

## Passage de la 5G à la 6G dans les communications militaires

Cet ouvrage propose une analyse complète et prospective de la transition des technologies 5G à 6G dans le domaine des communications militaires. Il examine les fondements architecturaux, les applications opérationnelles, les défis en matière de sécurité et les implications stratégiques des systèmes de communication de nouvelle génération dans les environnements de défense. Couvrant des sujets tels que le découpage du réseau, la gestion pilotée par l'IA, l'intégration des satellites, la cyber-résilience, la sécurité post-quantique et les opérations multi-domaines, l'ouvrage présente les communications militaires comme un outil essentiel de commandement et de contrôle. Il offre une perspective au niveau du système qui intègre la technologie, la doctrine et la stratégie pour répondre aux exigences opérationnelles futures.



**Rexhep Mustafovski**, MSc, est officier des transmissions et chercheur universitaire dans le domaine des communications militaires et des systèmes de réseaux sécurisés. Il est diplômé de l'Académie militaire "General Mihailo Apostolski" de Skopje et titulaire d'une maîtrise en communications et technologies de l'information de l'université "Ss. Cyril et Methodius" - Skopje.



EDITIONS NOTRE SAVOIR

Mustafovski, Qehaja, Hajrizi



EDITIONS NOTRE SAVOIR



## Passage de la 5G à la 6G dans les communications militaires

*Architectures, intégration et impact opérationnel*

**Rexhep Mustafovski**  
**Besnik Qehaja**  
**Edmond Hajrizi**

**Rexhep Mustafovski**  
**Besnik Qehaja**  
**Edmond Hajrizi**

**Passage de la 5G à la 6G dans les communications militaires**

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**Rexhep Mustafovski  
Besnik Qehaja  
Edmond Hajrizi**

# **Passage de la 5G à la 6G dans les communications militaires**

**Architectures, intégration et impact opérationnel**

FOR AUTHOR USE ONLY

**SciencaScripts**

## **Imprint**

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

This book is a translation from the original published under ISBN 978-620-9-71856-4.

Publisher:

Scienza Scriptis

is a trademark of

Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

120 High Road, East Finchley, London, N2 9ED, United Kingdom

Str. Armeneasca 28/1, office 1, Chisinau MD-2012, Republic of Moldova, Europe

Managing Directors: Ieva Konstantinova, Victoria Ursu  
[info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)

Printed at: see last page

**ISBN: 978-620-9-85916-8**

Copyright © Rexhep Mustafovski, Besnik Qehaja, Edmond Hajrizi

Copyright © 2026 Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

FOR AUTHOR USE ONLY

# **La transition de la 5G à la 6G dans les communications militaires**

*Architectures, intégration et impact opérationnel*

Préface.....	2
Introduction.....	5
Chapitre 1 – Introduction à l'évolution des communications militaires.....	10
Chapitre 2 – Principes fondamentaux des systèmes de communication militaire .....	32
Chapitre 3 – Aperçu de la technologie 5G .....	55
Chapitre 4 – Cas d'utilisation militaire des réseaux 5G .....	79
Chapitre 5 – Les défis de sécurité de la 5G dans les environnements militaires .....	99
Chapitre 6 – Intégration de la 5G aux systèmes militaires existants.....	117
Chapitre 7 – Facteurs de transition de la 5G vers la 6G.....	135
Chapitre 8 – Vision et concepts fondamentaux de la technologie 6G.....	152
Chapitre 9 – Architectures 6G pour les communications militaires .....	173
Chapitre 10 – Sécurité et résilience des réseaux militaires 6G .....	196
Chapitre 11 – Impact opérationnel de la transition de la 5G à la 6G .....	218
Chapitre 12 – Interopérabilité, normalisation et perspective de l'OTAN .....	239
Chapitre 13 – Implications éthiques, juridiques et stratégiques.....	260
Chapitre 14 – Orientations futures et défis de recherche .....	284
Conclusion.....	304
Références .....	308

## Préface

Je m'appelle **Rexhep Mustafovski, titulaire d'un master en sciences**, et cet ouvrage s'inscrit dans la continuité et l'extension stratégique de mon engagement académique, professionnel et de recherche dans le domaine des systèmes de communication militaires modernes. Au fil des ans, mes travaux se sont concentrés sur la transformation des architectures de communication en tant que catalyseurs décisifs du commandement et du contrôle, de la coordination opérationnelle et de la résilience stratégique. L'évolution des déploiements 5G avancés vers le paradigme émergent de la 6G présente non seulement des opportunités technologiques, mais aussi des défis structurels qui influencent directement la sécurité nationale, l'interopérabilité et la souveraineté à long terme. La motivation pour écrire cet ouvrage découle d'une recherche universitaire soutenue, d'un engagement professionnel dans l'enseignement militaire et d'une implication continue dans les technologies de communication émergentes qui façonnent de plus en plus la doctrine opérationnelle.

Cet ouvrage a été rédigé en collaboration avec **Besnik Qehaja, PhD, et le professeur Edmond Hajrizi**. Leur leadership académique et leur expertise enrichissent considérablement la portée interdisciplinaire de ce travail. Le Dr Besnik Qehaja, stratège reconnu en innovation numérique et doyen du département d'informatique et d'ingénierie de l'UBT, apporte une expertise approfondie en matière de transformation numérique, d'intégration de l'intelligence artificielle, de systèmes d'apprentissage avancés et de développement d'infrastructures intelligentes. Son parcours universitaire, notamment ses recherches doctorales sur les systèmes de surveillance en temps réel et son leadership dans les initiatives nationales de santé en ligne, renforce la rigueur analytique de cet ouvrage dans les domaines liés aux systèmes intelligents, aux architectures de données distribuées et aux cadres pilotés par l'IA. Le professeur Edmond Hajrizi, fondateur et recteur de l'UBT, a mis en place l'un des principaux établissements universitaires axés sur l'innovation de la région. Son engagement de longue date à faire le lien entre la recherche universitaire, la mise en œuvre technologique pratique et la collaboration internationale apporte une profondeur stratégique à la vision plus large présentée dans cet ouvrage.

L'objectif principal de cet ouvrage est d'examiner la transition de la 5G à la 6G dans les communications militaires comme une transformation systémique et stratégique plutôt que comme un ensemble de mises à niveau techniques isolées. Dans les opérations militaires contemporaines, les systèmes de communication sont indissociables de l'autorité de commandement, de l'intégration du renseignement et des manœuvres coordonnées multidomaines. La capacité à échanger des informations de manière sécurisée, fiable et en temps opportun détermine la connaissance de la situation, l'efficacité des missions, la protection des forces et la crédibilité de la dissuasion. L'architecture de communication est passée d'une fonction de soutien à un atout stratégique fondamental.

Tout au long de notre expérience universitaire et professionnelle, nous avons observé un décalage récurrent entre les technologies de communication en évolution rapide et

leur intégration cohérente dans les structures de commandement militaires. Alors que la littérature technique se concentre souvent sur des innovations individuelles telles que le découpage de réseau, la cryptographie post-quantique, la gestion de réseau basée sur l'IA ou l'intégration des satellites, peu d'ouvrages exhaustifs analysent comment ces composants, pris dans leur ensemble, redéfinissent la doctrine des communications militaires. Cet ouvrage vise à combler cette lacune en proposant un examen structuré et interdisciplinaire des systèmes de communication de nouvelle génération dans les environnements de défense.

La portée de cet ouvrage s'étend à l'évolution historique des systèmes de communication militaire, aux fondements architecturaux de la technologie 5G, aux cas d'utilisation militaire opérationnelle, aux défis en matière de cybersécurité et de guerre électronique, à l'intégration avec les systèmes tactiques existants, ainsi qu'aux moteurs émergents de la transformation vers la 6G. L'analyse explore en outre les architectures natives de l'intelligence artificielle, la détection et les communications intégrées, les mécanismes de sécurité résilients face à la technologie quantique, la connectivité multidomaine, l'interopérabilité au sein des cadres d'alliance, les considérations réglementaires et les implications stratégiques à long terme.

L'accent est particulièrement mis sur la résilience, la souveraineté et l'interopérabilité. Alors que les réseaux de communication convergent de plus en plus avec les infrastructures civiles et les chaînes d'approvisionnement mondialisées, l'autonomie stratégique devient une considération essentielle. La transition vers la 6G implique non seulement des indicateurs de performance améliorés, mais aussi de nouveaux modèles de gouvernance capables de prendre en compte les dimensions éthiques, juridiques et géopolitiques. L'orchestration pilotée par l'intelligence artificielle, les cadres d'authentification distribués, la gestion adaptative du spectre et les mécanismes de chiffrement compatibles avec la technologie quantique doivent être intégrés au sein d'architectures cohérentes conçues pour des environnements contestés et dégradés.

Une contribution importante de cet ouvrage reflète la trajectoire de recherche axée sur l'intégration qui met l'accent sur la convergence structurée de l'intelligence artificielle, des mécanismes cryptographiques résistants à la technologie quantique, des cadres d'authentification basés sur la blockchain, de la gouvernance adaptative du spectre et de la redondance des communications multidomaines. Cette approche d'intégration vise à garantir des communications sécurisées, résilientes et efficaces dans toutes les conditions opérationnelles, y compris dans des environnements électromagnétiques contestés et des scénarios météorologiques extrêmes. En synthétisant des technologies de pointe au sein de cadres architecturaux cohérents, cet ouvrage aligne l'innovation contemporaine sur les exigences militaires pratiques.

L'analyse est menée à un niveau conceptuel et architectural, ce qui permet aux principes abordés de rester applicables dans divers contextes nationaux et mises en œuvre technologiques. Cet ouvrage ne présente pas de procédures classifiées, de détails techniques propres à des fournisseurs ou de cadres doctrinaux spécifiques à un pays. Il se concentre plutôt sur des principes structurels durables, un raisonnement

stratégique et une réflexion au niveau des systèmes qui soutiennent une prise de décision éclairée et une recherche tournée vers l'avenir.

Certaines limites sont inhérentes à cette approche. Compte tenu du rythme rapide du développement technologique, les implémentations spécifiques des systèmes 6G continueront d'évoluer. Cet ouvrage ne prétend pas couvrir de manière exhaustive chaque prototype expérimental ou initiative de recherche émergente. Il vise plutôt à présenter une base structurée qui reste pertinente malgré l'accélération technologique. La logique architecturale, les principes de gouvernance et les considérations stratégiques exposés ici sont conçus pour perdurer au-delà des transitions générationnelles spécifiques.

Le public visé comprend les étudiants de deuxième et troisième cycles en ingénierie des communications, en cybersécurité, en études de défense et dans des domaines connexes, ainsi que les chercheurs, les architectes de systèmes, les décideurs politiques et les professionnels de l'armée engagés dans la planification des communications d', l'enseignement et le commandement opérationnel. L'ouvrage est structuré de manière à soutenir à la fois la recherche universitaire et les applications professionnelles, offrant une profondeur analytique tout en conservant une pertinence pratique.

La collaboration entre les auteurs reflète un engagement commun en faveur d'une recherche axée sur l'innovation et de l'intégration interdisciplinaire. En combinant l'expertise en communication militaire avec la stratégie de transformation numérique et le leadership en matière d'innovation institutionnelle, cet ouvrage vise à apporter une perspective équilibrée et tournée vers l'avenir sur l'avenir des systèmes de communication de défense. La convergence de la rigueur académique, de la perspicacité technologique et de la prospective stratégique façonne le cadre présenté dans ces chapitres.

En fin de compte, cet ouvrage reflète un parcours académique et professionnel continu dédié à la compréhension de la manière dont les technologies de communication de nouvelle génération redéfinissent les capacités opérationnelles et la stabilité stratégique. La transition de la 5G à la 6G représente un moment décisif dans l'évolution des communications militaires. Grâce à une analyse structurée, une réflexion architecturale intégrée et une conscience stratégique, cet ouvrage aspire à apporter une contribution significative au discours académique et aux avancées pratiques dans ce domaine critique. Nous espérons que les perspectives présentées ici encourageront la poursuite de la recherche, la collaboration interdisciplinaire et l'innovation responsable dans le développement de systèmes de communication militaires sécurisés, intelligents et résilients.

## Introduction

La transformation des systèmes de communication militaire au cours du siècle dernier reflète l'évolution plus large de la guerre elle-même. Des lignes télégraphiques câblées et des radios de terrain analogiques aux réseaux à large bande par satellite et aux réseaux définis par logiciel, la communication est restée le système nerveux central de l'organisation militaire. Pourtant, la transition actuelle des réseaux avancés de cinquième génération vers le paradigme anticipé de sixième génération représente un changement qualitatif plutôt qu'une progression technologique linéaire. Elle marque l'émergence d'écosystèmes de communication intelligents, adaptatifs et profondément intégrés qui redéfinissent la relation entre connectivité, autorité de commandement, domination de l'information et stabilité stratégique. Cet ouvrage examine cette transition non pas comme un simple développement technique, mais comme une transformation systémique de la doctrine, de l'architecture et des capacités opérationnelles des communications militaires.

Les forces armées modernes opèrent dans des environnements caractérisés par une complexité sans précédent. L'espace de combat est de plus en plus multidomaine, s'étendant à la terre, à la mer, à l'air, à l'espace et au cyberspace. Les opérations sont menées sous une surveillance persistante, une congestion intense du spectre et une exposition continue aux cybermenaces. Les cycles de décision se sont considérablement accélérés, réduisant le délai entre la détection, l'analyse et la réponse. Dans ce contexte, les systèmes de communication ne sont plus de simples facilitateurs passifs de la coordination. Ils sont devenus des déterminants actifs du rythme opérationnel, de la connaissance de la situation et de l'avantage stratégique. La capacité à transmettre, sécuriser, analyser et agir sur les informations en temps réel définit l'efficacité militaire de manière aussi décisive que les capacités cinétiques traditionnelles.

Les réseaux de cinquième génération ont introduit des éléments transformateurs tels que le haut débit mobile amélioré, les communications ultra-fiables à faible latence, la connectivité massive de type machine, la virtualisation, le découpage du réseau et l'edge computing. Ces capacités ont élargi l'horizon des applications militaires, permettant la coordination en temps réel des drones, l'intégration distribuée de capteurs, les systèmes portables pour soldats, les infrastructures de bases intelligentes et les modèles de communication hybrides satellite-terrestre. Cependant, les caractéristiques mêmes qui rendent la 5G puissante introduisent également des vulnérabilités structurelles. Les plans de contrôle virtualisés élargissent les surfaces d'attaque. Les couches d'orchestration distribuées augmentent l'interdépendance systémique. Le partage des infrastructures civiles complique la planification de la résilience. Par conséquent, l'intégration de la 5G dans les environnements militaires nécessite plus qu'une simple adoption ; elle exige une adaptation stratégique.

L'émergence attendue des systèmes de communication de sixième génération intensifie à la fois les opportunités et la complexité. La 6G est envisagée comme native de l'IA, dotée de capacités de détection, compatible avec la technologie quantique et

intégrée entre l'espace, l'air et le sol. Elle vise à atteindre une latence ultra-faible à l'échelle de la microseconde, une fiabilité extrême proche de la communication déterministe, l'utilisation de fréquences térahertz et une convergence transparente entre la communication et la perception de l'environnement. De telles caractéristiques promettent des avancées révolutionnaires en matière de coordination des systèmes autonomes, de commandement et de contrôle distribués, de traitement intégré du renseignement et de supériorité de l'information. Elles soulèvent toutefois également de profondes questions d' s concernant la gouvernance, la souveraineté, l'interopérabilité, la responsabilité éthique et le risque stratégique à long terme.

Cet ouvrage explore la transition de la 5G à la 6G dans le domaine des communications militaires à travers une perspective globale et multidisciplinaire. Il commence par replacer la communication dans son contexte doctrinal historique, en analysant l'évolution des radios tactiques traditionnelles et des réseaux de commandement fixes vers les architectures mobiles à large bande et les infrastructures définies par logiciel. Les limites des systèmes traditionnels, notamment les contraintes de bande passante, l'interopérabilité limitée et la vulnérabilité à la guerre électronique, sont examinées afin de clarifier les motivations de l'adoption des technologies de nouvelle génération. Les facteurs opérationnels de l'intégration de la 5G, notamment la connectivité en temps réel sur le champ de bataille et la coordination centrée sur le réseau, sont analysés parallèlement à leurs implications structurelles.

Les fondements techniques essentiels de la 5G sont ensuite explorés en profondeur. Les principes architecturaux, les modèles de virtualisation, les mécanismes de découpage du réseau, l'intégration de l'edge computing et les catégories de services sont examinés non pas comme des réalisations techniques isolées, mais comme des catalyseurs de la transformation doctrinale. La distinction entre les déploiements civils et militaires de la 5G met en évidence la nécessité de cadres de sécurité renforcés, d'une disponibilité garantie et d'une résilience du spectre dans des conditions de conflit. En comparant ces domaines, l'analyse clarifie les adaptations requises pour un déploiement opérationnel dans des environnements de défense.

Les cas d'utilisation militaire des réseaux 5G sont évalués à travers les communications tactiques sur le champ de bataille, la coordination des systèmes sans pilote, les réseaux portables des soldats, les infrastructures de bases intelligentes et les postes de commandement critiques. Ces applications illustrent comment une connectivité améliorée remodèle le rythme opérationnel et la coordination. Cependant, l'examen révèle également des défis de sécurité émergents, notamment les cybermenaces, les vulnérabilités d'authentification, la sensibilité au brouillage et les risques liés au découpage du réseau. L'intégration de la 5G aux radios tactiques existantes, aux architectures C4ISR et aux systèmes satellitaires hybrides démontre la complexité de la transition sans compromettre l'interopérabilité ou la résilience.

À mesure que la discussion évolue vers la 6G, l'attention se porte sur les exigences émergentes qui dépassent les capacités des systèmes actuels. La guerre guidée par l'intelligence artificielle, la coordination à très faible latence, la rareté du spectre, la

détection intégrée et les cadres de sécurité résistants à la cryptographie quantique sont analysés comme des impératifs stratégiques. La transition de la 5G à la 6G n'est pas présentée comme un enthousiasme technologique, mais comme une réponse aux lacunes opérationnelles et à l'évolution des menaces. Cette transition nécessite une planification réfléchie, une expérimentation structurée et une adaptation doctrinale.

La vision et les concepts fondamentaux de la technologie 6G sont examinés sous l'angle de leur pertinence militaire. Les communications térahertz, les architectures de réseau natives de l'IA, la détection et les communications intégrées, ainsi que l'intégration espace-air-sol sont analysées en tenant compte à la fois de l'extension des capacités et des risques structurels. La sécurité et la résilience des réseaux 6G sont abordées à travers l'examen de la cryptographie post-quantique, de la détection d'intrusion basée sur l'IA, de la résistance cognitive à la guerre électronique, de la prise de décision autonome sécurisée, ainsi que des modèles de confiance et de souveraineté. Ces éléments soulignent que la supériorité future des communications de l' e dépend autant d'une gouvernance sécurisée que des performances de transmission.

L'impact opérationnel est évalué en termes d'évolution du commandement et du contrôle, d'amélioration de la connaissance de la situation, d'accélération des cycles décisionnels, de soutien aux opérations multidomâmes et de domination de l'information. L'analyse souligne que l'infrastructure de communication façonne le comportement stratégique. Une connectivité plus rapide influence la doctrine. La détection distribuée affecte la dynamique d'escalade. La coordination autonome modifie les structures d'autorité. Par conséquent, la transition technologique a des conséquences qui s'étendent aux domaines géopolitiques et éthiques.

L'interopérabilité et la normalisation sont abordées dans une perspective de coalition. Les normes de communication de l'OTAN, la coexistence civile-militaire du spectre, les défis d'interopérabilité de l'alliance et les considérations réglementaires montrent que l'avantage stratégique dépend d'un alignement collectif. La fragmentation des écosystèmes technologiques risque de compromettre la cohésion de la coalition. Des voies de développement harmonisées renforcent la résilience collective.

Les implications éthiques, juridiques et stratégiques des réseaux de nouvelle génération sont examinées, en accordant une attention particulière à l'autonomie de l'IA, à la souveraineté des données, à la dépendance vis-à-vis des infrastructures commerciales et aux risques stratégiques. Les réseaux de communication sont de plus en plus étroitement liés aux infrastructures civiles et aux chaînes d'approvisionnement mondiales. Cette convergence exige une gouvernance transparente et le développement de capacités souveraines afin d'atténuer les vulnérabilités systémiques.

Les orientations futures et les défis de recherche sont définis à travers l'identification des problèmes de recherche en suspens, la nécessité de bancs d'essai militaires expérimentaux pour la 6G, le rôle collaboratif du monde universitaire et de l'industrie de la défense, ainsi que des feuilles de route structurées menant au déploiement opérationnel. La vision stratégique à long terme s'articule autour d'un équilibre entre innovation et résilience, automatisation et responsabilité, intégration et souveraineté.

Dans cette trajectoire de recherche plus large, le cadre de communication axé sur l'intégration proposé par Rexhep Mustafovski met l'accent sur la convergence structurée de l'intelligence artificielle, du chiffrement quantique résilient, de l'authentification basée sur la blockchain, de la gestion adaptative du spectre et de la redondance multidomaine afin de garantir une communication sécurisée et efficace dans toutes les conditions opérationnelles et météorologiques.

L'argument central de cet ouvrage est que la communication n'est plus un sous-système de soutien des capacités militaires. Il s'agit d'un atout stratégique fondamental qui détermine la rapidité, la précision et la légitimité de l'action militaire. La transition de la 5G à la 6G redéfinit non seulement les paramètres de bande passante et de latence, mais aussi l'architecture de l'autorité et la structure de la résilience. Les institutions militaires doivent donc aborder l'adoption des communications de nouvelle génération avec une vision à long terme disciplinée, une expérimentation rigoureuse et des cadres de gouvernance complets.

La modernisation des systèmes de communication doit se dérouler de manière à préserver la continuité opérationnelle tout en favorisant l'innovation. L'intégration progressive avec les plateformes existantes, les principes architecturaux de sécurité intégrée, les stratégies adaptatives de gestion du spectre et les mesures de sécurité « quantum-ready » (prêtes pour l'ère quantique) constituent des éléments essentiels de ce processus. La collaboration entre les instituts de recherche, les industries de défense, les autorités de régulation et les partenaires alliés renforce la crédibilité technologique et la cohérence stratégique.

En fin de compte, l'avenir des communications militaires sera défini par la capacité à maintenir une connectivité fiable, rapide et résiliente dans tous les domaines et dans toutes les conditions. Les conditions environnementales extrêmes, aggravées par les environnements électromagnétiques, les actions cyberadversaires et la fragmentation géopolitique, ne doivent pas compromettre la coordination opérationnelle. Une architecture de communication qui anticipe les perturbations et s'adapte intelligemment à l'incertitude fournit les fondements structurels d'un avantage stratégique durable.

Cet ouvrage propose un examen complet des dimensions technologiques, doctrinales et stratégiques de la transition de la 5G à la 6G dans les communications militaires. En synthétisant l'analyse technique et la prospective stratégique, il vise à contribuer au débat en constante évolution sur les écosystèmes de communication sécurisés, intelligents et souverains. L'objectif n'est pas seulement d'analyser les technologies émergentes, mais de les inscrire dans une vision cohérente de résilience, d'interopérabilité, de gouvernance éthique et d'efficacité opérationnelle.

À une époque marquée par une accélération technologique rapide et des défis sécuritaires complexes, la capacité à communiquer de manière sûre et fiable devient synonyme de capacité à diriger, coordonner et l'emporter. La transition vers des architectures de communication natives de l'IA et compatibles avec la technologie quantique représente à la fois une opportunité et une responsabilité. Grâce à une

intégration structurée, une gouvernance rigoureuse et une orientation de la recherche tournée vers l'avenir, les systèmes de communication militaire peuvent évoluer vers des infrastructures adaptatives capables de maintenir la stabilité stratégique et l'excellence opérationnelle dans les décennies à venir.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Conclusion

Cet ouvrage a examiné la transition de la 5G à la 6G dans les communications militaires comme une transformation systémique plutôt que comme une simple mise à niveau technologique linéaire. Au fil de ses chapitres, il a démontré que les réseaux de communication de nouvelle génération ne sont pas simplement des plateformes de transmission de données plus rapides, mais des catalyseurs fondamentaux de la doctrine opérationnelle, de la résilience stratégique, de la coordination multidomaine et de la souveraineté à long terme. Les principales conclusions qui se dégagent de cette analyse exhaustive confirment que l'évolution vers des architectures natives de l'IA, prêtes pour le quantique et intégrées espace-air-sol représente un tournant décisif dans la modernisation des systèmes de communication militaire.

Le résumé des principales conclusions révèle plusieurs conclusions interdépendantes. Premièrement, les systèmes de communication tactiques hérités, bien qu'historiquement efficaces dans leur champ d'application opérationnel, sont structurellement limités en termes de capacité de bande passante, d'interopérabilité, d'adaptabilité et de résilience face aux menaces cybernétiques et électroniques contemporaines. Leur architecture n'a pas été conçue pour des opérations en temps réel à forte intensité de données, la détection distribuée ou la coordination de plateformes autonomes. À mesure que l'environnement opérationnel s'est étendu à des théâtres d'opérations multidomaines caractérisés par une congestion du spectre et une exposition cybernétique persistante, ces limitations ont pris une importance stratégique.

Deuxièmement, l'intégration des technologies 5G dans les environnements militaires a introduit des capacités transformatrices. Le haut débit mobile amélioré a permis la diffusion de vidéos en haute définition et la fusion de capteurs en temps quasi réel. Des communications ultra-fiables à faible latence ont permis la coordination de véhicules aériens et terrestres sans pilote. Une connectivité massive de type machine a facilité le déploiement de capteurs distribués et d'infrastructures de bases intelligentes. La virtualisation et le découpage du réseau ont permis une segmentation critique pour la mission et une gestion priorisée du trafic. Cependant, l'ouvrage a également démontré que ces avantages s'accompagnent de défis structurels. Les plans de contrôle virtualisés augmentent la surface d'attaque potentielle. La convergence des infrastructures civiles et militaires introduit des domaines de vulnérabilité partagés. La nature dynamique de l'architecture définie par logiciel nécessite des modèles avancés de gouvernance et de sécurité.

Troisièmement, les facteurs opérationnels poussant vers la 6G ne sont pas des aspirations, mais des nécessités. Les nouveaux besoins militaires exigent une fiabilité extrême, une latence déterministe, une allocation adaptative du spectre, des capacités de détection intégrées et des cadres de chiffrement résistants à la cryptographie quantique. L'accélération des cycles de décision, en particulier au sein des structures de commandement et de contrôle assistées par l'IA, nécessite des systèmes de communication capables de maintenir une réactivité de l'ordre de la microseconde. La

densification des appareils et des capteurs nécessite une efficacité spectrale avancée et une orchestration intelligente des ressources. Les capacités de guerre électronique adverses exigent des mécanismes de défense adaptatifs et cognitifs intégrés au sein même de l'architecture de communication.

L'analyse des concepts fondamentaux de la 6G a montré que l'intelligence artificielle deviendra un principe architectural plutôt qu'une simple couche d'optimisation. Les réseaux natifs de l'IA promettent l'auto-configuration, la maintenance prédictive, la détection des anomalies et la gestion dynamique de la topologie et de la gestion. L'intégration de la détection et des communications estompe la distinction entre connectivité et connaissance de l'environnement. Les communications térahertz élargissent les horizons en matière de bande passante, mais posent des défis de propagation qui nécessitent des techniques avancées de formation de faisceaux et de modélisation de l'environnement. L'intégration espace-air-sol offre une redondance et une continuité opérationnelle, mais exige une orchestration harmonisée entre des domaines de latence hétérogènes.

Les considérations de sécurité constituent l'un des thèmes les plus déterminants de cet ouvrage. La maturation attendue de l'informatique quantique introduit un risque cryptographique à long terme, rendant impérative l'adoption proactive d'algorithmes post-quantiques. Des cadres « zero-trust » et des mécanismes d'authentification distribués doivent être intégrés dans les fondements architecturaux. La résistance cognitive à la guerre électronique et les systèmes de détection d'intrusion pilotés par l'IA doivent anticiper la manipulation hostile plutôt que de se contenter de réagir aux événements d'intrusion. L'ouvrage souligne que la sécurité doit être intrinsèque, et non accessoire, à la conception des communications de nouvelle génération.

L'interopérabilité et la normalisation se sont révélées être des impératifs stratégiques. Les opérations de coalition nécessitent des normes de communication harmonisées et des mécanismes d'échange interdomaines sécurisés. La divergence des cadres réglementaires et des écosystèmes technologiques risque d'entraîner une fragmentation. La transition 5G-6G doit donc s'aligner sur les structures des alliances et les efforts de gouvernance multinationaux. La coexistence des spectres civils et militaires et le partage des infrastructures introduisent une complexité supplémentaire qui doit être gérée par une collaboration réglementaire structurée.

L'importance stratégique de la transition 5G-6G dépasse la simple modernisation technique. Les réseaux de communication déterminent désormais le rythme opérationnel, la répartition des pouvoirs de commandement et la domination de l'information. La capacité à maintenir une connectivité sécurisée et continue influence directement la crédibilité de la dissuasion et la stabilité face à l'escalade. Dans des environnements contestés, la résilience des communications détermine si une action coordonnée peut être maintenue en cas de perturbation. À mesure que la guerre devient de plus en plus axée sur les données, la supériorité de l'information devient synonyme de supériorité opérationnelle.

De plus, la convergence des écosystèmes technologiques civils et militaires a de profondes implications géopolitiques. La dépendance vis-à-vis des chaînes d'approvisionnement mondialisées soulève des questions de souveraineté. La fragmentation des normes technologiques pourrait redéfinir la cohésion des alliances. Le partage des infrastructures complique la planification de la résilience et la dynamique d'escalade. L'importance stratégique des systèmes de communication de nouvelle génération réside donc non seulement dans leurs performances sur le champ de bataille, mais aussi dans la stabilité nationale et internationale.

La feuille de route vers le déploiement opérationnel de la 6G nécessite une progression rigoureuse passant par la validation de la recherche, l'expérimentation pilote, l'harmonisation de l'interopérabilité, la mise à l'échelle industrielle, le développement des compétences et la maturation de la gouvernance. Les bancs d'essai expérimentaux, les jumeaux numériques et l'intégration d'infrastructures hybrides sont essentiels pour tester la résistance des architectures natives de l'IA dans des conditions adverses réalistes. L' de collaboration entre le monde universitaire et l'industrie de la défense accélère l'innovation tout en garantissant la faisabilité opérationnelle.

La vision stratégique à long terme exposée tout au long de cet ouvrage souligne que les communications doivent rester efficaces dans toutes les conditions opérationnelles, y compris les environnements météorologiques extrêmes, la congestion du spectre, les cyberintrusions et la dégradation des infrastructures physiques. Le contrôle adaptatif des formes d'onde, la redondance multidomaine distribuée, le chiffrement résilient face à l'informatique quantique et l'orchestration pilotée par l'IA ne sont pas des améliorations facultatives, mais des nécessités structurelles pour les futurs écosystèmes de communication militaire.

Dans ce cadre stratégique plus large, l'approche axée sur l'intégration proposée par Rexhep Mustafovski met l'accent sur la convergence structurée de l'intelligence artificielle, de l'authentification basée sur la blockchain, de la sécurité cryptographique post-quantique, de la gestion adaptative du spectre et de la connectivité multidomaine afin de garantir des communications résilientes et opportunes dans toutes les conditions opérationnelles et environnementales. Cette perspective d'intégration s'aligne sur les tendances mondiales émergentes en matière de recherche tout en offrant des voies pratiques vers une mise en œuvre sécurisée et souveraine.

Les conclusions sur l'avenir des communications militaires doivent reconnaître que l'accélération technologique à elle seule ne garantit pas un avantage stratégique. L'innovation sans gouvernance introduit de la fragilité. L'automatisation sans supervision risque d'entraîner une perte de responsabilité. La connectivité sans résilience invite à la vulnérabilité systémique. Par conséquent, l'avenir des communications militaires doit être guidé par les principes de souveraineté, d'interopérabilité, de responsabilité éthique et de résilience structurelle.

L'intelligence artificielle continuera à étendre son rôle dans la gestion des réseaux et l'aide à la décision. Cependant, l'autorité humaine et la clarté doctrinale doivent rester au centre. Les cadres de sécurité post-quantiques doivent passer de la recherche

théorique au déploiement opérationnel avant que des percées adverses ne se produisent. La détection intégrée doit être régie pour prévenir les interprétations erronées et l'escalade. Les architectures espace-air-sol doivent trouver un équilibre entre redondance et gestion de la complexité.

L'intégration d'énergies durables et la résilience environnementale doivent également façonner la planification des infrastructures. Les systèmes de communication déployés dans des conditions isolées ou difficiles nécessitent des conceptions écoénergétiques et une gestion adaptative de l'alimentation. La résilience météorologique, y compris le fonctionnement en cas de conditions météorologiques extrêmes ou de perturbations atmosphériques, doit être intégrée dans les paramètres de conception des formes d'onde et du matériel.

L'éducation et le développement du capital humain constituent les piliers fondamentaux d'un succès à long terme. Les ingénieurs, les spécialistes de la cybersécurité et les commandants opérationnels doivent comprendre la transformation structurelle qui s'opère au sein des écosystèmes de communication. Une formation continue et une collaboration interdisciplinaire garantissent que les capacités institutionnelles évoluent au rythme des progrès technologiques.

En conclusion, la transition de la 5G à la 6G dans les communications militaires représente l'une des transformations technologiques les plus lourdes de conséquences dans l'environnement de sécurité contemporain. Elle remodèle les structures de commandement, accélère les cycles décisionnels et redéfinit la domination de l'information. Elle introduit de nouvelles vulnérabilités tout en offrant des capacités opérationnelles sans précédent. Le défi stratégique réside dans l'intégration de technologies de pointe au sein d'architectures cohérentes, résilientes et régies par des principes éthiques.

Les futurs systèmes de communication militaire doivent être intelligents mais contrôlables, adaptatifs mais sécurisés, interopérables mais souverains. Grâce à une intégration structurée, à une expérimentation rigoureuse et à une prospective stratégique, la transition vers la 6G peut renforcer la résilience opérationnelle et maintenir une stabilité stratégique à long terme. L'évolution examinée dans cet ouvrage n'est pas la fin de la modernisation, mais le fondement d'une nouvelle doctrine de communication pour les décennies à venir.

## Références

1. Mustafovski, Rexhep., *Military Communications Doctrine – A Systematic Guide to Command, Control, and Communications in Modern Armed Forces*, LAP LAMBERT Academic Publishing, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-23709-6.
2. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et orientations futures*, 1re édition, LAP LAMBERT Academic Publishing, Riga, Lettonie, 2025, ISBN 978-620-9-27053-6.
3. Mustafovski, Rexhep., *Doctrine militaire des communications – Guide systématique du commandement, du contrôle et des communications dans les forces armées modernes*, Ediciones Nuestro Conocimiento, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-52219-2.
4. Mustafovski, Rexhep., *Doctrine des communications militaires – Un guide systématique du commandement, du contrôle et des communications dans les forces armées modernes*, Éditions Notre Savoir, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-52475-2.
5. Mustafovski, Rexhep., *Doktryna komunikacji wojskowej – Systematyczny przewodnik po dowodzeniu, kontroli i komunikacji we współczesnych siłach zbrojnych*, Wydawnictwo Nasza Wiedza, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-52987-0.
6. Mustafovski, Rexhep., *Dottrina delle comunicazioni militari – Guida sistematica al comando, al controllo e alle comunicazioni nelle forze armate moderne*, Edizioni Sapienza, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-52731-9.
7. Mustafovski, Rexhep., *Doctrine des communications militaires – Guide systématique du commandement, du contrôle et des communications dans les forces armées modernes*, Éditions Notre Savoir, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-53243-6.
8. Mustafovski, Rexhep., *Militärische Kommunikationsdoktrin – Ein systematischer Leitfaden für Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-51963-5.
9. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Principes, technologies et perspectives d'avenir*, Éditions Nasza Wiedza, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-57812-0.
10. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et perspectives*

- d'avenir*, Éditions Notre Savoir, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-56532-8.
11. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et perspectives d'avenir*, Éditions Notre Connaissance, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-56788-9.
  12. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et orientations futures*, Éditions Notre Connaissance, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-58836-5.
  13. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et orientations futures*, Éditions Sapienza, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-57556-3.
  14. Mustafovski, Rexhep., *Systèmes de communication sécurisés pour les opérations militaires modernes – Fondements, technologies et orientations futures*, Éditions Notre Savoir, Riga, Lettonie, 2026, ISBN 978-620-9-57044-5.
  15. Mustafovski, Rexhep., « Caractéristiques tactico-techniques et organisation d'une station de communication avec le véhicule de commandement « Chevrolet Tahoe » », *STIT*, 196 (2), 2026, pp. 28–29, ISSN 1857-6710.
  16. Mustafovski, Rexhep., « Simulations pour la formation logistique dans les opérations militaires », *STIT*, 195 (1), 2026, pp. 32–34, ISSN 1857-6710.
  17. Mustafovski, Rexhep. et Petrovski, Aleksandar., « État de l'art des systèmes mondiaux de navigation par satellite : étude comparative du GPS, du GLONASS et de Galileo », *Contemporary Macedonian Defence*, 25 (49), 2025, pp. 119–132, ISSN 1409-8199.
  18. Mustafovski, Rexhep., « Cadre architectural d'une plateforme de communication pour drones centrée sur la mission », *Automation of Technological and Business Processes*, 17 (3), 2025, pp. 44–58, ISSN 2312-3125 (version imprimée), 2312-931X (version en ligne).
  19. Mustafovski, Rexhep., « Modèle intégré pour un réseau de communication classifié avec accès VPN destiné aux opérations militaires modernes », *STIT*, 194 (12), 2025, pp. 34–36, ISSN 1857-6710.
  20. Mustafovski, Rexhep., « Modern Information and Communication Technology Platforms: Advancing SecuDroneComm Management », *Management Science Advances*, en ligne (1), 2025, pp. 1–10, ISSN 3042-2205.
  21. Mustafovski, Rexhep., « Modèle conceptuel avancé intégré pour les communications militaires », *STIT*, 193 (11), 2025, pp. 34–35, ISSN 1857-6710.

22. Mustafovski, Rexhep., « Wi-OPS : plateforme intégrée pour le suivi militaire », *STIT*, 192 (10), 2025, pp. 34–35, ISSN 1857-6710.
23. Mustafovski, Rexhep., « PoWiFi : efficacité des capteurs grâce à l'alimentation sans fil », *STIT*, 191 (9), 2025, pp. 34–35, ISSN 1857-6710.
24. Mustafovski, Rexhep., « Voir à travers les murs : application des signaux Wi-Fi et de l'intelligence artificielle pour détecter des personnes dans des espaces cachés », *STIT*, 190 (8), 2025, pp. 36–37, ISSN 1857-6710.
25. Mustafovski, Rexhep., « Appareil radio « 9661 HF » – Un système de communication moderne pour les missions militaires tactiques et opérationnelles », *STIT*, 189 (7), 2025, pp. 34–35, ISSN 1857-6710.
26. Mustafovski, Rexhep., « “Inmarsat” – La communication par satellite dans les unités tactiques et opérationnelles », *STIT*, 188 (6), 2025, pp. 20–21, ISSN 1857-6710.
27. Mustafovski, Rexhep., « L'avenir des communications militaires », *STIT*, 187 (5), 2025, pp. 22–23, ISSN 1857-6710.
28. Mustafovski, Rexhep., « Guerre électronique et brouilleurs de fréquences radio – Technologies clés pour les opérations militaires modernes », *STIT*, 186 (4), 2025, pp. 24–25, ISSN 1857-6710.
29. Mustafovski, Rexhep., « Modélisation de systèmes de détection de véhicules aériens sans pilote », *STIT*, 185 (3), 2025, pp. 26–27, ISSN 1857-6710.
30. Mustafovski, Rexhep., « Utilisation de l'appareil radio « RF-7800V-HH » dans les unités tactiques », *STIT*, 184 (2), 2025, pp. 44–45, ISSN 1857-6710.
31. Mustafovski, Rexhep., « Téléphone VoIP crypté « Aselsan 2121 » – Progrès technologique pour des communications sécurisées, tactiques et stratégiques », *STIT*, 183 (1), 2025, pp. 44–45, ISSN 1857-6710.
32. Mustafovski, Rexhep., « Téléphone de campagne militaire multifonctionnel “Aselsan 6200” doté de capacités avancées », *STIT*, 182 (12), 2024, p. 45, ISSN 1857-6710.
33. Mustafovski, Rexhep., « Système mobile de guerre électronique par radar « KORAL II » », *STIT*, 180 (10), 2024, pp. 44–46, ISSN 1857-6710.
34. Mustafovski, Rexhep et Petrovski, Aleksandar., « Module de localisation de cibles par vision artificielle basé sur l'angle pour une surveillance militaire améliorée », *Scientific Technical Review*, 74 (2), 2024, pp. 32–37, ISSN 2683-5770.
35. Mustafovski, Rexhep, Petrovski, Aleksandar, Radovanović, Marko et Jokić, Željko., « Plates-formes modulaires intelligentes pour la prochaine génération d'entraînement au tir », *Scientific Technical Review*, 75 (1), 2025, pp. 41–51, ISSN 2683-5770.

36. Mustafovski, Rexhep., « Évaluation de l'impact opérationnel de SecuDroneComm : évaluation par simulation des communications sécurisées des drones dans les environnements militaires », *Scientific Technical Review*, 75 (1), 2025, pp. 11–18, ISSN 2683-5770.
37. Mustafovski, Rexhep et Petrovski, Aleksandar., « Intégration des technologies quantiques dans les systèmes militaires mobiles et les cadres TOC », *Revue de l'Académie des forces terrestres et de l'* , 30 (3), 2025, pp. 466–478, ISSN 3100-5063 (version imprimée), 3100-5071 (version en ligne).
38. Mustafovski, Rexhep., « Comparaison des technologies de pointe en matière de capteurs dans l'Industrie 4.0, l'Industrie 5.0 et les technologies de surveillance à faible coût », *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, en ligne, 2025, p. 1-14, ISSN 3009-3309.
39. Mustafovski, Rexhep., « Simulation de la sécurité et de la vitesse : évaluation comparative de la plateforme MobileSecureComm par rapport aux systèmes de communication tactiques traditionnels », *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, 3 (1), 2025, pp. 147–157, ISSN 3009-3309.
40. Mustafovski, Rexhep., « L'utilisation des plateformes de communication dans les opérations militaires : améliorer l'efficacité stratégique et tactique », *Database Systems Journal*, 16 (1), 2025, pp. 1–10, ISSN 2069-3230.
41. Mustafovski, Rexhep., « Comparaison de pointe entre MobileSecureComm et les plateformes de communication sécurisées modernes pour les opérations tactiques », *Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 8 (1), 2025, pp. 87–98, ISSN 2545-4803.
42. Mustafovski, Rexhep., « Intégration de la vision par ordinateur à l'algorithme YOLOv8 pour le PID : une analyse de l'état de l'art », *Contemporary Macedonian Defence*, 48 (1), 2025, pp. 83–94, ISSN 1409-8199.
43. Mustafovski, Rexhep, Petrovski, Aleksandar et Radovanović, Marko., « Le changement climatique et son impact sur la zone d'entraînement militaire de Krivolak au XXIe siècle : défis, adaptation et rôle des technologies militaires intelligentes », *Serbian Journal of Engineering Management*, 10 (2), 2025, pp. 12–18, ISSN 3042-0474.
44. Mustafovski, Rexhep., « Faire progresser SecuDroneComm : une analyse comparative de l'état de l'art avec les plateformes TIC modernes pour une communication sécurisée », *Serbian Journal of Engineering Management*, 10 (2), 2025, pp. 61–70, ISSN 2466-4693.
45. Mustafovski, Rexhep., « Cadre architectural basé sur des formules de la plateforme SecuDroneComm pour les communications des véhicules aériens sans pilote », *Management Science Advances*, 2 (1), 2025, pp. 288–303, ISSN 3042-2205.

46. Mustafovski, Rexhep., « Système de commandement d'assistance et d'intervention précoces en cas de menaces biologiques (BEAR-CS) », *Automation of Technological and Business Processes*, 17 (1), 2025, ISSN 2312-3125 (version imprimée), 2312-931X (version en ligne).
47. Mustafovski, Rexhep., « Carte de développement numérique pour la détection d'objets à courte portée avec technique de dissimulation stéganographique des données », *Journal of Electrical Engineering and Information Technologies*, 9 (1), 2024, pp. 63–70, ISSN 2545-4269.
48. Mustafovski, Rexhep., Petrovski, Aleksandar., et Radovanović, Radovanović., « Système intelligent de gestion des déchets (IWMS) : tri basé sur l'apprentissage profond avec intégration de capteurs de remplissage des conteneurs », dans *Environmental Protection and Disaster Risks (EnviroRisks 2024)*, 1re édition, Springer, Cham, Suisse, 2024, pp. 188–193, ISBN 978-3-031-74707-6.
49. Glavinov, Aleksandar., Doneva, Blagica., et Mustafovski, Rexhep., « Application de l'intelligence artificielle aux infrastructures routières », dans *Troisième congrès macédonien sur les routes*, 6–7 novembre 2025, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2025.
50. Glavinov, Aleksandar., Sofronievska, Maja., et Mustafovski, Rexhep., « Routes intelligentes pour les interventions d'urgence et le sauvetage », dans *Troisième congrès macédonien sur les routes*, 6-7 novembre 2025, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2025.
51. Mustafovski, Rexhep., Rišteski, Aleksandar., et Shuminoski, Tomislav., « Progrès en matière de capteurs numériques industriels (versions 3.0 à 4.0) et de systèmes radar pour la détection d'objets : une revue de l'état de l'art », dans *la troisième conférence internationale ETIMA 2025*, 24-25 septembre 2025, Štip, République de Macédoine du Nord, 2025.
52. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., et Shuminoski, Tomislav., « Défis et solutions pour améliorer les performances de communication entre les drones et le centre de commandement (TOC) dans les opérations militaires et de crise », dans *la troisième conférence internationale ETIMA 2025*, 24-25 septembre 2025, Štip, République de Macédoine du Nord, 2025.
53. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., et Shuminoski, Tomislav., « Conception d'un cadre de communication sécurisé pour les opérations entre drones et centres de commandement (UAV-TOC) dans des environnements militaires et d'urgence », dans *la troisième conférence internationale ETIMA 2025*, 24-25 septembre 2025, Štip, République de Macédoine du Nord, 2025.
54. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., et Shuminoski, Tomislav., « Analyse des performances par simulation d'un cadre de communication sécurisé entre les drones et le centre de commandement (TOC) dans les

- opérations militaires et d'urgence », dans *la troisième conférence internationale ETIMA 2025*, 24-25 septembre 2025, Štip, République de Macédoine du Nord, 2025.
55. Petrovski, Aleksandar., Mijalkovski, Stojance., et Mustafovski, Rexhep., « Application de biocapteurs avec localisateurs GPS pour la surveillance de la santé des mineurs dans les mines souterraines : un cadre complet pour une sécurité et une efficacité opérationnelle accrues », dans *XVIe consultation professionnelle avec participation internationale : Technologie d'exploitation souterraine et de surface des ressources minérales (Podex–Povex '25)*, 3-5 octobre 2025, Ohrid, République de Macédoine du Nord, 2025.
56. Mustafovski, Rexhep, Risteski, Aleksandar et Shuminoski, Tomislav, « MobileSecureComm : une plateforme de communication tactique de nouvelle génération pour les opérations terrestres, maritimes et aériennes », dans *la 32e Conférence internationale IEEE sur les systèmes, les signaux et le traitement d'images (IWSSIP 2025)*, 24-26 juin 2025, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2025.
57. Mustafovski, Rexhep., Petrovski, Aleksandar., Radovanović, Marko., et Jokić, Željko., « Application des plateformes modulaires au sol dans la modernisation des stands de tir – Supports de cibles intelligents », dans *la 16e Conférence internationale DQM sur l'ingénierie et la gestion du cycle de vie (ICDQM 2025)*, 26-27 juin 2025, Prijevor, République de Serbie, 2025.
58. Mustafovski, Rexhep., « Les vulnérabilités et les défis en matière de sécurité des technologies IoT », dans *la Conférence étudiante sur l'efficacité énergétique et le développement durable (SCEESD)*, 29 octobre – 1er novembre 2024, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2025.
59. Mustafovski, Rexhep., « L'importance de l'utilisation des appareils intelligents », dans *la Conférence étudiante sur l'efficacité énergétique et le développement durable*, 26-29 octobre 2022, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2023.
60. Mustafovski, Rexhep., « Système intégré de contrôle et de surveillance (ICMS) utilisant des cartes électroniques numériques pour la surveillance et la détection d'objets à courte distance », dans *la Conférence internationale ACCHE – Conférence annuelle sur les défis de l'enseignement supérieur contemporain*, 3–7 février 2025, Kopaonik, République de Serbie, 2025.
61. Mustafovski, Rexhep., « Comparaison des technologies de pointe de la plateforme SecuDroneComm avec les systèmes de communication sécurisés existants pour drones », dans *la Conférence internationale ACCHE – Conférence annuelle sur les défis de l'enseignement supérieur contemporain*, 3–7 février 2025, Kopaonik, République de Serbie, 2025.

62. Mustafovski, Rexhep., « Recherche et analyse de pointe sur les réflecteurs radar actifs et passifs et les systèmes radar à ultrasons », dans *la Conférence internationale ACCHE – Conférence annuelle sur les défis de l'enseignement supérieur contemporain*, 3–7 février 2025, Kopaonik, République de Serbie, 2025.
63. Mustafovski, Rexhep., et Petrovski, Aleksandar., « Analyse de l'utilisation des systèmes modernes de guidage de tir et de leur mise en œuvre dans les unités d'infanterie », dans *la 11e Conférence scientifique internationale sur les technologies défensives (OTEX 2024)*, 9–11 novembre 2024, Tara, République de Serbie, 2024.
64. Mustafovski, Rexhep., « Aspects éthiques de la construction d'un système radar de détection d'objets à courte portée avec Arduino Mega 2560 », dans *la XVIe Conférence internationale ETAI 2024*, 21–23 septembre 2024, Struga, République de Macédoine du Nord, 2024.
65. Mustafovski, Rexhep., « L'utilisation d'une carte de développement numérique pour la conception d'un système de radar à ultrasons pour la détection à courte distance dans une configuration à 360 degrés », dans *XVIe Conférence internationale ETAI 2024*, 21-23 septembre 2024, Struga, République de Macédoine du Nord, 2024.
66. Mustafovski, Rexhep., « Assurer la sécurité de l'information à l'ère numérique », dans *la deuxième conférence internationale ETIMA 2023*, 27-29 septembre 2023, Štip, République de Macédoine du Nord, 2024.
67. Mustafovski, Rexhep., Achkoski, Jugoslav., et Petrovski, Aleksandar., « Influence accrue des réseaux sociaux dans les interactions sociales quotidiennes pendant la pandémie », dans *CMiGIN 2022 : 2e Conférence internationale sur la gestion des conflits dans les réseaux d'information mondiaux*, 30 novembre 2022, Kiev, Ukraine, 2022.
68. Mustafovski, Rexhep., « Stratégies d'apprentissage et conscience métacognitive », dans *2e Conférence scientifique internationale MILCON'19 : Académie militaire « Gén. Mihailo Apostolski »*, 12 novembre 2019, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2019.
69. Mustafovski, Rexhep., « Environnement d'apprentissage numérique de nouvelle génération (NGDLE) », dans *la 2e Conférence scientifique internationale MILCON'19 : Académie militaire « Gén. Mihailo Apostolski »*, 12 novembre 2019, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2019.
70. Mustafovski, Rexhep., « Utilisation de l'analyse des besoins en formation pour l'amélioration des compétences de formation des cadets », dans *la 2e Conférence scientifique internationale MILCON'19 : Académie militaire « Gén. Mihailo Apostolski »*, 12 novembre 2019, Skopje, République de Macédoine du Nord, 2019.

71. Dang, S., Amin, O., Shihada, B., et Alouini, M.S., « Que devrait être la 6G ? », *Nature Electronics*, 3, 2020, pp. 20–29.
72. David, K., et Berndt, H., « 6G Vision and Requirements: Is There Any Need for Beyond 5G? », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 13, 2018, pp. 72–80.
73. Yastrebova, A., Kirichek, R., Koucheryavy, Y., Borodin, A., et Koucheryavy, A., « Future Networks 2030: Architecture & Requirements », dans *10e Congrès international sur les systèmes de télécommunications et de contrôle ultramodernes et ateliers (ICUMT) 2018*, Moscou, Russie, 5–9 novembre 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 1–8.
74. Andrews, J.G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S.V., Lozano, A., Soong, A.C. et Zhang, J.C., « What Will 5G Be? », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32, 2014, p. 1065-1082.
75. Patzold, M., « 5G Is Coming Around the Corner », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, pp. 4–10.
76. Rommel, S., Raddo, T.R., et Monroy, I.T., « Data Center Connectivity by 6G Wireless Systems », dans *Photonics in Switching and Computing (PSC)*, Limassol, Chypre, 19–21 septembre 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 1–3.
77. Kabir, H.D., Khosravi, A., Mondal, S.K., Rahman, M., Nahavandi, S., et Buyya, R., « Décisions tenant compte de l'incertitude dans le cloud computing : fondements et orientations futures », *ACM Computing Surveys*, 54, 2021, pp. 1–30.
78. Mondal, S.K., Wu, X., Kabir, H.M.D., Dai, H.N., Ni, K., Yuan, H., et Wang, T., « Vers une prévision optimale de la charge et un schéma d'autoscaling personnalisable pour Kubernetes », *Mathematics*, 11, 2023, 2675.
79. Fang, C., Yao, H., Wang, Z., Wu, W., Jin, X., et Yu, F.R., « A Survey of Mobile Information-Centric Networking: Research Issues and Challenges », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, pp. 2353–2371.
80. Tataria, H., Shafi, M., Molisch, A.F., Dohler, M., Sjöland, H., et Tufvesson, F., « 6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities », *Proceedings of the IEEE*, 109, 2021, pp. 1166–1199.
81. Kabir, H.D., Abdar, M., Khosravi, A., Jalali, S.M.J., Atiya, A.F., Nahavandi, S., et Srinivasan, D., « SpinalNet : réseau neuronal profond à entrée progressive », *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4, 2022, pp. 1165–1177.
82. Kabir, H.D., Khanam, S., Khozeimeh, F., Khosravi, A., Mondal, S.K., Nahavandi, S., et Acharya, U.R., « Aleatory-Aware Deep Uncertainty Quantification for Transfer Learning », *Computers in Biology and Medicine*, 143, 2022, 105246.

83. Cashmore, M., Collins, A., Krarup, B., Krivic, S., Magazzeni, D., et Smith, D., « Towards Explainable AI Planning as a Service », arXiv, 2019, arXiv:1908.05059.
84. Kabir, H., « Réduction de l'incertitude d'activation des classes grâce à des informations contextuelles », arXiv, 2023, arXiv:2305.03238.
85. Chen, L., Chen, L., Jordan, S., Liu, Y.K., Moody, D., Peralta, R., Perlner, R.A., et Smith-Tone, D., *Rapport sur la cryptographie post-quantique*, Département américain du Commerce, Institut national des normes et des technologies, Washington, DC, États-Unis, 2016.
86. Van Huynh, N., Hoang, D.T., Lu, X., Niyato, D., Wang, P., et Kim, D.I., « Ambient Backscatter Communications: A Contemporary Survey », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, pp. 2889–2922.
87. Kabir, H.D., Mondal, S.K., Alam, S.B., et Acharya, U.R., « Transfer Learning with Spinally Shared Layers », *Applied Soft Computing*, 163, 2024, 111908.
88. Kabir, H.D., Mondal, S.K., Khanam, S., Khosravi, A., Rahman, S., Qazani, M.R.C., Alizadehsani, R., Asadi, H., Mohamed, S., et Nahavandi, S., « Réseaux neuronaux tenant compte de l'incertitude à partir de la similarité et de la sensibilité », *Applied Soft Computing*, 149, 2023, 111027.
89. Mao, Q., Hu, F. et Hao, Q., « Deep Learning for Intelligent Wireless Networks: A Comprehensive Survey », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, pp. 2595–2621.
90. Elayan, H., Amin, O., Shihada, B., Shubair, R.M., et Alouini, M.S., « Bande térahertz : la dernière pièce du puzzle du spectre RF pour les systèmes de communication », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2019, pp. 1–32.
91. UIT-R, *Exigences minimales relatives aux performances techniques des interfaces radio IMT-2020*, Rapport 2410-2017, 2017.
92. Boulogeorgos, A.A.A., Alexiou, A., Merkle, T., Schubert, C., Elschner, R., Katsiotis, A., Stavrianos, P., Kritharidis, D., Chartsias, P.K., et Kokkonimi, J., « Technologies térahertz pour offrir une qualité d'expérience de réseau optique dans les systèmes sans fil au-delà de la 5G », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 144–151.
93. Wang, C.X., You, X., Gao, X., Zhu, X., Li, Z., Zhang, C., Wang, H., Huang, Y., Chen, Y., et Haas, H., « On the Road to 6G: Visions, Requirements, Key Technologies and Testbeds », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25, 2023, pp. 905–974.
94. Jiang, W., Han, B., Habibi, M.A., et Schotten, H.D., « The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, 2021, pp. 334–366.

95. Nasrallah, A., Thyagaturu, A.S., Alharbi, Z., Wang, C., Shao, X., Reisslein, M., et ElBakoury, H., « Ultra-Low Latency Networks: The IEEE TSN and IETF DetNet Standards and Related 5G ULL Research », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2018, pp. 88–145.
96. Zhong, M., Yang, Y., Yao, H., Fu, X., Dobre, O.A., et Postolache, O., « 5G et IoT : vers une nouvelle ère des communications et des mesures », *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 22, 2019, pp. 18–26.
97. Barneto, C.B., Turunen, M., Liyanaarachchi, S.D., Anttila, L., Brihuega, A., Riihonen, T., et Valkama, M., « Détection radio haute précision dans les réseaux 5G New Radio : perspectives et défi de l’auto-interférence », dans *53e conférence Asilomar 2019 sur les signaux, les systèmes et les ordinateurs*, Pacific Grove, Californie, États-Unis, 3–6 novembre 2019, IEEE, Piscataway, New Jersey, États-Unis, 2019, pp. 1159–1163.
98. 6G Flagship., *Facteurs clés et défis de recherche pour l’intelligence sans fil omniprésente de la 6G*, Livre blanc, 2019.
99. NTT Docomo Inc., *Évolution de la 5G et 6G*, Livre blanc, 2020.
100. Gui, G., Liu, M., Tang, F., Kato, N. et Adachi, F., « 6G : Ouvrir de nouveaux horizons pour l’intégration du confort, de la sécurité et de l’intelligence », *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, pp. 126–132.
101. You, X., Wang, C.X., Huang, J., Gao, X., Zhang, Z., Wang, M., Huang, Y., Zhang, C., Jiang, Y., et Wang, J., « Vers les réseaux de communication sans fil 6G : vision, technologies habilitantes et nouveaux changements de paradigme », *Science China Information Sciences*, 64, 2021, pp. 1–74.
102. Bhat, J.R., et Alqahtani, S.A., « Écosystème 6G : état actuel et perspectives d’avenir », *IEEE Access*, 9, 2021, pp. 43134–43167.
103. Alablani, I.A., et Arafah, M.A., « Un schéma de sélection de cellules adaptatif pour les réseaux 5G hétérogènes ultra-denses », *IEEE Access*, 9, 2021, pp. 64224–64240.
104. Sun, W., Wang, L., Liu, J., Kato, N., et Zhang, Y., « Transfert CoMP tenant compte des mouvements dans les réseaux hétérogènes ultra-denses », *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2020, pp. 340–352.
105. Sharma, S.K., et Wang, X., « Vers des communications de type machine massives dans les réseaux IoT cellulaires ultra-denses : enjeux actuels et solutions assistées par l’apprentissage automatique », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2019, pp. 426–471.
106. Wu, W., « Étude sur le développement du réseau d’information spatial-terrestre intégré », *Space-Integrated-Ground Information Network*, 1, 2020, pp. 1–16.

107. Akyildiz, I.F., Kak, A., et Nie, S., « 6G et au-delà : l'avenir des systèmes de communications sans fil », *IEEE Access*, 8, 2020, pp. 133995–134030.
108. Samsung Research., *6G : la prochaine expérience hyperconnectée pour tous*, Samsung, Suwon-si, République de Corée, 2020.
109. Lu, Y., et Zheng, X., « 6G : A Survey on Technologies, Scenarios, Challenges, and Related Issues », *Journal of Industrial Information Integration*, 19, 2020, 100158.
110. Wang, C., Yu, H., Li, X., Ma, F., Wang, X., Taleb, T., et Leung, V.C., « Déploiement de microservices tenant compte des dépendances pour l'informatique en périphérie : une approche d'apprentissage par renforcement profond avec représentation du réseau », *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 23, 2024, pp. 14737–14753.
111. Wang, C., Jia, B., Yu, H., Chen, L., Cheng, K., et Wang, X., « Apprentissage fédéré assisté par l'attention pour l'allocation collaborative de tâches tenant compte des dépendances dans des scénarios de réseaux électriques intelligents assistés par la périphérie », dans *2022 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)*, Foshan, Chine, 11–13 août 2022, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2022, pp. 856–861.
112. Wang, X., Kong, L., Kong, F., Qiu, F., Xia, M., Arnon, S., et Chen, G., « Millimeter Wave Communication: A Comprehensive Survey », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, pp. 1616–1653.
113. Ippolito, L.J., « Radio Propagation for Space Communications Systems », *Proceedings of the IEEE*, 69, 1981, pp. 697–727.
114. Ajorloo, H., et Manzuri-Shalmani, M.T., « Modeling Beacon Period Length of the UWB and 60-GHz mmWave WPANs Based on ECMA-368 and ECMA-387 Standards », *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 12, 2012, pp. 1201–1213.
115. Nitsche, T., Cordeiro, C., Flores, A.B., Knightly, E.W., Perahia, E., et Widmer, J.C., « IEEE 802.11ad : communication directionnelle à 60 GHz pour le Wi-Fi multi-gigabits par seconde », *IEEE Communications Magazine*, 52, 2014, pp. 132–141.
116. Han, B., Wang, L. et Schotten, H.D., « A 3D Human Body Blockage Model for Outdoor Millimeter-Wave Cellular Communication », *Physical Communication*, 25, 2017, p. 502-510.
117. Al-Samman, A.M., Azmi, M.H., et Rahman, T.A., « Étude des communications par ondes millimétriques pour la 5G : Mesure des canaux en dessous et au-dessus de 6 GHz », dans *Recent Trends in Data Science and Soft Computing, Actes de la 3e Conférence internationale sur les technologies fiables de l'information et de la communication (IRICT 2018)*, Kuala Lumpur,

- Malaisie, 23–24 juin 2018, Springer, Berlin/Heidelberg, Allemagne, 2019, pp. 451–463.
118. Huq, K.M.S., Busari, S.A., Rodriguez, J., Frascolla, V., Bazzi, W. et Sicker, D.C., « Système sans fil utilisant les térahertz pour les réseaux ultra-rapides au-delà de la 5G : une brève étude », *IEEE Network*, 33, 2019, pp. 89–95.
  119. Rappaport, T.S., Xing, Y., Kanhere, O., Ju, S., Madanayake, A., Mandal, S., Alkhateeb, A., et Trichopoulos, G.C., « Communications sans fil et applications au-delà de 100 GHz : opportunités et défis pour la 6G et au-delà », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 78729–78757.
  120. Kabir, H.M.D., « A Frequency Multiplier Using Three Ambipolar Graphene Transistors », *Microelectronics Journal*, 70, 2017, pp. 12–15.
  121. Chen, Z., Ma, X., Zhang, B., Zhang, Y., Niu, Z., Kuang, N., Chen, W., Li, L. et Li, S., « A Survey on Terahertz Communications », *China Communications*, 16, 2019, pp. 1–35.
  122. Sareddeen, N.S.H., Al-Naffouri, T.Y., et Alouini, M.S., « Next Generation Terahertz Communications: A Rendezvous of Sensing, Imaging, and Localization », *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, pp. 69–75.
  123. Zhang, J., Zhu, M., Hua, B., Lei, M., Cai, Y., Zou, Y., Tian, L., Li, A., Huang, Y. et Yu, J., « Démonstration en temps réel 100 GbE orientée 6G d'une communication sans coupure fibre-THz-fibre d' », rendue possible par la photonique », dans *2022 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)*, San Diego, CA, États-Unis, 6–10 mars 2022, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2022, pp. 1–3.
  124. Bariah, L., Mohjazi, L., Muhaidat, S., Sofotasios, P.C., Kurt, G.K., Yanikomeroglu, H., et Dobre, O.A., « A Prospective Look: Key Enabling Technologies, Applications and Open Research Topics in 6G Networks », *IEEE Access*, 8, 2020, pp. 174792–174820.
  125. Giordani, M., Polese, M., Mezzavilla, M., Rangan, S., et Zorzi, M., « Vers les réseaux 6G : cas d'utilisation et technologies », *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, pp. 55–61.
  126. Tavakkolnia, I., Jagadamma, L.K., Bian, R., Manousiadis, P.P., Videv, S., Turnbull, G.A., Samuel, I.D., et Haas, H., « Photovoltaïque organique pour la récupération d'énergie et les communications optiques sans fil MIMO à haut débit », *Light: Science & Applications*, 10, 2021, p. 41.
  127. Xu, W., Zhang, J., Kim, J.Y., Huang, W., Kanhere, S.S., Jha, S.K., et Hu, W., « Conception, mise en œuvre et déploiement d'un système d'éclairage intelligent pour les bâtiments intelligents », *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2019, pp. 7266–7281.

128. Perera, A., Katz, M., Godaliyadda, R., Häkkinen, J. et Strömmer, E., « Internet des objets basé sur la lumière : mise en œuvre d'un nœud autonome en énergie connecté optiquement », dans *2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Nanjing, Chine, 29 mars–1er avril 2021, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2021, pp. 1–7.
129. Padhi, S., et Subramanyam, R., « Algorithmes basés sur le niveau d'incertitude par la gestion des énergies renouvelables pour les centres de données géo-distribués », *Cluster Computing*, 27, 2024, pp. 5337–5354.
130. He, X., Xie, E., Islam, M.S., Purwita, A.A., McKendry, J.J., Gu, E., Haas, H., et Dawson, M.D., « Communications en espace libre dans l'ultraviolet profond à 1 Gbps basées sur des micro-LED à nitrure III émettant à 262 nm », *Photonics Research*, 7, 2019, pp. B41–B47.
131. Soltani, M.D., Sarbazi, E., Bamiedakis, N., De Souza, P., Kazemi, H., Elmighani, J.M., White, I.H., Penty, R.V., Haas, H., et Safari, M., « Analyse de sécurité pour les communications optiques sans fil par laser : un tutoriel », *Proceedings of the IEEE*, 110, 2022, pp. 1045–1072.
132. Hamza, A.S., Deogun, J.S., et Alexander, D.R., « Cadre de classification pour les liaisons et systèmes de communication optique en espace libre », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2018, pp. 1346–1382.
133. Kazemi, H., Sarbazi, E., Soltani, M.D., Safari, M., et Haas, H., « Système de liaison optique sans fil en intérieur à 1 Tb/s utilisant des réseaux de VCSEL », dans *31e Symposium international annuel 2020 de l'IEEE sur les communications radio personnelles, en intérieur et mobiles ( , PIMRC)*, Londres, Royaume-Uni, 31 août-3 septembre 2020, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2020, pp. 1–6.
134. Yoshida, K., Manousiadis, P.P., Bian, R., Chen, Z., Murawski, C., Gather, M.C., Haas, H., Turnbull, G.A., et Samuel, I.D., « Diodes électroluminescentes organiques à bande passante de 245 MHz utilisées dans une liaison de données optique sans fil Gigabit », *Nature Communications*, 11, 2020, 1171.
135. Matthews, W., Ahmed, Z., Ali, W., et Collins, S., « Récepteur VLC OOK à base de SiPM de 3,45 gigabits/s », *IEEE Photonics Technology Letters*, 33, 2021, pp. 487–490.
136. Soltani, M.D., Purwita, A.A., Zeng, Z., Haas, H., et Safari, M., « Modélisation de l'orientation aléatoire des appareils mobiles : mesure, analyse et cas d'utilisation du LiFi », *IEEE Transactions on Communications*, 67, 2018, pp. 2157–2172.
137. Arfaoui, M.A., Soltani, M.D., Tavakkolnia, I., Ghayeb, A., Assi, C.M., Safari, M., et Haas, H., « Modèles de canal basés sur des mesures pour les systèmes LiFi en intérieur », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 20, 2020, pp. 827–842.

138. Yesilkaya, A., Bian, R., Tavakkolnia, I., et Haas, H., « Modulation spatiale optique basée sur l'OFDM », *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13, 2019, pp. 1433–1444.
139. Eroglu, Y.S., Anjinappa, C.K., Guvenc, I., et Pala, N., « Slow Beam Steering and NOMA for Indoor Multi-User Visible Light Communications », *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 20, 2019, pp. 1627–1641.
140. Su, N., Panayirci, E., Koca, M., Yesilkaya, A., Poor, H.V., et Haas, H., « Sécurité de la couche physique pour les systèmes de communication par lumière visible MIMO multi-utilisateurs avec modulation par décalage spatial généralisé », *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, pp. 2585–2598.
141. Chowdhury, M.Z., Hossan, M.T., Islam, A., et Jang, Y.M., « Étude comparative des technologies de communication optique sans fil : architectures et applications », *IEEE Access*, 6, 2018, pp. 9819–9840.
142. Al-Kinani, A., Wang, C.X., Zhou, L., et Zhang, W., « Mesures et modèles des canaux de communication sans fil optique », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, pp. 1939–1962.
143. Marcus, M., Burtle, J., Franca, B., Lahjouji, A., et McNeil, N., *Groupe de travail sur la politique du spectre de la Commission fédérale des communications : Rapport du groupe de travail sur les appareils sans licence et les licences expérimentales*, Commission fédérale des communications, Washington, DC, États-Unis, 2002.
144. Kliks, A., Kulacz, L., Kryszkiewicz, P., Bogucka, H., Dryjanski, M., Isaksson, M., Koudouridis, G.P., et Tengkvist, P., « Beyond 5G: Big Data Processing for Better Spectrum Utilization », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 15, 2020, pp. 40–50.
145. Liang, Y.C., Zhang, Q., Larsson, E.G., et Li, G.Y., « Symbiotic Radio: Cognitive Backscattering Communications for Future Wireless Networks », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 6, 2020, pp. 1242–1255.
146. Bhattarai, S., Park, J.M.J., Gao, B., Bian, K., et Lehr, W., « An Overview of Dynamic Spectrum Sharing: Ongoing Initiatives, Challenges, and a Roadmap for Future Research », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 2, 2016, pp. 110–128.
147. Wang, B., et Liu, K.R., « Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey », *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 5, 2010, pp. 5–23.
148. Mitola, J., « La radio cognitive pour des communications multimédias mobiles flexibles », dans *1999 IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC'99)*, San Diego, CA, États-Unis, 15–17 novembre 1999, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 1999, pp. 3–10.
149. Haykin, S., « Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 23, 2005, pp. 201–220.

150. Zhang, K., Leng, S., Peng, X., Pan, L., Maharjan, S. et Zhang, Y., « Artificial Intelligence Inspired Transmission Scheduling in Cognitive Vehicular Communications and Networks », *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2018, pp. 1987–1997.
151. Zhang, Q., Zhang, L., Liang, Y.C., et Kam, P.Y., « Backscatter-NOMA : un système symbiotique de réseaux cellulaires et d'Internet des objets », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 20000–20013.
152. Long, R., Liang, Y.C., Guo, H., Yang, G. et Zhang, R., « Symbiotic Radio : un nouveau paradigme de communication pour l'Internet des objets passif », *IEEE Internet of Things Journal*, 7, 2019, pp. 1350–1363.
153. Sharma, S.K., Bogale, T.E., Le, L.B., Chatzinotas, S., Wang, X., et Ottersten, B., « Dynamic Spectrum Sharing in 5G Wireless Networks with Full-Duplex Technology: Recent Advances and Research Challenges », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2017, pp. 674–707.
154. Naparstek, O., et Cohen, K., « Deep Multi-User Reinforcement Learning for Distributed Dynamic Spectrum Access », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, pp. 310–323.
155. Jacob, S., Menon, V.G., Joseph, S., Vinoj, P., Jolfaei, A., Lukose, J., et Raja, G., « Un nouveau schéma de partage du spectre utilisant la mémoire à court et long terme dynamique avec CP-OFDMA dans les réseaux 5G », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 6, 2020, pp. 926–934.
156. Hu, S., Liang, Y.C., Xiong, Z., et Niyato, D., « Blockchain et intelligence artificielle pour le partage dynamique des ressources dans la 6G et au-delà », *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, pp. 145–151.
157. Wei, Z., Yuan, W., Li, S., Yuan, J., Bharatula, G., Hadani, R. et Hanzo, L., « Orthogonal Time-Frequency Space Modulation: A Promising Next-Generation Waveform », *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, pp. 136–144.
158. Darwazeh, I., Ghannam, H., et Xu, T., « The First 15 Years of SEFDM: A Brief Survey », dans *2018 11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, Budapest, Hongrie, 18–20 juillet 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 1–7.
159. Li, D., « Overlapped Multiplexing Principle and an Improved Capacity on Additive White Gaussian Noise Channel », *IEEE Access*, 6, 2017, pp. 6840–6848.
160. Liu, F., Masouros, C., Petropulu, A.P., Griffiths, H., et Hanzo, L., « Conception conjointe de radars et de systèmes de communication : applications, état de l'art et perspectives », *IEEE Transactions on Communications*, 68, 2020, pp. 3834–3862.
161. Basar, E., Wen, M., Mesleh, R., Di Renzo, M., Xiao, Y., et Haas, H., « Index Modulation Techniques for Next-Generation Wireless Networks », *IEEE Access*, 5, 2017, pp. 16693–16746.

162. Costello, D.J., et Forney, G.D., « Channel Coding: The Road to Channel Capacity », *Proceedings of the IEEE*, 95, 2007, pp. 1150–1177.
163. Gallager, R., « Low-Density Parity-Check Codes », *IRE Transactions on Information Theory*, 8, 1962, pp. 21–28.
164. Berrou, C., Glavieux, A., et Thitimajshima, P., « Codage et décodage correcteurs d'erreurs proches de la limite de Shannon : les codes turbo », dans *ICC'93 IEEE International Conference on Communications*, Genève, Suisse, 23–26 mai 1993, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 1993, vol. 2, pp. 1064–1070.
165. Arikan, E., « Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels », *IEEE Transactions on Information Theory*, 55, 2009, pp. 3051–3073.
166. Shao, S., Hailes, P., Wang, T.Y., Wu, J.Y., Maunder, R.G., Al-Hashimi, B.M., et Hanzo, L., « Survey of Turbo, LDPC, and Polar Decoder ASIC Implementations », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2019, pp. 2309–2333.
167. Kschischang, F.R., Frey, B.J., et Loeliger, H.A., « Factor Graphs and the Sum-Product Algorithm », *IEEE Transactions on Information Theory*, 47, 2001, pp. 498–519.
168. Ren, Y., Kristensen, A.T., Shen, Y., Balatsoukas-Stimming, A., Zhang, C., et Burg, A., « A Sequence Repetition Node-Based Successive Cancellation List Decoder for 5G Polar Codes: Algorithm and Implementation », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 70, 2022, pp. 5592–5607.
169. Cao, S., Lin, T., Zhang, S., Xu, S., et Zhang, C., « Une architecture reconfigurable et en pipeline pour le décodage LDPC et polaire compatible avec les normes », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70, 2021, pp. 5431–5444.
170. Condo, C., Martina, M., et Masera, G., « VLSI Implementation of a Multi-Mode Turbo/LDPC Decoder Architecture », *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 60, 2012, pp. 1441–1454.
171. Fossorier, M.P., et Lin, S., « Décodage à décision souple de codes en blocs linéaires basé sur des statistiques ordonnées », *IEEE Transactions on Information Theory*, 41, 1995, pp. 1379–1396.
172. Duffy, K.R., Li, J., et Médard, M., « Décodage par bruit aléatoire additif avec devinette atteignant la capacité », *IEEE Transactions on Information Theory*, 65, 2019, pp. 4023–4040.
173. Arikan, E., « From Sequential Decoding to Channel Polarization and Back Again », arXiv, 2019, arXiv:1908.09594.
174. You, X., Zhang, C., Sheng, B., Huang, Y., Ji, C., Shen, Y., Zhou, W., et Liu, J., « Spatiotemporal 2-D Channel Coding for Very Low Latency Reliable MIMO Transmission », dans *2022 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, Rio de Janeiro, Brésil, 4–8 décembre 2022, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2022, pp. 473–479.

175. Saito, Y., Kishiyama, Y., Benjebbour, A., Nakamura, T., Li, A., et Higuchi, K., « Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) for Cellular Future Radio Access », dans *77e conférence IEEE sur les technologies véhiculaires (VTC Spring) 2013*, Dresde, Allemagne, 2-5 juin 2013, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2013, pp. 1-5.
176. Chen, Y., Bayesteh, A., Wu, Y., Ren, B., Kang, S., Sun, S., Xiong, Q., Qian, C., Yu, B., et Ding, Z., « Vers la normalisation de l'accès multiple non orthogonal pour les réseaux sans fil de nouvelle génération », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 19–27.
177. Makki, B., Chitti, K., Behravan, A., et Alouini, M.S., « A Survey of NOMA: Current Status and Open Research Challenges », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, pp. 179–189.
178. Ding, Z., Lei, X., Karagiannidis, G.K., Schober, R., Yuan, J., et Bhargava, V.K., « A Survey on Non-Orthogonal Multiple Access for 5G Networks: Research Challenges and Future Trends », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35, 2017, pp. 2181–2195.
179. Zeng, M., Nguyen, N.P., Dobre, O.A., et Poor, H.V., « Sécurisation des réseaux Massive MIMO-NOMA en liaison descendante à l'aide de bruit artificiel », *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13, 2019, pp. 685–699.
180. Liu, X., Liu, Y., Chen, Y., et Poor, H.V., « Réseaux Massive Non-Orthogonal Multiple Access améliorés par RIS : déploiement et conception de formation de faisceaux passive », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39, 2020, pp. 1057–1071.
181. Li, X., Zhao, M., Zeng, M., Mumtaz, S., Menon, V.G., Ding, Z., et Dobre, O.A., « Systèmes NOMA à rétrodiffusion ambiante avec contraintes matérielles : fiabilité et sécurité », *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, pp. 2723–2736.
182. Marzetta, T.L., « Noncooperative Cellular Wireless with Unlimited Numbers of Base Station Antennas », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 9, 2010, pp. 3590–3600.
183. Wang, B., Gao, F., Jin, S., Lin, H. et Li, G.Y., « Effets spatiaux et de large bande de fréquence dans les systèmes MIMO massifs à ondes millimétriques », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 66, 2018, pp. 3393–3406.
184. Yu, X., Shen, J.C., Zhang, J., et Letaief, K.B., « Algorithmes de minimisation alternée pour le précodage hybride dans les systèmes MIMO à ondes millimétriques », *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 10, 2016, pp. 485–500.
185. Myers, N.J., et Heath, R.W., « InFocus : une technique de codage spatial pour atténuer la déviation de focalisation dans la formation de faisceaux LoS en champ proche », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 21, 2021, pp. 2193–2209.

186. Wei, X., et Dai, L., « Channel Estimation for Extremely Large-Scale Massive MIMO: Far-Field, Near-Field, or Hybrid-Field? », *IEEE Communications Letters*, 26, 2021, pp. 177–181.
187. Huang, J., Wang, C.X., Chang, H., Sun, J., et Gao, X., « Mesures et modélisation de canaux MIMO à ondes millimétriques multifréquences et multiscénarios pour les systèmes de communication sans fil B5G », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, pp. 2010–2025.
188. He, Z.Q., et Yuan, X., « Estimation de canal en cascade pour les systèmes Massive MIMO assistés par des métasurfaces intelligentes de grande taille », *IEEE Wireless Communications Letters*, 9, 2019, pp. 210–214.
189. Jamali, V., Tulino, A.M., Fischer, G., Müller, R.R., et Schober, R., « Architectures d'émetteurs assistées par des surfaces intelligentes pour les systèmes MIMO ultra-massifs à ondes millimétriques », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, 2020, pp. 144–167.
190. Wang, Y., Chen, X., Cai, Y. et Hanzo, L., « Systèmes Massive MIMO hybrides assistés par RIS s'appuyant sur des convertisseurs analogiques-numériques à résolution adaptative : conception robuste de la formation de faisceaux et allocation des ressources », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71, 2021, pp. 3281–3286.
191. Zhang, J., Chen, S., Lin, Y., Zheng, J., Ai, B. et Hanzo, L., « Massive MIMO sans cellule : un nouveau paradigme de nouvelle génération », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 99878–99888.
192. Ammar, H.A., Adev, R., Shahbazpanahi, S., Boudreau, G., et Srinivas, K.V., « User-Centric Cell-Free Massive MIMO Networks: A Survey of Opportunities, Challenges and Solutions », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, pp. 611–652.
193. Chen, Z., et Björnson, E., « Renforcement des canaux et propagation favorable dans les réseaux MIMO massifs sans cellules à géométrie stochastique », *IEEE Transactions on Communications*, 66, 2018, pp. 5205–5219.
194. Wei, X., Hu, C., et Dai, L., « Deep Learning for BeamSpace Channel Estimation in Millimeter-Wave Massive MIMO Systems », *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2020, pp. 182–193.
195. Albreem, M.A., Alhabbash, A.H., Shahabuddin, S., et Juntti, M., « Deep Learning for Massive MIMO Uplink Detectors », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, pp. 741–766.
196. Kabir, H.D., Khosravi, A., Nahavandi, S., et Srinivasan, D., « Neural Network Training for Uncertainty Quantification over Time-Range », *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 5, 2020, pp. 768–779.
197. Yu, X., Lu, A.A., Gao, X., Li, G.Y., Ding, G., et Wang, C.X., « HF Skywave Massive MIMO Communication », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 21, 2021, pp. 2769–2785.

198. Wu, W., Gao, X., Sun, C. et Li, G.Y., « Shallow Underwater Acoustic Massive MIMO Communications », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 2021, pp. 1124–1139.
199. You, L., Li, K.X., Wang, J., Gao, X., Xia, X.G. et Ottersten, B., « Massive MIMO Transmission for LEO Satellite Communications », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, p. 1851–1865.
200. Li, Q.C., Niu, H., Papathanassiou, A.T., et Wu, G., « 5G Network Capacity: Key Elements and Technologies », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 9, 2014, pp. 71–78.
201. Ngo, H.Q., Ashikhmin, A., Yang, H., Larsson, E.G., et Marzetta, T.L., « Cell-Free Massive MIMO versus Small Cells », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16, 2017, pp. 1834–1850.
202. Björnson, E., et Sanguinetti, L., « Cell-Free versus Cellular Massive MIMO: What Processing Is Needed for Cell-Free to Win? », dans *20th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC) 2019 de l'IEEE*, Cannes, France, 2–5 juillet 2019, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2019, pp. 1–5.
203. Basso, S., Farooq, H., Imran, M.A., et Imran, A., « Coordinated Multi-Point Clustering Schemes: A Survey », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19, 2017, pp. 743–764.
204. Kotsch, V., et Fettweis, G., « Interference Analysis in Time and Frequency Asynchronous Network MIMO OFDM Systems », dans *2010 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Sydney, Australie, 18–21 avril 2010, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2010, pp. 1–6.
205. O'hara, F., et Moore, G., « A High Performance CW Receiver Using Feedthru Nulling », *Microwave Journal*, 6, 1963, pp. 63–71.
206. Liu, G., Yu, F.R., Ji, H., Leung, V.C., et Li, X., « Relais en duplex intégral dans la bande : étude, enjeux de recherche et défis », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17, 2015, pp. 500–524.
207. Liu, W., Huang, K., Zhou, X. et Durrani, S., « Full-Duplex Backscatter Interference Networks Based on Time-Hopping Spread Spectrum », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16, 2017, pp. 4361–4377.
208. Kolodziej, K.E., Perry, B.T., et Herd, J.S., « Technologie full-duplex intrabande : aperçu des techniques et des systèmes », *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 67, 2019, pp. 3025–3041.
209. Nawaz, H., et Tekin, I., « Antenne patch à double polarisation et alimentation double différentielle avec isolation RF interport de 90 dB pour un émetteur-récepteur full-duplex en bande à 2,4 GHz », *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 17, 2017, pp. 287–290.
210. Komatsu, K., Miyaji, Y., et Uehara, H., « Annulation itérative des auto-interférences non linéaires pour les communications sans fil en duplex intégral dans la bande en présence d'un déséquilibre du mélangeur et d'une non-linéarité de l'amplificateur », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 19, 2020, pp. 4424–4438.

211. Komatsu, K., Miyaji, Y., et Uehara, H., « Analyse théorique des radios en duplex intégral dans la bande avec des anneaux d'auto-interférence de Hammerstein en parallèle », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 20, 2021, pp. 6772–6786.
212. Chang, M.P., Blow, E.C., Lu, M.Z., Sun, J.J., et Prucnal, P.R., « Caractérisation RF d'un circuit photonique micro-ondes intégré pour l'annulation des interférences propres », *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 66, 2017, pp. 596–605.
213. Wang, D., Li, P., Wang, Y., Li, T., Yang, F., Zhou, T. et Rong, L., « Conversion de fréquence assistée par la photonique et annulation des interférences propres pour la communication en duplex intégral dans la bande », *Journal of Lightwave Technology*, 40, 2021, pp. 607–614.
214. Rong, B., « 6G : The Next Horizon: From Connected People and Things to Connected Intelligence », *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, p. 8.
215. Chen, S., Liang, Y.C., Sun, S., Kang, S., Cheng, W. et Peng, M., « Vision, exigences et tendances technologiques de la 6G : comment relever les défis de la couverture du système, de la capacité, du débit de données des utilisateurs et de la vitesse de déplacement », *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, pp. 218–228.
216. Yang, H., Zheng, S., He, W., Yu, X. et Zhang, X., « Moment cinétique orbital térahertz : génération, détection et communication », *China Communications*, 18, 2021, pp. 131–152.
217. Chen, R., Zhou, H., Moretti, M., Wang, X. et Li, J., « Orbital Angular Momentum Waves: Generation, Detection, and Emerging Applications », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2019, pp. 840–868.
218. Yousif, B.B., et Elsayed, E.E., « Amélioration des performances d'une liaison optique en espace libre multiplexée par moment cinétique orbital sous l'effet de la turbulence atmosphérique à l'aide du multiplexage spatial et de la diversité hybride basée sur l'égalisation MIMO adaptative », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 84401–84412.
219. Werner, D.H., et Jiang, Z.H., *Electromagnetic Vortices: Wave Phenomena and Engineering Applications*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, États-Unis, 2021.
220. Liu, K., Cheng, Y., Li, X., et Gao, Y., « Technologie de détection par micro-ondes utilisant le moment cinétique orbital : aperçu de ses avantages », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, pp. 112–118.
221. Lei, Y., Yang, Y., Wang, Y., Guo, K., Gong, Y. et Guo, Z., « Throughput Performance of Wireless Multiple-Input Multiple-Output Systems Using OAM Antennas », *IEEE Wireless Communications Letters*, 10, 2020, pp. 261–265.
222. Liang, L., Cheng, W., Zhang, W. et Zhang, H., « Multiplexage conjoint OAM et OFDM dans des environnements à trajets multiples clairsemés », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69, 2020, pp. 3864–3878.

223. ElMossallamy, M.A., Zhang, H., Song, L., Seddik, K.G., Han, Z. et Li, G.Y., « Reconfigurable Intelligent Surfaces for Wireless Communications: Principles, Challenges, and Opportunities », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, vol. 6, 2020, p. 990-1002.
224. Di Renzo, M., Zappone, A., Debbah, M., Alouini, M.S., Yuen, C., De Rosny, J., et Tretyakov, S., « Environnements radio intelligents optimisés par des surfaces intelligentes reconfigurables : fonctionnement, état de la recherche et perspectives », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, pp. 2450–2525.
225. Björnson, E., Sanguinetti, L., Wymeersch, H., Hoydis, J., et Marzetta, T.L., « Le MIMO massif est une réalité — quelle est la prochaine étape ? : cinq axes de recherche prometteurs pour les réseaux d'antennes », *Digital Signal Processing*, 94, 2019, pp. 3–20.
226. Zong, B., Fan, C., Wang, X., Duan, X., Wang, B. et Wang, J., « Technologies 6G : principaux moteurs, exigences fondamentales, architectures système et technologies habilitantes », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, pp. 18–27.
227. Deng, R., Di, B., Zhang, H., Tan, Y. et Song, L., « Reconfigurable Holographic Surface: Holographic Beamforming for Metasurface-Aided Wireless Communications », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70, 2021, pp. 6255–6259.
228. Wan, Z., Gao, Z., Gao, F., Di Renzo, M., et Alouini, M.S., « Massive MIMO térahertz avec surfaces intelligentes holographiques reconfigurables », *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, pp. 4732–4750.
229. Konkol, M.R., Ross, D.D., Shi, S., Harrity, C.E., Wright, A.A., Schuetz, C.A., et Prather, D.W., « Antenne réseau connectée intégrant des photodiodes haute puissance », *Journal of Lightwave Technology*, 35, 2017, pp. 2010–2016.
230. Jiang, W., et Schotten, H.D., « Multi-Antenna Fading Channel Prediction Empowered by Artificial Intelligence », dans *2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, Chicago, IL, États-Unis, 27–30 août 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 1–6.
231. Jiang, W., Strufe, M., et Schotten, H.D., « A SON Decision-Making Framework for Intelligent Management in 5G Mobile Networks », dans *3e Conférence internationale IEEE sur l'informatique et les communications (ICCC) 2017*, Chengdu, Chine, 13-16 décembre 2017, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2017, pp. 1158-1162.
232. Jiang, W., et Schotten, H.D., « Deep Learning for Fading Channel Prediction », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, pp. 320–332.
233. Jiang, W., Strufe, M., et Schotten, H.D., « Experimental Results for Artificial Intelligence-Based Self-Organized 5G Networks », dans *2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Montréal, QC, Canada, 8–13 octobre 2017, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2017, pp. 1–6.

234. Huang, H., Song, Y., Yang, J., Gui, G., et Adachi, F., « Deep-Learning-Based Millimeter-Wave Massive MIMO for Hybrid Precoding », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68, 2019, pp. 3027–3032.
235. Jiang, W., et Schotten, H.D., « Prédiction des canaux à évanouissement basée sur les réseaux neuronaux : aperçu complet », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 118112–118124.
236. Jiang, W., et Schotten, H.D., « Recurrent Neural Networks with Long Short-Term Memory for Fading Channel Prediction », dans *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*, Anvers, Belgique, 25–28 mai 2020, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2020, pp. 1–5.
237. Jiang, W., Strufe, M., et Schotten, H.D., « Intelligent Network Management for 5G Systems: The SELFNET Approach », dans *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, Oulu, Finlande, 12–15 juin 2017, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2017, pp. 1–5.
238. Letaief, K.B., Chen, W., Shi, Y., Zhang, J. et Zhang, Y.J.A., « The Roadmap to 6G: AI Empowered Wireless Networks », *IEEE Communications Magazine*, 57, 2019, pp. 84–90.
239. Cui, Y., Liu, F., Jing, X. et Mu, J., « Intégration de la détection et des communications pour un IoT omniprésent : applications, tendances et défis », *IEEE Network*, 35, 2021, pp. 158–167.
240. Zhang, J.A., Rahman, M.L., Wu, K., Huang, X., Guo, Y.J., Chen, S., et Yuan, J., « Enabling Joint Communication and Radar Sensing in Mobile Networks—A Survey », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, pp. 306–345.
241. Mealey, R.M., « A Method for Calculating Error Probabilities in a Radar Communication System », *IEEE Transactions on Space Electronics and Telemetry*, 9, 1963, pp. 37–42.
242. Sturm, C., et Wiesbeck, W., « Waveform Design and Signal Processing Aspects for Fusion of Wireless Communications and Radar Sensing », *Proceedings of the IEEE*, 99, 2011, pp. 1236–1259.
243. Zhang, J.A., Liu, F., Masouros, C., Heath, R.W., Feng, Z., Zheng, L. et Petropulu, A., « An Overview of Signal Processing Techniques for Joint Communication and Radar Sensing », *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 15, 2021, p. 1295-1315.
244. Chiriyath, A.R., Paul, B., Jacyna, G.M., et Bliss, D.W., « Limites inférieures de performance de la coexistence entre radar et communications », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 64, 2015, pp. 464–474.
245. Kumari, P., Choi, J., González-Prelcic, N., et Heath, R.W., « Radar basé sur la norme IEEE 802.11ad : une approche pour un système conjoint de communication véhiculaire et de radar », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67, 2017, pp. 3012–3027.
246. Tschorsch, F., et Scheuermann, B., « Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18, 2016, pp. 2084–2123.

247. Dai, H.N., Zheng, Z., et Zhang, Y., « Blockchain for Internet of Things: A Survey », *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2019, pp. 8076–8094.
248. Xie, J., Yu, F.R., Huang, T., Xie, R., Liu, J. et Liu, Y., « A Survey on the Scalability of Blockchain Systems », *IEEE Network*, 33, 2019, pp. 166–173.
249. Nguyen, D.C., Pathirana, P.N., Ding, M., et Seneviratne, A., « La blockchain pour les réseaux 5G et au-delà : une étude de l'état de l'art », *Journal of Network and Computer Applications*, 166, 2020, 102693.
250. Xiong, Z., Zhang, Y., Niyato, D., Wang, P. et Han, Z., « When Mobile Blockchain Meets Edge Computing », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 33–39.
251. Kabir, H.M.D., Alam, S.B., Azam, M.I., Hussain, M.A., Sazzad, A.R., Sakib, M.N., et Matin, M.A., « Non-Linear Down-Sampling and Signal Reconstruction, Without Folding », dans *2010 Fourth UKSim European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, Pise, Italie, 17–19 novembre 2010, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2010, pp. 142–146.
252. Shi, G., Xiao, Y., Li, Y. et Xie, X., « De la communication sémantique aux réseaux sensibles à la sémantique : modèle, architecture et problèmes ouverts », *IEEE Communications Magazine*, 59, 2021, pp. 44–50.
253. Shannon, C.E., « A Mathematical Theory of Communication », *Bell System Technical Journal*, 27, 1948, pp. 379–423.
254. Shannon, C.E., et Weaver, W., *A Mathematical Model of Communication*, University of Illinois Press, Urbana, IL, États-Unis, 1949, pp. 11–20.
255. Barwise, J., et Perry, J., « Situations and Attitudes », *Journal of Philosophy*, 78, 1981, pp. 668–691.
256. Floridi, L., « Outline of a Theory of Strongly Semantic Information », *Minds and Machines*, 14, 2004, pp. 197–221.
257. Bao, J., Basu, P., Dean, M., Partridge, C., Swami, A., Leland, W., et Hendler, J.A., « Towards a Theory of Semantic Communication », dans *2011 IEEE Network Science Workshop*, West Point, NY, États-Unis, 22–24 juin 2011, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2011, pp. 110–117.
258. Zhong, Y., et Zhang, R., « Information Ecology and Semantic Information Theory », *Document, Information and Knowledge*, 6, 2017, pp. 4–11.
259. Zhong, Y., « A Theory of Semantic Information », *China Communications*, 14, 2017, pp. 1–17.
260. Zhao, Y., Qu, Y., Xiang, Y., Uddin, M.P., Peng, D., et Gao, L., « Étude exhaustive sur la vérification de l'intégrité des données en périphérie : principes fondamentaux et tendances futures », *ACM Computing Surveys*, 57, 2024, pp. 1–34.
261. O'shea, T., et Hoydis, J., « An Introduction to Deep Learning for the Physical Layer », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 3, 2017, pp. 563–575.

262. Güler, B., Yener, A., et Swami, A., « The Semantic Communication Game », *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 4, 2018, pp. 787–802.
263. Xie, H., Qin, Z., Li, G.Y. et Juang, B.H., « Deep Learning Enabled Semantic Communication Systems », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 2021, pp. 2663–2675.
264. Xie, H., et Qin, Z., « A Lite Distributed Semantic Communication System for Internet of Things », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39, 2020, pp. 142–153.
265. Dahl, G.E., Yu, D., Deng, L., et Acero, A., « Context-Dependent Pre-Trained Deep Neural Networks for Large-Vocabulary Speech Recognition », *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 20, 2011, pp. 30–42.
266. Ni, K., Mondal, S.K., Kabir, H.D., Tan, T., et Dai, H.N., « Vers une quantification de la sécurité de l'informatique sans serveur », *Journal of Cloud Computing*, 13, 2024, p. 140.
267. Kimionis, J., Bletsas, A. et Sahalos, J.N., « Increased Range Bistatic Scatter Radio », *IEEE Transactions on Communications*, 62, 2014, p. 1091–1104.
268. Stockman, H., « Communication by Means of Reflected Power », *Proceedings of the IRE*, 36, 1948, pp. 1196–1204.
269. Kimionis, J., Georgiadis, A., Daskalakis, S.N., et Tentzeris, M.M., « A Printed Millimetre-Wave Modulator and Antenna Array for Backscatter Communications at Gigabit Data Rates », *Nature Electronics*, 4, 2021, pp. 439–446.
270. Zawawi, Z.B., Huang, Y., et Clerckx, B., « Communications par rétrodiffusion multi-utilisateurs alimentées sans fil : non-linéarité, conception des formes d'onde et compromis SINR-énergie », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, pp. 241–253.
271. Duan, R., Jäntti, R., Yigitler, H., et Ruttik, K., « On the Achievable Rate of Bistatic Modulated Rescatter Systems », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66, 2017, pp. 9609–9613.
272. Fasarakis-Hilliard, N., Alevizos, P.N., et Bletsas, A., « Détection cohérente et codage de canal pour les réseaux de capteurs radio à diffusion bistatique », *IEEE Transactions on Communications*, 63, 2015, pp. 1798–1810.
273. Kashyap, S., Björnson, E., et Larsson, E.G., « On the Feasibility of Wireless Energy Transfer Using Massive Antenna Arrays », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 15, 2016, pp. 3466–3480.
274. Yang, G., Ho, C.K., et Guan, Y.L., « Multi-Antenna Wireless Energy Transfer for Backscatter Communication Systems », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33, 2015, pp. 2974–2987.
275. Mishra, D., et Larsson, E.G., « Estimation optimale du canal pour la rétrodiffusion basée sur la réciprocité avec un lecteur MIMO en duplex intégral », *IEEE Transactions on Signal Processing*, 67, 2019, pp. 1662–1677.

276. Gu, Z., Zhang, J., Ji, Y., Bai, L., et Sun, X., « Reconfiguration de la topologie de réseau pour le fronthaul/backhaul basé sur la transmission optique en espace libre (FSO) dans les réseaux sans fil 5G+ », *IEEE Access*, 6, 2018, pp. 69426–69437.
277. Douik, A., Dahrouj, H., Al-Naffouri, T.Y., et Alouini, M.S., « Conception hybride radio/optique en espace libre pour les systèmes de liaison de retour de nouvelle génération », *IEEE Transactions on Communications*, 64, 2016, pp. 2563–2577.
278. Bag, B., Das, A., Ansari, I.S., Prokeš, A., Bose, C., et Chandra, A., « Analyse des performances des systèmes FSO hybrides utilisant l'adaptation de liaison FSO/RF-FSO », *IEEE Photonics Journal*, 10, 2018, pp. 1–17.
279. Zhang, H., Dong, Y., Cheng, J., Hossain, M.J., et Leung, V.C., « Fronthauling pour les réseaux de petites cellules en nuage ultra-dense 5G LTE-U », *IEEE Wireless Communications*, 23, 2016, pp. 48–53.
280. Chowdhury, M.Z., Hasan, M.K., Shahjalal, M., Hossain, M.T., et Jang, Y.M., « Réseaux hybrides optiques et sans fil : tendances, opportunités, défis et orientations de recherche », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2020, pp. 930–966.
281. Pan, C., Yi, J., Yin, C., Yu, J. et Li, X., « Joint 3D UAV Placement and Resource Allocation in Software-Defined Cellular Networks with Wireless Backhaul », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 104279–104293.
282. Mozaffari, M., Kargari, A.T.Z., Saad, W., Bennis, M., et Debbah, M., « Au-delà de la 5G avec les drones : fondements d'un réseau cellulaire sans fil 3D », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, pp. 357–372.
283. Huang, T., Yang, W., Wu, J., Ma, J., Zhang, X. et Zhang, D., « A Survey on Green 6G Network: Architecture and Technologies », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 175758–175768.
284. Tariq, F., Khandaker, M.R., Wong, K.K., Imran, M.A., Bennis, M. et Debbah, M., « A Speculative Study on 6G », *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, pp. 118–125.
285. Wang, H., Wang, W., Chen, X., et Zhang, Z., « Transfert sans fil d'informations et d'énergie dans les systèmes MIMO massifs sensibles aux interférences », dans *2014 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Austin, TX, États-Unis, 8–12 décembre 2014, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2014, pp. 2556–2561.
286. Kobayashi, M., Caire, G., et Kramer, G., « Joint State Sensing and Communication: Optimal Tradeoff for a Memoryless Case », dans *le Symposium international 2018 de l'IEEE sur la théorie de l'information (ISIT) de l'*, Vail, CO, États-Unis, 17-22 juin 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 111-115.
287. Shen, X., Gao, J., Wu, W., Lyu, K., Li, M., Zhuang, W., Li, X. et Rao, J., « AI-Assisted Network-Slicing Based Next-Generation Wireless Networks », *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 1, 2020, pp. 45–66.

288. Yi, C., Huang, S. et Cai, J., « An Incentive Mechanism Integrating Joint Power, Channel and Link Management for Social-Aware D2D Content Sharing and Proactive Caching », *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17, 2017, pp. 789–802.
289. Nasimi, M., Habibi, M.A., Han, B., et Schotten, H.D., « Edge-Assisted Congestion Control Mechanism for 5G Network Using Software-Defined Networking », dans *15e Symposium international sur les systèmes de communication sans fil (ISWCS) 2018*, Lisbonne, Portugal, 28-31 août 2018, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2018, pp. 1-5.
290. Habibi, M.A., Han, B., Nasimi, M., Kuruvatti, N.P., Fellan, A., et Schotten, H.D., « Vers un RAN entièrement virtualisé, cloudifié et compatible avec le slicing pour les réseaux mobiles 6G », dans *6G Mobile Wireless Networks*, Springer, Berlin/Heidelberg, Allemagne, 2021, pp. 327–358.
291. ETSI, *Exigences relatives à l'intelligence en réseau expérimentelle (ENI)*, version 2.1.1, ETSI, Sophia Antipolis, France, 2019.
292. Wang, C.X., Lv, Z., Gao, X., You, X., Hao, Y., et Haas, H., « Théorie de la modélisation omniprésente des canaux sans fil et applications aux GB5M 6G pour toutes les bandes de fréquences et tous les scénarios », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71, 2022, pp. 9159–9173.
293. Huang, J., Liu, Y., Wang, C.X., Sun, J., et Xiao, H., « Sondes de canal, mesures et modèles pour les ondes millimétriques 5G : développements récents et défis futurs », *IEEE Communications Magazine*, 57, 2018, pp. 138–145.
294. Nielsen, J.O., Fan, W., Eggers, P.C., et Pedersen, G.F., « A Channel Sounder for Massive MIMO and mmWave Channels », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 67–73.
295. Roh, W., Seol, J.Y., Park, J., Lee, B., Lee, J., Kim, Y., Cho, J., Cheun, K., et Aryanfar, F., « La formation de faisceaux en ondes millimétriques comme technologie habilitante pour les communications cellulaires 5G : faisabilité théorique et résultats du prototype », *IEEE Communications Magazine*, 52, 2014, pp. 106–113.
296. Raghavan, V., Partyka, A., Sampath, A., Subramanian, S., Koymen, O.H., Ravid, K., Cezanne, J., Mukkavilli, K., et Li, J., « Prototype MIMO à ondes millimétriques : mesures et résultats expérimentaux », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 202–209.
297. Anjos, E.V., SalarRahimi, M., Bressner, T.A., Takhighani, P., Lahuerta-Lavieja, A., Elsakka, A., Siebenga, J.S., Volski, V., Fager, C., Schreurs, D., et al., « FORMAT : un système d'antennes reconfigurables en mosaïque pour les bancs d'essai 5G et 6G à ondes millimétriques », *IEEE Systems Journal*, 16, 2022, pp. 4489–4500.
298. Chung, M., Liu, L., Johansson, A., Gunnarsson, S., Nilsson, M., Ying, Z., Zander, O., Samanta, K., Clifton, C., Koimori, T., et al., « LuMaMi28 : systèmes MIMO massifs en temps réel à ondes millimétriques avec sélection d'antennes », arXiv, 2021, arXiv:2109.03273.

299. Cai, Y., Zhu, M., Liang, S., Zhang, J., Lei, M., Hua, B., Wang, P., Tian, L., Zou, Y., Li, A., et al., « Démonstration d'une communication en temps réel à ondes millimétriques assistée par photonique, basée sur une antenne réseau phasé à grande échelle en bande Ka et une technique de suivi automatique du faisceau », dans *Optical Fiber Communication Conference (OFC)*, San Diego, Californie, États-Unis, 6–10 mars 2022, Optica Publishing Group, Washington, DC, États-Unis, 2022, p. M3Z-12.
300. Sen, P., Pados, D.A., Batalama, S.N., Einarsson, E., Bird, J.P., et Jornet, J.M., « La plateforme TeraNova : un banc d'essai intégré pour les communications sans fil à très large bande aux fréquences térahertz réelles », *Computer Networks*, 179, 2020, 107370.
301. Zhu, M., Zhang, J., Yu, J. et You, X., « Démonstration d'une transmission filaire térahertz record de 352 Gbps sur fibre à cœur creux à 325 GHz », *Science China Information Sciences*, 65, 2022, 127301.
302. Zhang, H., Zeng, S., Di, B., Tan, Y., Di Renzo, M., Debbah, M., Han, Z., Poor, H.V., et Song, L., « Surfaces omnidirectionnelles intelligentes pour les communications sans fil multidimensionnelles : principes, technologie et mise en œuvre », *IEEE Communications Magazine*, 60, 2022, pp. 39–45.
303. Araghi, A., Khalily, M., Safaei, M., Baghèri, A., Singh, V., Wang, F., et Tafazolli, R., « Reconfigurable Intelligent Surface (RIS) in the Sub-6 GHz Band: Design, Implementation, and Real-World Demonstration », *IEEE Access*, 10, 2022, pp. 2646–2655.
304. Amri, M.M., Tran, N.M., et Choi, K.W., « Communications sans fil assistées par des surfaces intelligentes reconfigurables : formation de faisceaux adaptative et validations expérimentales », *IEEE Access*, 9, 2021, pp. 147442–147457.
305. Dai, L., Wang, B., Wang, M., Yang, X., Tan, J., Bi, S., Xu, S., Yang, F., Chen, Z., Di Renzo, M., et al., « Communications sans fil basées sur des surfaces intelligentes reconfigurables : conception d'antennes, prototypage et résultats expérimentaux », *IEEE Access*, 8, 2020, pp. 45913–45923.
306. Li, O., He, J., Zeng, K., Yu, Z., Du, X., Liang, Y., Wang, G., Chen, Y., Zhu, P., Tong, W., et al., « Détection et communication intégrées dans la 6G : un prototype de détection THz haute résolution sur un appareil portable », dans *2021 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit)*, Porto, Portugal, 8–11 juin 2021, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2021, pp. 544–549.
307. Xu, T., Liu, F., Masouros, C. et Darwazeh, I., « An Experimental Proof of Concept for Integrated Sensing and Communications Waveform Design », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 3, 2022, p. 1643–1655.
308. Yuan, J., Liu, Y., Hu, Y., Xu, G. et Zhang, J.C., « Distributed FD-MIMO (D-FD-MIMO) : du concept à l'essai sur le terrain », dans *2022 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, Las Vegas, NV, États-Unis, 16–19 janvier 2022, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2022, pp. 86–89.

309. Callebaut, G., Van Mulders, J., Ottoy, G., Delabie, D., Cox, B., Stevens, N. et Van der Perre, L., « Techtile – Plateforme de R&D 6G ouverte pour la communication, le positionnement, la détection, le WPT et l'apprentissage fédéré », dans *Conférence européenne conjointe 2022 sur les réseaux et les communications et Sommet 6G (EuCNC/6G Summit)*, Grenoble, France, 7-10 juin 2022, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2022, pp. 417–422.
310. Wang, D., Zhang, C., Du, Y., Zhao, J., Jiang, M. et You, X., « Mise en œuvre d'un système MIMO massif distribué sans cellule basé sur le cloud », *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, pp. 61–67.
311. Zhang, X., Cao, Z., Li, J., Ge, D., Chen, Z., Vellekoop, I.M., et Koonen, A., « Connexion sans fil optique à 40 Gbit/s sans ligne de visée et à large couverture avec faisceau orientable pour l'industrie 4.0 », *Journal of Lightwave Technology*, 38, 2020, pp. 6801–6806.
312. Haas, H., Yin, L., Chen, C., Videv, S., Parol, D., Poves, E., Alshaer, H., et Islim, M.S., « Introduction aux concepts et aux défis des réseaux intérieurs dans le LiFi », *Journal of Optical Communications and Networking*, 12, 2020, pp. A190–A203.
313. Matsuda, K., Binkai, M., Koshikawa, S., Yoshida, T., Sano, H., Konishi, Y., et Suzuki, N., « Démonstration sur le terrain d'une transmission FSO en temps réel à 14 Tb/s sur 220 m avec un émetteur à 9 ouvertures de classe I sans danger pour les yeux », dans *Optical Fiber Communication Conference (OFC)*, San Francisco, CA, États-Unis, 6–10 juin 2021, Optica Publishing Group, Washington, DC, États-Unis, 2021, p. F3C-2.
314. Dochhan, A., Poliak, J., Sufof, J., Richerzhagen, M., Kelemu, H.F., et Calvo, R.M., « Transmission optique en espace libre à 13,16 Tbit/s sur 10,45 km pour les liaisons d'alimentation de satellites géostationnaires », dans *Photonic Networks, Actes du 20e symposium ITG*, Leipzig, Allemagne, 8 mai 2019, VDE, Francfort, Allemagne, 2019, pp. 1–3.
315. Lain, J.K., Yang, Z.D., et Xu, T.W., « Experimental DCO-OFDM Optical Camera Communication Systems with a Commercial Smartphone Camera », *IEEE Photonics Journal*, 11, 2019, pp. 1–13.
316. Han, C., et Akyildiz, I.F., « Modulation DAMC (Distance-Aware Multi-Carrier) dans les communications en bande térahertz », dans *2014 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Sydney, Australie, 10–14 juin 2014, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2014, pp. 5461–5467.
317. Jornet, J.M., et Akyildiz, I.F., « L'Internet des nano-objets multimédias dans la bande térahertz », dans *European Wireless 2012, Actes de la 18e Conférence européenne sur les communications sans fil 2012*, Poznań, Pologne, 18-20 avril 2012, VDE, Francfort, Allemagne, 2012, pp. 1-8.
318. Zhou, D., Sheng, M., Li, J., et Han, Z., « Innovation en matière de réseaux intégrés aérospatiaux pour l'avènement de la 6G : état des lieux et défis futurs », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25, 2023, pp. 975–1019.
319. Wu, Q., et Zhang, R., « Réseau sans fil amélioré par des surfaces réfléchissantes intelligentes via une formation de faisceaux active et passive

- conjointe », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2019, pp. 5394–5409.
320. Huang, C., Zappone, A., Alexandropoulos, G.C., Debbah, M., et Yuen, C., « Reconfigurable Intelligent Surfaces for Energy Efficiency in Wireless Communication », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2019, pp. 4157–4170.
321. Huang, C., Hu, S., Alexandropoulos, G.C., Zappone, A., Yuen, C., Zhang, R., Di Renzo, M., et Debbah, M., « Holographic MIMO Surfaces for 6G Wireless Networks: Opportunities, Challenges, and Trends », *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, pp. 118–125.
322. Kato, N., Mao, B., Tang, F., Kawamoto, Y., et Liu, J., « Dix défis pour faire progresser les technologies d'apprentissage automatique vers la 6G », *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, pp. 96–103.
323. Katz, M., Pirinen, P. et Posti, H., « Vers la 6G : se préparer pour la prochaine décennie », dans *16e Symposium international sur les systèmes de communication sans fil (ISWCS) 2019*, Oulu, Finlande, 27-30 août 2019, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2019, pp. 714–718.
324. Nayak, S., et Patgiri, R., « 6G Communication: Envisioning the Key Issues and Challenges », arXiv, 2020, arXiv:2004.04024.
325. Yan, L., Han, C., et Yuan, J., « Hybrid Precoding for 6G Terahertz Communications: Performance Evaluation and Open Problems », dans *2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT)*, Levi, Finlande, 17–20 mars 2020, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2020, pp. 1–5.
326. Mumtaz, S., Jornet, J.M., Aulin, J., Gerstacker, W.H., Dong, X. et Ai, B., « Terahertz Communication for Vehicular Networks », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66, 2017, pp. [plage de pages non indiquée].
327. UIT-R, *Systèmes d'antennes passives et actives pour les stations de base des systèmes IMT*, Rapport M.2083 (série IMT Vision), Genève, Suisse, 2015.
328. Elmeadawy, S., et Shubair, R.M., « 6G Wireless Communications: Future Technologies and Research Challenges », dans *2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, Ras Al Khaimah, Émirats arabes unis, 19–21 novembre 2019, IEEE, Piscataway, NJ, États-Unis, 2019, pp. 1–5.
329. Yang, P., Xiao, Y., Xiao, M., et Li, S., « 6G Wireless Communications: Vision and Potential Techniques », *IEEE Network*, 33, 2019, pp. 70–75.
330. Yao, H., Wang, L., Wang, X., Lu, Z. et Liu, Y., « The Space-Terrestrial Integrated Network: An Overview », *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, pp. 178–185.
331. Chowdhury, M.Z., Shahjalal, M., Ahmed, S., et Jang, Y.M., « Systèmes de communication sans fil 6G : applications, exigences, technologies, défis et orientations de recherche », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, pp. 957–975.

332. Dohler, M., Heath, R.W., Lozano, A., Papadias, C.B., et Valenzuela, R.A., « La couche physique est-elle morte ? », *IEEE Communications Magazine*, 49, 2011, pp. 159–165.
333. Raghavan, V., et Li, J., « Évolution de la recherche sur les communications de la couche physique à l'ère post-5G », *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 10392–10401.
334. Drake, F., « Mobile Phone Masts: Protesting the Scientific Evidence », *Public Understanding of Science*, 15, 2006, pp. 387–410.
335. Philbeck, I., « Connecter les non-connectés : travailler ensemble pour atteindre les objectifs de l'agenda Connect 2020 », dans *la session spéciale de la Commission sur le haut débit et du Forum économique mondial lors de la réunion annuelle de Davos*, Davos-Klosters, Suisse, 17–20 janvier 2017.
336. Gandhi, O.P., et Riaz, A., « Absorption des ondes millimétriques par l'être humain et ses implications biologiques », *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 34, 1986, pp. 228–235.
337. Geesink, J.H., et Meijer, D.K.F., « Bio-Soliton Model that Predicts Non-Thermal Electromagnetic Radiation Frequency Bands, that Either Stabilize or Destabilize Life Conditions », arXiv, 2016, arXiv:1610.04855.
338. Name, A., *Effets des ondes électromagnétiques sur la signalisation neuronale*, HAL Open Science Repository, Bengaluru, Inde, 2020.
339. Talbi, O., Zadeh-Haghighi, H., et Simon, C., « Le mécanisme des paires de radicaux ne peut expliquer les effets des fréquences de télécommunication sur les espèces réactives de l'oxygène », arXiv, 2024, arXiv:2407.03358.
340. Name, A., « *Le rayonnement térahertz de la 6G et les risques pour la santé reproductive masculine* », Xoffencer International Publication, Dabra, Inde, 2023.
341. ICNIRP, *Principes de protection contre les rayonnements non ionisants*, ICNIRP, Munich, Allemagne, 2020.
342. Wu, Y., « Systèmes autonomes éthiquement responsables et fiables pour la 6G », *IEEE Network*, 36, 2022, pp. 126–133.
343. Wang, S., Qureshi, M.A., Miralles-Pechuán, L., Huynh-The, T., Gadekallu, T.R., et Liyanage, M., « IA explicable pour les cas d'utilisation de la 6G : aspects techniques et défis de recherche », *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 5, 2024, pp. 2490–2540.
344. Bahrami, M.K., et Nazari, S., « Conception numérique d'un bloc d'apprentissage Spatial-Pow-STDP à haute précision utilisant Pow CORDIC pour un SNN spatio-temporel de classification d'images à grande échelle », *Scientific Reports*, 14, 2024, 3388.
345. Amiri, M., et Nazari, S., « Conception matérielle efficace de neurones à impulsions et d'un module d'apprentissage non supervisé dans un réseau de classification de motifs à grande échelle », *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 137, 2024, 109255.

346. Meng, S., Wu, S., Zhang, J., Cheng, J., Zhou, H., et Zhang, Q., « Réseau intégré espace-air-sol-mer enrichi par la sémantique : nouveau paradigme, cadres et défis », *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2024, pp.
347. Xiao, Y., Ye, Z., Wu, M., Li, H., Xiao, M., Alouini, M.S., Al-Hourani, A., et Cioni, S., « Réseaux sans fil intégrés espace-air-sol pour la 6G : principes de base, technologies clés et tendances futures », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 42, 2024, pp. 3327–3354.
348. Kuru, K., « Planifier l'avenir des villes intelligentes avec des essaims de véhicules aériens sans pilote entièrement autonomes à l'aide d'un cadre novateur », *IEEE Access*, 9, 2021, pp. 6571–6595.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Biographie de Rexhep Mustafovski, MSc



**Rexhep Mustafovski, titulaire d'un master**, est officier au sein du ministère de la Défense de la République de Macédoine du Nord et assistant d'enseignement et de recherche à l'Académie militaire « Général Mihailo Apostolski » de Skopje, où il exerce ses fonctions au sein du département de cybersécurité et de criminalistique numérique. Spécialiste des systèmes de communication sécurisés, de la cybersécurité et de l'intégration des technologies de défense, il possède une expérience académique et professionnelle couvrant les communications tactiques sécurisées, la sécurité des réseaux et les systèmes d'information émergents.

Il a suivi ses études de premier cycle à l'Académie militaire « Général Mihailo Apostolski » de Skopje, où il a obtenu son diplôme d'officier des transmissions. Au cours de ses études, il a fait preuve d'un niveau académique exceptionnel et d'une grande discipline professionnelle, obtenant les meilleurs résultats de sa promotion. En reconnaissance de cette réussite, il a été officiellement désigné meilleur officier de sa promotion, un honneur conféré par le président du pays. Cette distinction reflète à la fois son excellence académique et son engagement envers le professionnalisme militaire.

Après son entrée en service, il a poursuivi son parcours universitaire en suivant des études de troisième cycle à la Faculté d'ingénierie électrique et des technologies de l'information de l'Université « Saints Cyrille et Méthode » de Skopje. Il a obtenu un Master of Science en technologies de la communication et de l'information, avec une spécialisation dans les systèmes de communication modernes, la sécurité de l'information et les concepts avancés de mise en réseau. Ses études de master ont renforcé ses capacités d'analyse et de recherche, en particulier dans les domaines des communications sécurisées et des systèmes de défense axés sur la technologie.

Son parcours académique et professionnel allie une formation militaire formelle à des études d'ingénierie de haut niveau, lui fournissant ainsi une base solide pour la recherche et le travail pratique dans le domaine des communications militaires sécurisées. Ce parcours influence son approche de la conception des systèmes de communication, en mettant l'accent sur la fiabilité, la sécurité, l'interopérabilité et la pertinence opérationnelle. Les connaissances et l'expérience acquises tant par la formation militaire que par les études d'ingénierie sous-tendent les perspectives présentées tout au long de cet ouvrage.

## Biographie de Besnik Qehaja, PhD



**Besnik Qehaja, PhD**, est un éminent universitaire et stratège en innovation numérique basé à Pristina, au Kosovo. Il occupe actuellement le poste de doyen du département d'informatique et d'ingénierie à l'UBT, où il joue un rôle central dans le développement académique, le progrès technologique et l'intégration de la recherche au sein de l'établissement. Son profil professionnel se caractérise par un engagement fort en faveur de la transformation numérique, de l'innovation interdisciplinaire et de l'application pratique des technologies de pointe dans l'éducation, la santé et les systèmes d'infrastructures intelligentes.

Le Dr Qehaja est activement engagé dans la direction académique de l'UBT depuis 2009, occupant plusieurs postes de haut niveau qui ont contribué à la consolidation institutionnelle et à la modernisation des programmes académiques. Sous sa direction, le département d'informatique et d'ingénierie a renforcé la structure de ses programmes d'études, obtenu des accréditations nationales pour de nombreux programmes diplômants et mis en place des systèmes avancés de gestion de l'apprentissage conçus pour soutenir les environnements éducatifs numériques. Ses efforts se sont concentrés sur l'alignement des normes académiques sur les meilleures pratiques internationales, favorisant ainsi un écosystème qui intègre la recherche, l'innovation et les compétences technologiques appliquées.

Il a obtenu son doctorat à l'université Corvinus de Budapest, où ses recherches de doctorat ont porté sur les systèmes de surveillance des patients en temps réel et l'intégration des soins de santé numériques. Sa thèse traitait des défis techniques, organisationnels et de gestion des données associés aux systèmes d'information médicaux intelligents. Ces recherches ont établi une base solide pour ses contributions ultérieures aux initiatives de santé en ligne et au développement des infrastructures de santé numériques.

Le Dr Qehaja a joué un rôle de premier plan dans l'étude de faisabilité nationale sur la santé en ligne au Kosovo, menée en collaboration avec l'organisation allemande M4Health et le ministère de la Santé. Cette initiative visait à évaluer l'état de préparation technique, le cadre réglementaire et les exigences en matière d'infrastructure nécessaires à la mise en œuvre de systèmes nationaux de santé numérique. Son implication dans ce projet reflète à la fois son expertise technique et sa capacité à faire le lien entre l'innovation issue de la recherche et les processus de mise en œuvre institutionnels et gouvernementaux.

Outre son travail dans le domaine de la numérisation des soins de santé, le Dr Qehaja s'est activement engagé dans des initiatives d'innovation technologique dans de multiples domaines. Il est formateur certifié en technologies de réalité virtuelle et de réalité augmentée et a dirigé des projets portant sur des applications d'intelligence artificielle, des architectures de l'Internet des objets et le développement

d'infrastructures de villes intelligentes. Son travail intègre les technologies émergentes à des stratégies de mise en œuvre pratiques, en mettant l'accent sur des solutions évolutives et la collaboration interdisciplinaire.

En 2025, le Dr Qehaja a entamé un engagement académique en tant que chercheur principal à l'Université technique de Sofia, en Bulgarie. Dans le cadre de cette fonction, ses recherches portent notamment sur les réseaux énergétiques intelligents, les modèles d'optimisation basés sur l'IA et les systèmes de gestion intelligente des infrastructures. Ces recherches en cours étendent encore son expertise à l'informatique énergétique et aux écosystèmes numériques durables, renforçant ainsi son profil interdisciplinaire.

Le parcours académique et professionnel du Dr Qehaja allie une expertise de pointe en recherche à des compétences en leadership institutionnel et en innovation appliquée. Son expérience en matière de transformation numérique, d'intégration de systèmes d'IA et de déploiement technologique à grande échelle contribue de manière significative à la perspective interdisciplinaire présentée dans cet ouvrage. La rigueur analytique et l'esprit orienté vers l'innovation qu'il apporte au domaine de la communication et de l'intégration des systèmes intelligents viennent étayer le cadre stratégique plus large exploré tout au long de cet ouvrage.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Biographie du Prof. Dr Edmond Hajrizi



**Le professeur Edmond Hajrizi** est le fondateur et recteur de l'UBT au Kosovo, où il a joué un rôle déterminant dans la création de l'un des établissements d'enseignement supérieur les plus axés sur l'innovation de la région. Son leadership se caractérise par une vision stratégique qui intègre l'excellence académique, le progrès technologique et la coopération internationale. Grâce à un développement institutionnel soutenu et à une gouvernance tournée vers

l'avenir, il a positionné l'UBT comme un pôle académique dynamique axé sur la transformation numérique, l'intégration de la recherche et la formation professionnelle pratique.

En tant que fondateur de l'UBT, le professeur Hajrizi a créé cet établissement dans le but de combler le fossé entre la théorie académique et les compétences requises par le marché. Dès sa création, l'UBT a été conçue comme un environnement éducatif moderne destiné à combiner recherche scientifique, technologie appliquée et collaboration avec l'industrie. Sa vision fondatrice soulignait l'importance d'aligner les programmes d'enseignement supérieur sur les tendances technologiques émergentes et les exigences du marché du travail, afin de garantir que les diplômés possèdent à la fois une solide base théorique et des compétences pratiques.

En tant que recteur, le professeur Hajrizi a supervisé l'expansion de l'UBT pour en faire un établissement multi-campus doté d'un large portefeuille académique. Sous sa direction, l'université a développé un parc dédié aux sciences et à l'innovation, des laboratoires de recherche de pointe et des partenariats structurés avec des universités et des institutions internationales. Ces initiatives ont renforcé la position de l'UBT au sein des réseaux académiques régionaux et internationaux et ont amélioré sa capacité en matière de recherche interdisciplinaire et d'innovation.

Le professeur Hajrizi participe activement aux communautés scientifiques et universitaires internationales. Il siège au sein de divers comités scientifiques internationaux et représente fréquemment l'UBT lors de conférences et de forums universitaires mondiaux. Son engagement sur les plateformes internationales reflète sa volonté de maintenir la visibilité de l'établissement, de favoriser la collaboration transfrontalière et de promouvoir un enseignement axé sur la recherche et conforme aux normes mondiales.

Un élément central de son leadership a été l'intégration de technologies de pointe dans les programmes d'études et l'infrastructure institutionnelle. Grâce à des investissements stratégiques dans des plateformes numériques, des laboratoires d'innovation et des centres de recherche appliquée, l'UBT a reçu de nombreuses distinctions internationales pour sa transformation numérique et la qualité de son enseignement. Son plaidoyer en faveur d'environnements d'apprentissage enrichis par la technologie a contribué au développement d'un écosystème intelligent complet au

sein de l'université, combinant enseignement académique, activités de recherche et parcours de formation professionnelle.

La vision institutionnelle du professeur Hajrizi met l'accent sur la synergie entre l'excellence de la recherche et les applications pratiques. En favorisant les partenariats avec les acteurs de l'industrie et de l', et en encourageant les initiatives de recherche appliquée, il a promu un modèle éducatif qui soutient l'entrepreneuriat, l'innovation technologique et le développement durable. Son approche reflète un engagement à long terme visant à préparer les étudiants non seulement à devenir des professionnels du monde universitaire, mais aussi à contribuer au progrès technologique et sociétal.

Grâce à un leadership académique soutenu, à l'expansion de l'établissement et à une gouvernance axée sur l'innovation, le professeur Edmond Hajrizi a considérablement influencé le développement de l'enseignement supérieur dans la région. Son orientation stratégique vers la transformation numérique, l'internationalisation et la recherche appliquée contribue de manière significative à la perspective interdisciplinaire et tournée vers l'avenir présentée dans cet ouvrage.

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**More  
Books!**



yes  
**I want morebooks!**

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**

Achetez vos livres en ligne, vite et bien, sur l'une des librairies en ligne les plus performantes au monde!

En protégeant nos ressources et notre environnement grâce à l'impression à la demande.

La librairie en ligne pour acheter plus vite

**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**



[info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)  
[www.omniscryptum.com](http://www.omniscryptum.com)

OMNIScriptum



FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY