

**DEPARTEMENT COMMUNICATIONS, IMAGES ET
TRAITEMENT DE L'INFORMATION- CITI**

<http://citi.telecom-sudparis.eu/>

**Institut Mines-Telecom
Institut Polytechnique de Paris**

Telecom SudParis

9, rue Charles Fourier
91 000 Evry

http://www.telecom-sudparis.eu/fr_accueil.html

Rapport d'activité de recherche 2018-2020

DEPARTEMENT COMMUNICATIONS, IMAGES ET TRAITEMENT DE L'INFORMATION- CITI

<http://citi.telecom-sudparis.eu/>

Rapport d'activité de recherche 2018-2020

Les domaines de compétence du Département CITI sont au cœur des technologies numériques de l'information et de la communication. Les recherches s'articulent autour de méthodes de modélisations, traitements, et transmissions du signal au sens large. Le positionnement des activités se situe entre les recherches universitaires et la recherche-développement. Certaines études sont ainsi en liens directs avec des applications visées, et d'autres sont de type plus amont, sans être guidées par des applications immédiates. Les modélisations probabilistes et les méthodes statistiques de traitements font partie des outils privilégiés faisant largement appel aux formalismes mathématiques récents ou innovants.

Les activités sont réparties dans deux groupes : "Statistique, signal, et communications", "Statistique, images, et optimisation".

Responsable du département : Wojciech PIECZYNSKI

Adjoint : Randal DOUC

Téléphone : 33 (0) 1 60 76 44 34

Fax : 33 (0) 1 60 76 44 33

Mail générique du département : CITI@telecom-sudparis.eu

Présentation générale du département

Le département Communications, Images et Traitement de l'Information (CITI) compte au 31 décembre 2020 une chargée de gestion (CG) et 13 enseignants-chercheurs, dont 6 professeurs (P), 1 professeur émérite (PE), 1 directeur d'études (DR), 4 maîtres de conférences (MC). Nommé Directeur Adjoint des Formations, Emmanuel Monfrini a quitté le département en septembre 2020.

Nom, Prénom		Téléphone	URL web	Bureau	Groupe	Section CNU	Section CNRS
Bonnet Julie	CG	01 60 76 44 34		D 203			
Castella Marc	MC	01 60 76 41 71	url	D 205-02	SSC	61	7
Clark Daniel	MC	01 60 76 46 30	url	D 206	SSC	26	41
Delmas Jean-Pierre	PE	01 60 76 46 32	url	D 207	SSC	26	41
Desbouvries François	P	01 60 76 45 27	url	D 202	SSC	26	7
Douc Randal	P	01 60 76 45 29	url	D 204	SSC	26	41
Le Corff Sylvain	P	01 60 76 46 30	url	D 205-01	SSC	26	41
Lehmann Frédéric	P	01 60 76 46 33	url	D 205-01	SSC	61	7
Letrou Christine	P	01 60 76 46 29	url	B 207	SSC	63	8
Monfrini Emmanuel	P	01 60 76 40 56	url	D 207	SIO	26	41
Petetin Yohan	MC	01 60 76 47 39	url	D 202-01	SSC	26	7
Pieczynski Wojciech	P	01 60 76 44 25	url	D 205	SIO	26	41
Sarkiss Mireille	MC	01 60 76 42 27	url	B 208-01	SSC	61	7
Simon François	DR	01 60 76 46 31		B 208	SIO	26	41

Annuaire enseignants chercheurs de CITI en décembre 2020

En décembre 2020 les membres du département dirigent, encadrent, ou co-encadrent dans le cadre de collaborations, 20 doctorants, dont 16 inscrits à Telecom Sudparis :

Nom Prénom	Collaborations	Dates	Encadrants CITI	Inscription	Bourse
1. Salaun Achille	Nokia	2017-21	F. Desbouvries, Y. Petetin	TSP	CIFRE
2. Enfroy Aurélien	ENS Saclay	2018-21	R. Douc	ENS Saclay	ENS
3. Daudel Kamélia	Télécom Paris	2018-21	R. Douc	TPT	Futur& Rupture
4. Azeraf Elie	IBM	2019-22	E. Monfrini, W. Pieczynski	TSP	CIFRE
5. Fernandes Clément	SEGULA	2019-22	W. Pieczynski	TSP	CIFRE
6. Martin Alice	Polytechnique	2019-22	S. Le Corff	TSP	Polytechnique
7. Cohen Max	Dép. Artemis	2019-22	S. Le Corff	TSP	Région
8. Sagheer Fakher	Centrale-Supélec	2019-22	F. Lehmann	TSP	Digi-cosme
9. Mwamsojo Nickson	Dép. EPH	2019-22	F. Lehmann	TSP	Futur& Rupture
10. Hamad Mustapha	Télécom Paris	2019-22	M. Sarkiss	TPT	TPT
11. Verma Sagar	Centrale-Supelec	2019-22	M. Castella	Centrale-Supélec	CIFRE
12. Marival Hugo		2020-23	R. Douc	TSP	Futur& Rupture
13. Janati El Idrissi Yazid		2020-23	S. Le Corff, Y. Petetin	TSP	Futur& Rupture
14. Morales Katherine		2020-23	E. Monfrini, Y. Petetin	TSP	Carnot
15. Djemai Ibrahim	Télécom Paris	2020-23	M. Sarkiss	TSP	TSP
16. David Etienne	Heuritech	2020-23	S. Le Corff	TSP	CIFRE
17. Argouarc'h Elouan	CEA	2020-23	F. Desbouvries	TSP	CEA
18. Selvaratnam Nikeethan	BNP	2020-23	E. Monfrini, W. Pieczynski	TSP	CIFRE
19. Chagneux Mathis	Télécom Paris	2020-23	S. Le Corff	TSP	IPP-IA
20. Charrier Rayan	INSERM	2020-23	R. Douc	TSP	INSERM

Doctorants de CITI en décembre 2020

Les financements des doctorants sont assurés par 6 bourses CIFRE, 4 bourses Futur et Rupture, ainsi que des bourses Chaire Polytechnique, CEA, INSERM, TPT, Carnot, IPP-IA, Région, TSP, Normalien, et DIGICOSME.

Les activités du département poursuivent classiquement des objectifs s'inscrivant dans les trois missions principales de L'institut Mines-Telecom et Institut Polytechnique de Paris, que sont enseignement, recherche, transfert et aide à l'innovation.

En matière d'enseignement, les membres de CITI assurent la coordination des Domaines « Mathématiques » et « Signal et Communications », couvrant les modules de mathématiques, probabilités, statistique, calcul scientifique, communications numériques, traitement du signal, électromagnétisme, antennes, propagation, Les enseignants-chercheurs de CITI interviennent également dans la voie d'approfondissement de troisième année « Modélisations Statistiques et Applications » (<http://vap.telecom-sudparis.eu/msa/home.html>), dont une partie des enseignements est directement issue de leurs activités de recherche.

Certains membres de CITI interviennent dans les formations extérieures : Randal Douc et Sylvain Le Corff assurent des enseignements à l'Ecole Polytechnique, Emmanuel Monfrini à Télécom Physique Strasbourg, Marc Castella, François Desbouvries, et Sylvain Le Corff interviennent dans le Master2 « Data Sciences - Santé, Assurance, Finance » à l'Université d'Evry, Marc Castella et Frédéric Lehmann dans le Master2 « Multimedia Networking » à (Université Paris-Saclay et IP Paris), et Frédéric Lehmann dans le Master2 « Réseaux Optiques et Systèmes Photoniques », toujours à l'Université Paris-Saclay. Frédéric Lehmann, Yohan Petetin, et Wojciech Pieczynski interviennent dans l'option Intelligence Artificielle commune à TPT, ENSTA, et TSP. Daniel Clark, Randal Douc, Sylvain le Corff, Yohan Petetin, et Wojciech Pieczynski interviennent dans le M2 Data Science de l'IP Paris, et Randal Douc intervient dans le M2, Modélisation de l'Aléatoire, Université ParisSud. Mireille Sarkiss et Frédéric Lehmann interviennent dans le M2 MICAS IP Paris, dont Mireille Sarkiss assure par ailleurs la coordination. Mireille Sarkiss intervient également dans le M1 "Electrical Engineering for Communications & Information Processing" de l'IP Paris. Les différents enseignements associent souvent les doctorants.

En matière de recherche, CITI poursuit classiquement un triple objectif :

- (i) irriguer les enseignements et perfectionner leur niveau, notamment ceux des voies d'approfondissement et des Master2;
- (ii) contribuer à l'accroissement général des connaissances et assurer la formation par la recherche en encadrant des thèses de doctorat;
- (iii) assurer des activités de veille et de transferts technologiques vers l'industrie et autres acteurs économiques institutionnels.

Le positionnement de la recherche de CITI est en Mathématiques Appliquées, avec une prédilection pour les modélisations probabilistes et traitements statistiques des données. Les applications visées font partie des grands domaines prioritaires de l'IMT et l'IP Paris, que sont « Intelligence Artificielle », « Santé », « Internet des Objets », « Energie », « Simulation Numérique », « Environnement et Climat ».

En matière de valorisation des résultats académiques obtenus l'accent est mis sur les publications en revues internationales. Le transfert et l'aide à l'innovation s'effectuent principalement via co-encadrements des doctorants bénéficiant des bourses CIFRE.

CITI entretient différentes collaborations institutionnelles nationales et internationales listées ci-après.

Les thèmes de recherche développés en 2018-20, précisés ci-après, sont :

- Segmentation statistique non supervisée d'images (Emmanuel Monfrini, Wojciech Pieczynski) ;
- Méthodes statistiques en Internet des objets (Mireille Sarkiss, Frédéric Lehmann) ;
- Traitement du signal pour communications optiques en régime non-linéaire (Frédéric Lehmann) ;
- Traitement du signal RADAR (Frédéric Lehmann) ;

- Architectures neuronales récurrentes pour le traitement des séries temporelles (Yohan Petetin, François Desbouvries) ;
- Segmentation et filtrage dans les Markov cachés et extensions (Sylvain Le Corff, Emmanuel Monfrini, Wojciech Pieczynski, Yohan Petetin, Frédéric Lehmann) ;
- Inférence Variationnelle (Randal Douc, Sylvain Le Corff, Yohan Petetin) ;
- Caching codé et sécurisé pour les réseaux sans fil (Mireille Sarkiss) ;
- Optimisation dans les réseaux sans fil du futur (Mireille Sarkiss) ;
- Systèmes de décision distribués dans les applications IoT (Mireille Sarkiss) ;
- Méthodes de Monte Carlo Séquentielles (Randal Douc, Sylvain Le Corff, Yohan Petetin, François Desbouvries) ;
- Statistiques non paramétriques (Sylvain Le Corff) ;
- Identifiabilité (Sylvain Le Corff) ;
- Quantification d'incertitude dans les réseaux de neurones (Sylvain Le Corff) ;
- Exploitation de la noncircularité et de la cyclostationarité de signaux de communications numériques (Jean-Pierre Delmas) ;
- Robustesse d'algorithmes d'estimation paramétrique dans le cadre de la famille des distributions elliptiques symétriques réelles ou complexes (Jean-Pierre Delmas) ;
- Optimisation de positions de capteurs en goniométrie champ lointain et champ proche, capteurs omnidirectionnels et directionnels (Jean-Pierre Delmas);
- Modèles de Markov et Théorie de l'Evidence de Dempster-Shafer (Wojciech Pieczynski) ;
- Méthodes de modélisation électromagnétique et de modélisation de la propagation d'ondes (Christine Letrou)

Plus précisément, les domaines d'investigations et les résultats obtenus durant la période 2018-20 par les membres de CITI sont :

Marc Castella

Les techniques d'optimisation non convexe présentent un intérêt important pour de nombreux problèmes de traitement du signal (utilisation de la norme ℓ_0 pour les représentations parcimonieuses et l'acquisition comprimée de données en grande dimension, modèles non linéaires,...). La difficulté principale consiste à trouver un minimum global et non pas local, comme le permettent la plupart des méthodes à l'heure actuelle.

Nous nous sommes concentrés sur le cas de l'optimisation polynomiale. L'approche utilisée a été celle connue sous le nom de hiérarchie moments/SoS (moments/Sum of Squares). Un avantage théorique fort est d'offrir des garanties de convergence vers un optimum global. La contrepartie réside dans la dimension très grande des problèmes obtenus, lesquels se mettent sous la forme de programmation semi-définie (SDP). La taille des SDP que peuvent à ce jour traiter les solveurs de l'état de l'art actuel limite alors l'applicabilité de la méthode à des problèmes de taille réduite. L'approche par la hiérarchie moments/SoS se généralise à des fonctions ou contraintes rationnelles, ou plus généralement semi-algébrique. Dans nos travaux [26, 40], nous nous sommes attachés d'une part à illustrer la richesse permise par cette classe de fonctions et les nombreuses applications envisageables. D'autre part, nous avons exploité la structure des problèmes, ce qui a permis d'utiliser une hiérarchie de relaxations parcimonieuses: la structure correspondante des problèmes SDP a alors permis de traiter des problèmes dont la taille présente un intérêt applicatif potentiel. Enfin, un lien a été établi et étudié entre d'une part la procédure d'extraction des solutions optimales issues d'une relaxation par la hiérarchie moments/SoS, et d'autre part la décomposition CP (Canonique Polyadique) d'un tenseur symétrique.

Daniel Clark

Les concepts d'entropie pour les processus ponctuels ont été étudiés depuis les années 1960 ; cependant, pour des applications pratiques, il est important de quantifier et de

localiser les informations. Nous proposons dans [34] des méthodes fonctionnelles pour déterminer l'entropie de Shannon et la divergence de Kullback-Leibler pour les applications de processus ponctuels, ainsi que des nouvelles statistiques pour quantifier l'information dans ce contexte.

Dans le cas de plusieurs plates-formes de surveillance fournissant des informations sur une scène d'intérêt, il y a plusieurs représentations probabilistes de la scène. Leur fusion doit être effectuée avec soin pour éviter les doublements des comptages. Nous explorons dans [23] des méthodes de fusion de différents processus ponctuels et leur impact sur l'estimation du nombre d'objets. Dans [14], nous développons un moyen de fusionner de telles informations à travers des réseaux.

Les méthodes d'estimation des populations d'objets dépendent du type de représentation requis. Par exemple, en physique statistique, on considère les concepts de particules distinguables et indistinguables. Nous proposons dans [39] des nouvelles représentations des populations stochastiques, développées sur la base du concept de distinguabilité partielle.

Les méthodes de suivi de cibles multiples peuvent être très complexes en raison de la nature combinatoire du problème. Nous proposons dans [11] des méthodes linéarisées pour le suivi multi-cibles. Nous développons dans [3] des méthodes fondées sur les processus ponctuels de second ordre pour le suivi de plusieurs cibles.

L'existence du nombre important d'objets à suivre dans les applications de surveillance spatiale suscite un intérêt croissant pour le développement de méthodes de surveillance d'objets en orbite. Nous proposons dans [1] et [24] des méthodes de suivi d'un grand nombre d'objets pour la surveillance spatiale.

Nous développons dans [38], à partir de nos méthodes d'estimation conjointe d'une population de cibles et un paramètre commun, un moyen d'enregistrer conjointement une caméra infrarouge et un radar à balayage à partir d'une application de surveillance maritime. La méthode est appliquée à la détection des navires observés dans le Solent

Jean-Pierre Delmas

La famille des distributions multidimensionnelles elliptiques symétriques réelles a fait l'objet de nombreuses études dans la littérature statistique. Cependant de nombreux travaux restent à mener dans le cadre où le vecteur de centrage et la matrice de dispersion sont paramétrées. Nous avons ainsi étendu la formule de Slepian-Bangs dans le cadre de distributions complexes non circulaire elliptiques symétriques [20]. Nous avons également étudié les performances d'algorithme d'estimation paramétrique de type sous espace dans ce cadre [19],[42]. Des études analytiques sont en cours sur l'évaluation de performances de divers estimateurs de la matrice de dispersion de ces distributions. Ils ont déjà fait l'objet de 2 publications parues en 2021.

Le filtrage non-linéaire polynomial de Volterra a été utilisé pour éliminer des inférences de spectres du second-ordre identiques mais de spectres d'ordres supérieurs différents de ceux du signal utile. Nous avons proposé cette technique dans le cadre du beamforming spatial pour des signaux non gaussiens et non circulaires aux ordres supérieurs où une étude analytique des performances obtenues dans le cas de filtres d'ordre 3 a été menée [12][35]. Un prolongement de ce travail dans le cadre d'un critère d'erreur quadratique moyenne minimale fait l'objet d'une publication à paraître en 2022.

Une étude d'optimisation de positions de capteurs en goniométrie champ proche sur un réseau linéaire a été menée à partir d'une expression de la borne de Cramer Rao que nous avons établie dans le cadre d'un modèle exact de propagation champ proche tenant compte de l'atténuation [18].

Dans la suite de nos travaux précédents sur l'exploitation de la cyclostationnarité et de la noncircularité conjointes en partenariat avec le CNAM et Thales Communications-Security, nous avons proposé un récepteur de type Fresh filtering qui permet de rendre des performances équivalentes pour les signaux rectilignes et quasi rectilignes [5] en présence d'interférences de même nature. Un prolongement de ce travail qui tient compte d'un offset de fréquence a fait l'objet d'une publication parue en 2021.

François Desbouvries

L'étude des algorithmes de filtrage particulière a été poursuivie durant la période 2018-20, en particulier avec la thèse de Roland Lamberti. Cette dernière s'est penchée sur plusieurs problématiques liées au filtrage particulière : choix de la loi d'importance, et étape de rééchantillonnage, qui sont des étapes clés de ces algorithmes. En particulier, l'article [2] propose un mécanisme permettant d'éviter la dégénérescence du support de particules lors de l'étape de rééchantillonnage.

L'émergence des méthodes de type « réseaux de neurones » ces dernières ont encouragé le développement de travaux visant à rapprocher ces architectures des modèles probabilistes couramment étudiés au département CITI. La thèse d'Achille Salaun « Prédiction d'alarmes dans les réseaux via la recherche de motifs spatio-temporels et l'apprentissage automatique » a notamment comparé différents modèles de séries temporelles pour la prédiction d'alarmes. L'emploi de la théorie de la réalisation stochastique a en particulier permis d'établir une étude comparative de l'expressivité des réseaux de neurones récurrents et des chaînes de Markov cachées.

Randal Douc

Pour les modèles à variables latentes (incluant les modèles de Markov cachées), il a été établi que la loi a posteriori du paramètre se concentre vers la vraie valeur du paramètre lorsque le nombre d'observations tend vers l'infini [29]. Ce résultat fortement intuitif n'avait pas été démontré jusqu'à présent pour des modèles à variables cachées.

En filtrage particulière, l'estimation de la variance asymptotique de l'approximation particulière est cruciale pour obtenir des intervalles de confiance de l'approximation du système de particules. En s'appuyant sur de nouvelles estimations de cette variance, les travaux établis dans [28] ont permis de proposer un estimateur « en ligne » permettant d'estimer efficacement cette variance au fur et à mesure de l'arrivée de nouvelles données.

Frédéric Lehmann

Dans le domaine des communications numériques, l'optimisation de l'inversion des canaux de transmission optiques non-linéaires [7] a fait l'objet d'une collaboration avec le département EPH. De plus, dans le contexte de l'Internet des Objets, le problème de l'accès massif en provenance de nœuds de transmission à émission sporadique a reçu une modélisation probabiliste dans [9], où une méthode d'estimation conjointe des données, des canaux de transmission et de l'activité des utilisateurs a été proposée. Ces travaux se poursuivent actuellement dans le cadre de la thèse de Fakher Sagheer en collaboration avec Centrale-Supelec. Des méthodes analogues ont été appliquées aux réseaux de capteurs dans le cadre de la thèse de Dina Chaal, en collaboration avec l'université de Tanger.

Une deuxième thématique concerne l'applicabilité des modèles de Markov, de Markov couple et triplet dans des contextes spécifiques. Plus précisément, l'étude d'estimateurs robustes en l'absence de connaissance des statistiques de l'état initial et des bruits [8,31] et le filtrage approché en dimension réduite (par réduction de la dimension du modèle [32]) ouvrent des perspectives en termes de réduction de complexité et d'applicabilité en

contrôle et en environnements incertains. Une partie de ces travaux est issue de la collaboration avec le Pr. Y. Shmaliy de l'université de Guanajuato au Mexique lors de ses séjours en tant que professeur invité avec un financement de la DRFD.

Enfin, une activité sur le traitement du signal radar a consisté à évaluer des bornes de performances dans le contexte d'un filtrage désadapté, faisant intervenir l'émission simultanée de plusieurs formes d'ondes. Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Fabien Arlery en collaboration avec Thales Air Systems dans l'optique d'une application à l'optimisation des formes d'ondes en radar passif.

Sylvain Le Corff

Durant ces années, mes activités de recherche se sont concentrées sur le développement de nouveaux algorithmes pour les modèles à données latentes ainsi que sur l'obtention de garanties théoriques sur ces modèles et ces algorithmes.

Très peu de résultats ont été obtenus quant à l'identifiabilité de modèles partiellement observés où les variables cachées vivent dans un espace continu (typiquement \mathbb{R}^d). Lorsque le signal est observé dans un bruit additif, [37] a permis de montrer l'identifiabilité du modèle par rapport à la loi des états cachés et à celle du bruit sans aucune hypothèse sur le bruit. Cela a conduit au développement de deux méthodes d'estimation non paramétriques dont la convergence a pu être établie. Ces travaux ont été l'occasion d'initier de nouvelles collaborations pour étendre ces résultats à des modèles plus complexes comme les modèles à changements de régime pour lesquels des résultats d'identifiabilité ont été obtenus et des méthodes d'estimation variationnelles efficaces ont été développées.

Ces problématiques d'estimation non paramétriques ont été également étudiées dans le cadre de modèles de graphes aléatoires où les nœuds du graphe sont munis d'une loi inconnue qu'il s'agit d'estimer uniquement à partir de données partielles, portées par les arêtes entre ces nœuds. Les résultats de [41] proposent des bornes de risque pour l'estimateur du maximum de vraisemblance de la loi inconnue des nœuds ainsi que des inégalités de déviation sous-gaussiennes.

A la suite de ces travaux je me suis intéressé à l'utilisation de méthodes de simulations pour les modèles à données latentes dans le cadre de modèles d'apprentissage profond pour différents objectifs : (i) échantillonnage d'importance en grande dimension pour l'estimation d'espérances et de constantes de normalisation et applications aux auto-encodeurs variationnels, (ii) modèles de type Transformers et réseaux récurrents bruités pour la capture de distributions prédictives par des architectures de type réseaux de neurones de grande dimension. Ces travaux ont fait l'objet de différentes soumissions dans des revues et des conférences.

Christine Letrou

L'activité de recherche en propagation cherche à exploiter différentes représentations temps-fréquence dans le domaine spatial et spectral associé (appelé "espace des phases").

La formulation du Lancer de Faisceaux Gaussiens (LFG) à partir de frames de Gabor, initiée à TSP, fait l'objet de développements et de tests pour le calcul de champs en environnements complexes. Nous avons démontré son intérêt pour le calcul de la Surface Équivalente Radar monostatique d'environnements de grande taille, en ondes centimétriques ou millimétriques, faisant intervenir des réflexions internes multiples. La complexité du calcul varie proportionnellement à la taille du problème, au lieu du carré de cette taille avec une méthode d'Optique Physique rapide. Ces résultats ont fait l'objet de deux communications en conférences internationales (ICEAA 2019, Days on Diffraction 2021).

L'algorithme d'Optique Physique multiniveaux développé en collaboration avec l'Université de Tel-Aviv a de nouveau été utilisé pour valider des calculs de diagrammes pour l'antenne RATAN600, pour une source primaire défocalisée (présentation à COMCAS 2019).

Emmanuel Monfrini

Les études des modélisations probabilistes et des traitements statistiques d'images ont été poursuivies. En particulier, le travail tourne autour de l'apport des modèles de Markov triplet dans ce genre d'application [4, 6, 27]. Ces études ont permis de mettre en évidence la robustesse des modélisations markoviennes triplet, en particulier pour la segmentation non supervisée d'images.

Les travaux sur cette période ont permis d'envisager la non markovianité du processus caché à travers les modèles de Markov triplet. Dans le cadre de la thèse d'Hugo Gangloff nous avons développé un ensemble de méthodes permettant une segmentation non supervisée et fiable de cubes d'images microtomographiques dans le cadre des maladies cardiovasculaire.

Ces méthodes débouchent actuellement, dans le cadre de la thèse de Catherine Morales, sur des méthodes permettant de personnaliser les méthodes de soin au patient grâce à des travaux sur l'aide au diagnostic ; à la préparation du geste chirurgical et à terme la constitution de jumeaux numériques des patients.

Yohan Petetin

L'étude des algorithmes de filtrage particulière a été poursuivie durant la période 2018-20, en particulier avec la thèse de Roland Lamberti. Cette dernière s'est penchée sur plusieurs problématiques liées au filtrage particulière : choix de la loi d'importance, et étape de ré-échantillonnage, qui sont des étapes clés de ces algorithmes. En particulier, l'article [2] propose un mécanisme permettant d'éviter la dégénérescence du support de particules lors de l'étape de ré-échantillonnage.

L'émergence des méthodes de type « réseaux de neurones » ces dernières ont encouragé le développement de travaux visant à rapprocher ces architectures des modèles probabilistes couramment étudiés au département CITI. D'une part, la thèse d'Achille Salaun, « Prédiction d'alarmes dans les réseaux via la recherche de motifs spatio-temporels et l'apprentissage automatique », commencée en 2018 va dans ce sens et se propose de comparer différents modèles de séries temporelles pour la prédiction d'alarmes. D'autre part, dans le contexte d'un co-encadrement de thèse de Nicolas Aussel (soutenue en 2019) avec l'entreprise Triagnosys (rachetée par Safran) et le département Informatique, des recherches se sont portées sur le développement d'algorithmes d'apprentissage statistique pour la prédiction de panne de systèmes embarqués dans les avions. Actuellement, cet axe de recherche se focalise sur des approches dites « federated learning » dans lesquelles les données d'apprentissage ne suivent pas nécessairement la même distribution suivant les agents considérés.

Enfin, cette thématique est poursuivie dans deux directions par le co-encadrement de deux nouvelles thèses fin 2020 : *Intelligence Artificielle pour l'aide à la décision en Chirurgie Vasculaire*, par K. Morales, co-encadrée avec E. Monfrini et *Apports mutuels des méthodes de Monte Carlo*, par Y. Janati, co-encadrée avec S. Le Corff.

Wojciech Pieczynski

Les études des modèles de Markov triplets, aussi bien des chaînes que des champs, dans les cas des données cachées discrètes ou continues, ont été poursuivies durant la période 2018-20.

Les études des champs de Markov triplets permettant l'utilisation de la théorie de l'évidence dans un contexte markovien ont abouti aux modélisations générales, rendant possible la prise en compte des bruits corrélés non gaussiens [13]. De tels modèles se sont avérés particulièrement intéressants lorsqu'il s'agit de détecter des classes de très petite taille, comme les routes dans une image satellite ;

L'utilisation des chaînes de Markov triplets avancées, faisant intervenir simultanément plusieurs chaînes additionnelles, s'est montrée particulièrement efficace dans les travaux de la thèse d'Haoyu Li portant sur la reconnaissance automatique d'activité « marche », course », « montée de l'escalier », « descente de l'escalier ». Ces travaux ont abouti à des algorithmes aux performances dépassant celles des meilleures méthodes du moment [16, 17] ;

Les avancées des travaux sur les modèles à sauts originaux, permettant les filtrages et les lissages rapides et exacts, débutées en 2014, ont abouti, dans le cadre de la thèse de Fei Zheng, à des algorithmes originaux d'estimation des paramètres, de type « double EM », permettant le lissage non supervisé [15]. Par ailleurs, ces modèles ont été étendus à des modèles très généraux, utilisant les copules pour la modélisation des bruits corrélés non gaussiens [30] ;

Les études du filtre de Kalman dans les modèles de Markov couple et triplet ont permis la mise en place d'une synthèse entre le filtre classique et le filtre de type UFIR, permettant d'améliorer la robustesse [31]. Par ailleurs, une méthode de réduction de la dimension de l'espace d'états, avec perte minimale d'efficacité, a été proposée [32]. De par l'amélioration de la rapidité du filtre résultante, ces avancées présentent un intérêt pratique de nature à s'avérer déterminant lorsque les dimensions des espaces impliqués augmente ;

Un modèle original à sauts « flous », permettant de passer d'un saut à un autre de manière « continue », a été proposé dans [33]. Les premières applications, visant à modéliser l'état de trafic routier (arrêt complet, circulation fluide, ou « entre les deux »), en cours d'études, sont encourageantes ;

L'exploitation de certaines redondances dans les modélisations Gaussiennes classiques ont permis de mettre en place une technique de réduction de la dimension des espaces en présence, de nature à réduire la complexité des algorithmes de poursuite [32].

Mireille Sarkiss

- Caching codé et sécurisé pour les réseaux sans fil

Dans des systèmes de communications multi-utilisateurs avec caches, le caching codé peut réduire la congestion du réseau en pré-enregistrant des fragments de contenus populaires dans les mémoires cache des récepteurs, pour ensuite servir simultanément plusieurs de ces utilisateurs lors de la phase de transmission tout en bénéficiant du contenu mis en cache. Dans le cadre du co-encadrement du post-doc de Sarah Kamel avec Telecom Paris, nous nous sommes intéressés à sécuriser la phase de transmission de données en présence d'un espion externe qui n'a pas accès aux mémoires cache. Dans un scénario de caching centralisé, avec diverses configurations de caches aux récepteurs légitimes, nous avons dérivé les bornes théoriques supérieure et inférieure sur le compromis entre la capacité secrète "secrecy-capacity" et la mémoire pour des canaux wiretap broadcast à effacements. Les schémas de codage proposés reposent sur une combinaison méticuleuse d'un codage conjoint cache-canal avec un codage wiretap et des "one-time pads" utilisant des clés pré-enregistrées dans les mémoires cache [22].

Dans la suite de ces travaux, nous avons proposé aussi des bornes et des schémas de codage pour le scénario de caching décentralisé ainsi que dans un contexte avec deux bibliothèques de données où seulement une seule doit être sécurisée de l'espion externe.

- Optimisation dans les réseaux sans fil du futur

Les communications Mobile Edge Computing (MEC) et Energy Harvesting (EH) sont des technologies prometteuses pour optimiser l'utilisation des ressources dans les réseaux mobiles futurs et répondre aux besoins en termes de débits élevés, de délais réduits et de faible consommation d'énergie. Dans le cadre du projet SCAVENGE du CEA LIST, et en co-encadrement de la thèse d'Ibrahim Fawaz avec Telecom Paris, nous avons proposé des stratégies optimisant conjointement le scheduling de ressources et le déchargement de calcul « offloading » dans un système de communications MEC opérant avec un device ayant des capacités de récupération d'énergie EH. Le device peut décider de traiter localement les paquets d'une application ou à distance en les transmettant à une station de base à la périphérie du réseau. L'objectif est de minimiser le taux de perte de paquets sous contrainte de délai strict. Le problème est modélisé sous forme de processus de décision markovien (MDP) et des stratégies hors ligne optimales sont proposées en utilisant des techniques de la programmation dynamique (DP). Des scénarios de connaissances de canal parfaite, imparfaite [23] ou sans connaissance du canal à l'émetteur sont étudiés. Cependant, les techniques DP ont des limites quand les états du système deviennent larges, nous nous sommes alors intéressés dans la suite à résoudre ce problème d'optimisation avec des techniques d'apprentissage profond par renforcement « Deep Reinforcement Learning » (DRL).

En plus, dans les réseaux denses multi-utilisateurs du type réseaux de l'Internet des objets (IoT) massifs « massive-IoT », la technique d'accès multiple non-orthogonale (NOMA) peut s'avérer efficace pour partager les ressources radio entre plusieurs devices. Dans ce contexte, la nouvelle thèse d'Ibrahim Djemai démarrera sur une bourse d'excellence Telecom SudParis. La thèse vise à proposer des stratégies efficaces pour une optimisation conjointe de communication, calcul et contrôle de réseau NOMA-MEC avec des capacités EH aux devices et en étudiant des approches de DRL.

- Systèmes de Décision Distribués dans les applications IoT

Dans de nombreuses applications IoT, les réseaux de capteurs sont utilisés pour des systèmes de surveillance et d'alerte. Pour permettre la détection de tels événements, les capteurs distribués transmettent des informations sur leurs signaux observés à un ou plusieurs centres de décision. Ces communications ont souvent des exigences strictes en termes de faible consommation énergétique, faible délai et de partage de ressources du réseau avec d'autres réseaux IoT. Dans le cadre du co-encadrement de la thèse de Mustapha Hamad avec Telecom Paris, nous étudions les systèmes de détection distribués sous ces contraintes. Des bornes théoriques pour les tests d'hypothèse distribués ont été dérivées dans certains schémas de MAC coopératif, MAC sans coopération, et schéma interactif entre deux nœuds capteurs. L'objectif est de maximiser la décroissance exponentielle « exponential decay » de la probabilité d'erreur de détection sous des contraintes de longueur moyenne sur les messages transmis entre les différents nœuds. D'autres schémas seront envisagés dans la suite de la thèse.

Soutenances HDR

Emmanuel Monfrini, « Modélisation markovienne et inférence bayésienne : une histoire de couple, longtemps caché, finissant avec des triplets », soutenue le 27 octobre 2020 à l'Université d'Evry.

Daniel Clark, «Point process modelling for filtering, information, and control », soutenue le 21 octobre 2020 à l'Université de Paris-Saclay.

Valorisations Contractuelles et Collaborations Industrielles

- Projet FUI (Fond Unique Ministériel): "MacroNow" (incluant un consortium d'entreprises et d'établissements de recherche). BPI-France et TSP. 2018-2019 ;
- "Data Science pour le e-commerce", chaire d'enseignement VeePee-Telecom Sudparis-Telecom Paris, 2019-2021.
- Thales Communications (Colombes) : thèse CIFRE ;

- Projet ANR « ASTRID » ;
- Triagnosys (Allemagne), co-encadrement de la thèse de Nicolas Aussel ;
- Chaire d'enseignement avec Devoteam ;
- Contrat industriel avec Oze Energies (co-financement de thèse) ;
- Thalès OME. Développement d'algorithmes de pistage multi cibles pour des situations à faible rapport signal sur bruit et sur la présence d'observations partielles dans le cas des systèmes à balayage ;
- Nokia Bell Labs : thèse CIFRE d'Achille Salaun ;
- Safran (Tryagnosis) : thèse CIFRE de Nicolas Aussel ;
- BNP : thèse CIFRE de Nikeethan Selvaratnam ;
- IBM : thèse CIFRE d'Elie Azeraf ;
- SEGULA : thèse CIFRE de Clément Fernandes.

Organisation de Conférence Internationales

Randal Douc a co-organisé deux conférences internationales:

- "Probabilistic methods in computational statistics", Evry, 2018;
- "Data Science and finance", Siemreap, 2019.

Editeurs Associés

- Daniel Clark est éditeur associé de *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*;
- Jean-Pierre Delmas a été éditeur associé de *Signal Processing* (Elsevier) 2009-2019;
- Jean-Pierre Delmas est éditeur associé de *IEEE Signal Processing Letters* ;
- Randal Douc a été éditeur associé d'*Annals of Applied Probability* 2013-2018 ;
- Yohan Petetin a été éditeur invité du numéro special "Special Issue on Monte Carlo methods ", de *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*.

Collaborations nationales

Sur le plan académique, les collaborations nationales de CITI impliquent :

- Télécom Paris ;
- Ecole Polytechnique ;
- Ecole Centrale de Lyon ;
- le CNRS : participation aux activités du GDR-PCR Information Signal-Image-viSion (ISIS) et du GDR Ondes du CNRS ;
- Centrale-Supélec/L2S;
- "Big POMM", projet LTCI-Samovar sur les "Modèles de Markov partiellement observés en grande dimension" ;
- Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR, UMR CNRS 6164) ;
- CNAM Paris (laboratoire CEDRIC) ;
- Télécom Physique Strasbourg (Université de Strasbourg) ;
- Laboratoire de Mathématiques d'Orsay ;
- Agro ParisTech ;
- Laboratoire J.A. Dieudonné, Université Côte D'Azur ;
- ENSAE ;
- ENS Paris-Saclay ;
- CEA LIST ;
- IP Paris (Sylvain Le Corff est membre du bureau de la thématique phare « Data Analytics & IA », Frédéric Lehmann est représentant élu Conseil d'Administration d'IP Paris, il est également membre du Bureau du département ICE en tant que responsable du domaine ICE de l'école doctorale IP Paris) ;
- HEC (Sylvain Le Corff est membre du comité scientifique du centre Hi ! Paris).

Collaborations internationales

Sur le plan académique, les collaborations internationales de CITI ont impliqué :

- Université Herriot-Watt, Edimbourg, Royaume Uni (Daniel Clark) ;
- Université de Tel-Aviv, Israël (Christine Letrou) ;
- Ben Gurion University of the Neguev (Christine Letrou) ;
- Ecole Militaire Polytechnique, Alger, Algérie (Wojciech Pieczynski) ;
- École nationale supérieure d'informatique, Alger, Algérie (Wojciech Pieczynski) ;
- Université de Lund, Suède (Randal Douc) ;
- Université de Guanajuato, Mexique (Frédéric Lehmann) ;
- Université de Tanger, Maroc (Frédéric Lehmann) ;
- Université KTH, Stockholm, Suède (Randal Douc, Sylvain Le Corff) ;
- University of Oxford, Royaume Uni (Sylvain Le Corff) ;
- Université d'Helsinki, Finlande (Sylvain Le Corff) ;
- Université Bristol, Royaume Uni (Randal Douc).

Formation doctorale

6 thèses de doctorat ont été soutenues au cours de la période 2018-20 :

Hugo Gangloff, Modèles probabilistes pour le traitement d'image : application à la chirurgie vasculaire, thèse de l'Université de Strasbourg, soutenue le 15 décembre 2020, encadrée par Christophe Collet, Nabil Chakfé (Université de Strasbourg), et Emmanuel Monfrini (CITI, Telecom SudParis).

Ibrahim Fawaz, Offloading Strategies for Mobile Devices with Energy Harvesting Capabilities, thèse de l'Université Paris-Saclay, soutenue le 9 décembre 2019. Co-encadrée par Mireille Sarkiss (CITI, Telecom SudParis) et Philippe Ciblat (Comelec, Telecom Paris).

Dina Chaal, Nouvelle Approche Bayésienne pour la calibration des réseaux de capteurs, thèse du Laboratoire des Techniques Avancées de l'Université de Tanger, co-encadrée par Abdelouahid Lyhyaoui (l'Université de Tanger) et Frédéric Lehmann (CITI, Telecom SudParis), soutenue à Tanger le 29 octobre 2018.

Haoyu Li, Recent hidden Markov models for lower limb locomotion activity detection and recognition using IMU sensors, these de l'École Centrale de Lyon, soutenue le 4 décembre 2019. Co-encadrée par Stéphane Derrode (LIRIS, Ecole Centrale de Lyon) et Wojciech Pieczynski (CITI, Telecom SudParis).

Roland Lamberti, Contributions aux méthodes de Monte Carlo et leur application au filtrage statistique, soutenue le 22 novembre 2018, à l'Université Paris-Saclay (ComUE) , dans le cadre de École doctorale de mathématiques Hadamard. Thèse co-encadrée par François Desbouvries (CITI, Télécom SudParis), Yohan Petetin (CITI, Télécom SudParis) et François Septier (Universite Bretagne Sud/LMBA UMR CNRS 6205).

Nicolas Aussel, Real-time anomaly detection with in-flight data: streaming anomaly detection with heterogeneous communicating agents. Soutenue le 21 juin 2019 à l'Université Paris-Saclay, dans le cadre de École doctorale Sciences et technologies de l'information et de la communication. Thèse co-encadrée par Yohan Petetin (CITI, Télécom SudParis) et Sophie Chabridon (INF, Télécom SudParis).

Prix et distinctions

Les recherches de Daniel Clark ont récemment été reconnues par trois institutions au Royaume-Uni par son élévation au rang de « Fellow » de la « Royal Aeronautical Society », de « Institute of Engineering and Technology », et de « Institute of Mathematics and its Applications ».

Publications

Livres

R. Douc, E. Moulines, P. Priouret and P. Soulier. "Markov chains". Springer Verlag. 758 pages, Janvier 2019.

Au cours de la période 2018-2020 les enseignants-chercheurs du département CITI ont fait paraître 42 articles de revues.

La liste des articles d'actes de conférences peut être consultée au

https://hal.archives-ouvertes.fr/TELECOM-SUDPARIS/search/index/?q=deptStructName_s%3A%22Communications%2C+Images+et+Traitement+de+!%27Information%22

Publications en revues 2018-20.

42. H. Abeida, J.-P. Delmas, Efficiency of subspace-based estimators for elliptical symmetric distributions, *Signal Processing*, Elsevier, 174, pp.107644:1-107644:9, 2020.
41. R. Diel, S. Le Corff, and M. Lerasle, Learning the distribution of latent variables in paired comparison models with round-robin scheduling, *Bernoulli*, Vol. 26, No. 4, pp. 2670-2698, 2020.
40. A. Marmin, A. Jeziarska, M. Castella, J.-C. Pesquet, Global optimization for recovery of clipped signals corrupted with Poisson-Gaussian noise, *IEEE Signal Processing Letters*, 27, pp. 970-974, 2020.
39. J. Houssineau, D. Clark. On a representation of partially-distinguishable populations, *Statistics*, Vol. 54 No. 1, pp. 23-45, 2020.
38. D. Cormack, I. Schlangen, J. Hopgood, and D. Clark, Joint registration and fusion of an infra-red camera and scanning radar in a maritime context, *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 56, No. 2, pp.1357-1369, 2020.
37. E. Gassiat, S. Le Corff, and L. Lehericy, Identifiability and consistent estimation of nonparametric translation hidden Markov models with general state space, *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 21, No. 115, pp. 1-40, 2020.
36. U. H. Tan, F. Arlery, O. Rabaste, F. Lehmann, and J.-P. Ovarlez. A new lower bound on the maximum correlation of a set with mismatched filters, *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 66, No. 10, pp. 6555-6565, 2020.
35. J.-P. Delmas, P. Chevalier, and M. Sadok. On the sensitivity of third-order Volterra MVDR beamformers to interference-pulse shaping filter, *Signal Processing*, Elsevier, 170, pp.107424-1:107424-7, 2020.
34. D. Clark. Local entropy statistics for point processes, *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 66, No. 2, pp.1155-1163, 2020.
33. Z. Bouyahia, S. Derrode, and W. Pieczynski, Filtering in Gaussian linear systems with fuzzy switches, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 28, No. 8, pp. 1760-1770, 2020.

32. F. Lehmann and W. Pieczynski, Suboptimal Kalman filtering in triplet Markov models using model order reduction, *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 27, pp. 1100-1104, 2020.
31. F. Lehmann and W. Pieczynski, State estimation in pairwise Markov models with improved robustness using unbiased FIR filtering, *Signal Processing*, No. 172, 2020.
30. F. Zheng, S. Derrode, and W. Pieczynski, Semi-supervised optimal recursive filtering and smoothing in non-Gaussian Markov switching models, *Signal Processing*, No. 171, 2020.
29. R. Douc, J. Olsson and F. Roueff, Posterior consistency for partially observed Markov models, *Stochastic Processes and their applications*, Vol. 130, Issue 2, pp. 733-759, 2020.
28. R. Douc and J. Olsson. Numerically stable online estimation of variance in particle filters, *Bernoulli*, Vol. 25, Vol. 2, pp.1504 – 1535, 2019.
27. J.-B. Courbot, V. Mazet, E. Monfrini, C. Collet, Pairwise Markov fields for segmentation in astronomical hyperspectral images, *Signal Processing*, Elsevier, 163, pp. 41-4, 2019.
26. M. Castella, J.-C. Pesquet, and A. Marmin, Rational optimization for nonlinear reconstruction with approximate ℓ_0 penalization, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 67, No. 6, pp.1407-1417, 2019.
25. F. Arlery, U. H. Tan, and O. Rabaste, Generalization and Improvement of the Levenshtein Lower Bound for Aperiodic Correlation, *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 65, No. 2, pp.1258-1266, 2019.
24. E. Delande, J. Houssineau, J. Franco, C. Frueh, D. Clark et al. A new multi-target tracking algorithm for a large number of orbiting objects, *Advances in Space Research*, Elsevier, Vol. 64, No. 3, pp.645-667, 2019.
23. M. Uney, J. Houssineau, E. Delande, S. J. Julier, and D. Clark, Fusion of finite set distributions: pointwise consistency and global cardinality, *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 55, No. 6, pp.2759 - 2773, 2019.
22. S. Kamel, S. Sarkiss, M. Wigger, and G. Rekaya-Ben Othman, Secrecy Capacity-Memory Tradeoff of Erasure Broadcast Channels, *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 65, No. 8, pp. 5094-5124, 2019.
21. I. Fawaz, M. Sarkiss, and P. Ciblat, Delay-Optimal Resource Scheduling of Energy Harvesting-Based Devices, *IEEE Trans. on Green Communications and Networking*, Vol. 3, No. 4, pp. 1023-1034, 2019.
20. H. Abeida and J-P. Delmas, Slepian-Bangs formula and Cramér Rao bound for circular and non-circular complex elliptical symmetric distributions, *IEEE Signal Processing Letters*, 26 (10), pp.1561-1565, 2019.
19. H. Abeida and J-P. Delmas. Robustness of subspace-based algorithms with respect to the distribution of the noise: application to DOA estimation, *Signal Processing*, Elsevier, 164, pp. 313-319, 2019.
18. J-P. Delmas, H. Gazzah, and M. Nabil El Korso. Improved localization of near-field sources using a realistic signal propagation model and optimally-placed sensors, *Digital Signal Processing*, Elsevier, 95, pp.102579-1 - 102579-9, 2019.
17. H. Li, S. Derrode, and W. Pieczynski, Lower limb locomotion activity recognition of healthy individuals using semi-Markov model and single wearable inertial sensor, *Sensors*, MDPI, 19, pp. 4242-1, 2019.
16. H. Li, S. Derrode, W. Pieczynski. An adaptive and on-line IMU-based locomotion activity classification method using a triplet Markov model, *Neurocomputing*, Elsevier, pp. 94 - 105, 2019.
15. F. Zheng, S. Derrode, W. Pieczynski. Parameter estimation in switching Markov systems and unsupervised smoothing, *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. 64, No. 4, pp.1761 - 1767, 2019.

14. M. Uney, B. Mulgrew, and D. Clark, Latent parameter estimation in fusion networks using separable likelihoods, *IEEE Trans. on Signal and Information Processing over Networks*, Vol. 4, No. 4, pp. 752-768, 2018.
13. L. An, M. Li, and M. E. Y. Boudaren, and W. Pieczynski, Unsupervised segmentation of hidden Markov fields corrupted by correlated non-Gaussian noise, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 102, pp. 41-59, 2018.
12. P. Chevalier, J.-P. Delmas, and M. Sadok, Third-order Volterra MVDR beamforming for non-Gaussian and potentially non-circular interference cancellation, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 66, No. 18, pp. 4766-4781, 2018.
11. J. Houssineau and D. Clark, Multitarget filtering with linearised complexity, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 66, No. 18, pp. 4957-4970, 2018.
10. R. Lamberti, F. Septier, N. Salman, and L. Mihaylova, Gradient based Sequential Markov Chain Monte Carlo for multi-target tracking with correlated measurements, *IEEE Trans. on Signal and Information Processing over Networks*, Vol. 4, No. 3, pp. 510-518, 2018.
9. F. Lehmann, Joint user activity detection, channel estimation and decoding for multi-user/multi-antenna OFDM systems, *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 67, No. 9, pp. 8263-8275, 2018.
8. Y. Shmaliy, F. Lehmann, S. Zhao, and C. K. Ahn, Comparing robustness of the Kalman, H inf, and UFIR filters, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 66, No. 13, pp. 3447-3458, 2018.
7. F. Lehmann and Y. Frignac, Performance analysis of a new calibration method for fiber nonlinearity compensation, *IEEE Communications Letters*, Vol. 22, No. 6, pp. 1176-1179, 2018.
6. I. Gorynin, H. Gangloff, E. Monfrini, W. Pieczynski, Assessing the segmentation performance of pairwise and triplet Markov models, *Signal Processing*, Vol. 145, pp. 183-192, 2018.
5. P. Chevalier, R. Chauvat, and J.-P. Delmas, Enhanced widely linear filtering to make quasi-rectilinear signals almost equivalent to rectilinear ones for SAIC/MAIC, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 66, No. 6, pp. 1438-1453, 2018.
4. J.-B. Courbot, E. Monfrini, V. Mazet, and C. Collet, Oriented triplet Markov fields, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 103, pp. 16-22, 2018.
3. I. Schlangen, E. Delande, J. Houssineau, D. Clark, A second-order PHD filter with mean and variance in target number, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 66, No. 1, pp. 48-63, 2018.
2. R. Lamberti, Y. Petetin, F. Septier, and F. Desbouvries, Semi-independent resampling for particle filtering, *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 25, No. 1, pp. 130-134, 2018.
1. E. Delande, C. Fruech, J. Franco, J. Houssineau, and D. Clark, Novel multi-object filtering approach for space situational awareness, *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol. 41, No. 1, pp. 59-73, 2018.