

L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G

Enseignements tirés du Concours de l'UIT



Restez au courant // // Restez informés



Les Nouvelles de l'UIT sont désormais sur une
nouvelle plate-forme

Découvrez MyITU

Votre passerelle d'accès aux **contenus de l'UIT**
qui correspondent à vos domaines d'intérêt
Retrouvez toute l'actualité
dans les derniers articles des
Nouvelles de l'UIT.



Pour recevoir le nouveau bulletin
d'information hebdomadaire de l'UIT

Abonnez-vous dès maintenant



Articles réguliers
des Nouvelles de
l'UIT



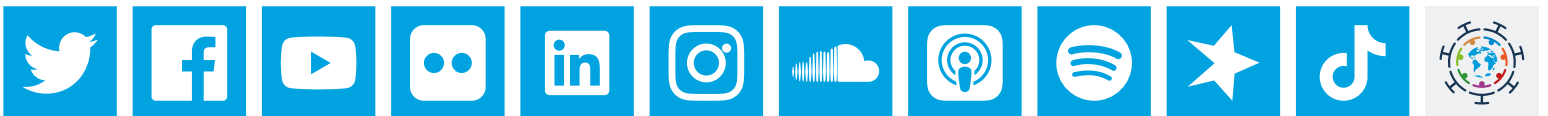
Abonnement



ITU News
Magazine



Rejoignez la communauté en ligne de l'UIT sur le support de votre choix



L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G - Édition de 2020 du Concours de l'UIT

M. Houlin Zhao, **Secrétaire général de l'UIT**

■ En février dernier, l'UIT a lancé la toute première édition du [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G](#), une compétition mondiale qui aboutira à une cérémonie de remise de prix en ligne, du 15 au 17 décembre 2020.

Dans le cadre de ce concours, l'UIT soutient et encourage la communauté grandissante qui favorise l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage automatique dans les réseaux, tout en renforçant en parallèle la communauté dirigeant les travaux de normalisation de l'UIT dans les domaines de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique.

Ce concours de l'UIT contribue à instaurer une culture fondée sur la collaboration, qui constitue un élément nécessaire pour assurer le succès des réseaux futurs et des réseaux émergents tels que les réseaux 5G, ainsi qu'à créer de nouvelles possibilités permettant aux entreprises et aux établissements universitaires d'influer sur l'évolution des normes de l'UIT.

En tant qu'institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des TIC, l'UIT joue un rôle central pour veiller à ce que ces réseaux soient déployés à grande échelle et respectent les normes de qualité les plus élevées. Dernièrement, l'UIT a [annoncé](#) l'approbation, par ses 193 États Membres, d'une Recommandation du Secteur des

radiocommunications de l'UIT (UIT-R) intitulée «Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques des IMT-2020».

Les spécifications relatives aux IMT-2020 pour la cinquième génération de communications mobiles (5G) formeront le socle de l'économie numérique de demain, en ce qu'elles feront entrer les entreprises et la société dans un monde automatisé et intelligent et contribueront à améliorer le quotidien des populations dans des proportions sans précédent.

Dans ce numéro des Nouvelles de l'UIT, vous saurez tout sur le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G et trouverez de nombreux articles d'information rédigés par des entreprises et des établissements universitaires.

Durant la Grande finale de ce concours, des exposés seront présentés par M. Vincent Poor, professeur à l'Université de Princeton (États-Unis), M. Chih-Lin I, de l'Institut de recherche sur les technologies mobiles de la Chine, et de M. Wojciech Samek, de l'Institut Fraunhofer HHI (Allemagne). L'édition de 2021 du concours sera également lancée à cette occasion. Ne manquez pas cet événement! ■



“ Dans le cadre de ce Concours, l'UIT soutient le développement de la communauté qui favorise l'intégration de l'intelligence artificielle/de l'apprentissage automatique dans les réseaux. ”

Houlin Zhao



L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G

Enseignements tirés du Concours de l'UIT

Éditorial

1 L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G - Édition de 2020 du Concours de l'UIT

M. Houlin Zhao, Secrétaire général de l'UIT

5 L'UIT tient à remercier les sponsors de l'édition de 2020 du Concours sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G

Concours de l'UIT sur l'IA et l'apprentissage automatique dans la 5G

6 Créer une communauté et renforcer la confiance au sein de la tribune de l'UIT

L'équipe des Nouvelles de l'UIT s'est entretenue avec M. Chaesub Lee, Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT, afin d'en savoir plus sur le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G et sur ses liens avec les priorités stratégiques de l'UIT.

9 Message des organisateurs

Thomas Basikolo, Consultant pour l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique

12 Suivez le concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique en 5G

13 Énoncés de problème

14 Grande finale du concours - Mardi 15 décembre 2020

15 Grande finale du concours - Mercredi 16 décembre 2020

16 Grande finale du concours - Jeudi 17 décembre 2020

17 Prix et certificats des lauréats

18 Intelligence artificielle/apprentissage automatique: Guide des défis que devront relever les agents CTx de prochaine génération

Vishnu Ram OV, Consultant en recherche indépendant

23 Tour d'horizon des normes relatives aux réseaux autonomes

Xiaojia Song, chercheur, Xi CAO, chercheur principal, Lingli DENG, responsable technique, Li YU, directeur de recherche, et Junlan FENG, directeur scientifique, Institut de Recherche China Mobile



L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G

Enseignements tirés du Concours de l'UIT



Photos de couverture: Shutterstock

ISSN 1020-4148

itunews.itu.int

6 numéros par an

Copyright: © ITU 2020

Coordonnatrice de la rédaction et rédactrice:

Nicole Harper

Concepteur artistique: Christine Vanoli

Assistante d'édition: Angela Smith

Traduction et mise en page:

Département des conférences et des publications

Rédaction/Publicité:

Tél.: +41 22 730 5723/5683

E-mail: itunews@itu.int

Adresse postale:

Union internationale des télécommunications

Place des Nations

CH-1211 Genève 20 (Suisse)

Déni de responsabilité: les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs des articles et n'engagent pas l'UIT. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données, cartes comprises, qui y figurent n'impliquent de la part de l'UIT aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les références faites à des sociétés ou à des produits spécifiques n'impliquent pas que l'UIT approuve ou recommande ces sociétés ou ces produits, de préférence à d'autres, de nature similaire, mais dont il n'est pas fait mention.

Sauf indication contraire, toutes les photos sont des photos UIT.

Points de vue du secteur privé

32 Évaluation des capacités et accumulation de technologies d'intelligence artificielle dans les réseaux futurs

M. Jun Liao, Directeur chargé de l'intelligence artificielle, M. Tengfei liu, Mme Yameng Li et M. Jiaxin Wei, Ingénieurs dans le domaine de l'intelligence artificielle, Institut de recherche China Unicom

35 Accélérer l'inférence de l'apprentissage profond grâce au kit pratique à code source ouvert Adlik

Mme Liya Yuan, Ingénieure chargée des solutions à code source ouvert et de la normalisation, ZTE

38 Difficultés et perspectives pour les fournisseurs de services de communication ayant recours à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage automatique

Salih Ergüt, chercheur spécialiste de la 5G, Turkcell

42 Les réseaux autonomes: s'adapter à l'inconnu

Paul Harvey, Directeur de recherche, Innovation Studio, Rakuten Mobile et Prakaiwan Vajrabhaya, Directeur de la sensibilisation et de la promotion concernant la recherche, Innovation Studio, Rakuten Mobile.

46 Essais sur la qualité d'expérience dans les réseaux mobiles

Arnd Sibila, Responsable de la commercialisation des technologies, Service des essais des réseaux mobiles, Rohde & Schwarz

50 Le point de vue d'un opérateur de réseau sur le rôle de l'IA dans les réseaux d'accès radioélectrique futur

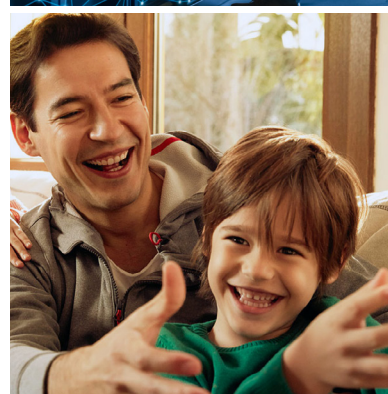
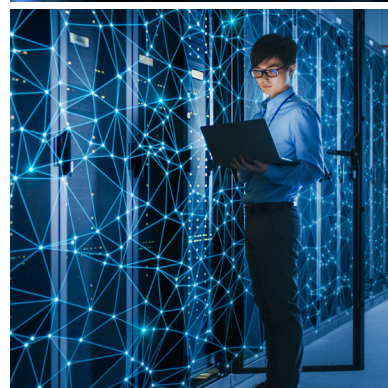
Chih-Lin I, responsable scientifique et Qi Sun, chercheur principal, Service des technologies hertziennes, China Mobile Research Institute

55 Intelligence artificielle et interfaces ouvertes: les catalyseurs essentiels des réseaux de campus

M. Günther Bräutigam, Directeur général, Airpuls; M. Renato L.G. Cavalcante, Chercheur, Fraunhofer HHI; M. Martin Kasparick, Chercheur associé, Fraunhofer HHI; M. Alexander Keller, Directeur de recherche, NVIDIA; et M. Slawomir Stanczak, Chef du département des communications et des réseaux hertziens, Fraunhofer HHI, Allemagne

58 Citations de certains hôtes du Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G concernant les énoncés de problèmes

61 Citations de certains participants au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G



Points de vue d'établissements universitaires

62 L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique au service de communications ultra fiables à faible temps de latence

M. Andrey Koucheryavy, Professeur, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, SPbSUT, Chercheur principal, NIIR et Président de la CE 11 de l'UIT-T; M. Ammar Muthanna, Directeur adjoint chargé des sciences, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, SPbSUT, et responsable du Laboratoire SDN; M. Artem Volkov, Chercheur et doctorant, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, SPbSUT, Russie

66 L'intégration de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique dans les réseaux autonomes: une nouvelle direction pour les télécommunications de prochaine génération

Akihiro Nakao, professeur, Université de Tokyo, Japan

70 Simulations réalistes sous Raymobtime pour concevoir la couche physique de systèmes hertziens fondés sur l'intelligence artificielle

Aldebaro Klautau, professeur, Université fédérale de Pará, Brésil, et Nuria González-Prelcic, professeur associé, Université publique de Caroline du Nord, États-Unis d'Amérique

74 Construire des systèmes fiables et qui inspirent confiance grâce aux simulateurs de réseaux et aux normes

Francesc Wilhelmi, chercheur postdoctorant, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC), Espagne

78 Au Nigéria, les projets de recherche font évoluer l'enseignement et la reconnaissance vocale

James Agajo, professeur associé et chef du Groupe de recherche WINEST, Département d'ingénierie informatique, Abdullahi Sani Shuaibu et Blessed Guda, étudiants, Université fédérale de technologie de Minna, Nigéria

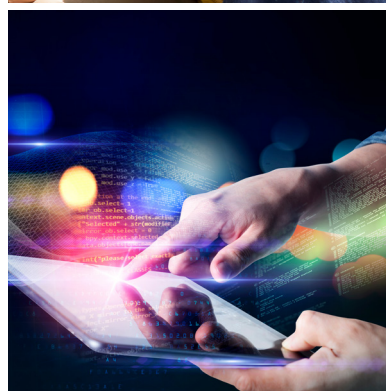
82 Pourquoi de nouveaux partenariats sont nécessaires pour produire de nouvelles données

Ignacio Rodriguez Larrad, Postdoctorant, Réseaux de communications hertziens, Université d'Aalborg, Danemark

86 Orchestration des fonctions de l'apprentissage automatique pour la future génération de réseaux de communication

Mme Shagufta Henna, Maître de conférence en informatique, Institut de technologie de Letterkenny, Irlande

88 Possibilités de parrainage pour 2021



L'UIT tient à remercier les sponsors de l'édition de 2020 du Concours sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G

Sponsor de la catégorie or

Autorité de régulation des télécommunications
(TRA), Émirats arabes unis



TRA



Sponsors de la catégorie bronze

Cisco Systems et ZTE



CISCO



ZTE



Créer une communauté et renforcer la confiance au sein de la tribune de l'UIT

L'équipe des Nouvelles de l'UIT s'est entretenue avec [M. Chaesub Lee](#), Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT, afin d'en savoir plus sur le [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#) et sur ses liens avec les priorités stratégiques de l'UIT.

Le présent numéro met en avant des données d'expérience issues du Concours de l'UIT. Pouvez-vous présenter les objectifs de ce concours?

■ Le Concours de l'UIT a servi de cadre permettant aux participants d'appliquer le kit pratique de l'UIT sur l'apprentissage automatique afin de trouver des solutions à des énoncés de problèmes concrets. Les participants ont pu entrer en relation avec de nouveaux partenaires au sein de la communauté de l'UIT et découvrir de nouveaux outils et de nouvelles sources de données, dans le but d'atteindre les objectifs fixés dans les énoncés de problèmes soumis par des entreprises et des établissements universitaires du Brésil, de la Chine, de l'Inde, de l'Irlande, du Japon, de la Russie, de l'Espagne, de la Turquie et des États-Unis. Les participants ont eu l'occasion de démontrer leurs talents, d'éprouver leurs concepts sur des données réelles et des problèmes concrets et de concourir afin d'obtenir une reconnaissance internationale.

De quelle manière le Concours de l'UIT contribue-il aux priorités stratégiques de l'UIT?

■ La création d'une communauté et le renforcement de la confiance sont au cœur de l'action de l'UIT. Les membres de l'UIT se composent de 193 États Membres et de plus de 900 entreprises, universités et organisations internationales et régionales à travers le monde. Les normes de l'UIT sont élaborées par une communauté d'acteurs, ce qui favorise une compréhension mutuelle permettant aux parties prenantes d'avancer ensemble. Les normes de l'UIT constituent des réalisations majeures qui sont le fruit de la collaboration internationale. Elles représentent des engagements volontaires en faveur d'approches communes vis-à-vis de la conception et de l'application des technologies et de l'appui aux relations commerciales. Toute la valeur du processus de normalisation de l'UIT tient à la communauté qui se crée dans ce contexte, comme c'est le cas dans le cadre du Concours de l'UIT.



“ Le Concours de l'UIT a servi de cadre permettant aux participants d'appliquer le kit pratique de l'UIT sur l'apprentissage automatique. ”

Chaesub Lee

Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT

Quelle est la relation entre les normes de l'UIT et le Concours de l'UIT, et comment cette relation est-elle appelée à évoluer?

Les nouvelles normes de l'UIT pour l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique (ML) offrent des outils permettant d'intégrer l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G et les réseaux futurs, à mesure que ceux-ci évoluent. L'architecture UIT-T Y.3172, qui découle de l'étude des cas d'utilisation publiés dans le [Supplément 55 aux Recommandations UIT-T de la série Y.3170](#), présente un ensemble d'outils de base en lien avec le réseau sous-jacent: un pipeline ML pour l'optimisation des modèles et le service; un «bac à sable» ML pour mettre à l'épreuve les modèles avant le déploiement; et un orchestrateur de fonctions ML pour contrôler l'intégration IA/ML. Les Recommandations [UIT-T Y.3173](#) (évaluation du niveau d'intelligence), [UIT-T Y.3174](#) (traitement des données) et [UIT-T Y.3176](#) (intégration des marchés) reposent toutes sur l'architecture UIT-T Y.3172. Le Concours de l'UIT avait pour objectif de présenter et de valider ces normes de l'UIT et de créer de nouvelles perspectives permettant aux entreprises et aux établissements universitaires d'influer sur leur évolution.

“

Les réseaux 5G constituent des avancées majeures dans le secteur et permettront de répondre aux besoins propres à un large éventail d'applications dans tous les secteurs d'activité.

”

Chaesub Lee

En quoi l'intelligence artificielle/ l'apprentissage automatique et la promotion des normes sont-ils importants dans le contexte des réseaux 5G et des réseaux futurs?

Les entreprises du secteur des réseaux se tournent vers l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans le cadre de leurs innovations visant à optimiser le fonctionnement des réseaux et à accroître l'efficacité énergétique et la rentabilité. Les réseaux 5G constituent des avancées majeures dans le secteur et permettront de répondre aux besoins propres à un large éventail d'applications dans tous les secteurs d'activité. Les réseaux sont de plus en plus complexes et sophistiqués. L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique joueront un rôle essentiel pour faire face à cette complexité. Les normes de

la série Y.317x de l'UIT offrent des ensembles d'outils polyvalents visant à favoriser l'intégration de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique en phase avec l'évolution des réseaux. Des ensembles d'outils normalisés, conçus pour être adaptés à l'évolution des besoins des utilisateurs et aux très nombreux cas d'utilisation, sont également mis en avant dans les normes de l'UIT, dans des domaines tels que le multimédia, la sécurité, la chaîne de blocs et les technologies d'informatique quantique.

Le secteur des TIC évolue très rapidement. Quelles ont été les incidences des évolutions de ces dernières années sur le processus de normalisation de l'UIT?

Le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) a vu le nombre de ses membres augmenter considérablement au cours des quatre dernières années, avec plus de 50 nouveaux membres l'année dernière. Nous traitons de nouveaux sujets passionnants, mais le rôle que joue la tribune de l'UIT est resté le même depuis plus de 150 ans: créer une communauté et renforcer la confiance afin de promouvoir les avancées dans le domaine des TIC à l'échelle mondiale. Depuis de nombreuses années essentielle à l'instauration d'une compréhension mutuelle dans le secteur des TIC, la plate-forme de normalisation de l'UIT aide désormais ce même secteur à établir une compréhension mutuelle avec ses nombreux nouveaux partenaires. Les nouveaux partenaires œuvrent collectivement à faire

progresser les travaux de normalisation de l'UIT dans des domaines tels que les villes intelligentes, l'énergie, les soins de santé, les services financiers, l'automobile et l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique.

Quelle a été l'approche adoptée par l'UIT face à la nécessité de prendre en charge une gamme d'applications TIC plus diversifiée?

■ Bien que le rôle de l'UIT, consistant à créer une communauté et à renforcer la confiance, soit resté inchangé, nous sommes entrés dans une nouvelle ère sur le plan de la normalisation, qui suppose d'adopter de nouvelles approches afin que l'UIT puisse continuer d'exercer ce rôle. Depuis de nombreuses années, nous réunissons les décideurs du secteur des TIC et les décideurs d'autres secteurs. Ce dialogue inclusif nous a permis d'instaurer les conditions nécessaires pour élaborer des normes influentes dans les domaines de l'innovation qui ont vu le jour grâce aux nouveaux partenariats, comme la santé numérique, les services financiers numériques, les systèmes de transport intelligents et l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique. C'est à cet aspect que l'on reconnaît l'utilité des tribunes ouvertes telles que les [groupes spécialisés de l'UIT-T](#) et le [Sommet mondial sur l'intelligence artificielle au service du bien social](#). Ces tribunes ouvertes contribuent à créer une communauté et à renforcer la confiance. Elles permettent de mieux comprendre les contributions attendues des

différentes parties prenantes, y compris des travaux de normalisation de l'UIT.

Dans quels domaines l'influence de l'intelligence artificielle/de l'apprentissage automatique est-elle la plus marquée dans le cadre des travaux de normalisation de l'UIT et quelles sont les possibilités sur le plan de la participation?

■ L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique font partie intégrante des travaux de normalisation de l'UIT dans des domaines tels que l'orchestration et la gestion des réseaux, le codage multimédia, l'évaluation de la qualité de service, la santé numérique, l'efficacité environnementale et la conduite autonome. Le concept de réseau véritablement autonome (niveau 5 d'intelligence décrit dans la Recommandation UIT-T Y.3173) a donné lieu à de nombreuses discussions au sein de l'UIT. Nous invitons ceux qui le souhaitent à nous rejoindre. L'UIT continue de se développer de façon inclusive.

Cette année, nous avons mis en place une contribution financière réduite pour les jeunes entreprises et les PME. Les établissements universitaires bénéficient de contributions réduites depuis 2011. Les entreprises de toutes tailles issues de pays en développement à faible revenu bénéficient également de contributions réduites. ■

“

Le concept de réseau véritablement autonome – que permet le niveau 5 d'intelligence décrit dans la Recommandation UIT-T Y.3173 – a donné lieu à de nombreuses discussions au sein de l'UIT.

”

Chaesub Lee

Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G

*Application de l'apprentissage
automatique dans les réseaux
de communication*

ai5gchallenge@itu.int



Message des organisateurs

Thomas Basikolo, Consultant pour l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique

■ Le [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#) a réuni des étudiants et des professionnels du monde entier partageant les mêmes intérêts afin d'étudier les applications pratiques de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique dans les réseaux émergents et les réseaux futurs. Il s'agissait du premier concours de ce type organisé par l'UIT, mais compte tenu du grand nombre d'enseignements précieux qui ont été retenus, il est à prévoir que d'autres éditions suivront.

Le Concours a réuni plus de 1 300 participants de 62 pays, regroupés au sein de 911 équipes. Lors de la grande finale de ce concours, qui aura lieu en ligne du 15 au 17 décembre, ces équipes exceptionnelles entreront en compétition pour remporter une partie du prix représentant un montant total de 20 000 CHF, ainsi que divers autres prix offrant une reconnaissance mondiale.

Ce Concours de l'UIT a été rendu possible grâce à des partenariats, qui ont constitué le maître mot de cette manifestation.

“

*Le Concours de l'UIT
sur l'intelligence
artificielle et
l'apprentissage
automatique dans
la 5G a réuni des
étudiants et des
professionnels
du monde entier
partageant les
mêmes intérêts.*

”

Thomas Basikolo

“

Le Concours a réuni plus de 1 300 participants de 62 pays, regroupés au sein de 911 équipes.

”

Thomas Basikolo

Le Concours de l'UIT a permis aux participants de nouer des relations avec de nouveaux partenaires issus d'entreprises et d'établissements universitaires et de découvrir de nouveaux outils et de nouvelles ressources de données, le but étant de résoudre des problèmes réels au moyen de l'intelligence artificielle/de l'apprentissage automatique, de démontrer leurs talents et d'acquérir de nouvelles données d'expérience. Vingt-trois énoncés de problèmes ont été soumis par des entreprises et des établissements universitaires du Brésil, de la Chine, de l'Inde, de l'Irlande, du Japon, de la Russie, de l'Espagne, de la Turquie et des États-Unis, et ces «hôtes régionaux» ont fourni des ressources et des avis d'experts afin d'aider les participants à relever ces défis.

Nous tenons à remercier la communauté qui a rendu possible ce Concours, c'est-à-dire les participants et les hôtes régionaux; les partenaires de promotion, à savoir [LF AI & Data](#), [NGMN](#) et [SGInnovate](#); ainsi que notre sponsor de la catégorie or, l'Autorité de régulation des télécommunications ([TRA](#)) des Émirats arabes

unis et nos sponsors de la catégorie bronze, [Cisco](#) et [ZTE](#).

Mettre en correspondance les solutions et les normes de l'UIT

Les nouvelles normes de l'UIT pour l'intelligence artificielle (IA)/l'apprentissage automatique (ML) offrent des ensembles de données qui, lorsqu'ils sont intégrés, constituent un canal de bout en bout pour l'intégration de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique dans les réseaux. Le Concours de l'UIT vise à présenter et à valider ces normes de l'UIT. En mettant en correspondance les solutions et les normes de l'UIT, le Concours de l'UIT contribue au développement de la communauté d'acteurs qui sont en mesure de promouvoir l'évolution itérative de ces normes.

L'architecture [UIT-T Y.3172](#), qui découle de l'étude des cas d'utilisation publiés dans le [Supplément 55 aux Recommandations UIT-T de la série Y.3170](#), présente un ensemble d'outils de base en lien avec le réseau sous-jacent: un pipeline ML pour l'optimisation des modèles et le service; un «bac à sable» ML pour mettre à l'épreuve les modèles avant le déploiement; et un orchestrateur de fonctions ML (MLFO) pour contrôler l'intégration IA/ML. Les Recommandations [UIT-T Y.3173](#) (évaluation du niveau d'intelligence), [UIT-T Y.3174](#) (traitement des données) et [UIT-T Y.3176](#) (intégration des marchés) reposent toutes sur l'architecture [UIT-T Y.3172](#).

Les énoncés de problèmes de cette première édition du Concours de l'UIT ont fourni diverses occasions d'appliquer les techniques [UIT-T Y.317x](#), et un énoncé de problème a permis de démontrer les capacités MLFO grâce à des mises en œuvre de référence.

Dans les éditions futures de ce Concours de l'UIT, l'objectif sera de fournir une mise en œuvre de référence pour un pipeline ML de bout en bout, comme indiqué dans la Recommandation [UIT-T Y.3172](#). Ces mises en œuvre de référence comprendraient par exemple des guides pour le codage et l'intégration de l'apprentissage automatique; des outils pour le traitement et la gestion des données; et des outils pour la sélection, l'entraînement, l'optimisation et la vérification des modèles d'apprentissage automatique.

Notre objectif est aussi de donner l'accès aux ensembles d'outils normalisés de l'UIT dans le cadre d'initiatives telles que des plugfest et des hackatons et de faciliter la collaboration dans le cadre de projets à code source ouvert et de travaux de normalisation.

Une expérience d'apprentissage pour tous

La disponibilité des données est un problème majeur qui doit être traité lorsque l'on réunit une communauté mondiale afin d'innover dans le domaine de l'intelligence artificielle/de l'apprentissage automatique.

Quinze énoncés de problèmes étaient mis à la disposition de tous les participants. Huit énoncés étaient disponibles moyennant des conditions définies par les hôtes. Quatorze autres sont toujours «en cours d'élaboration», en l'absence d'outils et de ressources de données nécessaires pour cette première édition du Concours de l'UIT. Il est à espérer que de nouveaux partenaires se mobiliseront pour aborder ces quatorze énoncés de problèmes lors de futures éditions du Concours de l'UIT.

Les lignes directrices sur le partage de données du Concours de l'UIT englobent un large éventail de points de vue émanant d'entreprises et d'établissements universitaires concernant l'accès à des données réelles relatives aux réseaux, à des données de synthèse et à des données ouvertes. Ces lignes directrices donnent une description des mesures visant à permettre le partage de données compte tenu des différentes classifications des ensembles de données, des étapes de prétraitement (notamment l'anonymisation) et de l'hébergement sécurisé des données.

Nous avons pu constater que les meilleurs résultats sont ceux obtenus dans le cadre d'une collaboration étroite. Le Concours a montré que la meilleure façon de résoudre les énoncés de problèmes est de s'appuyer non seulement sur les outils et les ressources de données nécessaires, mais aussi sur une collaboration étroite entre les participants et les hôtes régionaux.

Notre priorité était de créer une véritable communauté dans le domaine de l'intelligence

artificielle/de l'apprentissage automatique.

Dans le cadre des travaux visant à offrir aux participants des conditions équitables, l'UIT et ses partenaires ont élaboré des flux de travail spécialement adaptés, permettant aux participants de vivre une expérience unique et personnalisée dans le cadre du Concours.

L'UIT a dialogué avec les participants dans le cadre de tables rondes et de webinaires techniques, afin de fournir des avis d'experts dans le but de traiter les énoncés de problèmes et de mettre en avant les nouvelles normes de l'UIT à l'appui. Aux côtés des hôtes régionaux, les organisateurs ont fait la promotion de la manifestation en langues locales, mis en relation des participants et des mentors et animé des discussions interactives sur la plate-forme Slack.

Prêts à relever le défi en 2021?

Les travaux préparatoires en vue de l'édition 2.0 du Concours de l'UIT sont en cours, sous la direction d'une équipe de base constituée de membres du comité de gestion du Concours, de membres du jury, de partenaires de promotion et de sponsors.

Nous continuerons d'encourager les nouveaux partenariats dans les domaines de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique et d'élaborer des principes directeurs pour l'échange d'outils et de ressources de données nécessaires afin de concrétiser ces partenariats. Nous

“

Les travaux préparatoires en vue de l'édition 2.0 du Concours de l'UIT sont en cours, sous la direction d'une équipe de base constituée de membres du comité de gestion du Concours, de membres du jury, de partenaires de promotion et de sponsors.

”

Thomas Basikolo

serions heureux d'accueillir de nouveaux partenariats et de recevoir de nouveaux énoncés de problèmes, de nouveaux outils et de nouvelles ressources de données. Notre objectif est d'ouvrir de nouvelles possibilités pour permettre aux entreprises et aux établissements universitaires de résoudre ensemble des problèmes, ainsi que de nouvelles perspectives pour influencer sur l'orientation du processus de normalisation de l'UIT et de l'application des normes. Contactez-nous si vous souhaitez participer à la résolution de problèmes, évaluer certaines contributions intéressantes, promouvoir le Concours, parrainer un prix ou encadrer des étudiants.

Nous vous remercions pour votre soutien et nous nous réjouissons de vous revoir à l'occasion de l'édition 2.0 du Concours. ■

Suivez le concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique en 5G

26 partenaires
(opérateurs de
télécommunication, fournisseurs
d'équipements et universitaires) ont
travaillé sur **23** énoncés de problème,
Plus de 1 300 participants provenant de
plus de 60 pays situés dans **6** régions et
provenant à **45%** du secteur privé et à **55%**
du monde universitaire, **26** séminaires sur
le web, **4** domaines techniques: réseaux,
catalyseurs, processus verticaux, bien
social, **20 000 CHF** de dotation
pour les lauréats, **5** catégories de
certificats

Voir le [site web](#)
du concours

Ne manquez pas
la proclamation
des gagnants de
la grande finale
du concours
qui aura lieu [en](#)
[ligne ici](#)
du **15 au 17**
décembre 2020

Chronologie



Énoncés de problème

Titre	Entité d'accueil
ML5G-PHY-choix des faisceaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques	Université fédérale de Pará (UFPA), Brésil
Améliorer la capacité des réseaux WLAN conformes à la norme IEEE 802.11 par l'apprentissage automatique	Université de Pompeu Fabra (UPF), Espagne
Concours 2020 de construction de réseaux de neurones en graphes	Barcelona Neural Networking Center (BNN-UPC), Espagne
Compression de modèles d'apprentissage profond	ZTE
5G+IA (transport intelligent)	Université de Jawaharlal Nehru (JNU), Inde
Amélioration de l'expérience et renforcement de l'immersion lors des conférences et des collaborations par vidéo	Dview
5G+ML/IA (accès dynamique au spectre)	Indian Institute of Technology Delhi (IITD)
Systèmes IA/ML protégeant la confidentialité des données dans des réseaux 5G destinés aux applications de santé	Centre for Development of Telematics (C-DOT)
Partage des expériences en matière d'utilisation de systèmes 5G+IA (3D augmentée + réalité virtuelle)	Hike, Inde
Démonstration des capacités des systèmes MLFO par mise en œuvre de références	Letterkenny Institute of Technology (LYIT), Irlande
ML5G-PHY-estimation des canaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques à l'Université publique de Caroline du Nord	North Carolina State University, États-Unis d'Amérique
Estimation de l'état d'un réseau par analyse de données vidéo brutes	NEC, RISING Committee, Telecommunication Technology Committee (TTC)
Analyse des échecs liés aux informations d'itinéraire dans les réseaux centraux IP par un environnement de test fondé sur la virtualisation des fonctions de réseau	KDDI, RISING Committee, Telecommunication Technology Committee (TTC)
Exploitation d'informations météorologiques pour prévoir les échecs de liaisons radio	Turkcell
Reconnaissance de trafic et prévision de trafic à long terme fondées sur des algorithmes d'IA et des métadonnées aux fins de la 5G/IMT-2020 et au-delà	Université publique de télécommunications de Saint-Petersbourg (SPbSUT)
5G+IA+AR	China Unicom (Division de Zhejiang)
Localisation des pannes dans des éléments de réseaux en boucle fondée sur une plate-forme MEC	China Unicom (Division de Guangdong)
Construction d'éléments de réseaux en boucle fondés sur une plate-forme MEC à partir d'un graphe de connaissances pour la configuration	China Unicom (Division de Guangdong)
Alerte et prévention fondées sur des données de télécommunication pour les situations d'urgence en matière de santé publique	China Unicom (Division de Beijing)
Prévisions permettant à des cellules de stations de base d'un réseau de communication mobile d'économiser de l'énergie	China Unicom (Division de Shanghai)
Détection d'anomalies dans un réseau central fondée sur des indicateurs clés de performance	China Unicom (Division de Shanghai)
Optimisation de la topologie des réseaux	China Mobile
Prévision d'alerte de panne (OoS) dans une station de base d'un réseau 4/5G	China Mobile

Grande finale du concours - Mardi 15 décembre 2020

Heure CET	Titre	Membres de l'équipe	Affiliation
12 h 15	5G+IA+AR	Jiawang Liu_Jiaping Jiang	CITC et China Unicom
12 h 30	Analyse des échecs liés aux informations d'itinéraire dans les réseaux centraux IP par un environnement de test fondé sur la virtualisation des fonctions de réseau	Fei Xia_Aerman Tuerxun_Jiaxing Lu_Ping Du	Université de Tokyo
12 h 45	Analyse des échecs liés aux informations d'itinéraire dans les réseaux centraux IP par un environnement de test fondé sur la virtualisation des fonctions de réseau	Takanori Hara_Kentaro Fujita	Nara Institute of Science and Technology, Japan
13 h 00	Analyse des échecs liés aux informations d'itinéraire dans les réseaux centraux IP par un environnement de test fondé sur la virtualisation des fonctions de réseau	Ryoma Kondo_Takashi Ubukata_Kentaro Matsuura_Hirofumi Ohzeki	Université de Tokyo
13 h 15	Localisation des pannes dans des éléments de réseaux en boucle fondée sur une plate-forme MEC	Zhang Qi_Lin Xueqin	Guochuang Software Co. Ltd
13 h 30	Optimisation de la topologie des réseaux	Han Zengfu_Wang Zhiguo_Zhang Yiwei_Wu Desheng_Li Sicong	China Mobile Shandong
13 h 45	Optimisation de la topologie des réseaux	Gang Zhouwei_Rao Qianyin_Feng Zezhong_Xi Lin_Guo Lin	China Mobile Guizhou
14 h 00	Pause	Pause	Pause
14 h 15	Prévisions permettant à des cellules de stations de base d'un réseau de communication mobile d'économiser de l'énergie	Wei Jiang_Shiyi Zhu_Xu Xu	AsiaInfo Technologies Ltd
14 h 30	Prévision d'alerte de panne (OoS) dans une station de base d'un réseau 4/5G	Zhou Chao_Zheng Tianyu_Jiang Meijun	Université de Nankai
14 h 45	Démonstration des capacités des systèmes MLFO par mise en œuvre de références	Abhishek Dandekar	Université technique de Berlin
15 h 00	ML5G-PHY-choix des faisceaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques	Mahdi Boloursaz Mashhadi_Tze-Yang Tung_Mikolaj Jankowski_Szymon Kobus	Imperial College, Londres
15 h 15	ML5G-PHY-choix des faisceaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques	Batool Salehikouei_Debashri Roy_Guillem Reus Muns_Zifeng Wang_Tong Jian	Université du Nord-Est, Brésil
15 h 30	ML5G-PHY-choix des faisceaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques	Zecchin Matteo	Eurecom, Brésil
15 h 45	Améliorer la capacité des réseaux WLAN conformes à la norme IEEE 802.11 par l'apprentissage automatique	Ramon Vallès	Université de Pompeu Fabra, Espagne
16 h 00	Améliorer la capacité des réseaux WLAN conformes à la norme IEEE 802.11 par l'apprentissage automatique	Paola Soto_David Goetz_Miguel Camelo_Natalia Gaviria	Université d'Antwerp, Belgique
16 h 15	Améliorer la capacité des réseaux WLAN conformes à la norme IEEE 802.11 par l'apprentissage automatique	Mohammad Abid_Ayman M. Alosan_Faisal Alomar_Mohammad Alfaifi_Abdulrahman Algunayyah_Khaled M. Sahari	Saudi Telecom

Note: Les équipes précitées ont été choisies pour présenter un exposé lors de la grande finale du concours (conférence finale).

(Chaque équipe dispose de 8 minutes pour faire son exposé, puis de 7 minutes pour les questions et les réponses avec le jury et le public.)



On trouvera [ici](#) la liste des meilleures équipes.



Ne manquez pas la conférence finale! Inscrivez-vous [ici](#).

Grande finale du concours – Mercredi 16 décembre 2020

Heure CET	Titre	Membres de l'équipe	Affiliation
12 h 00	Estimation de l'état d'un réseau par analyse de données vidéo brutes	Yuusuke Hashimoto_Yuya Seki_Daishi Kondo	Université de la Préfecture d'Osaka, Japon
12 h 15	Estimation de l'état d'un réseau par analyse de données vidéo brutes	Yimeng Sun_Badr Mochizuki	The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics, Japon
12 h 30	Estimation de l'état d'un réseau par analyse de données vidéo brutes	Fuyuki Higa_Gen Utidomari_Ryuma Kinjyo_Nao Uehara	National Institute of Technology, Okinawa College, Japon
12 h 45	Compression de modèles d'apprentissage profond	Yuwei Wang_Sheng Sun	Institute of Computing Technology Académie des sciences de la Chine
13 h 00	Compression de modèles d'apprentissage profond	Satheesh Kumar Perepu_Saravanan Mohan_Vidya G Thrivikram_G L Sethuraman TV	Ericsson Research India
13 h 15	5G+IA (transport intelligent)	Atheer K. Alsaif_Nora M. Almuhanha_Abdulrahman Alromaih_Abdullah O. Alwashmi	Saudi Telecom
13 h 30	Systèmes IA/ML protégeant la confidentialité des données dans des réseaux 5G destinés aux applications de santé	Mohammad Malekzadeh_Mehmet Emre Ozfatura_Kunal Katarya_Mital Nitish	Imperial College, Londres
13 h 45	Partage des expériences en matière d'utilisation de systèmes 5G+IA (3D augmentée + réalité virtuelle)	Nitish Kumar Singh	Easyrewardz Software Services
14 h 00	Pause	Pause	Pause
14 h 15	Concours 2020 de construction de réseaux de neurones en graphes	Loïck Bonniot_Christoph Neumann_François Schnitzler_François Taiani	InterDigital; Inria/Irisa
14 h 30	Concours 2020 de construction de réseaux de neurones en graphes	Nick Vincent Hainke_Stefan Venz_Johannes Wegener_Henrike Wissing	Fraunhofer HHI, Allemagne
14 h 45	Concours 2020 de construction de réseaux de neurones en graphes	Martin Happ_Christian Maier_Jia Lei Du_Matthias Herlich	Salzburg Research Forschungsgesellschaft
15 h 00	Exploitation d'informations météorologiques pour prévoir les échecs de liaisons radio	Dheeraj Kotagiri_Anan Sawabe_Takanora Iwai	NEC Corporation
15 h 15	Exploitation d'informations météorologiques pour prévoir les échecs de liaisons radio	Juan Samuel Pérez_Amín Deschamps_Willmer Quiñones_Yobany Díaz	Santo Domingo Institute of Technology (INTEC)
15 h 30	Reconnaissance de trafic et prévision de trafic à long terme fondées sur des algorithmes d'IA et des métadonnées aux fins de la 5G/IMT2020 et au-delà	Ainaz Hamidulin_Viktor Adadurov_Denis Garaev_Artem Andriesvsky	Université technique publique d'aéronautique d'Oufa, Russie
15 h 45	ML5G-PHY-estimation des canaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques à l'Université publique de Caroline du Nord	Dolores Garcia_Joan Palacios_Joerg Widmer	IMDEA Networks
16 h 00	ML5G-PHY-estimation des canaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques à l'Université publique de Caroline du Nord	Emil Björnson_Pontus Giselsson_Mustafa Cenk Yetis_Özlem Tugfe Demir	Universités de Linköping et de Lund, Suède
16 h 15	ML5G-PHY-estimation des canaux: apprentissage automatique appliqué à la couche physique des systèmes MIMO en ondes millimétriques à l'Université publique de Caroline du Nord	Chandra Murthy_Christo Kurisummoottil Thomas_Marios Kountouris_Rakesh Mundlamuri_Sai Subramanyam Thoota_Sameera Bharadwaja H	Eurecom, France, Indian Institute of Science, Inde, Communications, Canada

Note: Les équipes précitées ont été choisies pour présenter un exposé lors de la grande finale du concours (conférence finale).

(Chaque équipe dispose de 8 minutes pour faire son exposé, puis de 7 minutes pour les questions et les réponses avec le jury et le public.)



On trouvera [ici](#) la liste des meilleures équipes.



Ne manquez pas la conférence finale! Inscrivez-vous [ici](#).

Grande finale du concours - Jeudi 17 décembre 2020

Heure CET	Programme
11 h 30-12 h 00	Session commune pour tester la connexion
12 h 00-12 h 30	Cérémonie d'ouverture
	Remarques liminaires Houlin Zhao, Secrétaire général de l'UIT Chaesub Lee, Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT Autorité de régulation des télécommunications des Émirats arabes unis
	Tour d'horizon du concours 2020 Thomas Basikolo, UIT
12 h 30-12 h 55	Allocution - Les progrès récents de l'apprentissage fédéré dans le domaine des communications Wojciech Samek, Chef du Groupe de l'apprentissage automatique, Fraunhofer HHI
12 h 55-13 h 40	Session spéciale: Une vision de l'avenir - La feuille de route de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage automatique (ML) dans le domaine de la 5G
	Le point de vue du régulateur Autorité de régulation des télécommunications des Émirats arabes unis
	Le point de vue du secteur privé Cisco
	Le point de vue du secteur privé Wei Meng, Directeur de la planification des normes et de l'open source, ZTE Corporation
13 h 40-14 h 05	Allocution - Le voyage inachevé de l'IA en réseau Chih-Lin I, Directeur scientifique, Technologies hertziennes, China Mobile Research Institute
14 h 05-14 h 30	Allocution - Apprendre aux frontières des technologies hertziennes H. Vincent Poor - Professeur d'ingénierie électrique, Université de Princeton, États-Unis d'Amérique
14 h 30-15 h 15	Exposés des lauréats
15 h 15-15 h 30	Annnonce des récompenses: prix et certificats
15 h 30-15 h 35	Appel à articles pour le numéro spécial du Journal de l'UIT sur les technologies futures et les technologie évolutives (UIT J-FET): «Solutions IA/ML dans le domaine de la 5G et réseaux du futur»
15 h 35-15 h 45	Perspectives en 2021 pour le concours 2.0 Vishnu Ram, chercheur indépendant
15 h 45-16 h 00	Cérémonie de clôture
	Remarques de conclusion: Les hôtes du concours 2020 IA/ML de l'UIT Chaesub Lee, Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT



Ne manquez pas la conférence
finale! Inscrivez-vous [ici](#).

Prix et certificats des lauréats

Les équipes chargées des différents énoncés participeront au concours IA/ML en 5G organisé par l'UIT, et divers prix seront offerts à celles qui auront remporté la grande finale du 15 au 17 décembre 2020.

Certificat du prix des vainqueurs: Les prix suivants seront décernés aux équipes lauréates:

Premier
prix:

«Médaille d'or du
concours IA/ML en
5G»

Dotation:
5 000 CHF

Deuxième
prix:

«Médaille d'argent
du concours IA/ML
en 5G»

Dotation:
3 000 CHF

Troisième
prix:

«Médaille de
bronze du concours
IA/ML en 5G»

Dotation:
2 000 CHF

Les trois *finalistes* suivants recevront 1 000 CHF chacun.

Certificat du prix du jury: Ces prix seront remis aux vainqueurs de chaque énoncé de problème selon la recommandation de l'organisme accueillant le concours (les lauréats ne pouvant être identiques à ceux du *prix des vainqueurs*).
Chaque lauréat recevra 300 CHF.

Un certificat de mention honorable sera également remis.

Un certificat communautaire d'encouragement sera par ailleurs remis aux équipes ayant été actives pendant le programme de mentorat et dont la solution aura été acceptée.

Enfin, un *certificat d'achèvement* sera remis aux équipes qui auront achevé le concours en ayant présenté une solution.

Intelligence artificielle/apprentissage automatique: Guide des défis que devront relever les agents CTx de prochaine génération

Vishnu Ram OV, Consultant en recherche indépendant

■ Le nouvel agent CTx* de Future XG a analysé les rapports à l'écran.

Spécifications (x+1)G repoussées. Les déploiements xG doivent encore être justifiés. Recherche et développement noyée dans un océan d'acronymes, anciens et nouveaux. De nouveaux schémas d'architecture toutes les quelques semaines. De nouveaux cas d'utilisation à prendre en charge pour chaque marché. L'application et l'intégration de l'intelligence artificielle (AI)/apprentissage automatique (ML) dans le réseau n'avaient rien de simple. Le répertoire à code source ouvert sur

lequel le l'agent CTx misait était en train de partir dans un milliard de directions différentes. Sans compter toute cette effervescence autour des réseaux autonomes qui signifiait que chaque partie du réseau travaillait à sa propre autonomie.

L'agent CTx réussira-t-il à relever ce défi?

De nouvelles normes UIT décrivent des concepts visant à permettre l'intégration de l'intelligence artificielle (AI)/apprentissage automatique (ML) dans les réseaux 5G et futurs à mesure que ces réseaux évoluent.

“

Sans compter toute cette effervescence autour des réseaux autonomes qui signifiait que chaque partie du réseau travaillait à sa propre autonomie.

”



* Toute ressemblance ou similarité avec des agents CTO existants est entièrement futuriste.
Avertissement: Le présent article contient des informations fictives que l'on pourrait appeler déclarations prospectives.

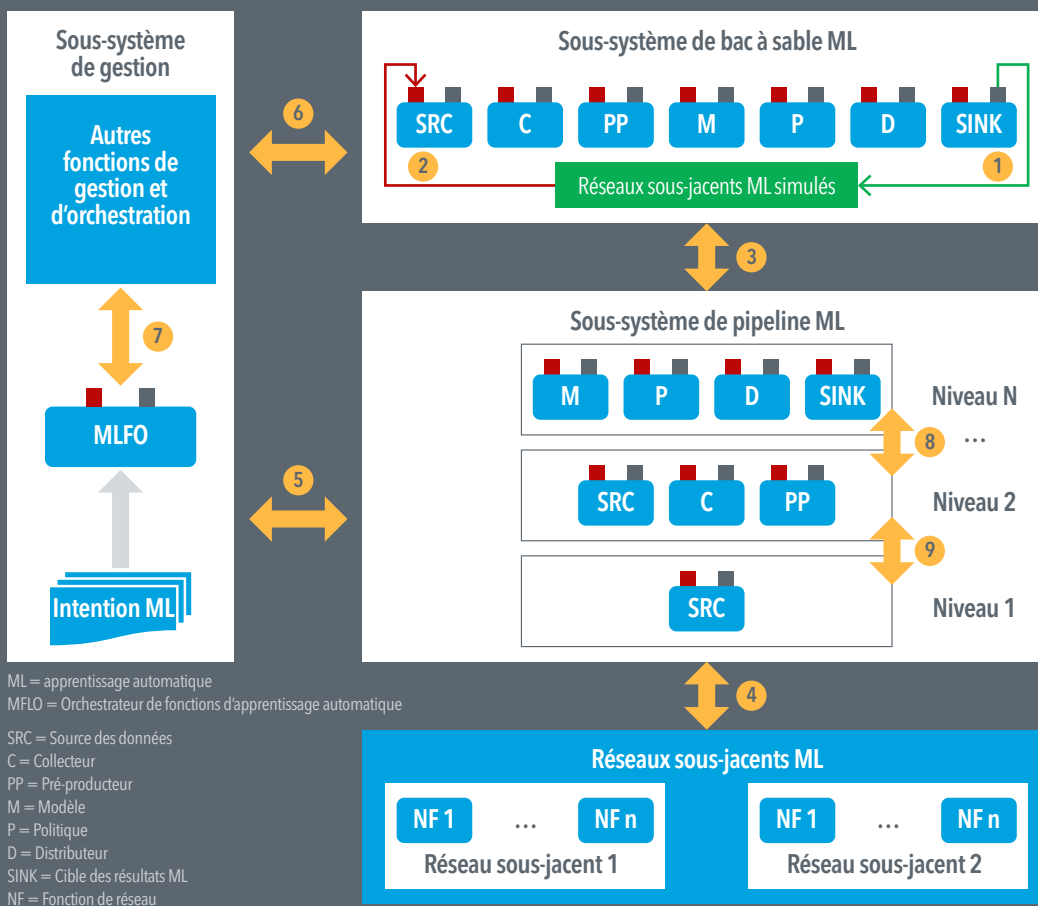
L'architecture [UIT-T Y.3172](#), qui découle de l'étude des cas d'utilisation publiés dans le [Supplément 55 aux Recommandations UIT-T](#) de la série Y.3170, présentait un ensemble d'outils de base comprenant le pipeline ML, le bac à sable ML et l'orchestrateur de fonctions ML (MLFO) en lien avec le réseau sous-jacent. Les Recommandations [UIT-T Y.3173](#) (évaluation du niveau d'intelligence), [UIT-T Y.3174](#)

(traitement des données) et [UIT-T Y.3176](#) (intégration des marchés) reposent toutes sur l'architecture UIT-T Y.1372.

L'association de ces normes UIT offre un ensemble d'outils puissants – des outils normalisés – permettant aux opérateurs de surveiller les changements dans le réseau sous-jacent et de s'y adapter. Grâce à l'utilisation des

concepts décrits dans les normes UIT-T de la série Y.317x, même lorsque l'on passe à une architecture de réseau sous-jacent de nouvelle génération, il sera toujours possible de spécifier l'intégration de l'intelligence artificielle/apprentissage automatique en utilisant la terminologie commune fournie par l'UIT.

Architecture de haut niveau pour l'intégration de l'intelligence artificielle/ apprentissage automatique dans les réseaux (UIT-T Y.3172)



“

De nouvelles alertes de la fonction de surveillance MLFO apparaissent à l'écran. Quoi? Une alerte de mise à jour du réseau!

”

Un message avec toutes les données sur un nouveau cas d'utilisation arrive dans la boîte à messages. L'agent CTx l'ouvre en utilisant l'analyseur syntaxique d'intention. Intéressant mais comment mettre en œuvre ce nouveau cas? L'agent CTx trouve un webinaire de l'UIT sur l'orchestration MLFO pour l'intégration AI/ML gérée. Quelques appels API plus tard, l'agent CTx est prêt avec une ébauche de pipeline ML.

L'agent CTx lance des simulations dans le bac à sable ML tout en attendant l'approbation pour accéder aux vraies données de réseau. Les «clones» numériques entrent en action; des données sont générées sur la base des schémas précédents et les modèles sont entraînés dans le bac à sable ML, tandis que l'autorité d'approbation prend son temps. L'agent CTx envoie les résultats des modèles expérimentaux testés dans le bac

à sable ML. L'effet obtenu est celui souhaité. L'approbation arrive dans la boîte à messages. Les vraies données de réseau améliorent encore la précision des modèles. L'agent CTx entre «[ML-usecase-1xx::status::ready]» dans la boîte à messages.

L'orchestrateur MLFO décrit dans la Recommandation UIT-T Y.3172 est un nœud logique qui effectue la gestion et l'orchestration des nœuds dans un pipeline ML. La Recommandation UIT-T Y.3173 (évaluation du niveau d'intelligence) décrit un scénario d'architecture clé pour l'évaluation des niveaux d'intelligence du réseau par l'orchestrateur MLFO. La Recommandation UIT-T Y.3174 (traitement des données) décrit les diagrammes de séquence correspondant à l'instanciation des différents composants des outils UIT-T Y.317x, sur la base de l'intention ML soumise par l'opérateur.

Associé à l'orchestrateur MLFO, le bac à sable ML offre un environnement géré dans lequel les opérateurs peuvent entraîner, tester et valider des modèles ML avant de les déployer dans le réseau réel. Le mécanisme de traitement des données définis dans la Recommandation UIT-T Y.3174 permet en outre d'ajouter de nouvelles sources de données et d'autres scénarios.

De nouvelles alertes de la fonction de surveillance MLFO apparaissent

à l'écran. Quoi? Une alerte de mise à jour du réseau! Une fois de plus, le fournisseur fait une mise à jour non programmée d'une fonction de réseau virtualisée. Devons-nous refaire la totalité du pipeline ML?

Grâce au concept décrit dans la série de Recommandations UIT-T Y.317x de pipeline ML et de bac à sable ML gérés par l'orchestrateur MLFO, les opérateurs peuvent dissocier le réseau sous-jacent de l'intégration AI/ML.

Au point de référence 7, l'architecture UIT-T Y.3172 permet à l'orchestrateur MLFO de suivre les modifications du réseau sous-jacent et d'appliquer les optimisations et les configurations dans le pipeline ML. Le scénario d'architecture décrit dans la Recommandation UIT-T Y.3173 (évaluation du niveau d'intelligence) prévoit en outre la surveillance par l'orchestrateur MLFO du niveau d'intelligence de chaque nœud d'un pipeline ML.

Le projet de Recommandation UIT-T Y.ML-IMT2020-MODEL-SERV vise à fournir un cadre architectural prenant en charge l'optimisation efficace des modèles ML dans des environnements matériels hétérogènes, le déploiement souple de modèles ML pour différents scénarios de cas d'utilisation et des interfaces efficaces dans le pipeline ML lorsqu'un modèle de service est déployé.

L'agent CTx parcourt un nouveau message dans la boîte à message «[ML-usecase-1xx::Evaluate::partner.edu::model.url]». Des travaux novateurs menés par une université partenaire sur les algorithmes avaient permis d'aboutir à un modèle imbriqué pouvant convenir pour le cas d'utilisation. L'autorité d'approbation a toujours besoin d'une évaluation du modèle. Espérons que le marché ML externe est conforme à la Recommandation UIT-Y.3176! L'agent CTx extrait le modèle du marché.

L'intégration des marchés ML peut aider les opérateurs de réseau à suivre la courbe d'innovation ML.

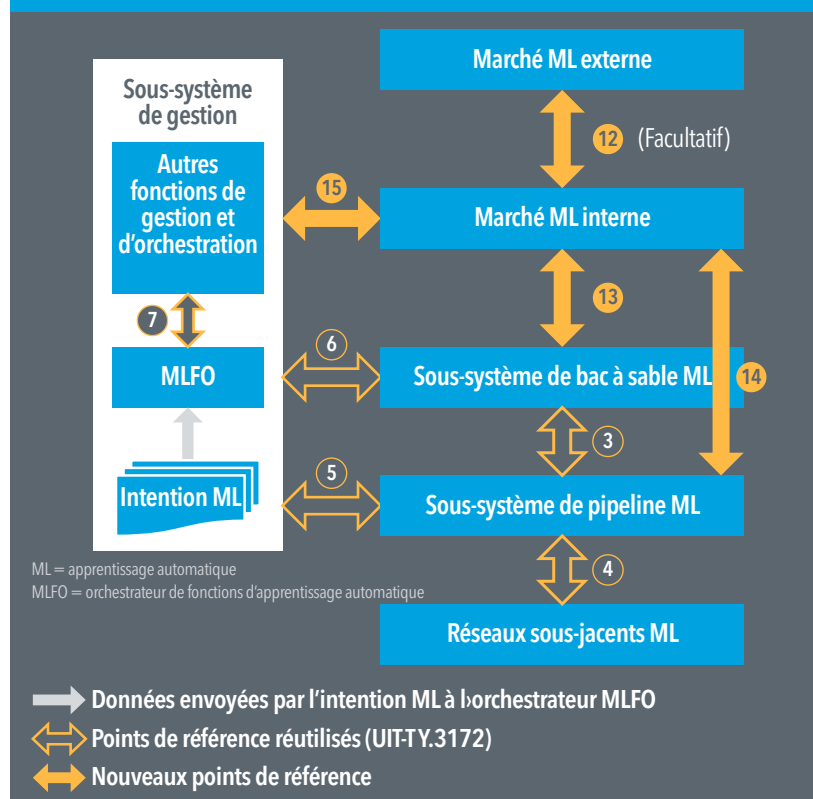
Les métadonnées des modèles ML, les exigences concernant les marchés ML et les points de référence de l'architecture définis dans la Recommandation UIT-T.Y.3176 (intégration des marchés) permettent d'échanger et de déployer efficacement des modèles ML en utilisant des interfaces normalisées. Cette méthode peut non seulement aider à résoudre les problèmes de mise en réseau avec l'utilisation de techniques ML, mais elle permet en outre de partager et de monétiser ces techniques.

La Recommandation UIT-T.Y.3176 appuie l'administration des différents types de marchés ML, internes ou externes, et la fédération des marchés ML. Grâce aux interfaces API qu'elle définit, les marchés sont en mesure de trouver et de choisir des modèles ML sur d'autres marchés et de faire appel à des marchés fédérés. Les marchés sont également en mesure d'échanger des modèles ML mis à jour et d'interagir avec des bacs à sable ML.

C'est fait! Un nouveau pipeline ML est en place dans le bac à sable ML, testé et vérifié pour le nouveau cas d'utilisation. L'agent CTx entre «[status::ready]» dans la boîte à messages. L'autorité d'approbation répond «[status::approved]». L'agent CTx planifie une mise à jour du réseau.

Pendant ce temps, sans que l'agent CTx le sache, un ensemble de mise à jour logicielle CTx était arrivé dans la boîte à messages. Il était temps d'évoluer, avec un nouvel agent CTx pour prendre le relais.

Architecture pour l'intégration des marchés ML dans le réseau (UIT-T.Y.3176)



“

En plus d'être capable d'adapter et d'améliorer la gestion et le contrôle du réseau, un réseau autonome pourra évoluer par lui-même grâce à l'expérimentation en ligne, pour permettre une meilleure composition des contrôleurs et des hiérarchies de contrôleurs.

”

Vishnu Ram OV

À propos du Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique dans la 5G

Le [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique dans la 5G](#) a offert un cadre permettant aux participants d'appliquer les techniques décrites dans les Recommandations UIT-T de la série Y.317x pour résoudre des énoncés de problèmes pratiques. Les thèmes traités dans le cadre du Concours comprenaient notamment la sélection de faisceaux, l'analyse des capacités WLAN, l'analyse de l'état du réseau, le découpage de réseau et la prévision du trafic, la prédiction des défaillances des liaisons radioélectriques, l'optimisation des modèles d'apprentissage automatique et les mises en œuvre de référence d'orchestrateur MLFO. Différents types de données, y compris des données provenant de réseaux existants, ont été fournis dans certains cas en vue de trouver des solutions aux problèmes posés.

Le concept de réseau véritablement autonome – que permet le niveau d'intelligence 5 décrit dans la Recommandation UIT-T Y.3173 – a déclenché de nombreuses discussions dans le cadre du [Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G](#), lesquelles se poursuivent dans le cadre de la [Commission d'études 13 de l'UIT-T](#), qui est le groupe de l'UIT rassemblant des spécialistes de la normalisation qui travaillent sur les réseaux futurs et l'informatique en nuage.

Les réseaux autonomes présenteront des capacités d'autonomie telles que la capacité de se surveiller, de fonctionner, de se rétablir, de se soigner, de se protéger, de s'optimiser et de se reconfigurer.

En plus d'être capable d'adapter et d'améliorer la gestion et le contrôle du réseau, un réseau autonome pourra évoluer par lui-même grâce à l'expérimentation en ligne, pour permettre une meilleure composition des contrôleurs et des hiérarchies de contrôleurs.

L'agent CTx.v2 a inspecté l'environnement.

Les pipelines ML, les bacs à sable et les marchés ML sont en place et l'orchestrateur MLFO a donné le feu vert, mais il reste quelques problèmes. Des formats de données divergents affectent le temps de latence entre les pipelines ML dans le réseau. Il faut intégrer une multitude de kits pratiques à code source ouvert. De nouveaux défis apparaissent concernant la

mise en correspondance de la demande pour atteindre le niveau 5 d'intelligence. La désagrégation des composants du réseau, l'évolution rapide du phénomène de «DevOps» et des modèles ML de plus en plus performants sont synonymes de davantage de travail pour l'intégration AI/ML.

L'agent CTx.v2 fait des recherches dans le contexte pour trouver des solutions.

Il est peut-être temps d'organiser un nouveau Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle/l'apprentissage automatique dans la 5G? L'agent CTx.v2 se connecte au bac à sable de l'UIT à Genève et tape «[AI-ML-Challenge::v2::init]», mais ça, c'est une autre histoire (celle de l'agent CTx.v3). ■



Tour d'horizon des normes relatives aux réseaux autonomes

Xiaojia Song, chercheur, **Xi CAO**, chercheur principal, **Lingli DENG**, responsable technique, **Li YU**, directeur de recherche, et **Junlan FENG**, directeur scientifique, [Institut de Recherche China Mobile](#)

■ Les réseaux mobiles entrent dans l'ère de l'intelligence avec des scénarios d'application, des fonctionnalités, des services et des exigences de fonctionnement très divers. Certaines technologies comme l'intelligence artificielle (IA) devraient permettre de déployer des réseaux autonomes (RA) dans des domaines tels que la planification, le déploiement, l'exploitation et l'optimisation de réseau, ainsi que la mise en place de services et l'assurance qualité.

La plupart des organismes de normalisation, notamment le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T), le 3GPP, l'ETSI et la CCSA travaillent activement à élaborer des normes régissant les réseaux autonomes.

Certains organismes industriels comme la GSMA, le TM Forum et la Global TD-LTE Initiative (GTI) ont entrepris de promouvoir les réseaux autonomes. La GSMA a déclaré que la capacité d'un réseau de fonctionner de manière automatique constituera la quatrième dimension indispensable à l'heure de la 5G, conjointement avec le large bande mobile évolué (eMBB), les communications massives de type machine (mMTC) et les communications ultra-fiables et à faible temps de latence (URLLC). Les réseaux autonomes sont appelés à devenir l'un des facteurs d'innovation et de développement les plus importants des services 5G.

“
Les réseaux mobiles entrent dans l'ère de l'intelligence avec des scénarios d'application très divers.
”

Les organismes de normalisation s'efforcent actuellement de définir les niveaux d'autonomie des réseaux (voir la méthode cadre dans le Tableau 1).

L'étude des niveaux d'autonomie des réseaux peut offrir un point de référence et des orientations aux opérateurs, aux fournisseurs d'équipements et à d'autres participants du secteur des télécommunications en matière de réseaux autonomes, de travaux de normalisation et d'établissement de feuilles de route.

Étant donné que la convergence industrielle est essentielle pour permettre à tout fournisseur d'équipement ou tout opérateur de réseau de réduire ses coûts, la construction d'une plate-forme de collaboration ouverte (voir Figure 1) permettrait d'élaborer conjointement le cadre de référence d'une architecture fonctionnelle indépendante du contexte ainsi que des interfaces internes ou externes normalisées. Les fournisseurs de services de communication disposeraient alors d'un outil simple pour lancer leurs activités et converger vers l'autonomie des réseaux.

Ainsi, un moteur de politiques fonctionnant par règles pourrait constituer l'un des modules fonctionnels communs prenant en charge à la fois les tâches de commande synchronisées au niveau 1, les boucles fermées impératives au niveau 2 et l'ajout de modules de traduction des intentions de commande aux niveaux 3 et 4.

Les principales activités menées par les organismes de normalisation et les organismes industriels sont indiquées dans la Figure 2 et sont brièvement présentées ciaprès.

Tableau 1 – Méthode cadre de classification du niveau d'intelligence des réseaux autonomes (source: UIT-T Y.3173)

Niveau d'intelligence du réseau		Dimensions				
		Déclenchement des fonctions	Recueil de données	Analyse	Décision	Mappage des demandes
L0	Exploitation manuelle du réseau	Humain	Humain	Humain	Humain	Humain
L1	Exploitation assistée du réseau	Humain et système	Humain et système	Humain	Humain	Humain
L2	Intelligence préliminaire	Système	Humain et système	Humain et système	Humain	Humain
L3	Intelligence intermédiaire	Système	Système	Humain et système	Humain et système	Humain
L4	Intelligence évoluée	Système	Système	Système	Système	Humain et système
L5	Intelligence complète	Système	Système	Système	Système	Système

NOTE 1 – À chaque niveau d'intelligence du réseau, le processus décisionnel doit permettre l'intervention d'un être humain de telle sorte que les décisions et les instructions d'exécution provenant de l'humain aient une priorité absolue.
 NOTE 2 – Le présent tableau ne peut servir qu'à déterminer le niveau d'intelligence du réseau dans chaque dimension (et non le niveau global d'intelligence du réseau).

Figure 1 - Collaboration ouverte du secteur industriel pour progresser vers des réseaux autonomes

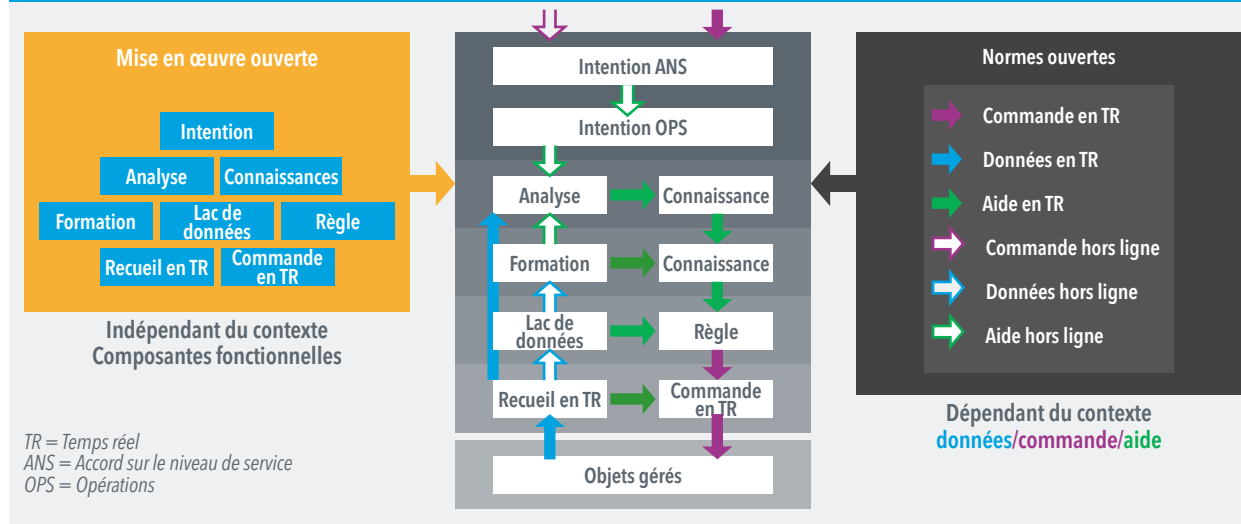
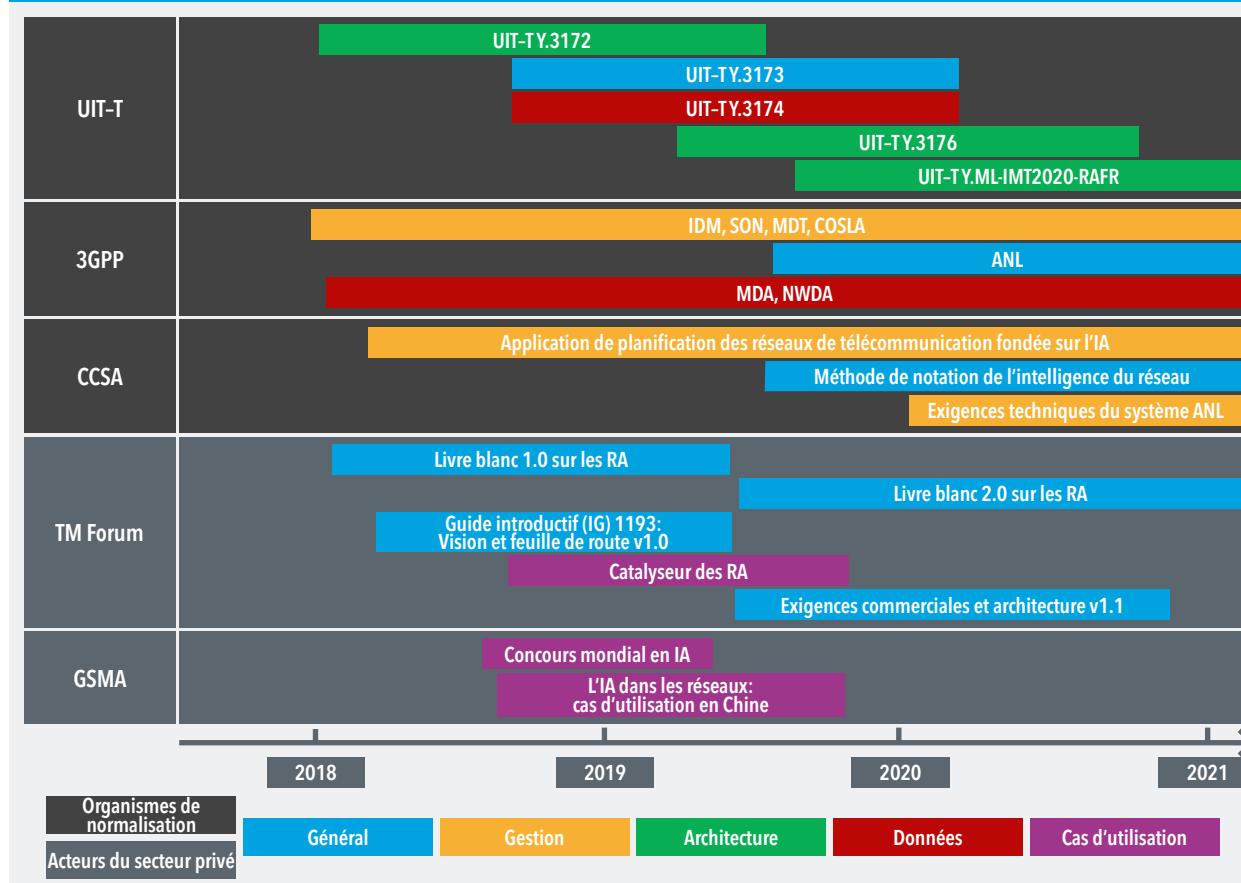


Figure 2 - Principales activités des organismes de normalisation et des organismes industriels



Activités à l'UIT

À l'UIT-T, la Commission d'études 13 concentre ses travaux sur les réseaux futurs et les aspects des télécommunications mobiles touchant aux réseaux. Le Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G (FG-ML5G), qui a mené des activités entre janvier 2018 et juillet 2020, avait été créé pour étudier les interfaces, les architectures réseau, les protocoles, les algorithmes et les formats de données. Sur les dix spécifications techniques qui lui ont été confiées, quatre ont déjà fait l'objet de Recommandations de l'UIT (normes), une a fait l'objet d'un Supplément et les cinq autres vont donner lieu à des normes de l'UIT. Les Recommandations relatives aux réseaux autonomes fondés sur l'intelligence artificielle, comme par exemple la Recommandation UITT Y.ML-IMT2020-RAFR, sont au stade de la rédaction (voir le Tableau 2).

Activités du 3GPP

Les membres du partenariat 3GPP se sont intéressés à la question des réseaux autonomes dans le contexte de la 4G. Ils ont surtout travaillé sur les réseaux auto-organisés (SON) et la minimalisation des tests de pilotage (MDT). Par la suite, dans le contexte de la 5G, ils ont lancé des travaux de normalisation pour favoriser les réseaux autonomes:

- 3GPP RAN: Recueil de données sur les réseaux d'accès radioélectrique (RAN) (TR 37.816), SON/MDT (TS 38.314, TS 38.300, TS 37.320, TS 38.306, TS 38.331, etc.) (voir le Tableau 3).

Tableau 2 – Activités de normalisation de l'UITT dans les domaines de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage automatique et des réseaux autonomes fondés sur l'IA

Numéro de référence	Titre
Supplément 55 to Y.3170 Series	Apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020: cas d'utilisation
UIT-T Y.3172	Cadre architectural pour l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020
UIT-T Y.3173	Cadre pour l'évaluation des niveaux d'intelligence des réseaux futurs, y compris les IMT-2020
UIT-T Y.3174	Cadre pour le traitement des données en vue de permettre la mise en œuvre de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020
UIT-T Y.3176	Intégration du marché de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020
Spéc. FG-ML5G	Orchestration des fonctions de l'apprentissage automatique: exigences, architecture et conception
Spéc. FG-ML5G	Bac à sable pour l'apprentissage automatique aux fins des réseaux futurs, y compris le cadre de définition des besoins et de l'architecture des IMT-2020
Spéc. FG-ML5G	Gestion et orchestration des tranches de réseau de bout en bout fondées sur l'apprentissage automatique
Spéc. FG-ML5G	Découpage de réseau assisté verticalement selon un cadre cognitif
Projet UIT-T Y.ML-IMT2020-RAFR	Cadre architectural pour l'automatisation de l'adaptation des ressources et du rétablissement en cas de panne dans des réseaux futurs fondés sur l'IA, y compris les IMT-2020

Tableau 3 – Activités de normalisation du groupe 3GPP RAN

TS/TR	Titre
3GPP TR 37.816	Étude sur le recueil et l'utilisation de données centrées sur les réseaux d'accès radioélectrique (RAN) pour le LTE et les NR
3GPP TS 38.314	Nouvelles technologies de radiocommunication (NR); mesures de la couche 2
3GPP TS 38.300	NR; description générale; étape 2
3GPP TS 37.320	Minimalisation des tests de pilotage (MDT); description générale; étape 2
3GPP TS 38.306	NR; Capacités d'accès radio de l'équipement d'utilisateur (UE)
3GPP TS 38.331	NR; Spécification du protocole de contrôle des ressources radioélectriques (RRC)

TS: spécification technique, TR: rapport technique

- 3GPP SA2: Analyse des données de réseau (NWDA) (TR 23.791, TR 23.288, TR 23.700-91) (voir le Tableau 4).
- 3GPP SA5: Analyse des données de gestion (MDA) (TR 28.809), niveaux d'autonomie des réseaux (TR 28.810, TS 28.100), gestion pilotée par intention (TR 28.812, TS 28.312), garantie de spécification de niveau de service (SLS) en boucle fermée (TR 28.805, TR 28.535, TR 28.536, etc.), réseaux autoorganisés (SON) (TR 28.861, TS 28.313) et minimalisation des tests de pilotage (MDT) (TS 28.313, série TS 32.42X) (voir le Tableau 5).

Activités de l'ETSI

L'ETSI a entrepris d'étudier activement les réseaux autonomes et a confié les sujets suivants à différents groupes de travail:

- Intelligence en réseau fondée sur l'expérience (ENI).
- Virtualisation des fonctions de réseau (NFV).
- Gestion et orchestration en code source ouvert (OSM).
- Informatique en périphérie à accès multiple (MEC).
- Réseau fixe de cinquième génération (F5G).

Tableau 4 – Activités de normalisation du groupe 3GPP SA2

TS/TR	Titre
3GPP TR 23.791	Étude des vecteurs de l'automatisation des réseaux dans le contexte de la 5G
3GPP TS 23.288	Renforcements de l'architecture des systèmes 5G à l'appui des services d'analyse de données concernant le réseau
3GPP TR 23.700-91	Étude des vecteurs de l'automatisation des réseaux dans le contexte de la 5G – Phase 2
TS: spécification technique, TR: rapport technique	

Tableau 5 – Activités de normalisation du groupe 3GPP SA5

TS/TR	Titre
3GPP TR 28.809	Étude sur le renforcement de l'analyse des données de gestion (MDA)
3GPP TR 28.810	Étude sur le concept de niveaux d'autonomie des réseaux et sur ses exigences et ses solutions
3GPP TS 28.100	Gestion et orchestration; niveaux d'autonomie des réseaux
3GPP TR 28.812	Gestion des télécommunications; étude des scénarios concernant les services de gestion pilotée par intention destinés aux réseaux mobiles
3GPP TS 28.312	Services de gestion pilotée par intention destinés aux réseaux mobiles
3GPP TR 28.805	Gestion des télécommunications; étude sur les aspects des services de communication touchant à la gestion
3GPP TS 28.535	Gestion et orchestration; services de gestion pour la garantie des services de communication; exigences
3GPP TS 28.536	Gestion et orchestration; services de gestion pour la garantie des services de communication; étapes 2 et 3
3GPP TR 28.861	Étude des réseaux auto-organisés (SON) destinés aux réseaux 5G
3GPP TS 28.313	Réseaux auto-organisés (SON) destinés aux réseaux 5G
Série 3GPP TS 32.42X	
3GPP TS 32.421	Gestion des télécommunications; trajectoire des abonnés et des équipements; concepts et exigences des trajectoires
3GPP TS 32.422	Gestion des télécommunications; trajectoire des abonnés et des équipements; suivi de trajectoire et gestion de la configuration
3GPP TS 32.423	Gestion des télécommunications; trajectoire des abonnés et des équipements; définition et gestion des données de trajectoire
3GPP TS 32.425	Gestion des télécommunications; gestion des performances (PM); mesures des performances pour le réseau d'accès hertzien de Terre universel évolué (EUTRAN)
3GPP TS 32.426	Gestion des télécommunications; gestion des performances (PM); mesures des performances pour le réseau central évolué en mode paquet (EPC)
TS: spécification technique, TR: rapport technique.	

“

Les organismes de normalisation devraient poursuivre leurs travaux dans les domaines concernés et jouer un rôle déterminant pour mettre en place un contexte favorable aux réseaux autonomes.

”

- Groupe de travail chargé de la gestion autonome et de l'intelligence de commande pour les réseaux intégrés fixes et mobiles autogérés au sein du Comité technique sur les réseaux centraux et les essais d'interopérabilité (TC INT AFI).

- Groupe de travail sur les réseaux et la gestion des services sans intervention (ZSM).

Le groupe TC INT AFI étudie l'architecture de réseau autonome générique (GANA), tandis que le groupe ZSM examine l'automatisation en boucle fermée dans le contexte des ZSM optimisés pour les algorithmes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle (IA) pilotés par les données. En novembre 2019, l'ETSI a publié un rapport intitulé *Experiential Networked Intelligence (ENI)*:

ENI Definition of Categories for AI Application to Networks (L'intelligence mise en réseau par expérience (ENI): définition de catégories pour appliquer l'IA aux réseaux, ETSI GR ENI 007). Dans ce document, elle a défini différentes catégories selon le niveau d'application de techniques d'IA à la gestion de réseau, depuis quelques éléments de base limités jusqu'à l'emploi complet de techniques d'IA dans ce domaine. L'ENI nécessite la construction d'une architecture générale favorisant le renforcement de l'intelligence de réseau; le mappage avec la gestion des politiques NFV est actuellement examiné car pour virtualiser les fonctions de réseau, il a été nécessaire de lancer un travail de modélisation des politiques en vue d'automatiser la gestion de la NFV et d'assurer la continuité de l'intégration et du déploiement (CI/CD) dans les fonctions de réseau virtuel (VNF).

Activités de la CCSA

La China Communications Standards Association (Association chinoise des normes de communication, CCSA), qui est l'un des organismes de normalisation les plus influents dans le domaine de la communication en Chine, a entrepris de travailler sur les réseaux autonomes depuis 2010. Ces travaux sont surtout menés par les Comités techniques TC1, TC5 et TC7, qui examinent notamment des cas d'utilisation, des architectures, des méthodes de traitement de données, les niveaux d'autonomie des réseaux, les exigences de gestion en la matière, etc.

Activités du secteur privé

Certains organismes du secteur privé tels que la GSMA, le TM Forum et l'initiative GTI étudient la question des réseaux autonomes et encouragent la collaboration à cet égard entre les organismes de normalisation, les opérateurs, les fournisseurs d'équipements et d'autres acteurs de ce domaine.

Pour la GSMA, l'IA et l'automatisation sont des sujets relevant des «réseaux futurs». En juin 2019, la GSMA a organisé le premier concours mondial d'intelligence artificielle visant trois domaines particuliers: la connectivité dans les zones rurales, l'efficacité énergétique des systèmes mobiles et les services améliorés dans les zones urbaines. Lors de l'atelier qu'elle a organisé en juin 2019 pendant le séminaire sur l'IA dans les réseaux, qui se déroulait dans le cadre du Congrès mondial du mobile à Shanghai, la GSMA a appelé l'ensemble du secteur à concentrer ses travaux et ses contributions sur les principales applications de l'IA dans les réseaux mobiles, et à construire ensemble le monde de la 5G nécessaire aux réseaux autonomes intelligents. En octobre 2019, elle a publié un document intitulé *AI in Network Use Cases in China* (Cas d'utilisation de l'IA dans les réseaux en Chine).

Le TM Forum a organisé pour sa part plusieurs ateliers sur les réseaux autonomes depuis 2019, et il a établi le projet de réseaux autonomes (ANP) en août 2019.

Trois livres blancs ont été publiés: Autonomous Networks Whitepaper 1.0 (Livre blanc 1.0 sur les réseaux autonomes), IG1193 Vision and Roadmap v1.0 (Vision et feuille de route v1.0 par l'IG1193), et IG1218 Business requirement and architecture v1.0 (Exigences commerciales et architecture par l'IG1218). De nouveaux documents intitulés Autonomous Networks Whitepaper 2.0 (Livre blanc 2.0 sur les réseaux autonomes) et Business requirement and architecture v1.1 (Exigences commerciales et architecture v1.1), mais aussi une architecture technique, une démonstration de projets de catalyseurs, des témoignages d'utilisateurs et des cas d'utilisation, etc. sont en cours d'élaboration.

L'initiative mondiale TD-LTE a lancé un projet consacré aux réseaux intelligents. Dans le cadre du programme 5G eMBB, ce projet permettra de définir des cas d'utilisation et des exigences des réseaux intelligents en termes de niveaux d'intelligence, d'architecture, d'éléments de réseau et de gestion de réseau.

Activités des communautés du code source ouvert

Le End User Advisory Group (Groupe consultatif pour les utilisateurs finaux, EUAG) de la Linux Foundation Networking (Réseau de la Fondation Linux, LFN) a entrepris d'élaborer une enquête destinée aux fournisseurs de services de communication (CSP) et visant à déterminer l'état d'avancement du déploiement de réseaux autonomes ainsi que les exigences et les stratégies en la matière. Il espère ainsi dégager une vision commune et offrir des informations utiles aux groupes techniques correspondants.

Depuis son lancement initial, la plate-forme Open Network Automation Platform (Plate-forme ouverte d'automatisation des réseaux, ONAP) a permis de constituer et d'améliorer des cas d'utilisation pour automatiser les radiocommunications, les réseaux centraux et le transport pardessus son cadre en boucle fermée piloté par des politiques. L'automatisation par découpage de bout en bout et fondée sur l'intention est aussi en cours de développement. L'une des démonstrations de faisabilité

officielles effectuées par l'ETSI a montré que la plate-forme ONAP pouvait permettre de constituer une pile de référence pour les réseaux autonomes.

Importance des normes pour les réseaux autonomes

À mesure que les technologies et les réseaux évoluent, les réseaux autonomes vont devenir un vecteur d'évolution majeur. Pour rendre les réseaux autonomes, il convient de procéder par étapes, l'essentiel pour garantir la convergence à des étapes ultérieures étant de construire une architecture commune à toutes les couches, de normaliser les interfaces entre les couches et de veiller à ce que les organismes de normalisation travaillent de manière coordonnée au cours des premières étapes.

Les organismes de normalisation devraient poursuivre leurs travaux dans les domaines concernés et jouer un rôle déterminant pour mettre en place un contexte favorable aux réseaux autonomes. ■

Webinaires du Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique (IA/ML) dans la 5G

19/06/2020 Défi de 2020 sur l'établissement de réseaux neuronaux graphiques M. José Suárez-Varela Chercheur, Centre de création de réseaux neuronaux de Barcelone, Université polytechnique de Catalogne (BNN-UPC), Espagne Suivre le webinaire	26/06/2020 Sélection de faisceau - Application de l'apprentissage automatique à la couche physique des systèmes à entrées multiples et à sorties multiples en ondes millimétriques M. Aldebaro Klautau Professeur à l'Université fédérale de Pará (UFPA), Brésil Suivre le webinaire	03/07/2020 Estimation de canal - Application de l'apprentissage automatique à la couche physique des systèmes à entrées multiples et à sorties multiples en ondes millimétriques Mme Nuria González Prelcic Professeure associée, Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis Suivre le webinaire
10/07/2020 Concours de l'UIT sur l'AI/ML dans la 5G: Améliorer la capacité des réseaux WLAN IEEE 802.11 grâce à l'apprentissage automatique M. Francesc Wilhelmi Chercheur, Université Pompeu Fabra, Espagne Suivre le webinaire	17/07/2020 Concours de l'UIT sur l'IA/ML dans la 5G: Défi sur l'optimisation de l'inférence des réseaux neuronaux profonds Mme Liya Yuan Ingénieure chargée des solutions à code source ouvert et de la normalisation, ZTE Suivre le webinaire	22/07/2020 Défi sur la prédiction des défaillances des liaisons radioélectriques M. Salih Ergüt Spécialiste principal de la recherche et du développement sur la 5G, Turkcell Suivre le webinaire
24/07/2020 5G + IA + services immersifs + services d'assistance dans les télécommunications M. Brejesh Lall Professeur, Institut indien des technologies, Delhi Suivre le webinaire	27/07/2020 Techniques d'intelligence artificielle pour les diagnostics médicaux à distance préservant la confidentialité + Partage des ressources spectrales et des ressources de réseau dans les réseaux 5G M. Brejesh Lall Professeur, Institut indien des technologies, Delhi Suivre le webinaire	29/07/2020 Apprentissage automatique pour les réseaux LAN hertziens + présentation du défi du Japon M. Akihiro Nakao Professeur à l'Université de Tokyo M. Koji Yamamoto Professeur associé à l'Université de Kyoto M. Tomohiro Otani Directeur exécutif, KDDI Research M. Takanori Iwai Directeur de recherche, NEC Corporation Suivre le webinaire
31/07/2020 Défi LYIT/UIT-T sur l'intelligence artificielle: Démonstration de l'orchestrateur de fonctions d'apprentissage automatique au moyen de mises en œuvre de référence Mme Shagufta Henna Maître de conférence, Institut de technologie de Letterkenny (LYIT), Irlande Suivre le webinaire	07/08/2020 Concours de l'UIT sur l'AI/ML dans la 5G: Exposé sur l'apprentissage automatique et participation au défi du Japon M. Akihiro Nakao Professeur à l'Université de Tokyo M. Koji Yamamoto Professeur associé à l'Université de Kyoto M. Tomohiro Otani Directeur exécutif, KDDI Research M. Takanori Iwai Directeur de recherche, NEC Corporation Suivre le webinaire	07/08/2020 Aperçu de l'outil ITU-ML5G-PS-012 «ML5G-PHY [Sélection de faisceau]» M. Aldebaro Klautau Université fédérale de Pará (UFPA), Brésil Suivre le webinaire

17/08/2020

Application des technologies de graphe de connaissances et de jumeau numérique aux réseaux optiques intelligents

M. Anran Xu
Chercheur, China Information and Communication Technologies Group Corporation (CICT)

[Suivre le webinaire](#)

19/08/2020

Concours de l'UIT sur l'IA/ML dans la 5G - Consultation ouverte et table ronde N° 2

Mme Prerana Mukherjee
Professeure assistante, École d'ingénierie, Université Jawaharal Nehru, Delhi, Inde

[Suivre le webinaire](#)

21/08/2020

Algorithme de compression universel pour les réseaux neuronaux profonds

M. Wojciech Samek
Chef du Groupe chargé de l'apprentissage automatique
Fraunhofer Heinrich Hertz Institute, Allemagne

[Suivre le webinaire](#)

26/08/2020

Concours de l'UIT sur l'IA/ML dans la 5G: Optimisation de la topologie des réseaux mobile en Chine - Analyse des questions relatives à la concurrence

Mme Wang Xing
Chercheuse, Institut de recherche sur les réseaux mobiles de la Chine

[Suivre le webinaire](#)

31/08/2020

Reconnaissance du trafic et prévision de trafic à long terme sur la base d'algorithmes d'intelligence artificielle et de métadonnées pour les réseaux 5G/IMT-2020 et au-delà

M. Artem Volkov
Chercheur
M. Ammar Muthanna
Professeur associé, Université d'État des télécommunications de Saint-Petersbourg,

[Suivre le webinaire](#)

01/09/2020

Milvus: Un moteur de recherche à code source ouvert sur les similitudes des vecteurs

M. Jun Gu
Partenaire, Zilliz

[Suivre le webinaire](#)

04/09/2020

Application de l'intelligence artificielle aux réseaux d'accès radioélectriques de cinquième génération

Mme Qi Sun
Directrice de recherche principale, Institut de recherche sur les réseaux mobiles de la Chine

[Suivre le webinaire](#)

28/09/2020

Réseaux hertziens 2.0: Vers un environnement radioélectrique intelligent fondé sur des métasurfaces reconfigurables intelligentes et sur l'intelligence artificielle

M. Marco Di Renzo
Professeur, CNRS et Université Paris-Saclay, France

[Suivre le webinaire](#)

16/11/20

Tirer parti de l'apprentissage profond pour la décomposition du trafic du service mobile à l'appui du découpage des réseaux

M. Alexis Duque
Chercheur associé, Net AI

[Suivre le webinaire](#)

18/11/2020

Vers une interface radioélectrique fondée sur l'intelligence artificielle pour les réseaux de sixième génération

M. Jakob Hoydis
Responsable du Département de recherche sur les systèmes radioélectriques et l'intelligence artificielle, Nokia Bell Labs

[Suivre le webinaire](#)

27/11/2020

Tirer parti de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique pour optimiser les réseaux d'accès radioélectrique de cinquième génération actuels et poser les bases des systèmes hertziens de sixième génération de demain

M. Tim O'Shea
Cofondateur/Directeur technique, DeepSig

[Suivre le webinaire](#)

02/12/2020

Vers une analyse efficace du trafic sur les réseaux pour les applications mobiles grâce à l'apprentissage profond

M. Domenico Ciuonzo
Professeur assistant, DIETI, Université de Naples - Frédéric II, Italie

[Suivre le webinaire](#)

04/12/2020

Adapter l'inférence des réseaux neuronaux convolutifs pour obtenir un débit extrême

Mme Michaela Blott
Ingénieure émérite, Xilinx

[Suivre le webinaire](#)

08/12/2020

Vers des réseaux 5G ouverts, programmables et virtualisés

M. Michele Polese
Chercheur associé, Université Northeastern, États-Unis

[Suivre le webinaire](#)



Évaluation des capacités et accumulation de technologies d'intelligence artificielle dans les réseaux futurs

M. Jun Liao, Directeur chargé de l'intelligence artificielle, **M. Tengfei liu**, **Mme Yameng Li** et **M. Jiaxin Wei**, Ingénieurs dans le domaine de l'intelligence artificielle, Institut de recherche [China Unicom](#)

■ Le développement rapide des réseaux 5G a fait naître de nombreux défis: l'établissement de réseaux est devenu plus complexe, les services sont plus diversifiés et le nombre de connexions augmente dans une large mesure.

Il sera difficile, en ayant recours aux méthodes d'exploitation et d'entretien des réseaux traditionnelles, de répondre aux nouveaux besoins sur le plan du déploiement des réseaux. L'intelligence des réseaux, qui constitue une méthode de résolution de problème importante, est aujourd'hui au cœur des

préoccupations du secteur des technologies de l'information et de la communication, et constitue une tendance majeure pour le déploiement des réseaux futurs.

China Unicom estime que la transition vers des réseaux futurs intelligents permettra de fournir des services de réseau fiables et sécurisés et offrira aux clients une expérience rapide et de qualité. Sur le plan de l'exploitation et de l'entretien, l'intelligence des réseaux offre des capacités d'autoconfiguration, d'autocontrôle, d'auto-réparation et d'auto-optimisation.

“

L'intelligence des réseaux est aujourd'hui au cœur des préoccupations du secteur des technologies de l'information et de la communication, et constitue une tendance majeure pour le déploiement des réseaux futurs.

”

Jun Liao, Tengfei Liu,
Yameng Li, et Jiaxin Wei

“

Le banc d'essai permettra d'évaluer le niveau d'intelligence des réseaux de manière quantitative et contribuera à assurer le déploiement rapide de l'intelligence des réseaux.

”

Jun Liao, Tengfei Liu,
Yameng Li, et Jiaxin Wei

En utilisant l'automatisation avancée et les technologies intelligentes de façon globale, il est possible de repenser l'architecture de réseau existante ainsi que la méthode d'exploitation et d'entretien, de promouvoir des services innovants et de créer une expérience utilisateur exceptionnelle.

Banc d'essai pour l'évaluation des capacités d'intelligence des réseaux

L'évaluation et le partage des capacités d'intelligence des réseaux jouent un rôle essentiel pour garantir l'efficacité de l'intelligence des réseaux. Afin de favoriser des innovations rapides dans le futur, il convient de mettre en place une plate-forme permettant d'accumuler les capacités et de fournir des données ouvertes. À mesure que les besoins évoluent, il est possible d'intégrer les services et ressources existants de façon souple pour apporter une réponse

rapide, ce qui permet d'améliorer l'efficacité et la capacité d'exploitation en général.

China Unicom élabore actuellement un banc d'essai visant à évaluer les capacités d'intelligence des réseaux. Sur la base de la [Recommandation Y.3173](#) du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T), intitulée «Cadre pour l'évaluation des niveaux d'intelligence des futurs réseaux, y compris les IMT-2020», ce banc d'essai fournira des méthodes et des services d'évaluation professionnelle de la puissance de calcul, du modèle d'apprentissage automatique et des capacités en matière d'intelligence des données et des réseaux.

Le banc d'essai permettra d'évaluer le niveau d'intelligence des réseaux de manière quantitative et contribuera à assurer le déploiement rapide de l'intelligence des réseaux. Les essais comprendront notamment les éléments suivants:

■ **Évaluation de la puissance de calcul:** Les différents types de puces accélératrices d'intelligence artificielle, par exemple les puces d'entraînement ou de service de différentes entreprises, feront l'objet d'une évaluation sur le plan de la capacité de débit, du délai et de la consommation d'énergie, notamment. Le banc d'essai donnera lieu à un rapport objectif et précis.

■ **Évaluation du modèle d'apprentissage automatique:** Les essais visent à résoudre le problème lié à l'estimation de la performance du modèle d'apprentissage automatique, en particulier

pour le modèle d'apprentissage automatique utilisé dans les réseaux de télécommunication, notamment en ce qui concerne la précision, la sécurité et la robustesse. L'évaluation portera sur la capacité d'appliquer différents cadres et algorithmes dans divers scénarios.

Le banc d'essai prend en charge les tests concernant l'efficacité de fonctionnement et la souplesse de différents cadres d'apprentissage profond (tels que Tensorflow et PaddlePaddle), et les résultats des analyses comparatives sont mis à disposition. Une comparaison est effectuée entre différents algorithmes d'intelligence artificielle dans un même scénario d'application, sur le plan de l'efficacité et de la précision.

■ **Traitement des données:** Les données de réseau sont collectées et prétraitées pour former un ensemble de données de réseau qui peut être utilisé pour entraîner les modèles d'apprentissage automatique. L'ensemble de données porte notamment sur les données de réseau et les données d'image. Les données de réseau sont essentiellement des données textuelles, englobant cinq aspects: le réseau hertzien, le réseau central, le réseau de transmission, le réseau support et le réseau d'accès. Les données d'image sont principalement fondées sur la détection des cibles et la segmentation et l'annotation sémantiques.

■ **Évaluation de la capacité d'intelligence des réseaux:** Le banc d'essai évalue la capacité d'intelligence des réseaux selon différentes dimensions: la cartographie des besoins, la collecte



À propos de CubeAI ★

CubeAI est une plate-forme d'intelligence artificielle à code source ouvert qui a été conçue de façon totalement indépendante par l'Institut de recherche China Unicom. Elle comprend actuellement des sous-plates-formes et des modules fonctionnels tels qu'un outil d'entraînement en ligne dans le domaine de l'intelligence artificielle, un outil de publication et de déploiement automatisés de modèles et un module de visualisation des capacités de l'intelligence artificielle.

L'objectif principal est de lever les obstacles entre le développement de modèles d'intelligence artificielle et les applications de production effectives, d'accélérer le processus d'innovation et d'application de l'intelligence artificielle, et de promouvoir l'itération rapide et l'évolution du cycle de vie global des applications d'intelligence artificielle, qu'il s'agisse de la conception, du développement, du déploiement ou de l'exploitation.

de données, l'analyse, la prise de décisions et la mise en œuvre de mesures. Chaque application est évaluée conformément à la norme UIT-T Y.3173 et est subdivisée en différents niveaux, de L0 à L5. Le processus de test comprend cinq étapes: 1) détermination de l'objet de l'évaluation; 2) division de la dimension d'évaluation; 3) analyse de l'objet de l'évaluation; 4) notation de la dimension de l'évaluation; et 5) obtention du résultat de l'évaluation.

Parallèlement, les résultats des essais de stabilité, de facilité d'utilisation, de précision et de débit de chaque application sont mis à disposition.

Intégration des marchés de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs

Une autre innovation importante tient à l'intégration des marchés de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020 (communément appelés réseaux 5G), ce qui renvoie à l'accumulation des capacités d'apprentissage automatique des réseaux. Aujourd'hui, les modèles d'apprentissage automatique peuvent être hébergés sur différents types de marchés d'apprentissage automatique, comme la plate-forme [Acumos AI](#) de la Fondation Linux, la plateforme [CubeAI](#) de China Unicom, le site [AWS Marketplace](#) et le Moteur d'intelligence artificielle des réseaux de [Huawei](#).

Certaines avancées récentes dans les domaines de l'analyse prédictive ou des algorithmes ne dépendent pas de l'évolution de l'architecture des réseaux d'apprentissage automatique sous-jacents. Les marchés de l'apprentissage automatique hébergés dans le nuage peuvent être choisis par les concepteurs de mécanismes et d'algorithmes d'apprentissage automatique innovants afin d'héberger leurs solutions. Les opérateurs de télécommunication

intègrent leur propre marché de l'apprentissage automatique ou celui d'un tiers dans le futur réseau et promeuvent l'application de l'intelligence artificielle sur le réseau de télécommunication et mettent en avant le niveau d'intelligence du réseau.

Lorsqu'ils mettent au point des applications d'apprentissage automatique, les opérateurs de réseau ont besoin de mécanismes interopérables afin d'identifier le marché de l'apprentissage automatique qui peut être utilisé en tant que source pour les modèles d'apprentissage automatique. L'absence de mécanismes normalisés concernant l'échange de modèles d'apprentissage automatique et de métadonnées connexes entre les marchés d'apprentissage automatique et les environnements de déploiement de l'apprentissage automatique des opérateurs de réseau constitue un frein sur le plan de l'interopérabilité.

La Recommandation UIT-T [Y.3176](#) (Intégration du marché de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020), qui a été élaborée avec la contribution de China Unicom, China mobile et ZTE, définit l'architecture et les points de référence pour l'intégration des marchés de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs. Cette Recommandation présente également le processus d'interaction de la recherche, de la sélection, de la distribution, de la découverte, de l'entraînement et du déploiement de modèles. ■



Accélérer l'inférence de l'apprentissage profond grâce au kit pratique à code source ouvert Adlik

Mme Liya Yuan, Ingénieure chargée des solutions à code source ouvert et de la normalisation, [ZTE](#)

■ L'apprentissage automatique, et l'apprentissage profond en particulier, ont gagné en popularité dans de nombreux domaines, notamment la traduction automatique, la vision artificielle et le traitement du langage naturel. Grâce aux cadres d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond tels que [Tensorflow](#), [Pytorch](#) et [Caffe](#), il est possible de créer des modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond et de les entraîner à extraire des connaissances à partir de données, et, à terme, d'utiliser leur capacité d'inférence pour créer une valeur économique dans un environnement de production.

Les modèles peuvent donner de bons résultats lors de l'entraînement, mais les modèles entraînés se heurtent à de nouveaux obstacles dans un environnement de production.

“

Les modèles peuvent donner de bons résultats lors de l'entraînement, mais les modèles entraînés se heurtent à de nouveaux obstacles dans un environnement de production.

”

Mme Liya Yuan

Dans des environnements de production, les modèles peuvent être déployés sur différentes plates-formes matérielles (par exemple des unités centrales de traitement (CPU), des processeurs graphiques (GPU) et des réseaux de portes programmables in situ (FPGA)) caractérisées par différentes exigences en matière de qualité de fonctionnement sur le plan des coûts informatiques, de l'empreinte mémoire et du temps de latence de l'inférence dans différents scénarios.

Défis liés au déploiement de modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond

En conséquence, il existe encore de nombreux obstacles à abattre dans le cadre du déploiement de modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond dans des environnements de production, car même lorsque les modèles convergent efficacement durant les étapes d'entraînement:

- on constate une courbe d'apprentissage à forte pente pour les utilisateurs, qui doivent déterminer quel est le cadre d'inférence le mieux adapté à un matériel particulier;
- les utilisateurs doivent avoir leurs propres solutions pour déployer des modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond, par exemple pour déployer des modèles en tant que

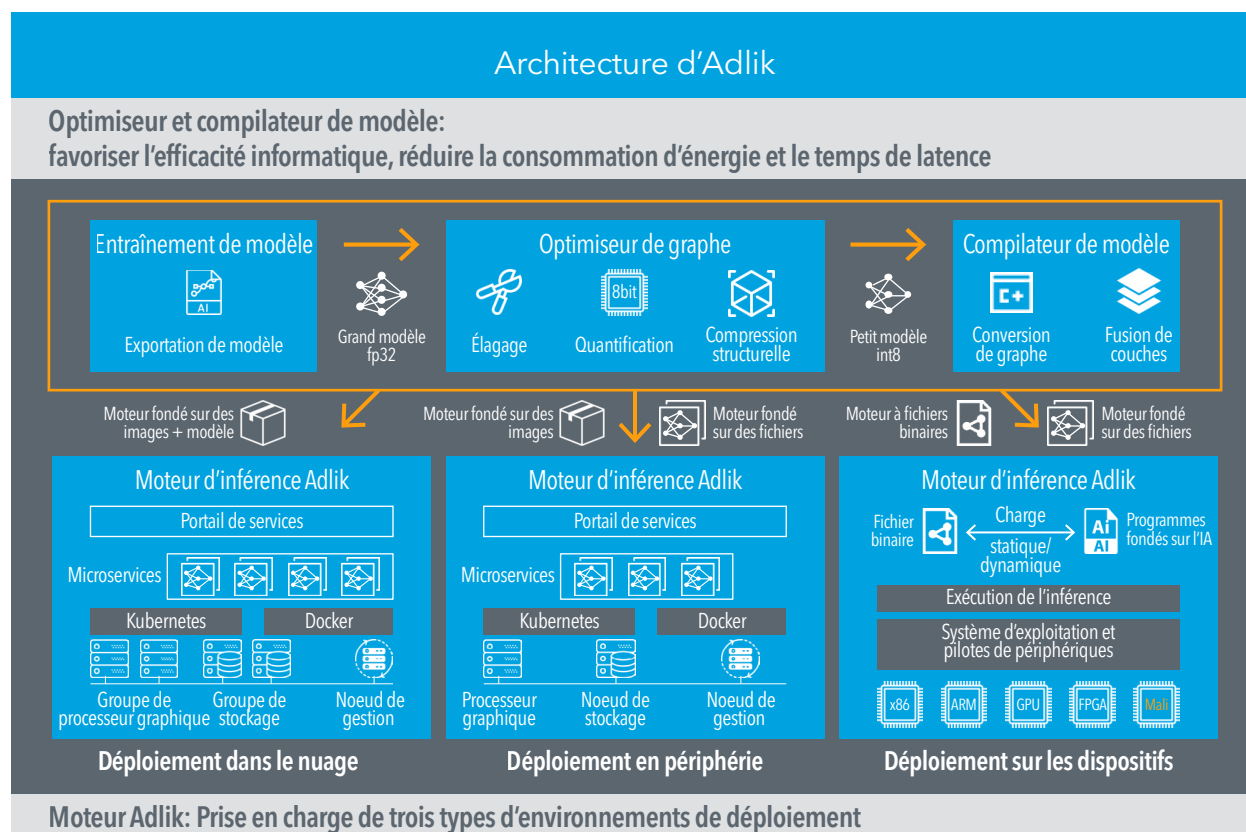
conteneurs ou pour ajouter des modèles dans des applications sur un matériel intégré;

- les modèles doivent être optimisés afin de répondre à différentes exigences sur le plan de la qualité de fonctionnement dans divers scénarios.

Projet à code source ouvert Adlik

Ces défis sont au cœur du projet à code source ouvert Adlik, créé par ZTE et aujourd'hui développé par la Fondation sur l'intelligence artificielle de la Fondation Linux (LF AI).

Adlik est un cadre d'optimisation de bout en bout pour les modèles



d'apprentissage profond visant à accélérer le processus d'inférence de l'apprentissage profond, à la fois sur le nuage, en périphérie et dans un environnement intégré. Il se compose d'un optimiseur de modèle, d'un compilateur de modèle et d'un moteur d'inférence.

Le premier de ces outils vise à optimiser les modèles d'apprentissage profond entraînés dans différents cadres afin d'améliorer les résultats sur le plan de l'inférence. Le deuxième compile ensuite les modèles dans un format pris en charge par le moteur d'inférence. Le moteur d'inférence charge les modèles compilés pour fournir des capacités d'inférence sur le nuage, en périphérie ou sur les dispositifs intégrés.

L'optimiseur de modèle joue un rôle essentiel au sein de l'outil Adlik, en particulier lorsque les modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond doivent être déployés dans des environnements caractérisés par des contraintes strictes sur le plan du coût informatique, de l'empreinte mémoire et du temps de latence de l'inférence, c'est-à-dire des environnements tels que des scénarios d'informatique en périphérie sur les réseaux 5G.

Adlik est un projet à code source ouvert dont l'ambition est d'intégrer le plus grand nombre de solutions efficaces dans l'optimiseur de modèle Adlik.

Gérer l'optimisation de l'inférence des réseaux neuronaux profonds - Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G

Dans ce contexte, nous avons invité les participants au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G à résoudre notre énoncé de problème, intitulé «Optimisation de l'inférence des réseaux neuronaux profonds». Il s'agit de notre défi en vue de créer un algorithme général d'optimisation de modèle capable de contribuer à l'accélération des modèles.

De nombreuses technologies peuvent être envisagées afin d'optimiser les modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond pour obtenir une meilleure exécution, dans des domaines tels que l'optimisation centrée sur les modèles, l'optimisation des communications entre systèmes et l'optimisation propre au matériel.

L'optimiseur de modèle Adlik prend actuellement en charge des méthodes d'optimisation centrées sur les modèles, notamment l'élagage et la quantification des modèles, et notre équipe a récemment axé ses travaux sur la diffusion des connaissances. L'optimisation centrée sur les modèles porte essentiellement sur la compression de modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond, et comprend

“

De nombreuses technologies peuvent être envisagées afin d'optimiser les modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond pour obtenir une meilleure exécution.

”

Mme Liya Yuan

d'autres méthodes prometteuses comme la dispersion des noyaux et la décomposition à faible rang.

Les méthodes d'optimisation des communications entre systèmes, comme la partition des réseaux neuronaux profonds, peuvent accélérer l'inférence des modèles en optimisant la communication entre différents nœuds ou couches informatiques. L'optimisation propre au matériel, au moyen de kits pratiques tels que TensorRT, peut permettre d'optimiser les opérations d'inférence sur la base des caractéristiques du matériel utilisé.

La deuxième version de l'outil Adlik sera diffusée prochainement. Nous vous invitons à l'essayer et à apporter votre contribution sur [Github](#). ■



Difficultés et perspectives pour les fournisseurs de services de communication ayant recours à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage automatique

Salih Ergüt, chercheur spécialiste de la 5G, [Turkcell](#)

■ L'intelligence artificielle (IA) a bouleversé de nombreux secteurs d'activités. Elle a permis d'accomplir des progrès techniques considérables dans le domaine de la vision artificielle, où l'IA entraîne les ordinateurs à interpréter et à comprendre le monde des images, mais aussi dans le traitement des langues naturelles (NLP), qui nécessite une interaction entre la science des données et les langues humaines, ou encore en matière de prévisions fondées sur des séries chronologiques, etc. Il devient

de plus en plus difficile de suivre l'évolution dans ce domaine.

De fait, ce qui était hier de la science-fiction devient rapidement une réalité aujourd'hui.

Toutefois, les applications d'IA n'ont pas encore donné la pleine mesure de leur potentiel dans les réseaux de communication en raison de l'immense volume de données disponibles et de la difficulté à gérer les infrastructures, dont la complexité ne cesse de s'accroître. Les réseaux 5G commencent

lentement à être déployés dans le monde, et de nombreux organismes de normalisation ont déjà commencé à travailler sur la 6G; tel est notamment le cas du Groupe spécialisé sur les technologies pour le réseau 2030 ([FG NET2030](#)), qui relève du Secteur de la normalisation des télécommunications (UITT), ainsi que de la 6G Task Force (Groupe d'action sur la 6G) de la Next Generation Mobile Networks Alliance (Alliance pour les réseaux mobiles de prochaine génération, [NGMN](#)), pour n'en citer que quelques-uns.

“

Il est difficile d'imaginer comment nous pourrions déployer et exploiter des réseaux futurs sans l'aide de l'intelligence artificielle.

”

Salih Ergüt

Il est difficile d'imaginer comment nous pourrions déployer et exploiter des réseaux futurs sans l'aide de l'intelligence artificielle.

Enquêtes et expériences des fournisseurs de services

Les fournisseurs de services de communication (CSP) s'appuient souvent sur l'IA pour mettre en œuvre des cas d'utilisation dans des contextes qui ne sont pas liés aux réseaux. La prévision de résiliations, la segmentation des clients, la création de cartes thermiques communautaires, la montée en gamme et la vente croisée, ou encore la prévision de fraude en sont des exemples courants. De nombreux opérateurs ont aussi entrepris de déployer et d'expérimenter des techniques d'IA dans les réseaux, mais la tâche est ardue car les ressources sont limitées dans ce domaine. Il faut de plus créer des modèles qui ne soient pas biaisés et qui soient exploités de façon responsable.

Comme beaucoup de CSP, la société Turkcell s'est engagée à utiliser l'IA de manière responsable et éthique; elle a d'ailleurs publié cet engagement dans un document intitulé «[Artificial Intelligence Principles](#)» (Principes d'utilisation de l'intelligence artificielle).

L'architecture fondée sur les services a le vent en poupe, et le découpage de réseau de bout-en-bout est une technologie essentielle pour que les CSP puissent offrir des services avec différents niveaux de qualité sur leur infrastructure 5G. Les membres du projet [RELIANCE](#), dont Turkcell fait partie, ont entrepris d'évaluer les avantages mais aussi les coûts du découpage de réseau dans différents cas d'utilisation, depuis la visioconférence jusqu'aux trains et aux immeubles intelligents. Parallèlement, ils étudient aussi les futures mesures de performance qui contribueront à la conception d'une stratégie d'attribution optimale des ressources.

Au-delà de l'analyse de rapports périodiques et de distributions statistiques sur la qualité de service, il est devenu plus utile, au regard des services d'importance critique, de fournir des prévisions de qualité de service. Ainsi, dans le contexte d'une voiture autonome, il ne suffit plus simplement de promettre un taux de fiabilité de 99,999...%; il faut aussi envoyer à l'avance un avertissement en cas de problème de couverture afin que pouvoir prendre des précautions. Dans sa spécification TR 22.886, le groupe 3GPP a défini des cas d'utilisation sur le partage d'informations dans des scénarios de conduite de véhicules individuels ou de pelotons

de véhicules partiellement ou entièrement automatisés.

Pour garantir la disponibilité et la qualité des services, il devient de plus en plus important pour les CSP de mettre en place une gestion des réseaux centrée sur l'expérience des clients. Dans le cadre du projet 5GPERFECTA, nous mettons au point des modèles fondés sur des indicateurs clés de performance (KPI) par liaison radioélectrique qui permettent de prévoir la qualité d'expérience des utilisateurs de services de streaming destinés à la télévision.

Ces modèles permettent de mesurer en temps quasi-réel l'expérience des consommateurs de ce service, et leurs résultats peuvent être extrapolés pour modéliser d'autres services internes et externes grâce à une méthode d'apprentissage par transfert.

Difficultés de construction des applications d'IA

Les difficultés rencontrées pour construire des applications d'IA dans un réseau d'opérateur exploitant plusieurs équipements et technologies différents sont exposées dans un [document](#) établi par le Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G ([FGML5G](#)).

Il est délicat de mettre en œuvre une application en temps réel sur une architecture de base de données centralisée car cette application va nécessiter beaucoup de puissance de calcul et entraîner des retards.

Le Groupe spécialisé ML5G de l'UIT

Le Groupe spécialisé du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G a été établi par la [Commission d'études 13 de l'UIT-T](#) en 2017. Il a élaboré dix spécifications techniques concernant l'apprentissage automatique (ML) pour les réseaux futurs, y compris en ce qui concerne les interfaces, les architectures de réseau, les protocoles, les algorithmes et les formats de données. Il a mené ses activités entre janvier 2018 et juillet 2020.



On trouvera ici de plus amples détails sur ce groupe.

Pour créer un module de traitement des événements spéciaux en temps réel, nous avons dû employer des portes dérobées non normalisées prévues dans certains équipements de réseaux. Nous avons ainsi pu accéder à des statistiques en temps réel et commander des nœuds à distance. Ces interfaces non normalisées nécessitent une collaboration étroite avec le fournisseur d'équipements pour pouvoir les manipuler selon les besoins, et certaines de ces manipulations peuvent créer des brèches de sécurité.

Comme ces interfaces diffèrent d'un fournisseur d'équipement à l'autre, les applications d'IA doivent être adaptées, et parfois entièrement reconçues pour chaque équipement. Le problème des KPI ne tient pas seulement aux difficultés d'accès en temps réel, mais aussi

“
Le Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G nous a offert une aide considérable.”

Salih Ergüt

au fait que les fournisseurs ont parfois défini leurs propres indices, ou qu'ils n'en ont pas prévu du tout, ce qui complique la création d'applications d'IA pour les réseaux. L'avance de rythme (TA), par exemple, peut être communiquée directement en tant que KPI par l'équipement d'un fournisseur tandis qu'il peut être nécessaire

de parcourir le journal de suivi de l'équipement d'un autre fournisseur pour pouvoir l'extraire.

Intérêt d'une conception architecturale prête pour l'IA

Une conception architecturale prête pour l'IA, c'est-à-dire capable de prendre en charge l'interopérabilité, les mécanismes de traitement des données et des outils permettant d'évaluer la maturité du réseau à cet égard présente un intérêt considérable pour les CSP qui s'efforcent d'intégrer de l'intelligence dans leur réseau. Le Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G nous a offert une aide considérable grâce aux spécifications qu'il a écrites pendant toute la durée de ses activités.

Citons à titre d'exemple les spécifications suivantes: «Cadre architectural pour l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020» (UIT-T [Y.3172](#)); «Cadre pour le traitement des données en vue de permettre la mise en œuvre de l'apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT-2020» (UIT-T [Y.3174](#)); et «Cadre pour l'évaluation des niveaux d'intelligence des réseaux futurs, y compris les IMT-2020: cas d'utilisation» (UIT-T [Y.3173](#)).

Des modèles plus simples pour les secteurs d'importance critique

Il reste un certain nombre de lacunes entre la recherche en IA et l'exploitation concrète de l'IA dans un réseau d'opérateur fonctionnel. Dans leur article intitulé «Deep learning in mobile and wireless networking: A survey» (Apprentissage profond dans les réseaux mobiles et hertziens: une enquête), IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2224-2287, 2019, les auteurs C. Zhang, P. Patras et H. Hamed proposent une excellente étude des techniques d'apprentissage profond dans ce type de réseaux. Pour les secteurs qui ont une importance critique et sont fortement réglementés, comme c'est le cas par exemple des télécommunications et de la santé, la confiance et la validation de décisions autonomes sont des éléments d'une importance primordiale. Il ne suffit pas que ces systèmes soient capables de faire des prévisions avec une haute précision; leurs résultats doivent être obtenus grâce à une représentation adéquate des problèmes, et non pas par des données d'entrée erronées.

Dès lors, il faut préférer des modèles plus simples comme des régressions linéaires ou des arbres de décision à des modèles complexes dans ces secteurs pour pouvoir les interpréter. Néanmoins,

des travaux de recherche récents ont montré que certains modèles complexes pouvaient aussi être conçus de manière à pouvoir être expliqués.

Fournir la meilleure prévision

Les algorithmes d'IA ont aussi un autre défaut fréquent: ils fournissent leur meilleure prévision au regard de données issues d'observations passées. En présence d'un nouveau scénario, ou lorsque les statistiques sous-jacentes ont changé, ils continuent à fournir leur meilleure prévision au lieu de signaler une baisse de confiance dans leur décision. Dans des réseaux de télécommunication, il est essentiel d'adopter des mécanismes d'IA permettant à des êtres humains d'intervenir dans le processus pour renforcer la robustesse et la résilience du fonctionnement.

L'apprentissage par transfert, qui permet d'apprendre à partir d'un nombre plus faible d'exemples en utilisant des connaissances issues d'un problème connexe déjà résolu, constitue un domaine de recherche dynamique qui aura une incidence positive sur les réseaux. Un agent d'IA pourra s'adapter aux changements de son environnement et le modèle d'un service bien connu pourra être extrapolé à un service analogue dont les mécanismes internes sont inconnus.

L'apprentissage fédéré: alléger la lourdeur de traitement des mégadonnées

Enfin, l'apprentissage fédéré, qui permet d'entraîner un modèle conjointement sur plusieurs jeux de données, constitue aussi un futur axe de recherche qui allègera la charge de travail nécessaire pour recueillir et traiter des volumes de données considérables provenant de l'ensemble des nœuds d'un entrepôt de données central. Outre l'alourdissement de la charge pesant sur le système, les méthodes centralisées entraînent aussi des retards plus importants et nécessitent des précautions particulières pour éviter les problèmes de confidentialité des données. L'apprentissage fédéré permet d'ailleurs à plusieurs parties d'élaborer un meilleur modèle sans compromettre la confidentialité des données.

Pour conclure, il est difficile d'imaginer des réseaux 5G et au-delà fonctionnant sans l'aide de l'intelligence artificielle. L'intégration de l'IA dans les réseaux présente un certain nombre de difficultés pour les CSP, mais elle leur ouvre aussi d'immenses perspectives. ■



Les réseaux autonomes: s'adapter à l'inconnu

Paul Harvey, Directeur de recherche, Innovation Studio, [Rakuten Mobile](#) et **Prakaiwan Vajrabhaya**, Directeur de la sensibilisation et de la promotion concernant la recherche, Innovation Studio, [Rakuten Mobile](#).

■ Dans l'enseignement moderne, la pédagogie s'est éloignée de l'apprentissage par cœur pour aller vers la pensée critique. Ce mouvement de pendule donne une tournure d'esprit qui permet aux gens de résoudre des problèmes de manière autonome lorsqu'ils se trouvent dans une situation nouvelle; or ce comportement est essentiel dans les entreprises de demain. À l'instar de ces entreprises, les réseaux de télécommunication constituent des environnements difficiles, en constante évolution, qui reposent sur des technologies et des services nouveaux ainsi que sur des profils de trafic complexes. D'où la question suivante: si nous formons des personnes pour qu'elles deviennent autonomes, ne

serait-il pas temps de former des réseaux pour qu'ils le deviennent également?

Qu'est-ce que la virtualisation?

Avant de nous tourner vers la question de l'autonomie, il est important de nous arrêter un instant sur le vecteur qui l'a rendue possible: la virtualisation. Il s'agit du processus par lequel un logiciel représente de manière abstraite un équipement matériel du réseau, ce qui permet de découpler une application de l'équipement sur lequel elle fonctionne. Cette nouvelle abstraction permet à des opérateurs de télécommunications d'unifier et de simplifier

leurs infrastructures en s'appuyant sur un mécanisme pour gérer leur réseau. Toute la question tient alors à la commande ce mécanisme, qui continue pour l'essentiel d'être assurée par des êtres humains ou par des processus automatisés bien définis. Toutefois, les réseaux futurs posent un grand nombre de difficultés, dont la plupart n'ont jamais été rencontrées auparavant. Pour qu'ils puissent fonctionner correctement, nous devons donc adopter une tournure d'esprit autonome, de la même manière que les enseignants forment désormais leurs étudiants pour qu'ils aient une réflexion critique et qu'ils puissent résoudre de nouveaux problèmes sur le terrain.

“

Pour que les réseaux futurs puissent fonctionner correctement, nous devons adopter une tournure d'esprit autonome.

”

Paul Harvey,
Prakaiwan Vajrabhaya

Avant toute chose, il convient de rappeler qu'automatisation ne signifie pas autonomie.

- L'**automatisation** consiste à fonctionner à l'intérieur de paramètres bien définis ou de contraintes prédéfinies.
- L'**autonomie** est l'indépendance permettant de réfléchir et d'adapter un comportement, c'est-à-dire d'aller au-delà des paramètres bien définis ou des contraintes prédéfinies.

L'automatisation est un outil puissant. Elle vise à régler un problème ou un ensemble de problèmes particuliers, par exemple l'application de techniques d'apprentissage profond pour trouver des anomalies, recenser le trafic ou des applications sur le Web, voire détecter une intrusion. De fait, on

a montré que différentes technologies d'apprentissage automatique étaient efficaces pour répondre automatiquement aux besoins de nombreux cas d'utilisation dans un réseau. Tel est par exemple le cas des technologies recensées dans le document du Groupe spécialisé du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G (FG-ML5G) et dans la série de Recommandations UITT Y.3170 – Apprentissage automatique dans les réseaux futurs, y compris les IMT2020: cas d'utilisation.

Bien que l'automatisation offre des avantages considérables, elle comporte aussi un problème inhérent en raison de sa nature prédéfinie. Si l'on imagine qu'un changement imprévu se produise, par exemple, dans certaines catégories de problèmes ou de technologies, ou dans une nouvelle classe d'applications, des ingénieurs humains devront intervenir pour procéder aux modifications. Inversement, l'autonomie nécessite peu d'intervention humaine ou s'en passe complètement, car elle est destinée, par sa conception même, à s'adapter et à dépasser les paramètres bien définis ou les contraintes prédéfinies.

Explorer les nouvelles technologies de manière autonome

Imaginez que vous donniez un feutre à un enfant puis que vous le laissiez seul. Il est probable

qu'à votre retour, il aura dessiné sur toutes les surfaces qu'il aura trouvées: du papier, son visage, les murs, voire le chien. C'est ce que nous faisons, nous autres humains: nous expérimentons instinctivement dans le monde qui nous entoure, et nous recevons des informations en retour, par exemple des compliments ou des réprimandes, qui nous guident mais ne nous dictent pas nos actes futurs. Nous apprenons ainsi à utiliser de nouveaux outils et à connaître leurs effets sur le monde.

Il en va de même avec les technologies futures. Les réseaux autonomes doivent apprendre pour intégrer de nouvelles technologies sans qu'on leur dise de manière explicite à quoi elles servent, et ils doivent aussi apprendre à utiliser des technologies existantes pour résoudre des catégories de problèmes qui ne cessent de changer.

Comment écrire la créativité

Comment l'expérimentation par des essais et des erreurs fonctionne-t-elle réellement? Compte tenu du nombre élevé de combinaisons possibles de technologies et de configurations, il faut disposer d'un mécanisme efficace pour explorer l'espace et faire des choix potentiellement utiles. Là encore, observons-nous nous-mêmes pour trouver des idées.

L'évolution dépend de la recombinaison et de la modification semiarbitraires de petites briques de base (le génome) et de récompenses «par la survie du plus apte», ou de chances de reproduction supplémentaires pour les enfants les plus forts. On a montré que les méthodes qui suivaient les principes de l'évolution constituaient des mécanismes efficaces pour explorer de vastes espaces et trouver des solutions (optimales) aux problèmes. On trouvera quelques exemples d'application de ce principe dans les articles suivants: Antenna design in NASA (Conception d'antennes à la NASA) (Hornby, G., Globus, A., Linden, D. et Lohn, J., 2006; Automated antenna design with evolutionary algorithms (Conception automatisée d'antennes par des algorithmes évolutifs) dans Space 2006 (Espace 2006) (p. 7242)); Autonomous «rediscovery» of machine learning technologies at Google («Redécouverte» autonome de technologies d'apprentissage automatique chez Google) (Real, E., Liang, C., So, D.R. et Le, Q.V., 2020; AutoMLZero: Evolving Machine Learning Algorithms From Scratch (Apprentissage automatique zéro: algorithmes évolutifs d'apprentissage automatique partant de zéro) arXiv preprint arXiv:2003.03384).

Les réseaux autonomes ne seront pas différents, sauf que le génome biologique est remplacé par des briques logicielles modulaires, qui sont désormais couramment

produites dans tous les domaines du développement logiciel. En tant que telle, l'évolution est un mécanisme codifiable qui permet de piloter la créativité nécessaire aux réseaux futurs pour résoudre des problèmes inconnus.

La connaissance, c'est le pouvoir

Malgré des résultats prometteurs, tous les problèmes ne seront pas (ou ne devraient pas être) résolus par l'exploration semi-arbitraire de combinaisons possibles de technologies. L'être humain accumule des connaissances de manière diachronique et les utilise pour façonner son processus décisionnel. Les réseaux autonomes devraient pouvoir bénéficier de ces connaissances collectives parallèlement à l'acquisition de leurs propres connaissances.

À cette fin, nous utilisons une ontologie et une taxonomie pour représenter les relations entre les entités pertinentes qui sont présentes dans le réseau. Cette représentation des connaissances humaines, combinée aux informations recueillies à partir du réseau et aux connaissances acquises en permanence par l'expérimentation par essais et erreurs offre une méthode codifiable d'orientation de l'autonomie. Une telle démarche permet de diminuer la probabilité de choisir certaines combinaisons d'évolution, de réduire l'espace à explorer et d'accélérer l'ensemble du

processus. Certains travaux actuels, comme la carte des applications de télécommunication (TAM) du [TM Forum](#), peuvent servir de point de départ à ce processus.

Et c'est tout?

À n'en pas douter, cette tâche est loin d'être simple. Tout comme les décisions ne règlent rien si elles ne sont pas suivies d'actes, la capacité d'adaptation autonome à l'inconnu a de nombreuses conditions préalables, notamment la création de petites briques de base, la construction d'ontologies et de taxonomies pour les différents cas d'utilisation, la création de langages de spécification pour décrire ces éléments, ou la construction d'environnements de simulation ou de systèmes d'alerte. Et la liste ne s'arrête pas là...

Le défi que représente la réalisation d'un réseau autonome ne peut être relevé que par un effort concerté. Non seulement pour régler les problèmes précités, mais aussi pour que l'autonomie puisse être acquise à travers une plate-forme interopérable qui profite à tous les opérateurs. Cette démarche a déjà été adoptée dans des organismes de normalisation face à la nouvelle vague de plates-formes informatiques en périphérie, alors que les télécommunications entrent dans l'ère de la 5G.

“

Les réseaux autonomes offrent ainsi la possibilité de libérer les ingénieurs de télécommunication de leurs tâches les plus banales pour leur permettre de se concentrer sur l'extraordinaire.

”

Paul Harvey,
Prakaiwan Vajrabhaya

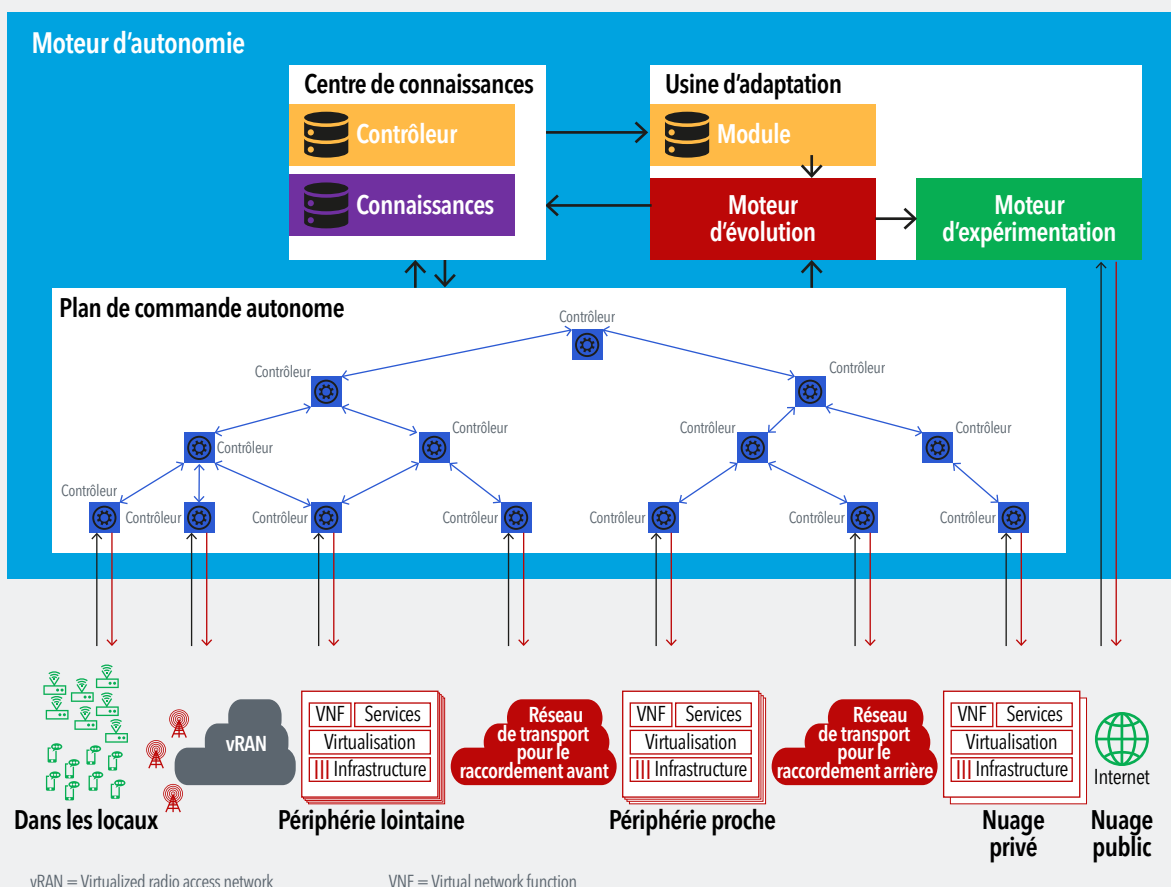
À cet égard, l'UIT et ses membres peuvent jouer un rôle moteur pour constituer la communauté dont nous avons besoin et combler les lacunes.

L'autonomie nous libère de la banalité

Tout comme nous préparons nos enfants à occuper les emplois inconnus que leur réserve l'avenir, nous préparons aussi nos réseaux

à s'adapter de manière autonome aux problèmes inconnus des réseaux futurs. Nous remplaçons des méthodes automatiques programmées manuellement par des méthodes évolutives créées par les machines et vérifiées de manière expérimentale. Les réseaux autonomes offrent ainsi la possibilité de libérer les ingénieurs de télécommunication de leurs tâches les plus banales pour leur permettre de se concentrer sur l'extraordinaire. ■

Architecture de haut niveau pour une adaptation évolutive des réseaux autonomes



Centre de connaissances

Contrôleurs de stockage et connaissances de différents types



Usine d'adaptation

Création et validation de nouveaux contrôleurs



Plan de commande autonome

Exploitation et gestion du réseau



Essais sur la qualité d'expérience dans les réseaux mobiles

Arnd Sibila, Responsable de la commercialisation des technologies, Service des essais des réseaux mobiles, [Rohde & Schwarz](#)

■ Les opérateurs de réseaux mobiles doivent tester la stabilité et la qualité de fonctionnement de leurs réseaux pour s'assurer de la qualité de leur service. En raison des volumes de données considérables qui doivent être analysés à cette fin, il est difficile de le faire à la main. C'est là que l'intelligence artificielle (IA) arrive à la rescousse.

Les essais de réseaux à l'ère de la 5G

Avec l'arrivée de la cinquième génération de communications mobiles, les personnes chargées de tester les réseaux se trouvent confrontées à une situation inédite. En raison des nombreux aspects de la 5G, notamment la diversité des bandes de fréquences et des programmes de déploiement des opérateurs de réseaux, et l'immense éventail d'applications possibles comme l'Internet des objets (IoT), les communications mobiles conventionnelles, la mise en réseau du trafic, etc., les données sur les réseaux et les données d'essai sont de plus en plus différenciées.

“ Les opérateurs de réseaux mobiles doivent tester la stabilité et la qualité de fonctionnement de leurs réseaux pour s'assurer de la qualité de leur service. ”

Arnd Sibila

Si l'on analyse ces données sous leur forme agrégée habituelle, on obtient rapidement des résultats faussés qui conduisent à des interprétations erronées. L'IA offre une bonne solution à ce problème. Si les méthodes fondées sur des algorithmes reflètent des théories précises, certaines méthodes d'IA telles que la reconnaissance de formes parviennent à évaluer des jeux de données sans aucune idée préconçue, et à mettre en évidence des relations qui auraient échappé à un analyste humain.

L'apprentissage automatique est indispensable face aux mégadonnées

Le terme «apprentissage automatique» est un peu plus précis que le terme «intelligence artificielle». L'apprentissage automatique (ML) a pour but de déduire automatiquement des règles générales à partir d'un grand volume de données. Dans nos applications de l'apprentissage automatique à des données d'essais en mouvement, la méthode classique d'apprentissage profond comporte deux étapes: l'entraînement et la déduction.

Pendant l'**étape d'entraînement**, nous recueillons des données d'entraînement en effectuant de nombreux essais sous différents environnements et configurations. Ces données permettent d'entraîner le système en effectuant de très nombreux calculs. En général, on emploie à cette fin des unités de traitement graphique (GPU) car elles sont capables de faire un grand nombre d'opérations simples en parallèle. L'étape

d'entraînement débouche sur la construction d'un modèle contenant les connaissances issues de toutes les données d'entraînement; ces connaissances sont nécessaires au système pour accomplir sa fonction.

Pendant l'**étape de la déduction**, nous nous contentons de reprendre le modèle ainsi construit et de lui fournir de nouvelles données pour produire des prévisions ou détecter des relations qui, sans ce modèle, seraient restées cachées dans la structure des données. Cette étape nécessite moins de puissance de calcul que l'entraînement et peut donc être exécutée sur l'unité centrale (CPU) d'un serveur classique ou même être exécutée par de l'informatique en périphérie, ce qui évite d'envoyer des données sensibles à un serveur.

Après la phase d'entraînement intensif, le modèle est capable d'interpréter correctement de nouvelles données de mesure de manière presque spontanée.

Choisir des méthodes d'apprentissage automatique

Nous employons des méthodes d'apprentissage automatique dans des applications visant par exemple à simplifier l'optimisation de réseaux mobiles ou à améliorer l'évaluation des différences qualitatives entre des fournisseurs. Nous avons établi en 2018 le Data Intelligence Lab (Laboratoire sur l'intelligence des données) pour travailler sur ces questions et appuyer les travaux du service de recherche-développement de la société Rohde & Schwarz en employant des méthodes

«Smart», une plateforme de nouvelle génération pour tester les réseaux mobiles

La vidéo ci-après offre un aperçu du nouveau paradigme d'essai des réseaux mobiles. Cette plateforme permet de réduire la complexité des travaux visant à améliorer la qualité et la performance des réseaux en se fondant sur la qualité d'expérience (QoE).



d'analyse fondées sur les données. Ces méthodes sont tout particulièrement prometteuses pour les essais sur des réseaux mobiles, qui génèrent des volumes considérables de données et pour lesquels il n'est donc plus réaliste de faire des analyses manuelles et d'écrire des règles. L'apprentissage automatique permet d'exploiter les informations cachées dans de grands jeux de données, par exemple pour en déduire de nouveaux critères d'évaluation. La note de stabilité des appels (CSS) en est un bon exemple.

Rohde & Schwarz et les normes de l'UIT

La société Rohde & Schwarz est un Membre de Secteur de l'UIT qui participe activement aux travaux de la Commission d'études 12 (CE 12: Qualité de fonctionnement, qualité de service et qualité d'expérience) du Secteur de la normalisation (UIT-T) dans le but de favoriser l'IA et l'apprentissage automatique.

L'IA et l'apprentissage automatique sont abondamment employés de nos jours pour construire des modèles visant à évaluer la qualité de la parole, du son et de la vidéo. L'UIT a élaboré par exemple des normes permettant d'évaluer la qualité du streaming audiovisuel, notamment la norme UIT P.1203 (Évaluation paramétrique, fondée sur le flux binaire, de la qualité des services de streaming audiovisuel adaptatif ou à téléchargement progressif, avec transport fiable) et UIT P.1204 (Évaluation de la qualité vidéo des services de streaming avec transport fiable pour des résolutions jusqu'à 4K).

Les nouvelles normes de l'UIT concernant l'évaluation de la qualité visent l'analyse et le diagnostic des réseaux intelligents (UIT E.475) ainsi que la création et la validation de modèles basés sur l'apprentissage automatique pour l'évaluation de la qualité des médias (UIT P.565).

Compte tenu de l'expérience acquise lors de l'élaboration de ces normes, la Commission d'études 12 a établi des orientations supplémentaires sur la manière d'exploiter l'IA et l'apprentissage automatique dans les travaux de normalisation de l'UIT; ces orientations sont reprises dans un Rapport technique et un Supplément de l'UIT qui seront bientôt publiés.

La société Rohde & Schwarz prévoit qu'un nombre de plus en plus élevé d'études et de recommandations seront rédigées en s'appuyant sur des techniques d'IA et d'apprentissage automatique, et elle soutient très activement ces activités à l'UIT.

La note de stabilité des appels: un nouveau critère d'évaluation de la fiabilité des communications

Il est très agaçant qu'un appel téléphonique soit brutalement coupé. C'est pourquoi les opérateurs de réseaux mobiles testent depuis de nombreuses années la qualité de la parole et la stabilité de la connexion. De ce point de vue, la statistique la plus connue est le taux de coupure des appels (CDR). Cependant, comme le nombre d'appels coupés est très faible

sur les réseaux ayant atteint une certaine maturité, il faut un grand nombre d'appels pour obtenir une valeur significative sur le plan statistique. C'est pourquoi les campagnes d'essais en mouvement sont longues et coûteuses. Nous avons donc choisi d'employer une méthode consistant à remplacer l'état binaire de l'appel (soit achevé avec succès, soit coupé) par une valeur analogique déterminée avec finesse. À cette fin, nous avons créé un modèle à partir d'un système d'intelligence artificielle statistique qui établit des liens

“

Il est très agaçant qu'un appel téléphonique soit brutalement coupé.

”

Arnd Sibila

entre les conditions de transmission et l'état de l'appel.

La note de stabilité des appels (CSS) déduite de ce modèle permet de mesurer la fiabilité de la connexion mobile sur toute la durée de l'appel et de classer cette connexion selon sa qualité. Le diagnostic tient aussi compte des appels instables qui ont été achevés avec succès, mais pour lesquels les données montrent que la coupure était proche. Dans des statistiques CDR classiques, ces appels instables auraient été classés dans les appels réussis, ce qui aurait faussé l'évaluation de la qualité du réseau.

La valeur de la CSS dépend des informations recueillies parmi des millions d'appels d'essai et intégrées dans le modèle au cours du processus d'apprentissage. L'évaluation a donné des résultats positifs dès le premier appel. La qualité de l'appel sur le réseau est enregistrée de manière plus précise et avec moins d'efforts en termes d'essais. Le modèle évalue les données au regard des règles apprises et produit une valeur comprise entre 0 et 1. Plus cette valeur est élevée, moins il est probable qu'une coupure se produise dans l'intervalle observé.

La mesure de la CSS fait partie de la plate-forme analytique SmartAnalytics créée par Rohde & Schwarz (voir la capture d'écran N° 1).

Détection d'anomalies dans le temps

Cette suite logicielle offre une autre fonction reposant sur l'IA: il s'agit de la détection d'anomalies, qui est fondée sur un apprentissage non supervisé, c'est-à-dire que le réseau de neurones est entraîné pour apprendre des informations cachées dans des données non étiquetées.

La détection d'anomalies est un outil très apprécié des scientifiques

spécialistes des données. Elle vise à trouver des échantillons de données qui ne sont pas conformes à la distribution normale du jeu de données auquel ils appartiennent. Le fait de trouver des échantillons anormaux, également appelés valeurs aberrantes, permet d'acquérir des enseignements précieux qui sont souvent corrélés avec des défauts ou des erreurs dans le processus de recueil de données (par exemple un équipement défectueux ou mal configuré).

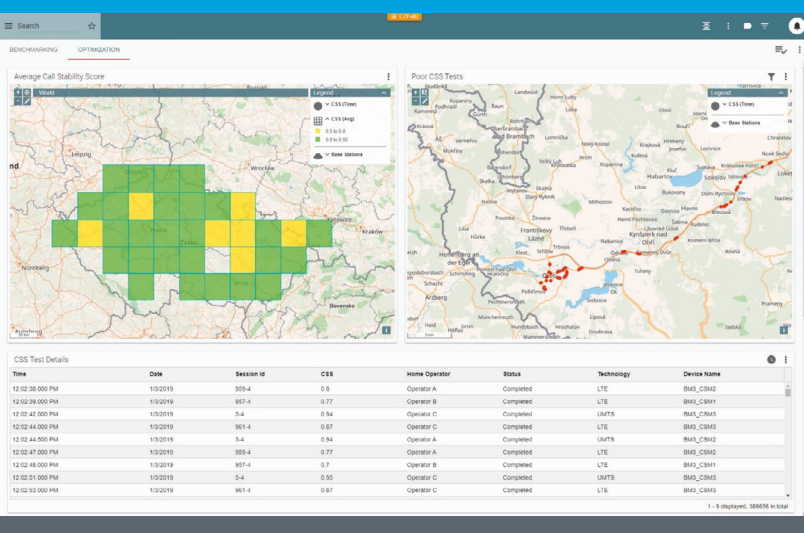
Le fait de trouver des anomalies de transfert de données dans des séries chronologiques de durée variable est utile aux opérateurs de réseaux mobiles car cela permet de détecter instantanément des écarts et de recenser des zones

problématiques qui auraient normalement été masqués par les moyennes des indicateurs clés de performance (KPI).

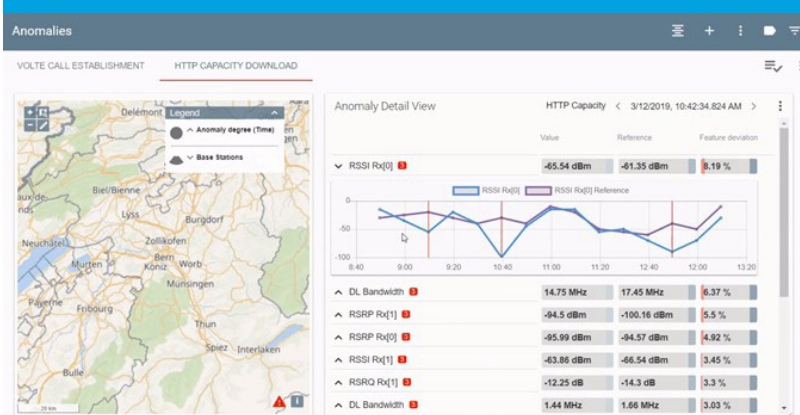
Les données présentées par la plate-forme SmartAnalytics de la société Rohde & Schwarz permettent aux utilisateurs de s'apercevoir rapidement qu'une phase quelconque d'un essai s'écarte du modèle. Globalement, la détection des anomalies dans le temps offre une méthode plus efficace pour effectuer des essais en mouvement et optimiser les réseaux.

La détection d'anomalies, en particulier dans des séries chronologiques, peut être employée dans des tests élémentaires très divers.

Capture d'écran N° 1: Visualisation de la note de stabilité des appels sur la plate-forme SmartAnalytics de la société Rohde & Schwarz (disponible uniquement en anglais).



Capture d'écran N° 2: Visualisation de la détection d'anomalies dans le temps sur la plate-forme SmartAnalytics de la société Rohde & Schwarz (disponible uniquement en anglais).





Le point de vue d'un opérateur de réseau sur le rôle de l'IA dans les réseaux d'accès radioélectrique futur

Chih-Lin I, responsable scientifique et **Qi Sun**, chercheur principal, Service des technologies hertziennes, [Institut de Recherche China Mobile](#)

■ La 5G est en cours de commercialisation dans le monde entier et se développe à une vitesse étonnante. La Chine, par exemple, devrait disposer de plus de 600 000 stations de base 5G d'ici la fin de cette année.

Toutefois, le système de la 5G est extrêmement complexe et ce type de réseaux ne peuvent être déployés simplement en accumulant des centaines de milliers de stations de base. Beaucoup de difficultés doivent encore être surmontées pour parvenir à un succès commercial. Ainsi, en raison de sa consommation d'énergie, de ses coûts élevés et de sa grande souplesse, la 5G pose des problèmes d'optimisation de l'exploitation et de la maintenance. Il est également difficile de trouver une méthode permettant de répondre rapidement et efficacement aux besoins des différentes applications des industries verticales.

“

Nous devons repenser le paradigme classique des télécommunications et accueillir les nouvelles technologies.

”

Chih-Lin I, Qi Sun

Pour résoudre ces problèmes, nous devons repenser le paradigme classique des télécommunications et accueillir les nouvelles technologies telles que l'informatique en nuage, l'analyse des mégadonnées et l'apprentissage automatique. Il faut envisager une intégration profonde des technologies de l'information, des technologies des données et des technologies de la communication dans les réseaux 5G et au-delà.

L'intelligence devrait se répandre dans tous les domaines et à tous les niveaux des réseaux hertziens, que ce soit en local, en périphérie ou dans le nuage.

L'analyse de données, l'apprentissage automatique (ML) et l'intelligence artificielle (IA) sont des vecteurs essentiels de l'évolution et de la révolution de l'intelligence dans les réseaux hertziens.

L'analyse de données et l'apprentissage automatique offrent de nouvelles capacités aux réseaux

L'analyse de données et l'apprentissage automatique vont offrir aux réseaux les capacités suivantes:

- **Des prévisions fiables:** les volumes considérables et pluridimensionnels de données recueillies sur le réseau permettent d'effectuer des prévisions sur le trafic, sur les anomalies de réseau, sur les structures et les types de services, sur les trajectoires et les positions des utilisateurs, sur la qualité d'expérience du service, sur les empreintes radioélectriques et les brouillages, etc. Ces prévisions vont sans aucun

doute favoriser une gestion et une commande proactives du réseau, ce qui devrait améliorer considérablement l'efficacité d'utilisation des ressources et de l'énergie par le réseau et permettre de personnaliser l'expérience des utilisateurs.

- **Une méthode sophistiquée d'optimisation et de décision concernant le réseau:** sur la base des données recueillies au sein du réseau réel, l'analyse des données et l'apprentissage automatique peuvent contribuer à résoudre de manière efficace les problèmes majeurs auxquels se heurte le réseau 5G. Ces problèmes sont généralement difficiles à modéliser ou nécessitent des calculs très complexes en raison du nombre considérable de dimensions ou de la présence de difficultés non déterministes polynomiales (problèmes NP-difficiles).

Si l'on se concentre sur les réseaux d'accès radioélectrique (RAN), les cas d'utilisation peuvent être globalement classés en quatre catégories: 1) la gestion et l'orchestration intelligentes des réseaux; 2) l'informatique en périphérie mobile et intelligente; 3) la gestion intelligente des ressources radioélectriques; et 4) la technologie de transmission radioélectrique intelligente.

La problématique peut aussi s'étendre à l'optimisation du domaine des fréquences radioélectriques, c'est-à-dire à la prédistribution numérique assistée par l'IA.

Quatre études de cas du point de vue de l'opérateur

On trouvera ci-après une présentation détaillée de quatre études de cas classiques, considérées du point de vue de l'opérateur, compte tenu de l'expérience acquise à travers des systèmes commercialisés et des systèmes en cours d'essai.

1 Économie d'énergie

Pour résoudre les problèmes d'énergie auxquels l'expansion des réseaux mobiles se trouve confrontée, la société China Mobile a mis au point un système d'économie d'énergie par coopération entre plusieurs techniques d'accès radioélectrique (MCES) afin d'améliorer l'efficacité énergétique des réseaux mobiles. Le système MCES interagit avec le réseau d'accès radioélectrique en temps réel et peut prendre en charge des équipements RAN en 2G/3G/4G provenant de différents fournisseurs.

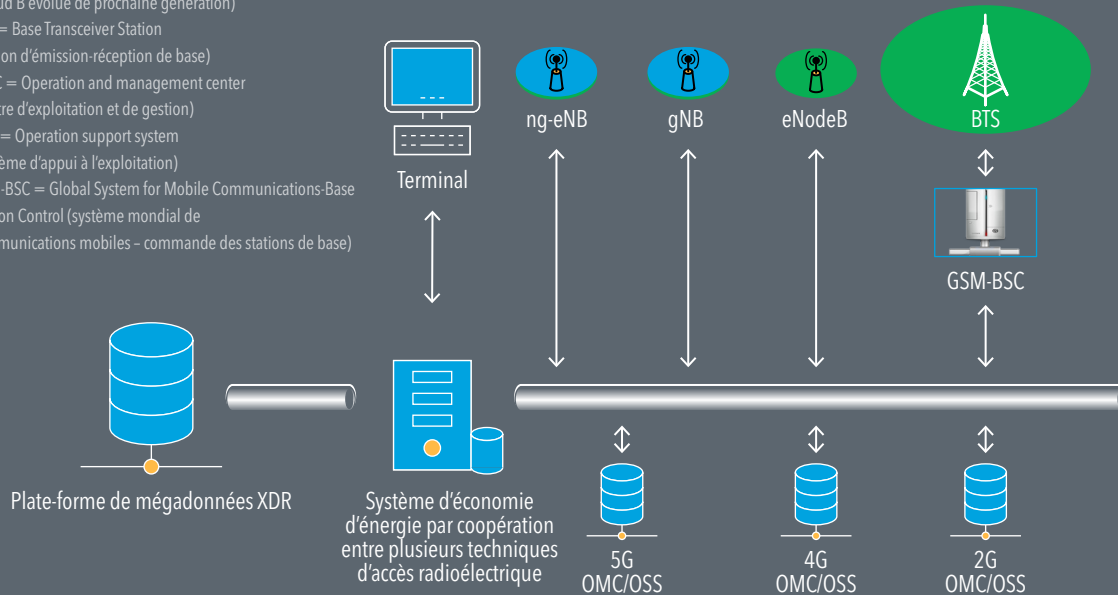
Plus précisément, le système MCES offre trois grandes fonctionnalités techniques:

- des économies d'énergie au niveau du réseau;
- une fonction de découverte des cellules économes en énergie fondée sur les mégadonnées; et
- l'activation ou la désactivation de cellules selon une granularité de temps plus fine.

Le système MCES a été déployé dans 18 provinces et intègre 970 000 cellules. En 2019, l'économie d'énergie totale a atteint plus de 40 millions de KWh. Le système évolue désormais pour pouvoir intégrer un réseau 5G afin de coordonner les économies d'énergie entre des réseaux 4G et 5G.

Topologie d'un système d'économie d'énergie par coopération entre plusieurs techniques d'accès radioélectrique (MCES)

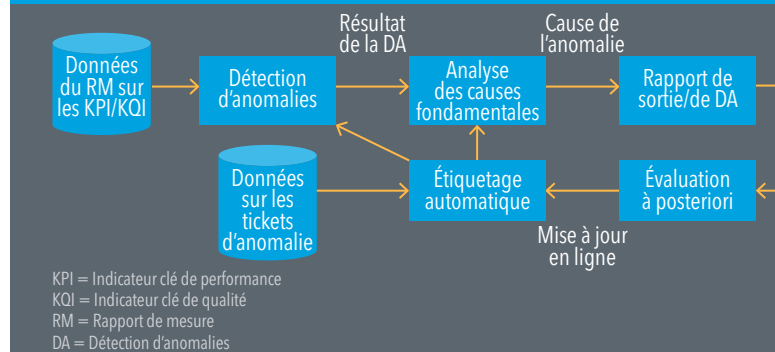
XDR = Extended Data Record
(enregistrement de données étendues)
ng-eNB = Next generation eNodeB
(nœud B évolué de prochaine génération)
BTS = Base Transceiver Station
(station d'émission-réception de base)
OMC = Operation and management center
(centre d'exploitation et de gestion)
OSS = Operation support system
(système d'appui à l'exploitation)
GSM-BSC = Global System for Mobile Communications-Base
Station Control (système mondial de
communications mobiles - commande des stations de base)



2 Analyse automatique d'anomalies

La détection et l'analyse d'anomalies ont toujours joué un rôle important dans les systèmes d'exploitation et de gestion. En utilisant un algorithme dynamique de détection d'anomalies fondé sur l'apprentissage automatique, on peut réduire le nombre de règles manuelles et obtenir des informations plus précises sur les causes fondamentales des anomalies. Parallèlement, un algorithme d'analyse des causes fondamentales, fondé sur de l'intelligence artificielle, permet de supprimer directement une partie du travail humain dans le processus d'analyse des anomalies.

Déroulement de l'analyse automatique d'anomalies



3 Optimisation de la qualité d'expérience

Le modèle d'affaires de la 5G évolue et remplace le «volume» par la «valeur». La qualité d'expérience (QoE) de l'utilisateur joue un rôle déterminant dans la commercialisation de la 5G; c'est pourquoi l'optimisation des réseaux ne vise plus des indicateurs clés de performance (KPI), mais des indicateurs clés de qualité (KQI) liés à la qualité d'expérience.

Un contrôleur intelligent radioélectrique sert de plate-forme pilotée par les données pour offrir aux réseaux d'accès radioélectrique des fonctionnalités personnalisées et pour exposer ces fonctionnalités, notamment à l'intention des industries verticales et des fournisseurs de services OTT. Parmi les services les plus utilisés, le streaming vidéo en haute définition, la réalité virtuelle en nuage et les jeux en nuage devraient être les premiers à être disponibles dans la 5G.

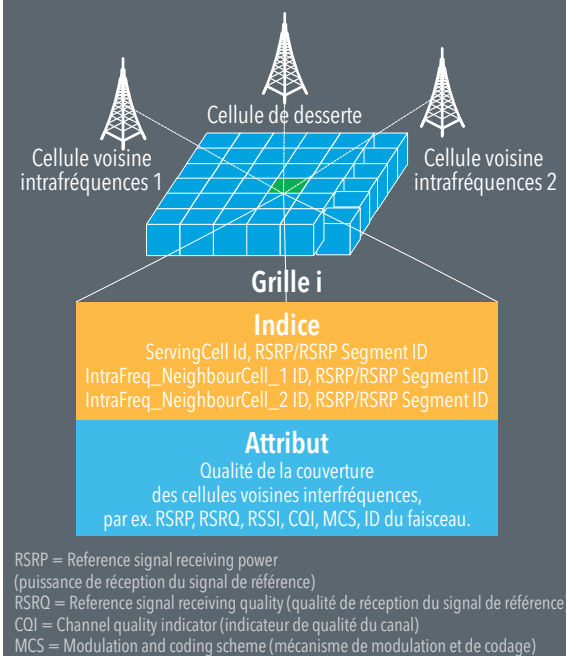
En 2019, China Mobile a effectué des essais sur le réseau 5G de Shanghai pour tester les fonctionnalités suivantes: 1) la prévision et la garantie de la qualité d'expérience fondée sur l'IA et l'apprentissage automatique dans le domaine de la réalité virtuelle en nuage; et 2) l'évaluation de la largeur de bande radioélectrique pour choisir le codage adaptatif de la réalité virtuelle en nuage.

4 Orientation du trafic par empreinte radioélectrique

L'orientation du trafic, également appelée répartition de la charge mobile, est une solution fréquemment employée dans les réseaux pour distribuer la charge de trafic entre les différentes cellules ou pour transférer du trafic afin d'obtenir une meilleure qualité de fonctionnement du réseau. On peut améliorer l'efficacité de l'orientation du trafic en définissant une empreinte radioélectrique, qui organise les cellules en grilles en fonction des niveaux de signal radioélectrique des cellules en service et des cellules voisines. On parvient ainsi à localiser la grille de l'équipement d'utilisateur (EU) et à détecter ses informations de couverture. Cette méthode permet de réduire considérablement le nombre de mesures interférences effectuées sur les EU et d'accélérer l'orientation du trafic.

China Mobile et ses partenaires ont aussi effectué des essais d'orientation du trafic selon l'empreinte radioélectrique dans un réseau commercial. Compte tenu des mesures d'optimisation prises dans ce contexte, les essais ont montré qu'en comparaison de la méthode classique de répartition de la charge, la durée de charge élevée était réduite de 13 pour cent. En outre, la reconfiguration des mesures depuis la station de base et le rapport de mesure signalant le préfixe de l'UE

Grille virtuelle d'empreinte radioélectrique



étaient respectivement réduits de 54 et de 83 pour cent. Enfin, la répartition de la charge fondée sur l'empreinte radioélectrique permettait de réduire de 20 pour cent le retard moyen du protocole Internet (IP) sur les cellules testées.

Évolution des normes

Certains organismes de normalisation ont mené de manière dynamique des études sur la normalisation de l'intelligence des réseaux qui portaient en particulier sur la gestion des plans de commande, y compris les cas d'utilisation et les exigences, ainsi que sur le cadre fonctionnel, les procédures et l'architecture de l'IA. Ces organismes étaient notamment le Secteur de la normalisation de l'UIT (UIT-T), le 3GPP, l'Alliance O-RAN et l'ETSI.

Le 3GPP a déjà intégré l'analyse de données et des fonctions connexes d'IA et d'apprentissage automatique du réseau central et du plan de gestion dans l'architecture des réseaux centraux fondés sur les services, ainsi que dans leur gestion. En revanche, il est plus difficile d'intégrer de l'IA dans les réseaux d'accès radioélectrique en raison de leur architecture distribuée et de leurs contraintes plus strictes en matière de synchronisation et de fiabilité.

Le secteur des télécommunications travaille activement à la création de réseaux d'accès radioélectrique ouverts et intelligents pour garantir le plein succès commercial de la 5G.

Travaux à venir

Bien que des progrès considérables aient déjà été accomplis, les spécifications de la 5G offrent peu d'orientations aux opérateurs mobiles sur la manière de rendre leurs réseaux 5G réellement compatibles avec l'IA et l'apprentissage automatique. Beaucoup de travail reste à faire pour mieux prendre en charge les réseaux compatibles avec l'IA et l'apprentissage automatique et pour intégrer les concepts fondamentaux de ces technologies dans la structure profonde des réseaux. Il faudra notamment être en mesure :

- de recueillir des données avec une granularité fine et personnalisée;
- d'exposer les capacités des réseaux RAN pour faciliter l'optimisation de réseaux et de services personnalisés;
- de rendre les réseaux RAN programmables et de leur donner une architecture fondée sur les services pour les rendre compatibles avec l'IA et l'apprentissage automatique;
- de découpler l'analyse, l'IA et l'apprentissage automatique visant la communication et les données pour favoriser l'efficacité de l'innovation; et
- de mettre en place des jeux de données ouverts sur les réseaux hertziens pour accélérer l'innovation en matière d'algorithmes et d'applications d'IA destinés à ces réseaux. ■

“

Le secteur des télécommunications travaille activement à la création de réseaux d'accès radioélectrique ouverts et intelligents pour garantir le plein succès commercial de la 5G.

”

Chih-Lin I, Qi Sun



Intelligence artificielle et interfaces ouvertes: les catalyseurs essentiels des réseaux de campus

M. Günther Bräutigam, Directeur général, [Airpuls](#); **M. Renato L.G. Cavalcante**, Chercheur, [Fraunhofer HHI](#); **M. Martin Kasparick**, Chercheur associé, [Fraunhofer HHI](#); **M. Alexander Keller**, Directeur de recherche, [NVIDIA](#); et **M. Slawomir Stanczak**, Chef du département des communications et des réseaux hertziens, [Fraunhofer HHI](#), Allemagne

■ Les communications modernes jouent un rôle essentiel pour assurer le développement fructueux du numérique. Grâce aux réseaux 5G, de nouvelles applications voient le jour dans les secteurs verticaux, et il existe une forte demande en faveur de nouvelles technologies hertziennes qui répondent aux problèmes propres aux secteurs dans les réseaux de campus, également appelés réseaux privés.

À titre d'exemple, pour répondre à cette demande, le Gouvernement fédéral d'Allemagne a posé les fondements du développement des réseaux de campus en autorisant leur fonctionnement dans la bande 3,7-3,8 GHz, particulièrement adaptée pour couvrir des zones étendues et prendre en charge des scénarios de grande mobilité.

“

Les communications modernes jouent un rôle essentiel pour assurer le développement fructueux du numérique.

”

MM. Günther Bräutigam, Renato L.G. Cavalcante, Martin Kasparick, Alexander Keller et Slawomir Stanczak

Cette bande de fréquences devrait être complétée par la bande des ondes millimétriques, qui offre de nombreux avantages en termes de largeur de bande de transmission, de sécurité contre les écoutes et de robustesse contre les brouillages, notamment.

Comme les réseaux mobiles classiques, les réseaux de campus sont constitués d'un réseau central contenant les éléments centraux permettant de contrôler le réseau, et d'un réseau d'accès radioélectrique (RAN), qui gère les liaisons hertziennes entre les stations de base et les terminaux mobiles.

De nombreux fournisseurs proposent des logiciels pour le réseau central. Seuls quelques fournisseurs proposent des technologies RAN. Les solutions intégrées verticalement ne permettent guère l'interopérabilité. En raison d'importants obstacles à l'entrée sur le marché, des technologies propres aux secteurs s'adressant à des marchés de niche ne sont pas développées. Cette absence de concurrence freine l'innovation dans le domaine des technologies RAN.

Promouvoir l'innovation dans les réseaux de campus

Afin de promouvoir l'innovation dans les réseaux de campus, il est préconisé d'adopter un nouveau modèle économique, caractérisé notamment par la conception de systèmes, l'optimisation et l'intégration de technologies hertziennes ouvertes et sécurisées.

Ces technologies reposent sur la décomposition, la virtualisation, l'ouverture et l'intelligence artificielle. Dans le cadre de cette nouvelle approche, les réseaux RAN peuvent être décomposés en modules exécutant des fonctions de réseau via des logiciels. Il sera essentiel de mettre en place des interfaces ouvertes entre ces modules RAN virtualisés si l'on veut assurer l'interopérabilité entre les fournisseurs.

Bien que les interfaces soient normalisées, les normes ne traitent pas de la mise en œuvre des fonctions de réseau, ce qui permet aux fournisseurs de se différencier, à leur propre avantage et à celui de leurs clients. Ce degré élevé de logiciellisation des fonctions RAN, associé à l'utilisation de logiciels et de matériels commerciaux (COTS), entraîne des économies d'échelle et une réduction des coûts.

Cette évolution entre systèmes fermés et systèmes ouverts et programmables produit deux conséquences majeures.

Elle permet de réduire les investissements nécessaires au développement de technologies pour les réseaux d'accès radioélectriques, de sorte que les petites et moyennes entreprises sont en mesure de concevoir des solutions propres à leur secteur pour les réseaux de campus.

La réduction des obstacles à l'entrée permet d'étendre le marché, en instaurant des conditions permettant aux technologies de niche provenant d'autres marchés de pénétrer les réseaux de campus.

À titre d'exemple, les algorithmes d'exploration de données existants peuvent être adaptés aux systèmes hertziens, comme l'analyse des flux de données RAN visant à détecter les attaques sur les interfaces radioélectriques.

S'ils reposaient sur des solutions multifournisseurs souples, les réseaux de campus seraient en mesure de répondre aux besoins liés à des environnements complexes propres aux différents secteurs.

Aller plus loin que les réseaux 5G au moyen de l'intelligence artificielle

À l'heure où nous nous tournons vers l'après-5G, toute approche globale visant à gérer cette complexité suppose de s'appuyer sur l'intelligence artificielle, en tant que partie intégrante de la conception globale du système.

Lorsque de nouveaux composants matériels et logiciels sont intégrés dans un réseau, l'intégration peut être testée dans un environnement de «jumeau numérique», dans lequel la simulation s'appuie sur l'intelligence artificielle.

De nouveaux outils d'intelligence artificielle sont nécessaires pour soutenir les fonctions de réseau telles que la planification, la gestion des faisceaux, la coordination relative aux brouillages, la localisation, la détection des symboles et l'estimation des canaux, pour ne citer que quelques exemples.

Ces outils peuvent être fondamentalement différents des outils existants qui sont appliqués dans des domaines tels que la reconnaissance vocale et la vision artificielle.

Toutefois, le succès des systèmes ouverts et programmables reposera principalement sur les couches inférieures de la pile de communication, où l'environnement est très dynamique et incertain.

Les défis

En conséquence, l'acquisition d'ensembles de données pour l'entraînement des algorithmes d'apprentissage automatique fondés sur les données constitue un défi: il peut arriver que, le temps que des données suffisantes soient collectées, l'environnement ait changé dans de telles proportions que les données d'entraînement deviennent obsolètes.

Les méthodes essentiellement fondées sur des modèles sont aujourd'hui largement appliquées, mais d'importants problèmes peuvent être rencontrés dans ce contexte. Dans la mesure où les modèles hertziens ignorent souvent les effets de la divergence des faisceaux et s'appuient sur d'autres approximations telles que les ondes dans la région de champ lointain, ils peuvent devenir trop grossiers avec l'augmentation de la

fréquence d'exploitation, du débit et du nombre d'antennes.

Ces problèmes peuvent être résolus au moyen de méthodes hybrides reposant sur des modèles et des données, consistant à utiliser les données pour limiter l'incertitude des modèles et à utiliser les modèles grossiers pour réduire la quantité de données d'entraînements requises par les outils d'apprentissage. Il est essentiel que certaines de ces opérations soient effectuées dans des délais allant de quelques microsecondes à quelques millisecondes, de sorte qu'il est de plus en plus important de concevoir des algorithmes évolutifs pouvant être largement mis en parallèle avec les équipements commerciaux.

Appel à l'action en matière d'intelligence artificielle

Pour répondre aux exigences strictes des applications mobiles dans les réseaux de campus, le secteur doit axer tous ses efforts sur le développement et l'application de nouvelles méthodes d'intelligence artificielle.

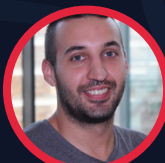
Les pays pourront ainsi renforcer leur souveraineté numérique et les entreprises seront en mesure de fournir des solutions pour les marchés de niche qui ne sont pas encore desservis. ■

Pour répondre aux exigences strictes des applications mobiles dans les réseaux de campus, le secteur doit axer tous ses efforts sur le développement et l'application de nouvelles méthodes d'intelligence artificielle.

”

MM. Günther Bräutigam,
Renato L.G. Cavalcante,
Martin Kasparick,
Alexander Keller et
Slawomir Stanczak

Citations de certains hôtes du Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G concernant les énoncés de problèmes



Le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G a offert une magnifique occasion de rassembler des spécialistes de la normalisation et des universitaires et a permis à des étudiants et des professionnels de résoudre des problèmes de communication majeurs. Il a notamment permis d'obtenir des résultats fort intéressants qui pourraient ouvrir la porte à une révolution dans la manière de comprendre les communications. En ce qui concerne le problème du regroupement dynamique de canaux, l'application de modèles fondés sur l'apprentissage automatique représente un bond en avant dans le domaine.

Francesc Wilhelmi

doctorant, Groupe de recherche sur les réseaux hertziens, [UPF](#), Espagne



Nous sommes très heureux d'avoir participé à ce Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G, car il nous a permis de rencontrer des chercheurs en IA du monde entier et de travailler avec eux pour résoudre un problème opérationnel auquel la société Turkcell est confrontée. Notre énoncé de problème, «les échecs de liaison radioélectrique», a des conséquences critiques pour un opérateur de réseau. Modéliser les échecs de liaison en s'appuyant sur des prévisions météorologiques est une tâche ardue, compte tenu du manque de fiabilité de ces prévisions et du fait que les échecs de liaison se produisent rarement. La préparation au concours et la communication avec ses participants nous ont déjà aidé à mieux formuler le problème, à régler les incohérences de nos données et à envisager des démarches différentes. Nous devrions recevoir des propositions de solution de haute qualité dans cette tâche difficile, et nous nous réjouissons d'exploiter les enseignements que nous en retirerons pour mettre en œuvre des mécanismes capables de prendre des dispositions avant qu'un échec de liaison ne se produise afin d'améliorer l'expérience des clients.

Salih Ergut

chercheur spécialiste de la 5G, [Turkcell](#), Turquie



Le premier des cas d'utilisation en 2030?

Andrey Koucheryavy

Président et professeur, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission de données, [SPbSUT](#), responsable de la recherche au [NIIR](#), Russie, et Président de la [CE 11 de l'UIT-T](#).



Pour garantir la densité de couverture des réseaux, même dans les zones peu habitées, tout en assurant un niveau élevé de sécurité et une qualité de service satisfaisante, il sera important d'intégrer l'informatique en périphérie intelligente et la technologie de la chaîne de blocs dans les réseaux futurs de 2030.

Ammar Muthanna

Directeur scientifique adjoint, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission de données, [SPbSUT](#), et Directeur du Laboratoire SDN, Russie



La tâche la plus importante de l'intelligence artificielle dans les réseaux 5G consiste à reconnaître le trafic «à la volée» sans entraîner de retards. Cette tâche servira aux nouveaux services de gestion de trafic comme l'Internet tactile, les réseaux médicaux et les véhicules autonomes.

Artem Volkov

chercheur et doctorant, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission de données, [SPbSUT](#), Russie



Accueillir un événement comme le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G a été une expérience extrêmement fructueuse. Les organisateurs de l'UIT ont considérablement facilité la préparation et le déroulement de l'ensemble du concours et ont réussi à attirer un grand nombre de participants. Notre énoncé de problème a attiré bien plus de monde que nous ne l'aurions imaginé au début. En tant qu'universitaires, nous considérons ce concours comme un moyen de faire connaître les recherches que nous effectuons. Ce type de concours est très intéressant pour nous car il nous permet de rencontrer un public différent, tant au sein du monde universitaire que dans les entreprises. De plus, nous avons été impressionnés par les solutions proposées, dont certaines ont fait progresser l'état de la technique. Nous sommes impatients de participer à la prochaine édition du concours en 2021.

José Suárez-Varela
chercheur en postdoctorat, [BNN-UPC](#),
Espagne



Nous sommes très honorés de participer au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G, qui va nous permettre d'accélérer le rythme de l'application des algorithmes d'IA et d'apprentissage automatique dans les réseaux de télécommunication. Notre énoncé de problème touchait à «l'optimisation des déductions des modèles à réseau neuronal profond»; il faisait partie de la catégorie des vecteurs de développement. Ce sujet est vraiment important si l'on envisage de déployer des modèles d'apprentissage automatique dans un réseau, notamment dans les cas où les déductions sont soumises à des contraintes strictes. Nous avons déjà reçu quelques propositions très intéressantes, qui vont sans aucun doute éclairer nos travaux dans le cadre du projet ouvert Adlik.

Liya Yuan
ingénieure chargée de la normalisation et des projets ouverts,
[ZTE](#), Chine



Le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G nous a aidés à nous distancier du «monde des petits jeux de données» et à évaluer correctement des algorithmes d'IA et d'apprentissage automatique, notamment en matière d'apprentissage profond, en travaillant sur des jeux de données volumineux et en effectuant des expériences reproductibles.

Aldebaro Klautau
professeur d'ingénierie électrique et informatique,
[UFPA](#), Brésil



Nous sommes très honorés de participer à ce Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G, qui est passionnant, et d'y présenter un énoncé de problème. L'IA et l'apprentissage automatique commencent à peine à être adoptés dans le secteur des télécommunications, mais les communautés constituées par l'UIT, qui sont uniques et rassemblent différents pays, organisations et personnes de tout profil, ne manqueront pas de stimuler l'innovation dans ce domaine. Poursuivons nos innovations et notre collaboration à l'ère de la 5G et au-delà.

Tomohiro Otani
Directeur exécutif, [KDDI Research](#), Japon



Ce concours donne de la visibilité au potentiel de l'apprentissage automatique en tant que vecteur de développement des réseaux intelligents. Il encourage un nombre croissant de chercheurs et d'ingénieurs à mener des travaux de recherche-développement sur ce type de réseaux, et il rassemble les opérateurs, les fournisseurs, les chercheurs, les étudiants et les communautés intéressées en vue de construire des réseaux plus souples, plus efficaces, plus écologiques et plus résilients. En intégrant l'IA dans ses services, un réseau évolue et devient capable d'offrir de meilleurs services sociaux, commerciaux et technologiques. L'Artificial Intelligence Industry Alliance (Alliance du secteur de l'intelligence artificielle) continuera d'aider l'UIT à organiser des concours pour encourager la convergence des technologies d'IA vers les infrastructures et les services des réseaux.

Qiang Cheng
Artificial Intelligence Industry Alliance (AIIA), Chine



Nous avons participé au Concours de l'UIT en travaillant sur l'évaluation des canaux MIMO en ondes millimétriques, et ces travaux m'ont considérablement aidée à lancer mon nouveau programme de recherche à l'Université publique de Caroline du Nord. Ils m'ont permis de comprendre toute la difficulté d'associer l'IA et les communautés hertziennes afin qu'ils parlent le même langage. J'ai beaucoup apprécié mes échanges avec les participants sur l'un de mes thèmes préférés dans le domaine des communications MIMO en ondes millimétriques.

Nuria Gonzalez Prelcic
professeure associée, [NCSU](#), États-Unis d'Amérique



Le Ministère de l'Intérieur et des Communications du Japon considère que la recherche et le développement dans le domaine des réseaux autonomes, fondés sur l'emploi de l'IA et de l'apprentissage automatique, sont extrêmement importants pour l'évolution ultérieure de la 5G et l'avènement rapide du B5G («Beyond 5G», au-delà de la 5G). En s'appuyant sur l'IA et l'apprentissage automatique et en participant à un concours pour résoudre les différents problèmes afférents aux réseaux 5G, les ingénieurs contribueront dans une large mesure au développement de l'information et des communications, et notamment à améliorer les technologies de l'IA et de l'apprentissage automatique, ainsi qu'au développement des ressources humaines. Le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G est un événement d'une importance toute particulière.

Ryota Takeda, [MIC](#), Japon



Nous considérons que le thème de «l'intelligence autonome» dans les réseaux de télécommunication au-delà de la 5G et la 6G constitue un axe de recherche et de développement prometteur, comme l'a indiqué le Ministère de l'Intérieur et des Communications du Japon dans son document intitulé «Beyond 5G Strategic Board» (Conseil stratégique sur les suites de la 5G). Nous observons que le Concours de l'UITT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G est parfaitement cohérent avec cette stratégie et qu'il a rapidement encouragé de jeunes chercheurs à participer à des compétitions à l'échelle mondiale. L'UITT démontre ainsi son efficacité à promouvoir l'orientation stratégique de la R&D en vue de favoriser l'intégration d'une superintelligence dans les réseaux. Au Japon, l'association RISING (association de recherche transversale sur les réseaux super-intelligents) a pris la tête de la concurrence régionale dans ce concours, avec l'appui indéfectible du MIC, du 5GMF, du TTC et de ses partenaires privés, KDDI et NEC. Je salue sincèrement les efforts déployés par l'UIT-T pour promouvoir l'emploi de l'IA et de l'apprentissage automatique dans les télécommunications, et je suis convaincu que ces activités vont remporter un plein succès.

Akihiro Nakao
professeur, [UTokyo](#), Japon

Citations de certains participants au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G



Ma participation au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G m'a permis d'acquérir une expérience concrète dans des domaines touchant à la conception et la construction de futures technologies hertziennes. Il a été particulièrement intéressant d'appliquer différentes méthodes d'apprentissage automatique aux particularités des futurs mécanismes d'accès au spectre pour obtenir des performances encore supérieures à celles que nous connaissons aujourd'hui.

Paola Soto-Arenas

Paola Soto-Arenas, chercheuse doctorante,
Université d'Anvers,
Belgique



Participer à ce concours était une occasion en or de tester et d'améliorer nos compétences en apprentissage automatique dans le contexte de nouvelles technologies comme la 5G. Pendant ce concours, nous sommes parvenus à surmonter un certain nombre de difficultés et nous avons eu l'occasion de rencontrer de nouvelles personnes venant du monde entier.

Khalid Al-Bagami

ingénieur en télécommunications, Ericsson, Arabie saoudite



Le concours nous a permis de repenser les méthodes d'estimation de canaux classiques en nous appuyant sur l'apprentissage automatique. Je suis très curieuse de voir les résultats des autres participants.

Dolores Garcia

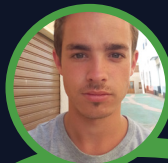
doctorante, IMDEA, Espagne



J'ai l'immense joie de pouvoir dire que ma participation au Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G a été une magnifique expérience d'apprentissage. C'était aussi une belle occasion de travailler sur des problèmes préliminaires dans le domaine des communications hertziennes et de tenter de trouver des solutions en s'appuyant sur l'IA et l'apprentissage automatique.

Megha Gururaj Kulkarni

étudiant, PES University, Inde



À l'UC3M, nous avons entraîné une solution fondée sur des réseaux de neurones pour prévoir le débit de réseaux WLAN 802.11. Les organisateurs (l'UPF) nous ont fourni les jeux de données et nous ont apporté de l'aide pendant le concours. Cette expérience a été vraiment positive.

Jorge Martín Pérez

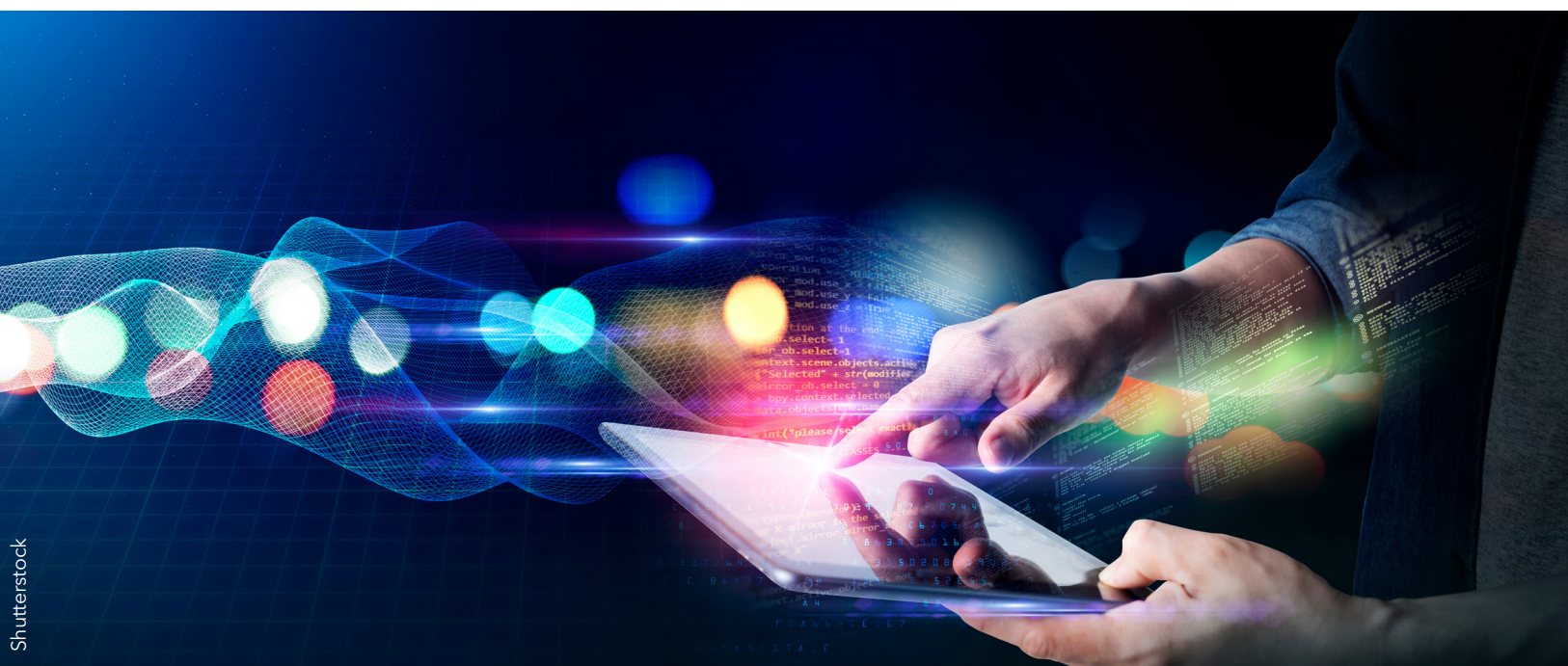
étudiant en doctorat,
UC3M, Espagne



Je suis spécialisé dans les technologies employées dans le domaine de la santé; les travaux de mon groupe portaient sur l'emploi de l'IA dans un agent conversationnel mobile qui fournissait des informations sur le COVID19 dans la 5G. Mon travail vise aussi bien l'Afrique que l'Europe, et je m'efforce d'atteindre d'autres régions pour influencer les marchés et la société dans le monde entier, que le public soit jeune ou âgé. L'UIT a fait un travail fantastique en rassemblant ces participants dynamiques pour qu'ils contribuent aux innovations de ce concours 2020.

Mahlet Shimellis

PNUD, Éthiopie/États-Unis d'Amérique



L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique au service de communications ultra fiables à faible temps de latence

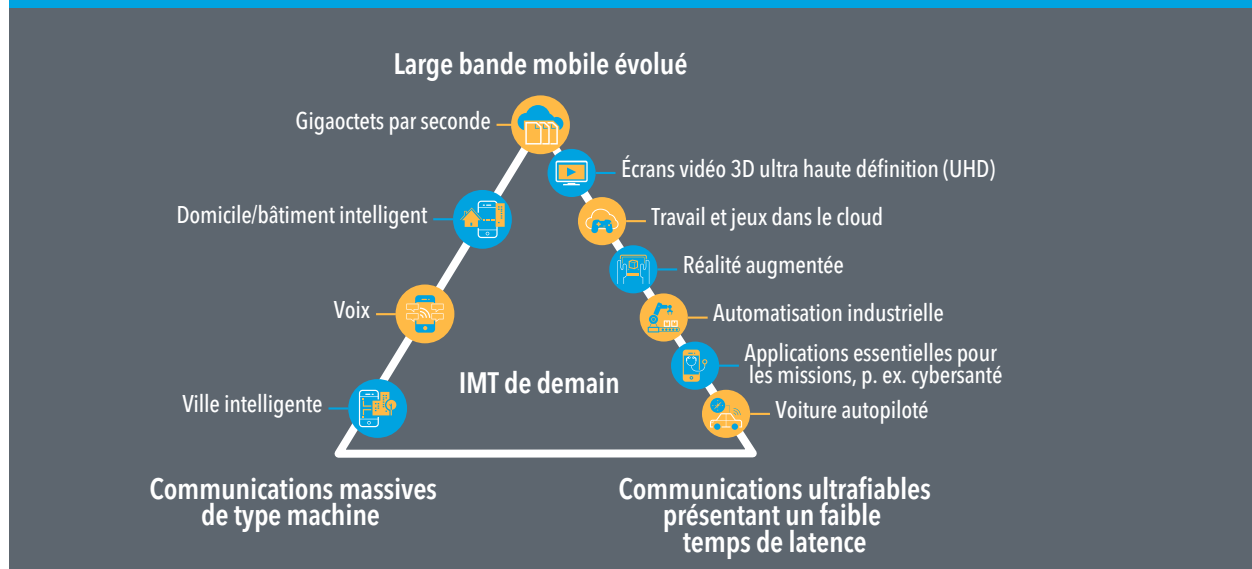
M. Andrey Koucheryavy, Professeur, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, [SPbSUT](#), Chercheur principal, [NIIR](#) et Président de la [CE 11](#) de l'[UIT-T](#); **M. Ammar Muthanna**, Directeur adjoint chargé des sciences, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, [SPbSUT](#), et responsable du Laboratoire SDN; **M. Artem Volkov**, Chercheur et doctorant, Département des réseaux de télécommunication et de la transmission des données, [SPbSUT](#), Russie

■ Les réseaux 5G sont conçus de manière à intégrer toutes les avancées dans le domaine des réseaux de communication fixes et mobiles afin de transmettre des données à ultra-haut débit, prenant en charge un large éventail de nouveaux services grâce à de nouvelles structures d'informatique en nuage, comme l'informatique géodistribuée et l'informatique en périphérie.

La Vision pour les télécommunications mobiles internationales (IMT) définie dans la Recommandation [UIT-R M. 2083-0](#) décrit trois scénarios d'utilisation de la 5G: 1) le large bande mobile évolué (eMBB); 2) les communications massives de type machine (mMTC); et 3) les communications ultra-fiables présentant un faible temps de latence (URLLC).

S'agissant des communications massives de type machine, le concept de l'Internet des objets (Recommandation [UIT-T Y.2060/Y.4000](#)) renvoie à des milliers de milliards d'objets connectés et dotés d'un identifiant unique, et suppose d'opérer un changement fondamental par rapport aux idées traditionnelles concernant le nombre et le volume de bases de données des dispositifs dans le réseau.

Scénarios d'utilisation de la 5G tirés de la Recommandation de l'UIT-R sur la vision pour les IMT-2020



L'Internet des objets, qui constitue un élément catalyseur pour le développement des technologies de réseau, a apporté une véritable couche de nouveaux services dans tous les aspects du quotidien et de la société.

Toutefois, les communications ultra-fiables à faible temps de latence sont source de défis de taille pour la communauté scientifique et technique. Bien que ces communications soient susceptibles de donner naissance à des applications d'Internet tactile dans des domaines tels que la télémedicine, les véhicules autonomes et la robotique industrielle, elles créent aussi de nouvelles exigences strictes en matière de qualité de service.

Réduire le temps de latence dans les réseaux 5G et au-delà

Il est possible de réduire considérablement le temps de latence dans les réseaux 5G et au-delà, en tirant parti d'innovations dans les domaines des réseaux pilotés par logiciel, de la virtualisation des fonctions de réseau et de l'informatique en périphérie.

Pour atteindre l'objectif ambitieux consistant à réduire le temps de latence à moins de 1 milliseconde pour prendre en charge les applications tactiles, la communauté scientifique et technique se tourne vers les technologies d'informatique géodistribuée et d'informatique en périphérie en tant qu'approches architecturales dans les réseaux futurs.

Cela suppose une transition vers un plus grand nombre et une plus grande diversité de technologies de réseau et de technologies informatiques, ce qui se traduit par des réseaux et par une gestion de réseau plus complexes.

Il est ainsi nécessaire de procéder à un examen des principes établis dans le domaine de la gestion de réseaux.

L'intelligence artificielle entre ici en jeu, car elle offre de nouvelles capacités parfaitement adaptées pour prendre en charge le degré de programmabilité élevé et la fourniture automatisée qui permettent les systèmes d'orchestration fondés sur les réseaux pilotés par logiciel.

“

En 2020, l'Internet tactile aurait pu trouver une application dans les robots contrôlés à distance visant à aider les patients dans les hôpitaux insuffisamment préparés face à la pandémie de COVID-19.

”

MM. Andrey Koucheryavy,
Ammar Muthanna
et Artem Volkov

L'Intelligence artificielle relève d'une catégorie d'algorithmes et de modèles mathématiques d'apprentissage automatique et d'algorithmes de traitement des mégadonnées. Les dernières technologies de processeur permettent de mettre en œuvre des algorithmes d'intelligence artificielle avec une grande efficacité.

Le volume du trafic est en augmentation, et celui-ci est de plus en plus hétérogène. L'Internet des objets et les communications ultra-fiables avec un faible temps de latence s'accompagnent de nouvelles exigences très diverses, de sorte que les processus décisionnels relatifs à la qualité de service devront être beaucoup plus efficaces.



Internet tactile

Les principales caractéristiques des applications de l'Internet tactile sont les suivantes:

- Une architecture de réseau décentralisée permettant des services Internet tactiles en périphérie du réseau. (La décentralisation des réseaux peut-elle réduire les inégalités numériques?)
- Une interaction tactile en temps réelle équivalente aux sensations humaines nécessite un temps de latence inférieur à 1 milliseconde.
- L'objectif d'un temps de latence de moins d'une milliseconde fait naître de nouvelles exigences rigoureuses concernant les solutions de réseau et de système.

En 2020, l'Internet tactile aurait pu trouver une application dans les robots contrôlés à distance visant à aider les patients dans les hôpitaux insuffisamment préparés face à la pandémie de COVID-19.

Les outils existants relatifs à la qualité de service ne peuvent pas fonctionner au niveau requis. En outre, la plupart des solutions doivent déjà disposer de prévisions de charge pour certains services, prévisions qui tiennent compte de facteurs géographiques et dynamiques tels que les mouvements des abonnés, y compris à grande vitesse.

Les opérateurs ont également besoin de prévisions complètes sur le développement de l'infrastructure tenant compte de la vitesse à laquelle les nouvelles technologies sont mises en place, de façon à offrir de nouveaux services sur l'Internet et à s'adapter aux changements qu'ils devraient produire sur le quotidien des populations.

De nouvelles approches de l'identification du trafic fondées sur l'intelligence artificielle grâce aux réseaux pilotés par logiciel

L'Intelligence artificielle peut effectuer deux tâches essentielles pour l'évaluation de la qualité de service: l'identification du trafic sans ambiguïté et les prévisions de trafic.

La tâche consistant à identifier le trafic suppose la nécessité de prendre en considération un grand nombre de types de trafic, sans ajouter de retards supplémentaires (compte tenu des services de communication ultra-fiables à faible temps de latence) et la nécessité de développer et d'adapter l'algorithme d'intelligence artificielle aux différents lieux géographiques où sont situés les réseaux et services.

Les capacités de réseau piloté par logiciel des réseaux 5G rend possible l'adoption de nouvelles approches en matière d'identification du trafic.

Le modèle d'apprentissage automatique conçu par l'Université de Saint-Petersbourg (SPbSUT) dans le cadre du [Concours de l'UIT sur](#)

[l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#) vise à analyser les métadonnées issues des flux de réseaux pilotés par logiciel afin d'identifier et de prévoir le trafic.

Cette méthode d'identification et de prévision du trafic n'entraîne aucun retard dans le trafic transmis au niveau du plan de données, garantit la portabilité des modules analytiques sur les contrôleurs SDN et permet d'élargir l'éventail des types de trafic pris en considération.

Les algorithmes d'intelligence artificielle, associés aux nouvelles technologies de calcul concernant la création de réseaux et de services en nuage, peuvent appuyer utilement la transition vers des communications ultra fiables à faible temps de latence.

Toutefois, la principale avancée permettant de concrétiser pleinement les promesses des applications de communication tactiles ultra-fiables à faible temps de latence sera certainement la prochaine génération de technologies de la couche physique, c'est-à-dire les communications quantiques. ■

La principale avancée permettant de concrétiser pleinement les promesses des applications de communication tactiles ultra-fiables à faible temps de latence sera certainement la prochaine génération de technologies de la couche physique.

”

Andrey Koucheryavy,
Ammar Muthanna,
Artem Volkov



L'intégration de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique dans les réseaux autonomes: une nouvelle direction pour les télécommunications de prochaine génération

Akihiro Nakao, professeur, [Université de Tokyo](#), Japan

■ Les services commerciaux dans la 5G ont été récemment déployés à l'échelle mondiale et sont désormais utilisés dans le monde entier. Parallèlement, des stratégies de recherche et développement (R&D) visant à aller au-delà de la 5G, c'est-à-dire vers la 6G, ont déjà été lancées.

Au Japon, les services 5G ont été lancés au printemps 2020. Le Ministère de l'Intérieur et des Communications (MIC) avait déjà mis en place, en janvier 2020, un groupe d'étude chargé de définir les axes de R&D qu'il convenait de choisir pour mettre en œuvre la 6G.

En juin 2020, le Conseil stratégique du MIC sur les suites de la 5G a présenté des propositions stratégiques sur les travaux de R&D concernant la 6G.

“

Les nouvelles propositions de stratégie visant à aller au-delà de la 5G et vers la 6G prévoient de nouveaux indicateurs clés de performance.

”

Akihiro Nakao

Les nouvelles propositions de stratégie visant à aller au-delà de la 5G et vers la 6G prévoient de nouveaux indicateurs clés de performance (KPI) qui devraient améliorer les capacités visées pour les technologies hertziennes 5G actuelles, notamment en termes de largeur de bande, de faible temps de latence et de nombre de connexions, ces capacités devant être considérablement plus élevées. Les propositions prévoient aussi de nouveaux éléments dans des domaines tels que l'ultra-faible puissance, la sécurité, l'autonomie et la facilité de déploiement.

Ces deux derniers nouveaux éléments sont particulièrement intéressants car ils devraient permettre de créer des réseaux autonomes et d'ouvrir les télécommunications à des systèmes dont le déploiement était considéré jusqu'à présent comme difficile, par exemple des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS), ou sous l'eau, etc.

De fait, les réseaux autonomes exploitant l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle (IA) ont fait l'objet de nombreux débats récemment. «L'autonomie» s'entend de la conception et de la mise en œuvre d'une infrastructure de communication capable de fonctionner de manière indépendante, c'est-à-dire sans l'intervention d'un être humain. Il s'agit de réseaux «sans intervention», qui nécessitent la construction d'une infrastructure

optimale plus sophistiquée que les réseaux filaires et hertziens.

La société NTT a récemment organisé un forum mondial appelé Innovative Optical and Wireless Network (réseau optique et hertzien novateur, IOWN). Bien que le concept s'appuie sur de nombreuses briques de base évoluées comme les réseaux entièrement photoniques centrés sur les données, à faible puissance et à faible latence, son principal objectif semble être de permettre la construction d'une infrastructure capable de fonctionner automatiquement grâce à des algorithmes intelligents qui dépassent l'intelligence et l'expérience humaines.

La recherche de pointe sur la communication au Japon

Dans le monde universitaire japonais, l'Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (Institut d'ingénierie en électronique, en informatique et en communication, IEICE) joue un rôle moteur dans les recherches de pointe sur la communication. Nous reconnaissons la nécessité de mener des recherches sur les réseaux autonomes afin d'automatiser l'exploitation et de détecter et prévoir automatiquement les pannes des infrastructures de l'information et de la communication. C'est pourquoi nous avons créé RISING, un groupe

“

Nous reconnaissons la nécessité de mener des recherches sur les réseaux autonomes.

”

Akihiro Nakao

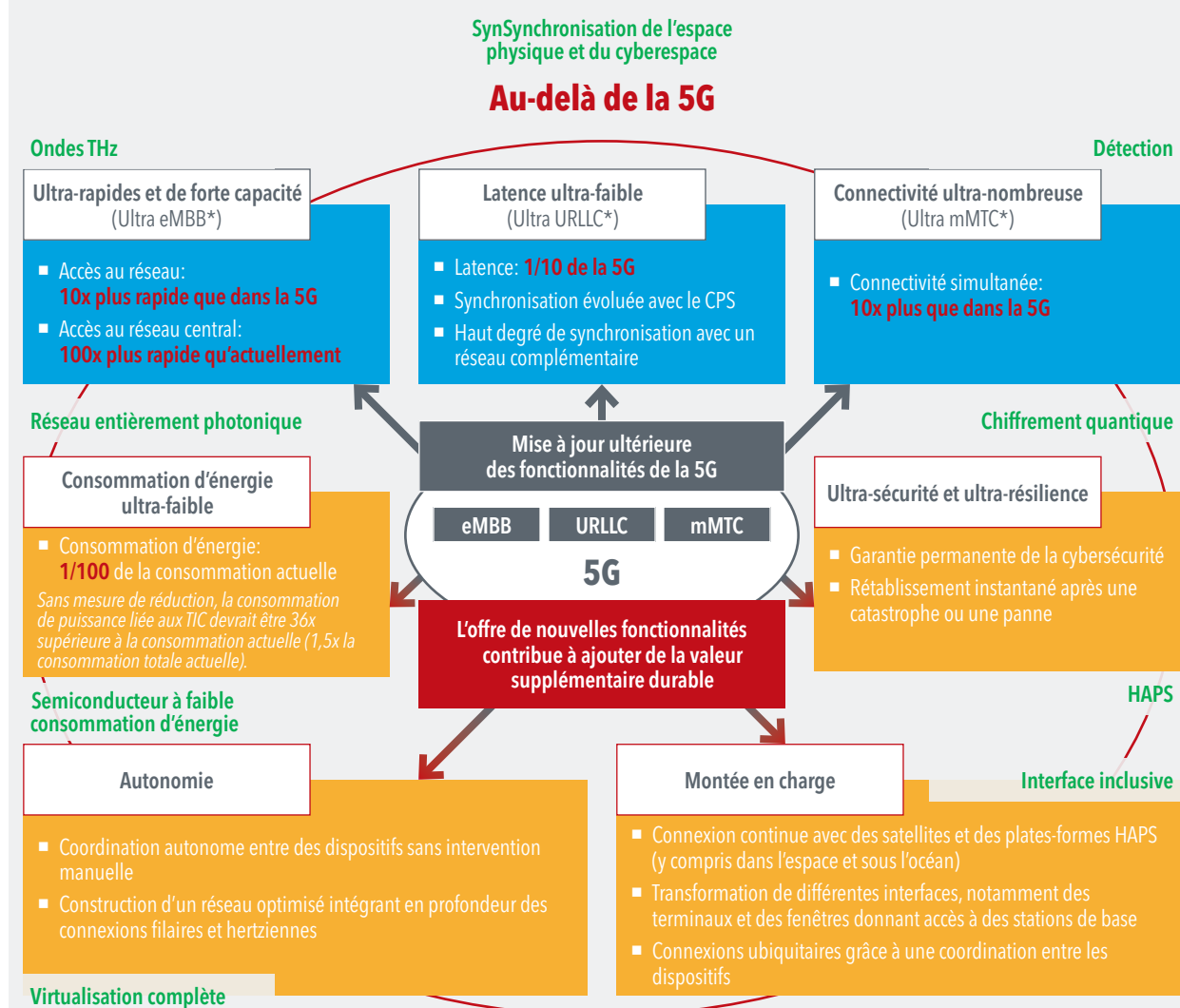
d'étude transversal sur les réseaux super-intelligents, dont j'assume la présidence.

Le premier symposium organisé par RISING a donné l'occasion de présenter 111 affiches et débats de tables rondes, qui avaient pour but de sensibiliser de nombreux étudiants et jeunes chercheurs. Il a suscité un vif intérêt auprès des chercheurs dans tous les domaines technologiques liés aux infrastructures de communication filaires et hertziennes.

L'UIT, l'IA et l'apprentissage automatique dans la 5G

De nombreux acteurs japonais, notamment l'Université de Tokyo, mais aussi des partenaires du secteur privé ont participé au Groupe spécialisé de l'UIT sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G (FG-ML5G).

Principales fonctionnalités au-delà de la 5G



Les termes en vert sont des exemples de domaines dans lesquels le Japon dispose d'avantages ou dans lesquels il s'est engagé activement.

*eMBB: enhanced mobile broadband (large bande mobile évolué)

*URLLC: Ultra-reliable and low latency communications (communications ultra-fiables et à latence ultra-faible)

*mMTC: massive Machine Type Communication (communication massive de type machine)

“

De nombreux acteurs japonais, notamment l'Université de Tokyo, mais aussi des partenaires du secteur privé ont participé au Groupe spécialisé de l'UIT sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G.

”

Akihiro Nakao

Le Ministère de l'Intérieur et des Communications ainsi que les sociétés [KDDI](#), [NEC](#), [Hitachi](#) et [NICT](#) sont tous des entités japonaises qui mènent des travaux de recherche-développement sur l'intégration de l'IA dans les réseaux, et qui ont proposé de nombreuses contributions au groupe ML5G.

Depuis juillet 2020, l'UIT organise un Concours sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G qui a pour but de trouver des solutions à des problèmes liés à l'application de l'IA et de l'apprentissage automatique dans les réseaux 5G.

Certains pays comme la Chine, le Brésil, la Turquie, l'Irlande, l'Inde et les États-Unis d'Amérique ont accueilli des épreuves de ce concours. Dans notre région, une épreuve a été organisée par une coalition de partenaires tels que [TTC](#) et NEC/KDDI autour de la communauté du groupe RISING évoqué plus haut.

Lors de l'épreuve régionale organisée par l'UIT au Japon, les sociétés KDDI et NEC ont chacune présenté un certain nombre d'énoncés de problème. Une vingtaine d'équipes composées de quatre personnes se sont inscrites pour participer à

la recherche de solutions à chacun de ces problèmes.

Le groupe RISING a proposé son propre énoncé de problème dans le domaine de la communication hertzienne.

Le concours s'est achevé à la mi-octobre 2020. Nous allons désigner trois vainqueurs par énoncé, et nous espérons que les chercheurs concernés pourront présenter leurs résultats à la conférence mondiale organisée en ligne par l'UIT du 15 au 17 décembre 2020.

Compte tenu des travaux de recherche-développement accomplis et de l'engagement considérable de nombreux acteurs envers ce concours de l'UIT, nous considérons que l'intégration de l'IA et de l'apprentissage automatique dans les réseaux est un axe de recherche prometteur pour définir les télécommunications de prochaine génération, et en particulier les réseaux au-delà de la 5G et vers la 6G.

Nous sommes résolus à contribuer aux travaux de recherche-développement et de normalisation sur l'intégration de l'IA et de l'apprentissage automatique dans les télécommunications au cours de la décennie à venir. ■



Simulations réalistes sous Raymobtime pour concevoir la couche physique de systèmes hertziens fondés sur l'intelligence artificielle

Aldebaro Klautau, professeur, [Université fédérale de Pará](#), Brésil, et **Nuria González-Prelcic**, professeur associé, [Université publique de Caroline du Nord](#), États-Unis d'Amérique

■ Pour innover dans le domaine de la 5G et au-delà, l'une des tendances les plus évidentes consiste à apprendre à partir de l'expérience.

Les environnements de réseaux simulés nous aident à étudier un ensemble de questions ouvertes qui ont une importance fondamentale au regard du rôle que l'intelligence artificielle (IA) va jouer dans les communications hertziennes.

La conception des systèmes hertziens actuels repose sur des modèles mathématiques complexes, et son principal moteur était l'intelligence humaine. Cependant, les systèmes évoluent vers des réseaux hertziens fondés sur l'IA dans lesquels les algorithmes d'apprentissage automatique jouent un rôle déterminant.

Pour mettre au point des solutions fondées sur l'IA, il faut disposer de différents jeux de données volumineux qui permettent de généraliser les résultats, notamment si l'on emploie des méthodes d'apprentissage profond.

“

Pour innover dans le domaine de la 5G et au-delà, l'une des tendances les plus évidentes consiste à apprendre à partir de l'expérience.

”

Aldebaro Klautau et
Nuria González-Prelcic



Les jeux de données constitués sous Raymobtime et le Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G

Il est essentiel de disposer de jeux de données et de bancs d'essai cohérents pour orienter les travaux de recherche. Le système Raymobtime concerne la couche physique (PHY), mais des jeux de données utiles à bien d'autres applications sont désormais disponibles dans le cadre du [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#), dont l'organisation est arrivée à point nommé.

Il existe actuellement dix jeux de données sous Raymobtime, qui sont disponibles [ici](#) et qui représentent au total 290 000 canaux de communication.

Un sous-ensemble de ces jeux de données a été mis à la disposition des participants au concours de l'UIT ayant choisi l'un des deux énoncés de problème suivants:

- **ML5G-PHY [Choix des faisceaux]:** ce scénario repose sur un système en ondes millimétriques (mmWave) dans un réseau de type véhicule-à-infrastructure construit sur une architecture MIMO analogique. Le modèle d'apprentissage automatique à créer admet en entrée des éléments comme ceux qui sont présentés dans la Figure 2, et produit en sortie les indices des meilleures paires de faisceaux.
- **ML5G-PHY [Estimation des canaux]:** cet énoncé s'attaque à l'un des problèmes les plus difficiles de la couche physique 5G, à savoir l'acquisition d'informations sur les canaux pour établir une liaison mmWave dans une architecture MIMO hybride. Il consiste à évaluer les canaux sélectifs en fréquence à partir d'un petit nombre de pilotes d'entraînement donnés.

Ces deux énoncés portent sur des problématiques essentielles de la 5G pour lesquelles l'apprentissage automatique offre des solutions utiles. D'autres problématiques de ce type existent aussi, par exemple le choix de l'utilisateur, l'adaptation de la liaison et le positionnement ou la communication conjoints.

Certaines applications de l'apprentissage profond aux réseaux 5G, comme la détection d'anomalies fondée sur des indicateurs de performance fournis par les routeurs ou d'autres éléments du réseau, s'appuient sur des données qui sont disponibles en abondance.

En revanche, la possibilité d'employer l'apprentissage automatique pour concevoir la couche physique dépend de la disponibilité de données sur les canaux.

Il est impossible de construire une infrastructure et des prototypes hertziens pour effectuer

de longues séries de mesure de canaux afin de constituer ces données, en raison du coût et des contraintes de temps de cette opération. Au demeurant, il serait nécessaire de faire des choix de conception avant de construire un tel système.

Dans ce contexte, les simulations réalistes se révèlent précieuses.

Elles ne remplacent pas entièrement les prototypes et les mesures, mais elles favorisent une innovation rapide en fournissant des environnements efficaces pour évaluer de nouveaux algorithmes.

Contribution des jeux de données Raymobtime au Concours de l'UIT

Le système Raymobtime a été conçu pour fournir des simulations réalistes de canaux de communication en s'appuyant sur le tracé de rayons, compte tenu de la mobilité des émetteurs/récepteurs et des diffuseurs radioélectriques et de leur évolution dans le temps.

Si l'on choisit des valeurs réalistes pour les intervalles d'échantillonnage entre des scènes distinctes (instantanés), un tracé de rayons permet de simuler des canaux de communication de manière cohérente dans le temps, les fréquences et l'espace. Ces canaux permettent par exemple d'évaluer des méthodes de poursuite de canaux fondées sur l'apprentissage automatique afin d'exploiter des algorithmes à entrées multiples et sorties multiples (MIMO) et à utilisateurs multiples.

Au demeurant, les jeux de données Raymobtime ne sont pas limités aux canaux de communication.

Comme on emploie de plus en plus souvent des informations de détection pour appuyer les systèmes de communication, d'autres logiciels sont utilisés pour constituer des jeux de données multimodaux.

La Figure 1 montre que le système Raymobtime a été un pionnier des simulations associant le tracé de rayons et les graphiques informatiques en 3D. Il produit des informations «appairées» sur le canal de communication et les informations visuelles correspondantes envoyées par une caméra ou le nuage de points d'un capteur LIDAR (Light Detection and Ranging, détection et localisation

par la lumière). On utilise les logiciels ouverts Blender et BlenSor pour simuler respectivement des caméras et des capteurs LIDAR. On emploie également les solutions commerciales Wireless InSite de la société Remcom et Winprop de la société Altair pour le tracé de rayons.

Le système Raymobtime permet en outre de mettre au point des algorithmes pilotés par les données pour simuler des sites urbains particuliers.

Pour obtenir des données réalistes et construire des scénarios de fonctionnement en extérieur, Raymobtime utilise les logiciels Cadmapper et OpenStreetMap afin de simuler en 3D les immeubles, les rues et d'autres objets immobiles du site. Les

objets mobiles tels que des voitures, des piétons et des drones sont également modélisés en 3D et leur position sur différentes scènes est pilotée par le simulateur ouvert SUMO (Simulator of Urban Mobility, simulateur de mobilité urbaine).

Le simulateur SUMO permet d'imposer des statistiques de trafic réalistes et facilite ainsi le traitement des éléments saisonniers dans les études, notamment les variations quantitatives du trafic d'usagers et de données dans certaines régions au cours d'une journée.

L'interaction entre tous ces logiciels est orchestrée par un programme en Python. Ce langage de programmation est très répandu dans le domaine de l'IA car il permet aussi d'intégrer les différentes

Figure 1 – Diagramme illustrant les logiciels employés et la manière dont les jeux de données Raymobtime sont utilisés pour résoudre les problèmes de communication en s'appuyant sur l'apprentissage automatique

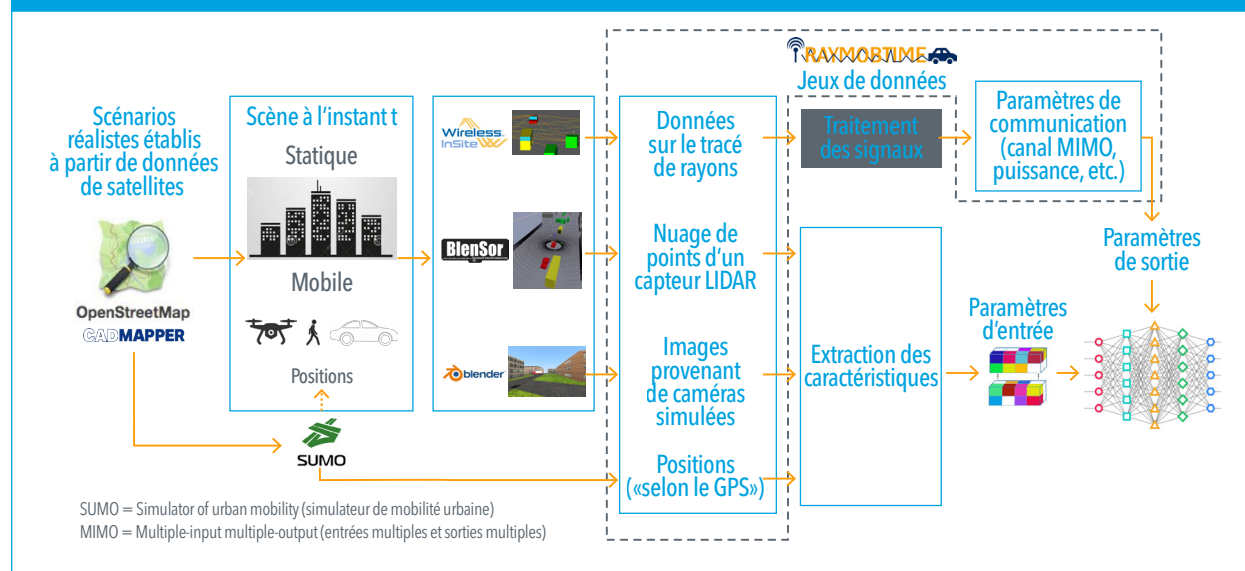


Figure 2 - Exemple de scénario en 3D dans lequel le nombre de faces a été réduit pour raccourcir le temps d'exécution du tracé de rayons. Les véhicules sont signalés par des couleurs vives dans la rue étudiée.



étapes de l'extraction des caractéristiques et la modélisation en IA, comme le montre la Figure 1.

Recherche visant à améliorer le système Raymobtime

Les coûts en termes de puissance de calcul peuvent devenir problématiques si l'on emploie de manière récurrente le tracé de rayons et d'autres techniques de simulation, car les échelles de temps diffèrent considérablement.

Un canal hertzien peut varier en quelques dizaines de millisecondes, même si certains objets comme des véhicules bougent à peine.

Le temps d'exécution du tracé de rayons dépend de la complexité de la scène en 3D, qui dépend elle-même du nombre de faces (c'est-à-dire du rendu des objets simulés). Il est possible de réduire le nombre de faces d'une scène en 3D pour accélérer le tracé de rayons et créer des simulations plus fluides des immeubles superposés à l'image satellite de la scène urbaine.

La recherche se poursuit pour optimiser le compromis entre la vitesse du tracé de rayons et la précision des scènes en 3D dans le contexte des communications exploitant l'IA.

Il convient aussi d'améliorer, dans le système Raymobtime, l'attribution d'un matériau à chaque face ou objet composant une scène en 3D.

Chaque matériau a des propriétés électromagnétiques qui ont une incidence sur le tracé des rayons, et par conséquent sur le canal de communication. Le système Raymobtime a évolué depuis les premières simulations, qui étaient plus simples et ne comportaient que deux matériaux, comme le montre la Figure 3.

La version 2 de Raymobtime intégrera une attribution automatique de propriétés électromagnétiques à des matériaux. Elle exploitera aussi des moteurs de 3D améliorés qui serviront à produire des jeux de données concernant un plus grand nombre de sites,

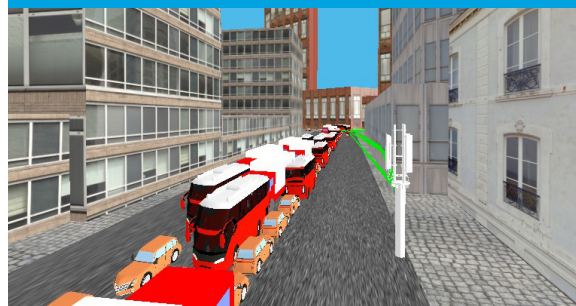
ce qui permettra d'effectuer des études dans le contexte de l'apprentissage par transfert.

Ce mélange de systèmes de communication et de réalité virtuelle sera aussi utile à la recherche sur les modèles de canaux hybrides qui combinent le tracé de rayons et les modèles de canaux statistiques. ■

Figure 3 - Évolution du réalisme dans la description de scénarios en 3D pour simuler des réseaux hertziens



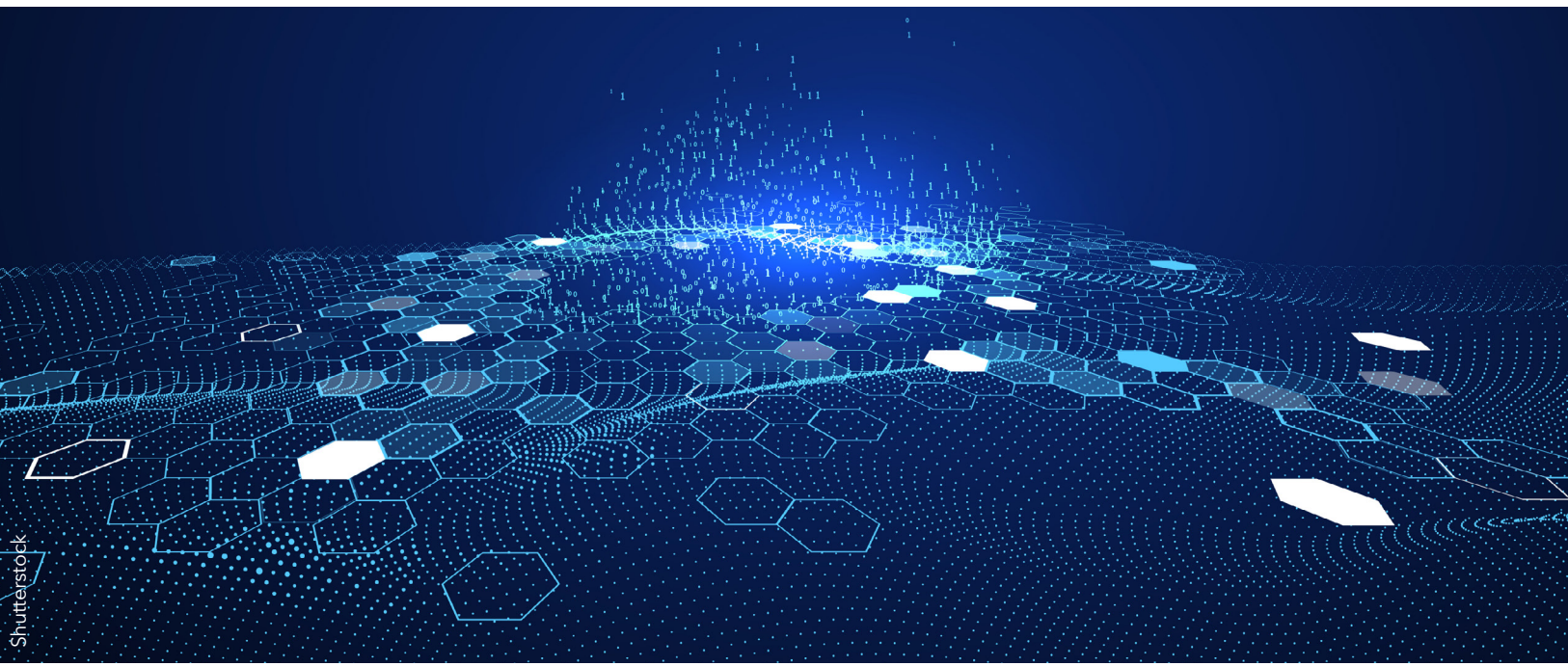
Tracé de rayons statique utilisant des formes rectangulaires



Raymobtime



Raymobtime v2.0



Construire des systèmes fiables et qui inspirent confiance grâce aux simulateurs de réseaux et aux normes

Francesc Wilhelmi, chercheur postdoctorant, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC), Espagne

■ Les simulateurs de réseaux peuvent jouer un rôle déterminant dans la construction de systèmes d'apprentissage automatique fiables et qui inspirent confiance. Cependant, pour qu'ils puissent jouer ce rôle, il faut aussi innover en matière de réseaux 5G et 6G pour les rendre compatibles avec l'apprentissage automatique afin de pouvoir intégrer des environnements de test interopérables.

Il sera possible dans un proche avenir de créer des systèmes de communication réellement autonomes, sûrs et fiables, et qui prennent en charge l'apprentissage automatique. Les simulateurs de réseaux vont contribuer à la mise en place de ces systèmes. Toutefois, le succès de l'adoption des simulateurs va dépendre de la définition et de la normalisation de composants interopérables.

L'intégration de simulateurs dans des réseaux autonomes compatibles avec l'apprentissage automatique est désormais possible du fait que les fonctions de réseau se virtualisent et sont de plus en plus souvent assurées par des logiciels.

“

Les simulateurs de réseaux peuvent jouer un rôle déterminant dans la construction de systèmes d'apprentissage automatique fiables et qui inspirent confiance.

”

Francesc Wilhelmi

En matière de simulateurs de réseaux, une pléthore d'outils propriétaires et ouverts (par exemple ns3, OMNET++, OPNET) permettent de décrire tout un éventail de scénarios, de technologies et de fonctions de réseau.

Il est cependant très difficile de regrouper tous ces outils, et cette tâche ne peut être accomplie qu'en définissant et en mettant en œuvre des interfaces normalisées.

L'interopérabilité des réseaux futurs compatibles avec l'apprentissage automatique permettra à des entités de différents domaines, comme des fonctions de réseau, des référentiels de modèles d'apprentissage automatique et des fournisseurs de données, d'interagir de manière transparente pour régler les problèmes d'optimisation.

L'interopérabilité transversale constituera l'un des principaux vecteurs de succès des réseaux futurs entièrement autonomes; c'est pourquoi les conditions de cette interopérabilité doivent être établies aussi rapidement que possible.

Qu'est-ce que le ML5G?

Le recours croissant à l'apprentissage automatique dans les réseaux de communication s'explique par des volumes considérables de données inexploitées et par la complexité inhérente des nouveaux cas d'utilisation, comme par exemple les communications de véhicule à tout autre élément (V2X), les communications massives de type machine (mMTC) et les communications de réalité augmentée ou de vidéos de haute qualité.

Ces cas d'utilisation ont des besoins de mobilité, de largeur de bande et de latence ainsi qu'un nombre de dispositifs très variables. Dans des réseaux 5G complexes, il est possible d'obtenir des gains de performance importants si les ordinateurs parviennent à apprendre automatiquement des structures complexes et à s'adapter à différents contextes et domaines.

Ainsi, les réseaux de neurones sont de plus en plus souvent employés dans le traitement des signaux du fait qu'ils sont capables de décrire des modèles de canaux inconnus.

Résoudre les problèmes de fiabilité et de confiance à l'aide des simulateurs

Les mécanismes d'apprentissage automatique peuvent produire des résultats non linéaires, par exemple des fonctions de prévision, ce qui peut amener à s'interroger sur la fiabilité des réponses de ces «boîtes noires».

Les boîtes noires sans doute les plus connues sont les modèles d'apprentissage profond, qui sont destinés à résoudre des problèmes dans des espaces à plusieurs dimensions dont la précision est généralement liée à la complexité. Plus le jeu de données est complexe, plus le nombre de neurones et de couches cachées devra être grand dans le modèle d'apprentissage profond, ce qui complique le travail d'interprétation et d'explication.

En outre, selon les caractéristiques du cas d'utilisation, les données d'entraînement peuvent être rares, bruyantes, voire non stationnaires, ce qui compromet la fiabilité des modèles à apprentissage automatique et remet en question leur durabilité. Les modèles hautement complexes peuvent par ailleurs nécessiter une forte puissance de calcul, qui n'est pas toujours disponible.

Considérons les communications de type V2X, dont la sécurité est critique et pour lesquelles les véhicules et les dispositifs mobiles connectés créent des environnements de radiofréquences complexes. L'apprentissage automatique peut aider à gérer cette complexité, mais si les données et la capacité de calcul sont insuffisantes, le modèle peut avoir un mauvais comportement; dans ce cas, les indicateurs clés de performance, qui décrivent la manière dont le réseau a pris en charge l'apprentissage automatique, peuvent se dégrader.

Les recherches menées dans le domaine de l'IA explicable, qui sont prometteuses, pourraient contribuer à inspirer confiance dans les résultats des réseaux de neurones et d'autres méthodes d'IA complexes. Toutefois, à brève échéance, les simulateurs de réseaux sont sans doute les outils les plus puissants pour renforcer la confiance envers les systèmes à apprentissage automatique. Ces simulateurs peuvent aussi être intégrés dans des systèmes de communication compatibles avec l'apprentissage automatique.

Les simulateurs de réseaux permettent de reproduire **à peu de frais** le comportement des systèmes de communication, depuis les protocoles de communication jusqu'aux phénomènes physiques liés à la propagation des signaux.

Ils peuvent être intégrés dans des réseaux fondés sur l'apprentissage automatique pour offrir les fonctionnalités suivantes:

- **Valider** le résultat de modèles à apprentissage automatique avant de les appliquer à un réseau opérationnel.
- **Produire** des données artificielles pour entraîner des modèles à apprentissage automatique, qui permettent de compenser le manque de données ou d'étendre des jeux de données d'entraînement.
- **Entraîner** des modèles à apprentissage automatique dans une simulation de domaine, ce qui est particulièrement utile pour éviter les effets de l'exploration dans un apprentissage en ligne.
- Jouer un rôle d'**experts** pour faciliter l'exploitation de modèles à apprentissage automatique, en fournissant des orientations dans certaines situations (par exemple en cas d'initialisation, d'exploration restreinte ou de départage).

Pour illustrer les simulateurs potentiels des futurs systèmes de communication, considérons par exemple la mise en œuvre d'un émetteur-récepteur fondé sur des réseaux de neurones.

Pour améliorer la précision de ce type de solutions, les simulateurs de réseaux peuvent produire des données artificielles décrivant le comportement humain afin d'enrichir les jeux de données d'entraînement. C'est pourquoi nous concevons à présent de nouveaux jeux de données et outils normalisés, y compris des simulateurs

“

Dans les normes qu'elle a établies, l'UIT a proposé une boîte à outils pour introduire des méthodes d'apprentissage automatique dans des réseaux 5G.

”

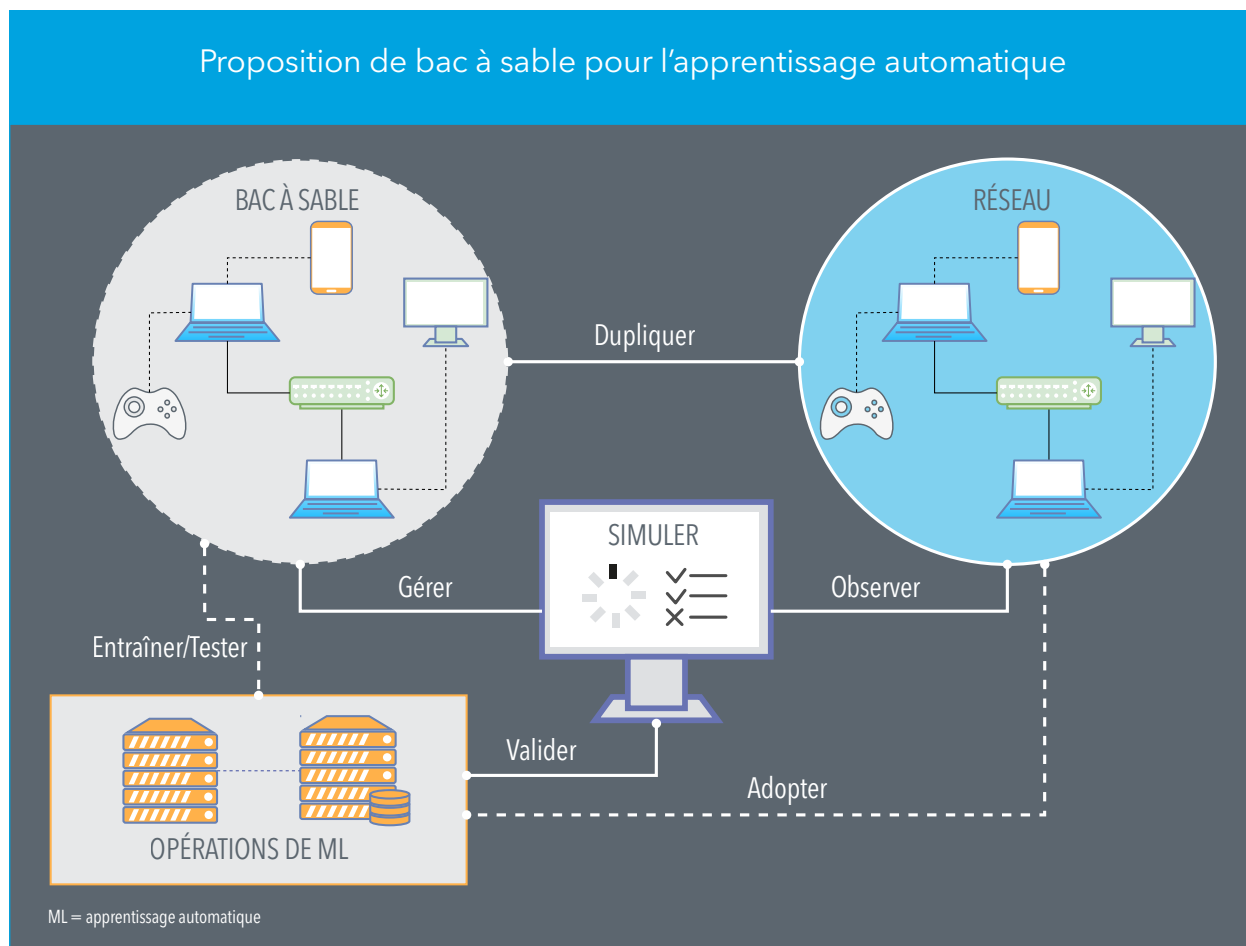
Francesc Wilhelmi

de réseaux. Les jeux de données artificielles ainsi obtenus ont d'ailleurs joué un rôle important lors du [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#).

L'architecture souple et le bac à sable d'apprentissage automatique proposés par l'UIT

Parmi les normes qu'elle a établies, l'UIT a proposé une boîte à outils pour introduire des méthodes d'apprentissage automatique dans des réseaux 5G.

La Recommandation [UIT Y.3172](#) est particulièrement pertinente à cet égard, car elle définit un cadre architectural permettant une intégration souple de l'apprentissage automatique dans des réseaux.



L'architecture prévue dans cette Recommandation prévoit de créer un bac à sable pour l'apprentissage automatique afin de renforcer la confiance envers les applications exploitant cette technologie.

Un bac à sable d'apprentissage automatique permet d'entraîner,

de tester et d'évaluer des modèles à apprentissage automatique dans un environnement isolé avant d'utiliser ces modèles dans des réseaux opérationnels.

Les simulateurs de réseaux constituent un élément important de ce bac à sable car ils décrivent

de manière efficace et souple le comportement du réseau dans différents scénarios.

L'UIT a entrepris de mener des études pour définir les exigences, l'architecture et les interfaces du bac à sable envisagé pour l'apprentissage automatique. ■



Au Nigéria, les projets de recherche font évoluer l'enseignement et la reconnaissance vocale

James Agajo, professeur associé et chef du Groupe de recherche WINEST, Département d'ingénierie informatique, **Abdullahi Sani Shuaibu** et **Blessed Guda**, étudiants, [Université fédérale de technologie de Minna](#), Nigéria

■ Dans le cadre de notre participation au Groupe spécialisé de l'UIT-T sur l'apprentissage automatique pour les réseaux futurs, y compris les réseaux 5G ([FG-ML5G](#)), notre Groupe de recherche WINEST (Wireless Networks and Embedded Systems Technologies, technologies de réseaux hertziens et de systèmes intégrés) a lancé en mars 2019 une étude sur «les cas d'utilisation et les solutions de migration des réseaux IMT-2020/5G sur les marchés émergents».

Notre objectif était de déterminer comment l'apprentissage automatique pouvait aider les marchés émergents à faire un saut de plusieurs générations technologiques pour tirer parti des réseaux émergents et futurs tout en optimisant la consommation d'énergie, la couverture des réseaux et les données de service des communications.

Améliorer l'enseignement en Afrique

Cette étude nous a conduits à proposer un projet de «salle de classe exploitant l'intelligence artificielle», qui visait à améliorer l'enseignement destiné aux jeunes élèves d'Afrique.

Ce projet est mené par des étudiants sous la direction de James Agajo, chef du Groupe de recherche WINEST à l'Université fédérale de technologie de Minna, au Nigéria.

“

Cette étude nous a conduits à proposer le projet de «salle de classe exploitant l'intelligence artificielle», qui visait à améliorer l'enseignement destiné aux jeunes élèves d'Afrique.

”

James Agajo, Abdullahi Sani Shuaibu et Blessed Guda
Université fédérale de technologie de Minna, Nigéria helmi

Grâce au traitement des langues naturelles (NLP) par intelligence artificielle (IA), les conversations entre élèves et enseignants dans une salle de classe sont traitées à la périphérie du réseau pour extraire des mots clés tout en préservant l'anonymat des orateurs.

Ces mots clés sont transmis à un classifieur situé sur le serveur central qui a été préalablement entraîné et qui est capable de recommander des contenus multimédias passionnants, de proposer aux élèves des exemples intuitifs et d'appuyer les explications de l'enseignant. Le contenu multimédia est ensuite partagé sur un

affichage numérique situé dans la salle de classe. Le système est destiné à soutenir le travail des enseignants de cours élémentaires, et non à le remplacer.

Il est essentiel de disposer au préalable d'une bibliothèque de reconnaissance vocale efficace pour pouvoir intégrer de l'IA dans ce système de salle de classe.

Or il a été très difficile de trouver cette bibliothèque.

Une reconnaissance vocale automatique pour l'Afrique

Nous recherchions une bibliothèque de reconnaissance vocale qui soit capable de fonctionner localement et de répondre aux impératifs de confidentialité des utilisateurs, et qui soit gratuite. Compte tenu du nombre extraordinaire de langues parlées au Nigéria, et plus généralement en Afrique, nous avons aussi besoin d'une bibliothèque capable de traiter un anglais prononcé de très nombreuses manières différentes.

Nous avons évalué beaucoup de bibliothèques logicielles, mais aucune n'est parvenue à répondre à toutes ces exigences.

C'est ce qui nous a conduits à lancer le projet du Groupe de recherche WINEST en février 2020: nous avons développé un nouveau cadre de reconnaissance vocale capable de répondre aux exigences très particulières du projet de salle de classe exploitant l'IA.

Ce projet a vu le jour grâce aux débats que nous avons menés au terme de notre exposé sur ce projet lors du 7ème atelier régional sur «la normalisation des réseaux futurs pour améliorer la connectivité en Afrique». Cet atelier avait été organisé à Abuja, au Nigéria, les 3 et 4 février 2020 à l'initiative du Groupe d'experts de la normalisation chargé des réseaux futurs et de l'informatique en nuage au sein de la Commission d'études 13 du Secteur de la normalisation de l'UIT (UIT-T).

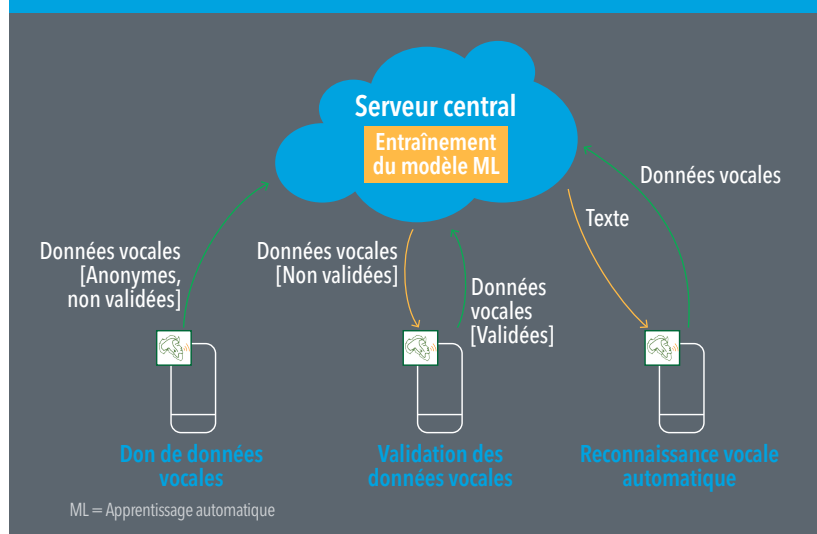
Les enseignements recueillis auprès des experts lors de l'atelier d'Abuja nous ont encouragés à lancer un projet pilote au Nigéria pour créer un système africain de reconnaissance vocale automatique (ASR).

Nous avons entrepris de recueillir des données vocales et de développer le moteur d'ASR pour construire un prototype avant de passer à la création d'un système commercialisable.

Nous avons développé une application mobile appelée «Wazobia» pour recueillir les données nécessaires auprès de «donateurs de voix» nigériens ayant accepté de lire des textes à haute voix et de faire don anonymement de leur enregistrement.

Le nom «Wazobia» est un amalgame de trois mots signifiant «venir» en Yoruba (wa), en Hausa (zo) et en Igbo (bia), les trois plus grands groupes linguistiques du Nigéria.

Architecture du projet africain de reconnaissance vocale automatique



Par défaut, les données vocales sont stockées sur notre serveur avec le statut «non validées» en attendant d'être validées collaborativement par des volontaires utilisant l'application Wazobia. Cette validation permet d'effectuer une évaluation booléenne de la précision des transcriptions d'enregistrements effectués par le moteur d'ASR.

À ce jour, nous avons recueilli plus de trois heures d'enregistrements vocaux provenant de plus de 170 donateurs de voix.

La phase de développement du système d'ASR africain comporte une étape de prétraitement des données, puis la conception du logiciel et l'entraînement. Nous avons exploité le kit ASR appelé Wav2letter++ et nous nous sommes appuyés sur un article concernant des recherches en AI menées par Facebook pour mettre en œuvre notre système.

Nous progressons dans les domaines de la segmentation et du prétraitement des données recueillies en vue de les exploiter dans des environnements d'apprentissage automatique supervisés et semisupervisés. Toutefois, à ce stade le projet d'ASR africain ne prend en charge que l'anglais comme langue d'entrée.

Nous souhaitons intégrer aussi des langues africaines à mesure que le projet se développe. Nous allons favoriser cette évolution essentielle en proposant notre corpus de parole contenant différentes langues africaines lors de futurs Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G [AI Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#) et au-delà.

L'IA et l'apprentissage automatique pour aider l'Afrique à gérer les pandémies

À ces futurs Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G, nous envisageons aussi de proposer une nouvelle application de traçage de contacts par Bluetooth® qui s'appuiera sur l'apprentissage automatique.

Ce projet d'application de traçage des pandémies (PTA) vise à construire des modèles de prévision de l'exposition au risque entraînés sur des données d'utilisateurs anonymisées (voir le tableau).

Recueil de données permettant à une application de traçage des pandémies de détecter des contacts

Distance en ligne droite entre des équipements d'utilisateur

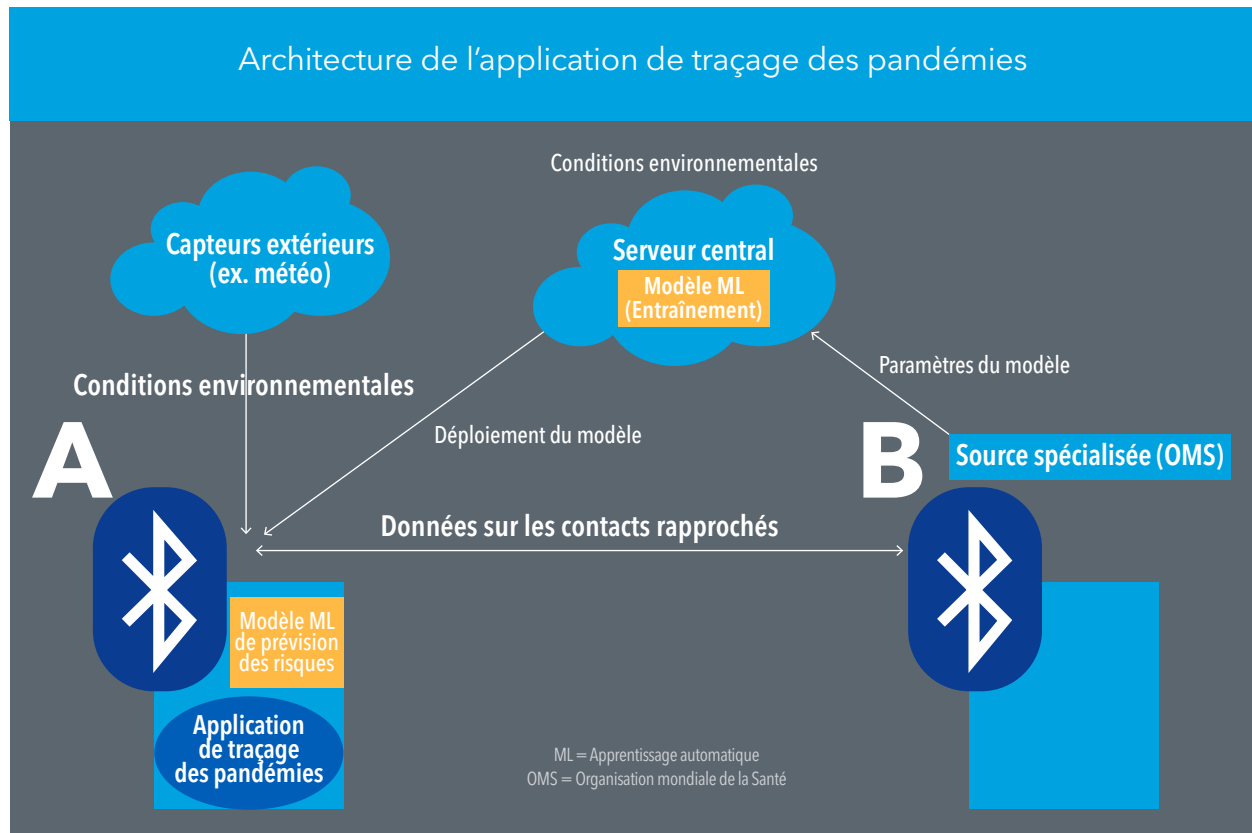
Puissance du signal Bluetooth

Modèle de l'équipement d'utilisateur

Version du système d'exploitation

En intérieur/
en extérieur
(selon la lumière ambiante)

Brouillage des radiofréquences (réseau local hertzien)



Le scénario proposé pour ce projet de PTA intégrerait des données recueillies auprès de personnes utilisant le système Bluetooth® détectable pour que tous les utilisateurs ne soient pas obligés d'installer l'application. Néanmoins, il est possible d'obtenir une image de l'environnement plus détaillée en intégrant des données provenant des gyroscopes et des accéléromètres des appareils mobiles lorsque deux appareils connectés en Bluetooth® sont équipés de l'application de PTA.

L'application de PTA proposée sera développée selon les lignes directrices suivantes:

1. Le traçage de contacts sera générique mais proposera

des paramètres configurables pour pouvoir être employé lors de futures pandémies.

2. Il réutilisera des fonctions pertinentes de certains cadres existants qui auront été personnalisées pour une application en Afrique.
3. Il intégrera, dans sa conception même, des mécanismes de protection de la vie privée.
4. L'application déterminera la portée adéquate du partage de données en fonction des préférences de protection de la vie privée définies par l'utilisateur sur son appareil.

Les données d'entraînement seront propres aux pandémies, conformément à la recommandation de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et d'autres autorités sanitaires. Les modèles de prévision de l'exposition au risque ainsi développées seront aussi propres aux pandémies (et seront entraînés et déployés à partir d'un serveur central).

Nous travaillons actuellement à la constitution des jeux de données nécessaires et nous envisageons de les soumettre à de futurs Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G et au-delà. ■



Pourquoi de nouveaux partenariats sont nécessaires pour produire de nouvelles données

Ignacio Rodriguez Larrad, Postdoctorant, Réseaux de communications hertziens, [Université d'Aalborg](#), Danemark

■ Dans le cadre du [Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G](#), différents organismes industriels et universitaires ont proposé plus de 30 énoncés de problème. Des participants venus de toutes les parties du monde sont en compétition pour mettre au point des algorithmes fondés sur des réseaux de neurones afin de trouver la solution optimale.

Les énoncés de problème proposés sont regroupés par domaine technique, par exemple les réseaux, la sécurité, les opérateurs ou les marchés verticaux.

Le nombre d'énoncés va sans doute augmenter considérablement dans les futures éditions du Concours. L'exploitation de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage automatique dans les réseaux intéresse de plus en plus le secteur privé et le monde universitaire, et ce concours va associer un nombre croissant d'étudiants, de chercheurs et d'ingénieurs.

“

Nous attendons avec impatience la grande finale du concours prévue en décembre.

”

Ignacio Rodriguez Larrad

Nous attendons avec impatience la grande finale du concours prévue en décembre, car elle offrira certainement de nouveaux éclairages sur la manière dont l'IA et l'apprentissage automatique peuvent nous aider à optimiser les réseaux.

De nouveaux partenariats pour élargir l'accès aux données

L'une des principales difficultés en matière d'innovation en IA et en apprentissage automatique consiste à se procurer des données de haute qualité.

Les jeux de données artificielles construits à partir de simulations ont joué un rôle majeur dans le Concours de l'UIT en raison de la difficulté de se procurer des données issues des réseaux opérationnels. Au demeurant, si certains énoncés de problème étaient très pertinents et bien formulés, ils manquaient de sources de données, et les participants ont dû se procurer eux-mêmes leurs propres jeux de données pour pouvoir trouver des solutions.

Si la plupart des énoncés de problème étaient ouverts à des participants internationaux, certains étaient limités à des compétitions nationales. Or il faut comprendre que les données appartiennent aux institutions qui les fournissent et sont donc soumises à des réglementations internes ou nationales en matière d'exportation, ainsi qu'à des réglementations générales concernant la protection des données.

Les facteurs réglementaires et commerciaux mais aussi la nature même des données ont une incidence considérable sur la disponibilité des données; or cette disponibilité détermine directement le succès des compétitions mondiales comme le Concours de l'UIT.

Cette observation met aussi en évidence l'importance de ce Concours, du fait qu'il encourage la mise à disposition de données.

L'UIT s'efforce d'attirer et de motiver de nouvelles institutions qui soient en mesure de partager des énoncés de problème et des données avec la communauté internationale.

Il est essentiel de disposer de données d'entrée de haute qualité pour que les algorithmes d'IA et d'apprentissage automatique puissent devenir précis et fonctionnels.

L'idéal serait d'utiliser de vastes jeux de données issus des réseaux opérationnels pour alimenter ces algorithmes. Cependant, il est très difficile actuellement de se procurer ces jeux de données auprès d'opérateurs de réseaux commerciaux. En effet, le recueil de données spécifiques, puis leur traitement pour les anonymiser représente un travail important. En outre, les opérateurs doivent protéger la confidentialité des données de leurs clients, et ils hésitent à partager des données contenant des informations essentielles à leurs activités commerciales, et qui concernent notamment l'état opérationnel et la qualité de fonctionnement de leurs réseaux.

“

Il est essentiel de disposer de données d'entrée de haute qualité pour que les algorithmes d'IA et d'apprentissage automatique puissent devenir précis et fonctionnels.

”

Ignacio Rodriguez Larrad

Les réseaux de recherche qui sont de vrais réseaux opérationnels gérés par des établissements de recherche publics, vont continuer à jouer dans les prochaines années un rôle déterminant dans le recueil de données destinées à l'IA et à l'apprentissage automatique.

S'il est vrai que les données recueillies par ces réseaux de recherche nécessitent également un certain travail, généralement pour les traiter et les anonymiser, il n'en reste pas moins que les opérateurs de ces réseaux ont moins de difficultés à partager leurs jeux de données avec d'autres institutions.

Dans le monde entier, des établissements de recherche ont rejoint le mouvement en faveur des données ouvertes, et certaines communautés de chercheurs recommandent d'ouvrir l'accès à des données de recherche expérimentale et aux résultats et aux articles scientifiques connexes.

Cependant, il n'est pas facile de construire des réseaux de recherche.

S'il est très courant que des réseaux de recherche fonctionnent dans des bandes de fréquences non soumises à licence, comme c'est le cas des réseaux WiFi ou des réseaux hertziens destinés à l'Internet des objets (IoT), comme par exemple le réseau LoRa, il est rare que ce type de réseaux fonctionnent sur des systèmes cellulaires 4G ou 5G.

En effet, ces réseaux sont beaucoup plus coûteux, et les établissements de recherche dépendent alors du mécénat de fournisseurs et d'opérateurs, ainsi que d'une collaboration étroite avec eux.

La collaboration de l'Université d'Aalborg avec le secteur privé dans le cadre du laboratoire AAU 5G Smart Production Lab

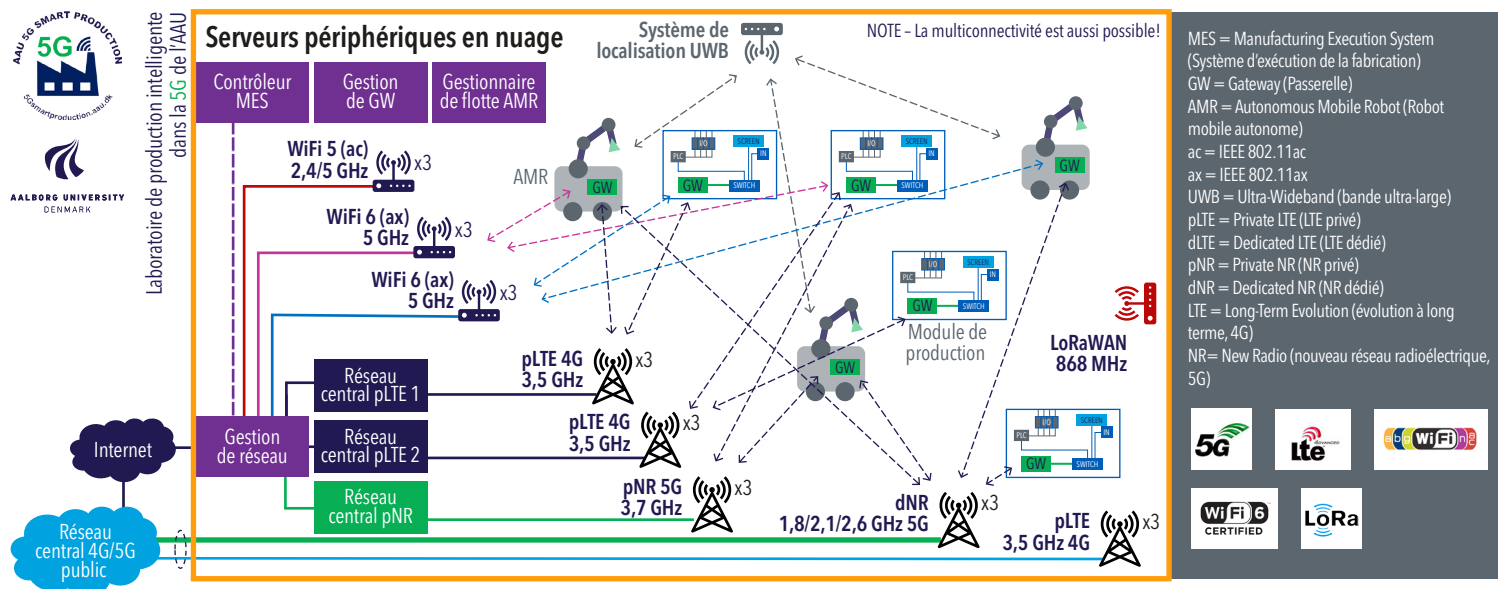
À titre d'exemple, un réseau de recherche à fort potentiel en matière d'IA et d'apprentissage a été créé par un établissement de recherche public en collaboration avec des fournisseurs et des opérateurs. C'est ainsi que l'Université d'Aalborg (AAU), au Danemark, accueille désormais l'un des terrains de jeux les plus évolués de l'industrie 4.0 en Europe.

Le laboratoire [AAU 5G Smart Production Lab](#) (Laboratoire de production intelligente dans la 5G de l'AAU), qui a été récemment inauguré, est un petit laboratoire de recherche industriel ayant accès

à un large éventail d'équipements de fabrication et de production de niveau industriel, qui sont mis à disposition par différents fournisseurs. Il s'agit notamment de modules faisant partie de chaînes de production, de bras robotisés, de robots mobiles autonomes, etc.

En collaboration avec les laboratoires Nokia Bell Labs et l'opérateur de télécommunications Telenor Denmark, ce laboratoire de recherche a été équipé de réseaux 4G (deux réseaux privés), 5G (un réseau privé autonome) et WiFi 6 (deux réseaux). Les chercheurs de l'Université et leurs partenaires industriels peuvent ainsi travailler ensemble à l'intégration et aux essais de systèmes IoT industriels de pointe pour concevoir les usines du futur.

AAU 5G Smart Production Lab



Le laboratoire dispose aussi d'un réseau de recherche LoRa financé par Cibicom Denmark, et d'un système de localisation à bande ultra-large.

Tous les réseaux de recherche hertziens du laboratoire sont interconnectés par une interface dédiée de gestion de réseau qui permet non seulement de piloter et de configurer les différents réseaux, mais aussi de suivre les trajectoires et de recueillir les données de réseaux correspondantes dans des serveurs périphériques en nuage dédiés.

Le fait de pouvoir enregistrer des informations de réseau sans aucune restriction tout en effectuant des mesures à partir des différents dispositifs des utilisateurs ouvre de nouvelles perspectives de recherche à l'Université ainsi qu'à la communauté internationale

des chercheurs spécialisés dans les applications d'IA et d'apprentissage automatique destinées aux réseaux.

Poursuivons nos travaux ensemble

Les réseaux de recherche construits conjointement par des communautés de chercheurs et des entreprises permettent de produire de vastes jeux de données sur la performance des réseaux dans de multiples domaines et avec diverses technologies. Ces données pourraient être très utiles pour concevoir et optimiser des solutions hertziennes évoluées répondant à différents besoins de communication dans des cas d'utilisation réels et opérationnels de l'Internet des objets. ■

Le Laboratoire de production intelligente dans la 5G de l'AAU, qui a été récemment inauguré



Source: Université d'Aalborg, Danemark, 2020.

Équipement du Laboratoire de production intelligente dans la 5G de l'AAU



Source: Université d'Aalborg, Danemark, 2020.

Industrie 4.0



Source: techstartups.com, 2020.



Orchestration des fonctions de l'apprentissage automatique pour la future génération de réseaux de communication

Mme Shagufta Henna, Maître de conférence en informatique, [Institut de technologie de Letterkenny](#), Irlande

■ Les opérateurs de réseau de cinquième génération et au-delà souhaitent exploiter les capacités offertes par l'apprentissage automatique pour résoudre des problèmes difficiles en utilisant une grande quantité de données.

Toutefois, ces opérateurs de réseau ont des difficultés à intégrer l'apprentissage automatique (ML) dans leurs réseaux et s'appuient souvent sur des scientifiques des données pour créer un pipeline ML reliant la collecte des données et le déploiement de modèle. Lorsqu'ils ne sont pas gérés ou orchestrés de façon appropriée, les pipelines ML peuvent donner lieu à des goulets d'étranglement. En outre, du fait de l'absence de mécanismes d'orchestration ML normalisés, les pipelines ML peuvent devenir très complexes et coûteux.

“

Les opérateurs de réseau de cinquième génération et au-delà souhaitent exploiter les capacités offertes par l'apprentissage automatique pour résoudre des problèmes difficiles en utilisant une grande quantité de données.

Mme Shagufta Henna

”

Parmi les autres problèmes rencontrés dans le domaine des réseaux de future génération, on peut citer la mise à jour des modèles ML, l'optimisation des modèles, le chaînage des pipelines ML, le suivi de la qualité de fonctionnement des pipelines ML, l'évaluation, le dédoublement des pipelines, le déploiement de pipelines ML fondé sur les politiques et la gestion et la coordination de plusieurs pipelines ML sur le réseau.

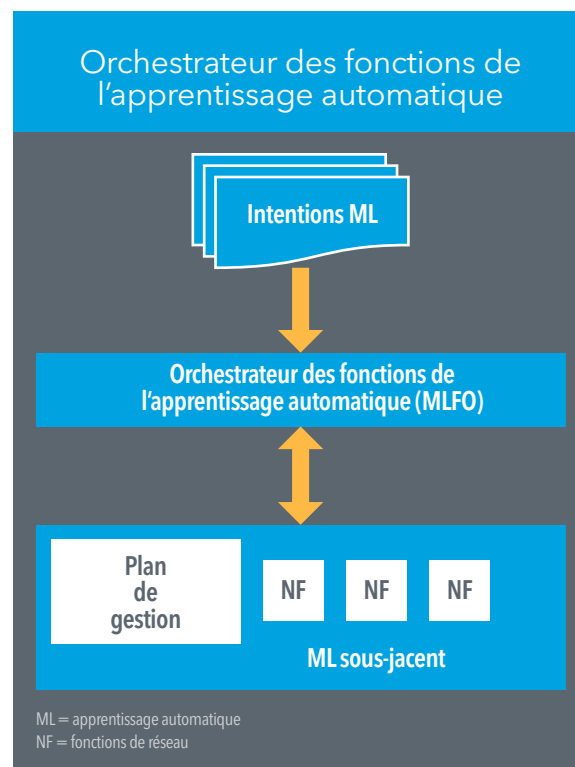
Ces caractéristiques complexes exigent des outils fondés sur les mégadonnées capables de collecter, de stocker et de prétraiter des données afin d'entraîner les modèles ML. Actuellement, des efforts sont déployés par certains grands acteurs tels que Uber, Netflix, Google, Facebook et Airbnb pour résoudre certains des problèmes susmentionnés, avec l'aide de plates-formes d'orchestration ML spécifiques.

Toutefois, ces solutions ont pour objectif une gestion interne des pipelines ML et ne portent pas sur les exigences liés à divers cas d'utilisation sur les réseaux 5G et au-delà. Les solutions d'orchestration ML internes nécessitent des investissements considérables, sans que les avantages ne se concrétisent réellement dans un environnement commercial.

Résoudre les problèmes grâce à l'orchestrateur des fonctions de l'apprentissage

Le principal objectif de l'orchestrateur des fonctions de l'apprentissage automatique (MLFO), conformément au projet de Recommandation «Orchestrateur des fonctions de l'apprentissage automatique: exigences, architecture et conception» du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) est de surmonter les problèmes susmentionnés liés à l'intégration, l'orchestration et la gestion de nœuds de pipeline et aux dépendances dans un pipeline ML, tout en réduisant les coûts d'exploitation. L'orchestrateur des fonctions d'apprentissage automatique offre une architecture unifiée visant à faciliter l'orchestration des flux de travail ML de bout en bout, c'est-à-dire la collecte des données, le prétraitement, l'entraînement ainsi que l'inférence, l'optimisation et le déploiement des modèles. Elle permet de suivre et d'évaluer les instances de pipeline ML pour en optimiser la qualité de fonctionnement.

L'objectif est de dissimuler les complexités sous-jacentes de l'orchestration de nœuds de pipeline ML en fournissant un format abstrait aux utilisateurs et aux développeurs, à l'aide d'interfaces de programmation d'application (API) de haut niveau, comme l'illustre la figure cidessous. Cette



architecture offre une certaine souplesse et une capacité de réutilisation, et permet d'élargir le pipeline ML pour permettre le fonctionnement et le développement rapides des nœuds de pipeline ML.

Dans le futur, l'objectif sera d'envisager une mise en œuvre distribuée tout en limitant au maximum la complexité et les surcharges. En outre, il sera intéressant de tester les concepts propres à l'orchestrateur des fonctions de l'apprentissage automatique dans divers cas d'utilisation sur les réseaux 5G et au-delà. ■

Possibilités de parrainage pour 2021

Quels sont les avantages liés au parrainage de l'édition du Concours de l'UIT sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique dans la 5G qui aura lieu l'année prochaine?

Visibilité de la marque durant une année entière

- sur le site web du Concours;
- durant la série de webinaires de l'UIT sur l'IA/ML dans la 5G, largement suivis;
- lors de la grande finale du Concours.

Possibilités sur le plan des programmes

Possibilités en termes de couverture médiatique

Mentorat

Ateliers pratiques personnalisés



Si vous souhaitez parrainer l'édition de 2021 du Concours sur l'IA/ML dans la 5G, veuillez contacter: ai5gchallenge@itu.int.

Restez au courant // // Restez informés



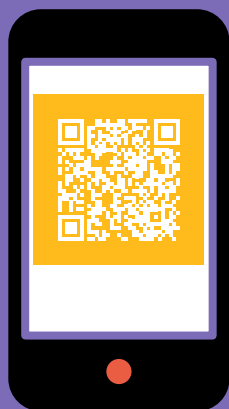
Inscrivez-vous:

// Tendances essentielles sur les TIC partout dans le monde //

// Réflexions de spécialistes éclairés des TIC //

// Informations les plus récentes sur les manifestations et initiatives de l'UIT //

Actualités hebdomadaires de l'UIT



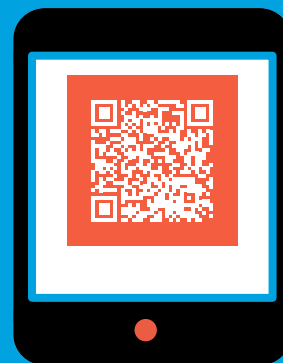
//
Chaque mardi
//

Articles de l'UIT



//
Blogs réguliers
//

Revue Les Nouvelles de l'UIT



//
Six numéros par an
//

Podcasts de l'UIT



//
Écoutez des podcasts
//

Communiqués de presse et avis aux médias



//
Recevez les informations
les plus récentes
//

Rejoignez la communauté
en ligne de l'UIT sur votre
média préféré

