent un grand nombre de spécialités. La recherche en mathématiques traite de questions qui relèvent de la discipline elle-même ou sont issues de problématiques posées par d'autres secteurs du savoir en particulier scientifique.

De nombreuses activités scientifiques d'aujourd'hui s'appuient sur des mathématiques très récentes que ce soit en informatique, en physique, ou dans les diverses sciences dites de l'ingénieur. Dans tous ces contextes les mathématiques ne sont plus seulement une discipline apparaissant très en amont des activités mais aussi partie prenante des réalisations les plus proches des applications.

Notre équipe, que nous espérons voir intégrer à terme d'autres membres de l'AMSCC, développe un travail dans divers domaines des mathématiques et de leurs applications.

13-1 Algèbre, géométrie, codage, cryptographie

Cette rubrique évoque divers centres d'intérêt de l'équipe relevant de deux branches fondamentales des mathématiques, l'algèbre et la géométrie, et de leurs applications au codage correcteur d'erreurs et à la cryptographie.

Le codage correcteur d'erreurs est un ensemble de procédés algorithmiques qui visent à se protéger des erreurs accidentelles intervenant lors de la transmission d'une information numérique (en les corrigeant à l'arrivée). La cryptographie (ou cryptologie) est un ensemble de méthodes permettant

d'assurer la sécurité de l'information (confidentialité, intégrité des données, authentification, signature...) face à des menaces malveillantes.

Le codage correcteur et la cryptographie moderne se basent sur des outils algébriques et géométriques. Une veille scientifique très active est poursuivie sur divers aspects de ce domaine. En particulier, nous participons à des séminaires et colloques sur ces sujets.

Algorithmique sur les corps finis

Les corps finis sont des objets mathématiques au centre du codage correcteur d'erreurs et de la cryptographie contemporains. Beaucoup d'algorithmes de ces domaines mettent en œuvre des calculs algébriques dans les corps finis.

Certains problèmes difficiles à résoudre en l'état actuel des connaissances donnent naissance à des algorithmes de cryptographie, c'est le cas du problème dit du logarithme discret.

Fonctions booléennes

Ce sont des objets centraux dans la construction de plusieurs algorithmes cryptographiques. Elles permettent d'assurer que les sorties d'une fonction cryptographique sont une expression complexe des données d'entrée, interdisant de ce fait les attaques dites algébriques. Ces dernières consistent à écrire les équations de fonctionnement de l'algorithme pour un ou plusieurs jeux connus d'entrées-sorties, les inconnues constituant le secret à déterminer. Des techniques classiques existent et leur temps de résolution croît avec la taille des données. L'enjeu est de rendre la résolution pratiquement impossible par un choix adéquat des paramètres et de leur dimensionnement.

Par ailleurs, de nombreux critères (ordre de résilience, degré, immunité algébrique, complexité d'implémentation) sont pertinents dans le cadre des performances et de la sécurité des algorithmes. Ces critères sont partiellement incompatibles et l'on est conduit à rechercher des fonctions atteignant les meilleurs compromis.

Théorie des nombres et géométrie algébrique

La recherche continue suivre les avancées en théorie algorithmique des nombres (algorithmes de factorisation et tests de primalité) et dans les aspects algorithmiques de la géométrie algébrique, en particulier concernant les courbes algébriques ou variétés de dimension, notamment les courbes elliptiques. Parmi les aspects qui retiennent l'attention il convient de citer le calcul du nombre de points des variétés sur les corps finis. Un intérêt est aussi porté à la théorie des formes modulaires qui lie théorie des nombres, géométrie algébrique, analyse complexe.

Codes correcteurs d'erreurs

Ils ont plusieurs connexions avec la cryptographie :

- Les techniques de décodage itératif de certains codes interviennent dans certaines attaques d'algorithmes de chiffrement.
- L'utilisation des codes en cryptographie à clé publique constitue une alternative aux techniques de théorie arithmétique et algébrique des nombres. Cette question connaît un regain d'intérêt dans le cadre de la cryptographie post quantique : en effet, si l'ordinateur quantique devient réel, il sera capable de résoudre efficacement des problèmes arithmétiques réputés aujourd'hui hors d'atteinte. L'enjeu est de savoir si les problèmes venant de la théorie des codes résisteraient à l'ordinateur quantique.
- L'utilisation de matrices liées aux codes correcteurs dits « MDS » (*Maximum Distance Separable*) revêt une importance notable pour établir la sécurité d'un certain type d'algorithmes tels les algorithmes de chiffrement par blocs. Un des enjeux récents et de trouver des implémentations efficaces et peu encombrantes de ces matrices lorsque la cible technologique dispose de performances relativement réduites.

Formation à d'autres domaines au niveau recherche (pour des besoins d'enseignement et de recherche) : logique et lambda calcul.

Ces domaines en apparence éloignés des autres préoccupations sont en fait profondément liés : la théorie des catégories y joue aujourd'hui un rôle important comme en géométrie algébrique. C'est ce qui a amené certains chercheurs à tenter de saisir quelque peu l'essence du domaine, d'autant qu'on y trouve des liens profonds avec certains aspects de l'informatique.

13-2 Équations aux dérivées partielles, Optimisation

- Étude de choc – Systèmes hyperboliques – Lois de conservation
- Problème à frontière libre de type Bernoulli
- Recherche opérationnelle – Optimisation (combinatoire/finie, méthodes exactes/approchées, simulations)

13-3 Systèmes dynamiques, Probabilités, Statistiques, Théorie de l'information

- Propriétés asymptotiques d'orbites – Théorie des valeurs extrêmes
- Problèmes d'alignement de séquences – Calcul d'entropie
- Transport optimal – Intelligence artificielle – Réseaux de neurones

Production scientifique

Conférence d'audience internationale avec comité de sélection

1. Kévin Osanlou, Jeremy Frank, Andrei Bursuc, Tristan Cazenave, Christophe Guettier & **Éric Jacopin**, *Solving Disjunctive Temporal Networks with Uncertainty under Restricted Time-Based Controllability using Tree Search and Graph Neural Networks*, 36th AAAI Conference on Artificial Intelligence, 22 février-1er mars 2022, Vancouver (Canada), 8 pages. To appear.
2. Aline Hufschmitt, Adrien Dombrowski & Adam Sporka, *Soundoku: A sound puzzle game*, IEEE Conference on Games, 17-20 août 2021, Copenhagen (Danemark), 4 pages.
3. [Démo] Maël Addoum, Maxime Rouffet & **Éric Jacopin**, *3D Brawler Game Using a Hybrid Planning Approach*, IEEE Conference on Games, 17-20 août 2021, Copenhagen (Danemark), 2 pages.
4. [Démo] Maël Addoum, Jannah Mekhaemar, Maxime Rouffet & **Éric Jacopin**, *Khalidun: GOAP for both Procedural Level generation and NPC Behaviors*, IEEE Conference on Games, 17-20 août 2021, Copenhagen (Danemark), 2 pages.
5. Aline Hufschmitt, Stéphane Cardon & **Éric Jacopin**, [Dynamic Manipulation of Player Performance with Music Tempo in Tetris](#), ACM IUI, 13-17 avril 2021, College Station (Texas – USA), pages 290 à 296.
6. Guillaume Prévost, **Stéphane Cardon**, Tristan Cazenave, Christophe Guettier & **Éric Jacopin**, *La planification SAS sous forme de tri topologique*, Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle, 27-29 Juin 2022, Saint-Étienne.

[BOP22] **Nicolas Belloir**, *Wassila Ouerdane, Oscar Pastor*, Characterizing Fake News: A Conceptual Modeling-based Approach, 41st International Conference on Conceptual Modeling (ER 2022) Online (Virtual), October 17-20, 2022. (Rang A, Core¹)

[PBSHB1-22] **Paul Perrotin, Nicolas Belloir, Salah Sadou, David Hairion, Antoine Beugnard**: HoS-ML: Socio-Technical System ADL Dedicated to Human Vulnerability Identification. 26th International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS 2022), pp: 1-6, Hiroshima, Japan, March 26-30, 2022. *IEEE 2022, ISBN 978-1-6654-0162-3. (Short Paper, Rang B, Core)*

1 CORE : Organisme de classement des conférences et journaux porté par le gouvernement Australien. Référence en informatique pour la qualité des publications : <http://portal.core.edu.au/conf-ranks/>

[BOPFB22] **Nicolas Belloir, Wassila Ouerdane, Oscar Pastor, Émilien Frugier, Louis-Antoine de Barmon**: A Conceptual Characterization of Fake News: A Positioning Paper. Research Challenges in Information Science - 16th International Conference (RCIS 2022), pp: 662-66, Barcelona, Spain, May 17-20, 2022, Proceedings. *Lecture Notes in Business Information Processing 446, Springer 2022, ISBN 978-3-031-05759-5. (Short Paper, Best Forum Paper Award, Rang B, Core)*

[PBSHB2-22] **Paul Perrotin, Nicolas Belloir, Salah Sadou, David Hairion, Antoine Beugnard**: Using the architecture of Socio-Technical System to analyse its vulnerability. 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE 2022), pp: 361-366, Rochester, NY, USA, June 7-11, 2022. *IEEE 2022, ISBN 978-1-6654-9623-0.*

[GMLTN21] **Frédéric Guidec, Yves Mahéo, Pascale Launay, Lionel Touseau, Camille Noûs**: Bringing Opportunistic Networking to Smartphones: a Pragmatic Approach. IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC 2021), pp: 574-579, Madrid, Spain, July 12-16, 2021. *IEEE 2021, ISBN 978-1-6654-2463-9. (Rang B, Core)*

[TMN21] **Lionel Touseau, Yves Mahéo, Camille Noûs** : A Smartphone-Targeted Opportunistic Computing Environment for Decentralized Web Applications. 46th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2021), pp: 363-366, Edmonton, AB, Canada, October 4-7, 2021. *IEEE 2021, ISBN 978-1-6654-1886-7. (Rang B, Core)*

[BBT21] **Nicolas Belloir, Jérémy Buisson, Lionel Touseau**. Model-Driven Engineering as the Interface for Tactical Operation Order of Mixed Robot/Human Platoons. In the proceedings of 4th Multidisciplinary International Conference of Research Applied to Defense and Security (MICRADS'21), August 18-20 2021, Virtual event, published in Developments and Advances in Defense and Security. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 255. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4884-7_16.

[LST22] **Nicolas Le Sommer, Lionel Touseau**. LoRaOpp : A Protocol for Opportunistic Networking and Computing in LoRa Networks. In the proceedings of 18th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob 2022), Thessaloniki, Greece, October 10-12, 2022. (Rang B, Core)

Journal d'audience internationale avec comité de sélection

[PBB21] **Franck Petitdemange, Isabelle Borne, Jérémy Buisson**: Design process for system of systems reconfigurations. *Systems Engineering*. 24(2): 69-82 (2021). (Q2, SCIMAGO¹)

Workshop

1. Guillaume Prévost, Stéphane Cardon, Tristan Cazenave, Christophe Guettier & **Éric Jacopin**, *La planification SAS sous forme de tri topologique*, Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle, 27-29 Juin 2022, Saint-Étienne.

1 SCIMAGO : Organisme de classement des journaux internationaux fonctionnant par quartile. <https://www.scimagojr.com/>

Communication sur invitation

1. Éric Jacopin, *Reasoning as an Opponent*, invitation de la part du NATO-SCI-335: Autonomy from a System Perspective, mercredi 26 mai 2021.
2. Stéphane Cardon, *Cloud Gaming et utilisation des cartes graphiques pour planifier les comportements des personnages des jeux-vidéo*, invitation de la part de Christophe Rey, 7^{ème} réunion du GDR IA/GT IA & Jeux, jeudi 14 janvier 2021.
3. Éric Jacopin, *Comment améliorer le composant de planification d'actions d'un jeu vidéo ?*, invitation de la part de Damien Rohmer, LIX, École Polytechnique, Palaiseau, mercredi 4 mars 2020.

Séminaires invités

1. Jérôme Rousseau, *La plus petite distance entre deux orbites et le problème de la plus longue sous-chaîne commune*, Séminaire de Théorie Ergodique, IRMAR, Université de Rennes 1.
2. Jérôme Rousseau, *La plus petite distance entre deux orbites et le problème de la plus longue sous-chaîne commune*, Séminaire du LMBA, Université de Bretagne Sud.
3. Jérôme Rousseau, *Shortest distance between random orbits and correlation dimension*, Analysis Seminar, School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews (Ecosse).

Habilitation à diriger des recherches

- Jérémie Buisson, Ingénierie des Systèmes de Systèmes et de leur reconfiguration, Université de Bretagne Sud, 2 février 2021.

Encadrement et tutorat

Doctorants :

- Jesus Antonio SANCHEZ RAMOS. *Analyse de la vulnérabilité dans le cadre des systèmes de systèmes socio-techniques*. Encadrement : Jérémie Buisson, Nicolas Belloir, Jamal El Hachem. Financement : Pôle d'Excellence Cyber, DGA. Début : Octobre 2022
- Angélique YAMEOGO. *Analyse de la vulnérabilité dans le cadre des systèmes de systèmes socio-techniques*. Encadrement : Régis Fleurquin (UBS - IRISA), Nicolas Belloir, Wassila Ouerdane (Centrale Supélec). Financement : bourse établissement Université de Bretagne Sud. Début : Octobre 2022
- Paul PERROTIN. *Analyse de la vulnérabilité dans le cadre des systèmes de systèmes socio-techniques*. Encadrement : Salah Sadou (UBS - IRISA), Antoine Beugnard (IMT), Nicolas Belloir. Début : Décembre 2018. Fin prévue : Décembre 2022
- Guillaume PRÉVOST. *Un outil de planification pour contrer la déstructuration d'un champ de bataille*. Co-direction : Tristan Cazenave (LAMSADE, Paris Dauphine), Stéphane Cardon & Éric Jacopin. Université : Paris-Dauphine. Cette thèse a débuté dans le cadre de la Chaire du Soldat Augmenté le 1^{er} octobre 2018.

Stagiaires extérieurs et étrangers

- Slit. Haithem LAKHDHAR, Académie Militaire du Fondouk Jeddid (Tunisie), « *Conception et implémentation d'une topologie réseau virtualisée pour l'expérimentation automatique de scénarios cyber* », prix d'excellence du Président de la République Tunisienne 2021, encadrement : Patrice Parraud.
- Evan EPIVANT (IMT-Nord Europe, Sciences-Po). *Vers une démarche d'XAI pour la détection des Fake News*. Stage de 2*3 mois. Financement CReC. Encadrement : Nicolas Belloir
- Antonin BILLET (CyberSchool, Rennes). *Vers une démarche d'XAI pour la détection des Fake News*. Stage de 2*3 mois. Financement CReC. Encadrement : Nicolas Belloir

Thèses de doctorat soutenues

- Kévin OSANLOU. *Apprentissage de plans de manœuvres off-road pour un véhicule autonome*. Co-direction : Tristan Cazenave (LAMSADE, Paris Dauphine) & Éric Jacopin. Université : Paris-Dauphine. Convention CIFRE débutée chez Sagem en septembre 2017 et a été soutenue le jeudi 27 mai 2021.
- Imane CHERFA. *Mission Oriented Process for Systems of Systems Engineering*. Direction : Salah Sadou (UBS - IRISA). Djamel Bennouar (Bouira, Algérie). Encadrant : Nicolas Belloir. Début : Décembre 2016 (thèse à mi-temps) - Fin : Juin 2022. Devenir : Maîtresse de conférences à l'Université de Blida 2, Algérie
- Nan MESSE. *Sécurité par la conception : une approche basée sur les assets pour réduire le fossé entre les architectes et les experts de sécurité* Direction : Régis Fleurquin (IRISA / UBS). Co-encadrant : Nicolas Belloir. Début : Octobre 2017 - Fin : Janvier 2021. Devenir : Maîtresse de conférences à l'UT2J, Toulouse

Diffusion scientifique et rayonnement

- Jérémie Buisson
 - ICCS 2018 : membre du comité de programme
 - ICCS 2019 : membre du comité de programme
- Nicolas Belloir
 - Membre du comité de programme du workshop MDE for IoT dans le cadre de la conférence STAF'2022
- Jérôme Rousseau
 - Membre du comité scientifique du workshop **MaxCrit** (Universidade Federal de Uberlandia, Brésil)
 - Participation à l'école de recherche **Statistical and Geometric Divergences for Machine Learning**, Université de Rennes 2
 - Visite de recherche : University of St Andrews, 17-23 mars 2022

Expertises

- Nicolas Belloir
 - Relecteur pour les revues internationales (Rang A) IST et SoSym
- Jérôme Rousseau
 - Rapporteur d'un article pour Journal of Modern Dynamics
 - Reviewer d'un article pour Mathscinet (American Mathematical Society)

Projets collaboratifs

- Jérôme Rousseau
 - Coordinateur du projet de recherche **Laws of rare events and statistics of extremes** financé par le CNPq (Conseil national de développement scientifique et technologique, Brésil)
 - Membre du GDR Analyse Multifractale et Autosimilarité, coordinatrice : Valérie Berthé (Université de Paris)
 - Membre du projet de recherche **Limiting laws ruling dynamical systems** financé par la FCT (Fondation pour les Sciences et Technologies, Portugal), coordinateur : Jorge Freitas (Universidade do Porto)
 - Membre du projet de recherche **Means and Extremes in Dynamical Systems** financé par la FCT (Portugal), coordinateur : José Ferreira Alves (Universidade do Porto)

www.st-cyr.terre.defense.gouv.fr

Centre de Recherche de Coëtquidan

56 381 GUER Cedex
Tél. : 02 90 40 40 40