

IA : rendre les réseaux mobiles intelligents

JEAN-PAUL PALLOIS, MÉROUANE DEBBAH HUAWEI PARIS

ABSTRACT

5G will be delivering superior user experience, greater capacity, unleash new business opportunities and will connect everything. 5G will combine cloud computing, big data and artificial intelligence (AI). AI will be embedded in each link of the overall telecom system. We envision to see AI almost everywhere: in connected devices, machines, motor vehicles but also in all systems composing the network. This paper provides an overview on AI activities in telecoms and why and how AI which is transformative will be used in the network and OSS (Operations Support System).

RÉSUMÉ

La 5G offrira une expérience utilisateur supérieure, une capacité accrue, de nouvelles opportunités commerciales et connectera tout. La 5G combinera l'informatique en nuage, le big data et l'intelligence artificielle (IA). L'IA sera intégrée dans chaque composante du système de télécommunication. Nous envisageons de voir l'IA presque partout : dans les appareils connectés, les machines, les automobiles, mais aussi dans tous les systèmes qui composent le réseau. Cet article fournit une vue synthétique des activités de l'IA dans les télécommunications et explique pourquoi et comment l'IA qui est transformative sera utilisée dans le réseau et dans l'OSS (système de support d'opérations).

Introduction

L'intelligence artificielle (IA) permet de traiter et de gérer l'information de manière intelligente et efficace. Les quatre dimensions décrivant un niveau donné d'intelligence sont les capacités suivantes :

- « percevoir » (collecter des données potentiellement riches, complexes ou même subtiles) ;
- « apprendre » (dans un environnement déterminé) ;
- « extraire et résumer » (permettre la création de nouveaux sens et contenus) ;
- « raisonner » (permettre de prévoir et décider).

Pour simplifier le propos, dans le domaine des réseaux, un administrateur réseau peut espérer obtenir des prévisions intelligentes, prendre des décisions et exécuter des actions fondées sur l'expérience humaine via des règles prédéfinies mais aussi rehausser d'un cran son expertise en utilisant les possibilités d'apprentissage du Machine Learning (ML) grâce à des données nettoyées et propres.

Beaucoup d'algorithmes d'IA et de ML sont disponibles. Ces algorithmes peuvent utiliser des techniques d'apprentissage supervisées ou non supervisées. Les dernières techniques ayant récemment fait les unes de journaux

sont le Deep Learning (DL ou apprentissage profond) et le Reinforcement Learning (RL ou apprentissage par renforcement). Ces techniques ont été découvertes par le public lors de la victoire de DeepMind AlphaGo (Google) sur Lee Sedol en 2015.

L'IA et les réseaux

L'IA est un thème hautement d'actualité dans le domaine des réseaux. Divers organismes de normalisation télécom se sont emparés du sujet. Par exemple, l'ETSI¹ a lancé au moins deux projets liés à l'automatisation et à l'intelligence artificielle. L'un est l'*Experiential Networked Intelligence* (ENI ou intelligence en réseau expérimental), l'autre est le *Zero touch network and Service Management* (ZSM ou gestion de réseau et de service sans contact). Animés respectivement par Huawei et Deutsche Telekom, ces deux projets ont l'ambition de définir et de décrire les besoins des opérateurs en matière d'automatisation et d'intelligence des réseaux, et aussi l'architecture nécessaire pour des systèmes de gestion de réseaux de nouvelle génération ainsi que les avantages de la standardisation

¹ ETSI : European Telecommunications Standard Institute.

dans ces domaines. Ces deux groupes considèrent que l'IA sera déterminante dans la prochaine génération des outils de gestion de réseau (OSS²). Ceci est bien illustré par une phrase du livre blanc ETSI ZSM : *Pour atteindre l'objectif d'une automatisation totale, les outils et les méthodes fondés sur l'intelligence artificielle (IA), l'apprentissage automatique (ML) et l'analyse de données massives devraient être considérés.*

Le TM Forum³ travaille aussi sur le sujet. Une étude sur l'IA a été publiée fin 2017 sous le titre « IA : C'est maintenant ! » Ce papier identifie trois cas d'utilisation de l'IA : l'expérience client, l'automatisation des réseaux et la gestion de services. Quoique l'expérience client soit le cas d'IA le plus mature, l'automatisation des réseaux est un bon sujet pour l'IA en raison de son très grand impact potentiel sur les revenus des opérateurs.

L'IETF⁴ a aussi placé la gestion de réseau automatisée et l'intelligence artificielle au cœur de son agenda. Grâce au travail effectué par l'*Internet Research Task Force*, l'IETF a publié deux RFC⁵

² OSS : Operations Support System – Système d'aide à l'exploitation des réseaux.

³ TM Forum : TeleManagement Forum.

⁴ IETF : Internet Engineering Task Force.

⁵ RFC : Request For Comments : nom donné aux spécifications de l'IETF.

Digitally mature industries lead in AI adoption

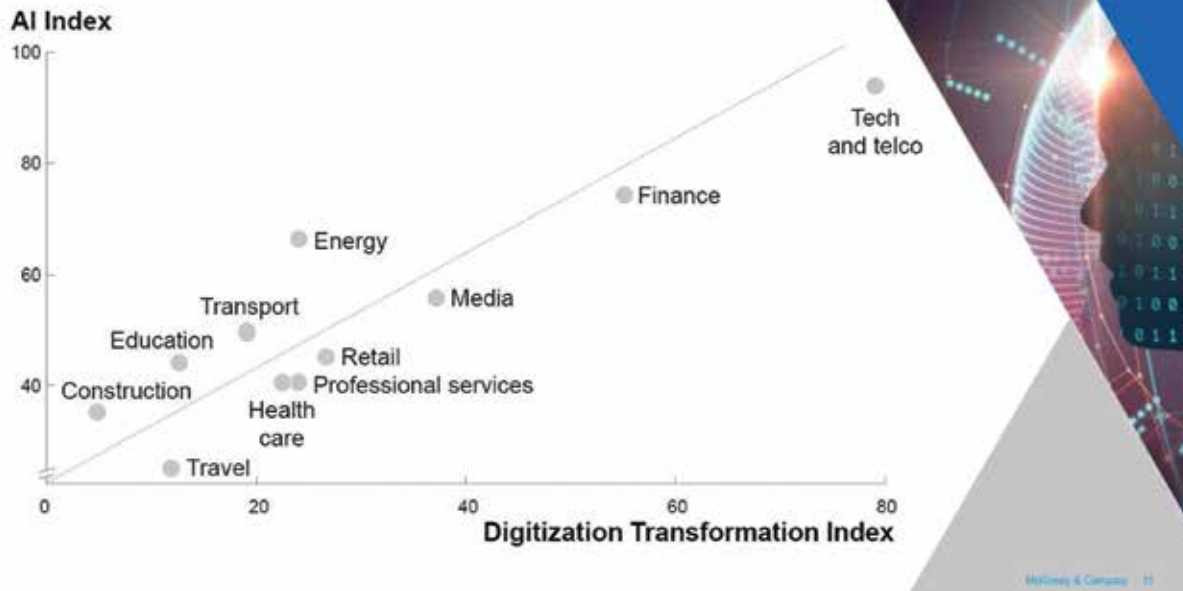


Figure 1 : Corrélation entre transformation numérique et usage de l'IA – Source : McKinsey.

sur le sujet (RFC 7575 et 7576) et a créé deux groupes de travail l'un intitulé ANIMA⁶ présidé par Huawei, l'autre appelé IETF *Intelligent-Defined Network* (IDNET). Pour conclure cette rapide revue de l'IA dans les télécoms, l'UIT⁷ vient tout juste de lancer un nouveau groupe de travail sur ce sujet : l'ITU-T FG-ML5G. Celui-ci est focalisé sur « l'ap-

⁶ ANIMA : Autonomic Networking Integrated Model and Approach.

⁷ UIT : Union Internationale des Télécommunications

prentissage automatique pour les futurs réseaux comprenant la 5G » et doit réaliser une analyse de l'apport de l'IA et du ML aux réseaux du futur.

Tout ceci conduit à penser que l'IA sera indispensable et mis à profit dans la chaîne de valeur des télécoms, dans les terminaux, les stations de base ou les systèmes composant le réseau de bout en bout. L'OSS quant à lui, positionné comme l'équipement central du réseau, jouera un rôle clé dans cette nouvelle architecture basée sur l'IA. C'est pour

cette raison qu'il est intéressant de bien comprendre les tendances et les forces en jeu autour des OSS.

IA et 5G : du système de supervision classique à l'OSS basé sur l'IA

Avant d'aborder les évolutions nécessaires de l'OSS, l'encadré ci-dessous rappelle ce qu'est l'OSS dans un réseau.

Avec l'arrivée de la 5G, un changement drastique de la gestion du réseau est à faire. Les caractéristiques du futur

L'OSS des réseaux

Sous l'acronyme OSS, on désigne l'ensemble des systèmes d'exploitation du réseau. L'OSS regroupe donc toute sorte de systèmes, qu'ils soient positionnés au plus près des éléments de réseau ou fassent partie des systèmes de gestion du réseau. Traditionnellement les systèmes de la première famille sont dénommés gestionnaires d'éléments de réseau (EMS).

EMS

Un gestionnaire EMS permet de gérer un ou plusieurs types spécifiques d'éléments de réseau (par exemple des stations de base ou des éléments de cœur de réseau). Un gestionnaire EMS peut participer aux cinq catégories de fonctions de gestion de réseau définies par l'UIT, connues sous le nom de FCAPS, c'est à dire gestion des anomalies, de la configuration, du comptage, des performances et de la sécurité. Les EMS sont connectés directement aux éléments du réseau via leur interface sud et connectés avec des systèmes de gestion de réseau ou de gestion de service dépendant du scénario de déploiement via leur interface nord.

NMS

Un gestionnaire de réseau NMS gère un réseau dans la globalité, quels que soient les domaines gérés (2G, 3G, 4G, 5G, Core Network). De plus, une de ses caractéristiques est d'être en général multi-vendeurs. Il s'interface via son interface sud à plusieurs EMS, ceux-ci pouvant être fournis par différents vendeurs d'équipements et aussi à des systèmes de gestion de service via son interface nord. A titre d'exemple le gestionnaire de réseau élabore à partir des données fournies par les gestionnaires d'éléments de réseau, des alarmes en cas d'anomalies confirmées, identifie les éléments de réseau cause de dysfonctionnement. Il reçoit du système d'information commercial les données qui permettent de configurer les données des clients dans les éléments de réseau,

système de gestion de réseau sont exposées ci-après.

Un système extensible

Une des caractéristiques principales de la 5G est la multiplicité des cas d'usage auquel le réseau va pouvoir répondre. En effet, la 5G doit couvrir des marchés et besoins commerciaux très variés comme ceux du transport, de la santé ou de l'énergie qui devraient être gérés à partir d'un même réseau et d'un même système de gestion du réseau. Les documents décrivant l'architecture de la gestion et de l'orchestration (MANO) de la virtualisation des fonctions réseaux (NFV) définie par l'ETSI, montrent bien la flexibilité et l'évolutivité exigée de la 5G. Par contre, cette nouvelle architecture ne fonctionnera que si les systèmes de gestion d'éléments de réseaux existants évoluent en même temps dans la bonne direction. Pour transformer efficacement

les réseaux et les systèmes de gestion de réseau, il est indispensable de rendre les EMS/NMS existants plus flexibles, fortement extensibles – les EMS et les NMS devraient permettre de déclencher des reconfigurations dynamiques – inter-fonctionnant facilement et sans problème avec des systèmes de gestion de fonctions réseau virtuelles (VNFM) et des orchestrateurs de fonctions réseau virtualisées (NFVO).

Un système virtualisé

Le temps où les fournisseurs d'équipements de réseau offraient des systèmes de gestion de réseau intégrés basés sur une solution « tout-en-un » incluant le matériel et le logiciel fortement couplé à ce dernier, sera bientôt derrière nous. Après le progrès rapide de la virtualisation dans les entreprises, celle-ci s'est propagée dans l'industrie des télécoms. Elle offre aux opérateurs de réels avan-

tages architecturaux tels que l'élasticité, l'agilité et l'ouverture. Cependant, cela ne signifie pas que les opérateurs sont prêts pour « le grand soir ». Ils espèrent plutôt une transformation progressive de leurs réseaux suivie par celle, inévitable, de leurs centres d'exploitation et de leurs systèmes de gestion de réseaux. Cette transformation devra être réalisée de manière graduelle au travers de multiples étapes avec, tout d'abord l'introduction de solutions virtualisées et verticales, toujours proposées par les mêmes vendeurs d'EMS et NMS, puis finalement par de pures solutions logicielles déployables dans le cloud des opérateurs. Cette dernière phase permettra aux opérateurs de tirer parti des serveurs informatiques, des intergiciels (middleware) commerciaux et des hyperviseurs de leur choix. Cette transformation planifiée, avec l'aide des vendeurs de réseau, sera importante pour maintenir et améliorer la latence des systèmes OSS/BSS actuels, celle-ci étant aussi définie et basée sur des accords de niveau de service (SLA⁸).

Un système adaptable, capable de créer et de gérer différentes instances de réseau

La 5G a été conçue pour utiliser l'architecture SDN/NFV. Cette architecture se compose de trois couches :

- la couche de ressources d'infrastructure ;
- la couche d'activation métier ;
- la couche des applications métier.

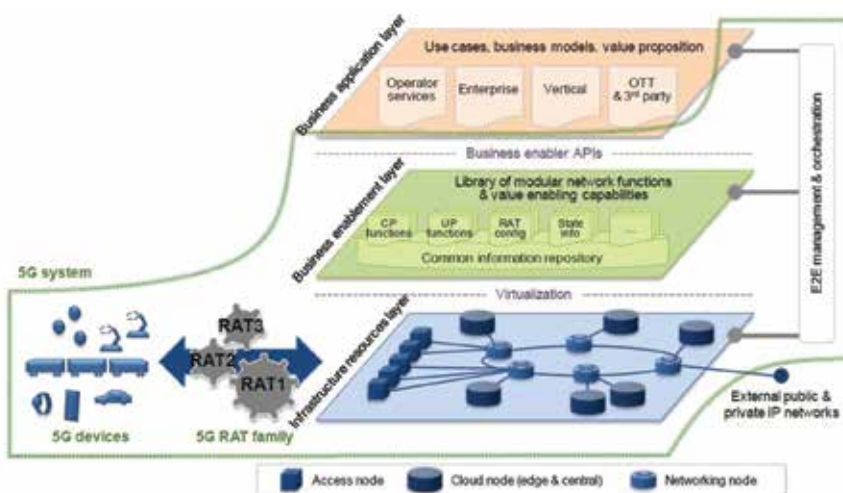


Figure 2 : Architecture du réseau 5G – Source : NGMN.

⁸ SLA : Service Level Agreement.



Figure 3 : Taxis au Japon : l'utilisation de l'IA permet de prévoir les demandes de prise en charge.

Ces trois couches sont complétées par une fonction, verticale et de bout en bout, de gestion de réseaux et d'orchestration (MANO). Une des nouvelles fonctionnalités fondamentales de la 5G est la définition et la gestion du concept des différentes instances de réseau 5G.

L'orchestration et la gestion de bout en bout jouent un rôle central dans cette architecture. Plusieurs scénarios de déploiement sont possibles pour MANO. Cependant, quel que soit le scénario choisi, une nouvelle génération d'EMS et NMS doit être conçue et déployée pour permettre aux orchestrateurs NFV et aux gestionnaires de fonctions de réseau virtuel (VNFM) de fonctionner efficacement ensemble. En plus de ces avantages, les EMS et NMS doivent offrir une plus grande flexibilité du réseau, comme des fonctions dynamiques de dimensionnement et la possibilité de créer et de gérer dynamiquement des instances de réseau (network slicing).

Un système totalement ouvert

La gestion de la 5G doit offrir la possibilité d'exposer des APIs ouvertes pour permettre aux opérateurs, aux applications ou à des prestataires de service d'échanger des informations et aussi de créer différents niveaux de relation entre ces différentes entités.

Les APIs ouvertes ne sont pas seulement nécessaires pour interagir intelligemment avec les EMS, mais elles doivent également accéder à SON⁹. Après avoir créé des « boîtes noires » intégrant de multiples fonctionnalités SON non programmables pour les réseaux 2G, 3G et 4G, les vendeurs offrant SON doivent améliorer leur solution 5G pour permettre aux opérateurs de bénéficier d'une ouverture sans entrave et obtenir un meilleur contrôle, une plus grande transparence et une plus grande confiance dans le fonctionnement de SON et de l'optimisation du réseau. Ceci permettra de fournir une meilleure qualité de service.

⁹ SON : Self Organizing Networks

Fournir des APIs sur le réseau permettant de connaître le nombre et la densité d'abonnés dans une zone donnée, peut permettre l'éclosion de nouvelles activités et capter de nouvelles sources de revenus. On peut citer l'exemple du test au Japon par NTT DoCoMo de sa technologie IA, pour des demandes de taxis : une application métier proposée sur tablette qui accède via des APIs à des données de géolocalisation précises, de densité d'utilisateurs dans une zone donnée qui sont complétées par des données météo permet à NTT DoCoMo de prédire où se situera la prochaine prise en charge dans une zone de 500 m² dans les 30 prochaines minutes. Ce test a démontré un accroissement notable de l'activité des taxis de la ville.

Un système « autonome »

Après la révolution des technologies de l'information de 1985 à 2015, « Automation of Everything (AoE) » est la nouvelle révolution à venir. En réalité,

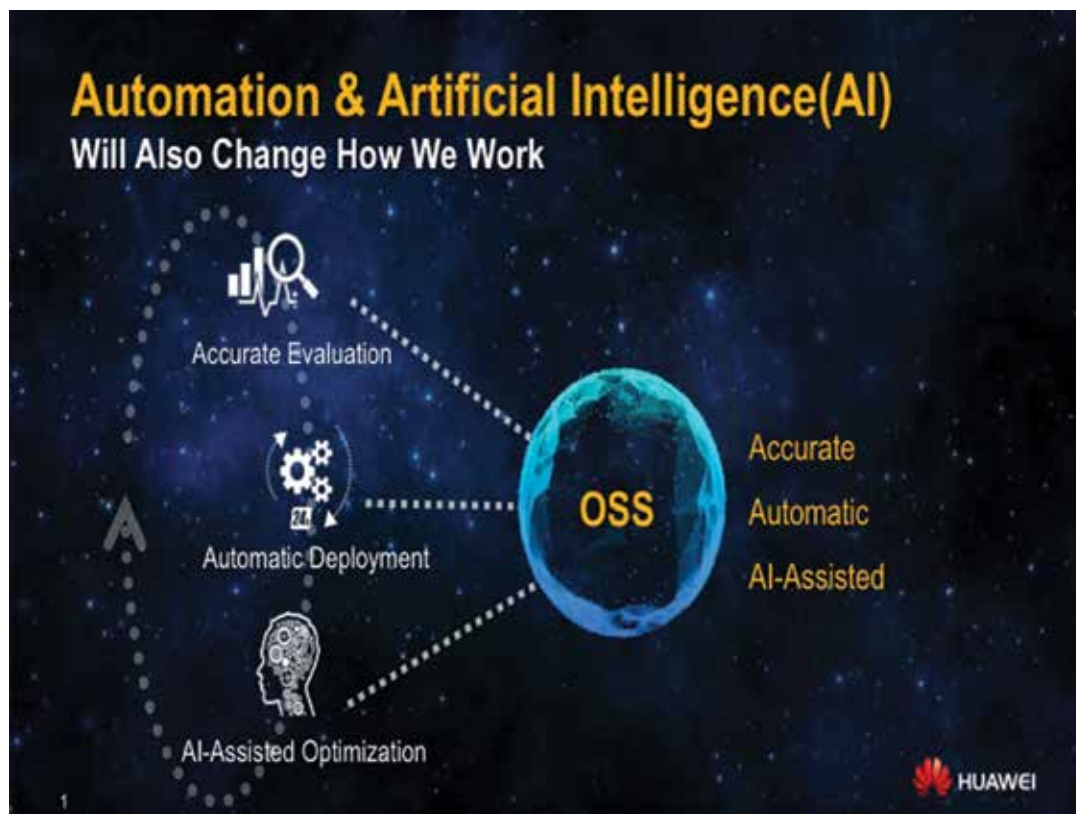


Figure 4 : Vision de l'automatisation et de l'IA – Source : Huawei.

l'automatisation et la prédiction « créeront du temps » pour les utilisateurs finaux. Du côté du réseau, les administrateurs pourront ainsi libérer du temps pour gérer des réseaux plus complexes, en raison de l'introduction de nouvelles technologies, de nouvelles bandes radio et de nouveaux services, et pourront aussi se concentrer sur d'autres tâches plus importantes.

Les fonctions telles que la gestion automatisée des logiciels offrant une vérification automatique de l'état des éléments de réseau (NE), le téléchargement automatisé des logiciels, la restauration automatique en cas de problème et l'inventaire automatisé seront des fonctions de base. Une des étapes-clés de cette évolution est la poursuite du déploiement de SON dans les réseaux RAN¹⁰ et vRAN¹¹. Avec SON, RAN et

¹⁰ RAN : Radio Access Network – Réseau d'accès radio

¹¹ vRAN : Réseau d'accès radio virtuel

vRAN peuvent automatiquement se configurer, se superviser et s'optimiser. Des capacités de la plus haute importance alors que les petites cellules et les centaines, les milliers d'objets connectés vont proliférer dans les réseaux.

Un système prédictif et proactif

Les opérateurs de réseau disposent de données critiques et de grande valeur qu'ils n'ont longtemps pas exploitées. Les choses ont maintenant changé : ils ont pris conscience de leur importance, non seulement pour fournir des services à valeur ajoutée mais aussi pour se différencier grâce à la qualité de leurs services (QoS) et de « l'expérience » (QoE) fournie aux utilisateurs. L'ancienne méthode de gestion des réseaux, dans laquelle les administrateurs appliquaient des modifications de configuration, contrôlaient les résultats et reconfiguraient le réseau, fonctionne toujours dans les centres opérationnels.

Cependant, ce processus d'optimisation en boucle plus ou moins fermée ne sera pas suffisant pour faire face à la prochaine révolution du réseau où la consommation vidéo sera immense et où des centaines, des milliers d'objets seront connectés au réseau.

En effet, une différenciation, en termes de QoE¹², délivrée aux abonnés ou aux partenaires, sera obtenue simplement si des problèmes réseau ne surviennent pas. La meilleure approche opérationnelle n'est pas de corriger, ni même de s'autocorriger, mais de prévenir et donc de prédire. Un moyen d'éviter les pannes consiste à anticiper la dégradation ou les pannes potentielles du réseau. L'analyse prédictive des performances des systèmes et des réseaux, l'allocation dynamique et proactive des ressources sont des composantes critiques pour la prochaine génération de

¹² QoE : Quality of Experience

gestionnaires d'éléments de réseau et de réseaux (EMS et NMS). La capacité à superviser et à afficher en temps réel les performances du réseau et de ses ressources, est très importante pour réussir à l'ère de la 5G. Pour atteindre cet objectif, les opérateurs devront sélectionner des systèmes possédant des possibilités puissantes de création de rapports, d'analyse et de décision utilisant le plus possible les données collectées sur le réseau.

L'omniprésence de l'IA dans les systèmes

Où sera positionnée l'IA dans le système global de bout en bout ?

L'IA est un facteur de transformation et sera intégrée dans chaque maillon de la chaîne globale du système de télécommunications. L'IA sera presque partout : dans les appareils connectés, dans les machines, dans les automobiles et dans de nombreux objets connectés, mais aussi dans tous les systèmes composant le réseau comme les stations de base, les contrôleurs ou les équipements du cœur de réseau. L'IA sera également disponible dans le cloud et le BSS¹³. Dans le cloud, l'IA sera utilisée uniquement si le réseau est fiable, rapide et sans latence. Cependant, nous devons être conscients que la prolifération et l'omniprésence de l'IA engendrera un enchevêtrement de décisions d'IA complexe à résoudre. Néanmoins, on peut s'attendre à ce que l'IA de chaque terminal traite les données au plus près du besoin et soit également utile lorsque l'appareil est déconnecté du réseau et du cloud. Des architectures nouvelles et innovantes doivent être proposées pour éviter de saturer le réseau et d'ouvrir des brèches de sécurité avec, par exemple, les données d'apprentissage stockées sur une machine centralisée

pour les modèles formés à partir de l'interaction utilisateur. L'industrie a commencé à répondre à cette question : Google, un acteur clé dans l'IA, propose une réponse à ce type de défi en complétant son *cloud based* ML avec une architecture d'apprentissage fédérée entraînant ses algorithmes d'IA directement sur les mobiles et en utilisant une version légère de *TensorFlow*, un outil d'apprentissage automatique développé par Google, dans l'application Gboard, une application de clavier virtuel.

Focus sur l'IA dans l'OSS

Le travail pour offrir des systèmes OSS autonomes, complets, efficaces et dynamiques sera long, chaotique et difficile. Au cours des dernières années, les opérateurs et l'industrie se sont concentrés sur l'évolution des réseaux vers des réseaux SON proposant des logiciels d'auto-configuration, d'auto-optimisation et d'auto-réparation tout automatisés et intégrés dans SON.

Pourquoi les opérateurs ont-ils fait cela ? Principalement pour contenir ou réduire leurs dépenses d'exploitation (OPEX) tout en gérant leurs dépenses d'investissement plus intelligemment et en mode « juste à temps ». Cependant, la combinaison des algorithmes SON et des modèles d'automatisation classiques qui étaient excellents ne suffit plus à gérer des grands réseaux complexes. L'industrie et les fournisseurs doivent changer de vitesse pour faire face « à la problématique de la dimensionnalité » et à l'optimisation des ressources, ceci dans plusieurs dimensions telles que l'optimisation de la couverture ou de la capacité du réseau. Pour être vraiment efficaces, les nouveaux systèmes doivent tirer parti de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage automatique (ML) pour aller au-delà de leurs limites actuelles. Ils devront comporter les caractéristiques suivantes :

- capacité à gérer efficacement la nature dynamique des systèmes virtualisés. Ils peuvent être en effet composés de dizaines ou de centaines de composants virtualisés ou de machines virtuelles (VM) créées et supprimées dynamiquement ;
- capacité à gérer la complexité accrue du réseau qui comporte plus de spectre, plus de types de stations de base radio et plus de technologies radio ;
- capacité à tirer parti de l'extension du spectre alloué et à proposer des porteuses radio les plus appropriées en fonction de la demande client ;
- permettre une ingénierie réseau plus simple et plus légère ;
- améliorer l'efficacité de l'exploitation du réseau, de son optimisation mais aussi de sa conception ;
- capacité à transformer l'exploitation du réseau en passant successivement d'un mode réactif (« *Je sais ce qui est arrivé* ») à un mode prédictif (« *Je sais ce qui se passera* ») puis à un mode prescriptif (« *Je sais comment les problèmes à venir seront résolus* ») ;
- permettre d'explorer « de nouveaux territoires » économiques tels que les applications tactiles nécessitant des latences très faibles de l'ordre de la milliseconde.

L'IA et le ML sont les bases fondamentales pour les futurs OSS et MBB

L'IA et l'apprentissage automatique (ML) font partie des principales tendances, si ce ne sont les principales, à suivre dans toutes les industries en 2018 et au-delà. L'IA est transformatrice et s'adressera à une multitude d'industries. L'IA jouera également un rôle important dans les télécoms et le haut débit mobile. En effet, l'association de la reconnaissance de modèles à l'analyse prédictive et aux techniques génériques de modélisation statistique et de

¹³ BSS : Business Support System.

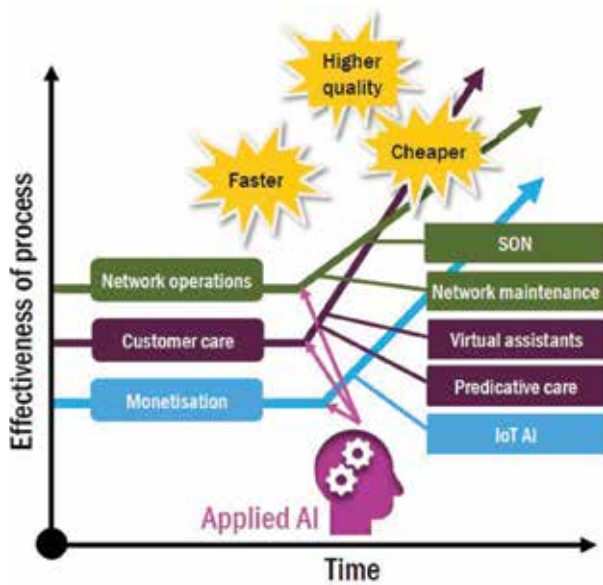


Figure 5 : L'IA permettra des processus plus efficaces et plus précis – Source : Analysys Mason.



Figure 6 : Impacts de la prédiction et de l'automatisation sur l'exploitation des réseaux – Source : Huawei.

surcroît à l'automatisation de la configuration, de l'optimisation du réseau et de la résolution de problèmes transformera les réseaux mobiles. Les réseaux passeront de l'état de réseaux descriptifs à celui de réseaux prédictifs et finalement de réseaux prescriptifs.

Les opérateurs mobiles adopteront l'IA et le ML dans les prochains mois principalement pour les raisons suivantes :

- transformer les réseaux radio en réseaux radio prédictifs ;
- améliorer les QoS et QoE pour les utilisateurs finaux ainsi que pour les partenaires permettant de développer de nouveaux modèles commerciaux ;
- investir de façon avisée et en mode juste à temps : avoir une visibilité précise, fondée sur une planification efficace des capacités pour savoir où et quand investir, sera de la plus haute importance pour être agile, compétitif et innovant.

Le RAN sera perceptif, prédictif et la qualité sera améliorée par l'IA

Certains professionnels de l'industrie doutent encore des avantages que peut apporter l'IA dans l'exploitation des réseaux. Ils ont tous de bonnes raisons :

- « Pourquoi devrions-nous changer nos méthodes actuelles ? Si quelque chose ne va pas, alors ne devrions-nous pas l'identifier et le réparer, pas besoin d'utiliser l'IA pour ça ! »
- « Quelle est la véritable valeur apportée par l'IA ? » ou bien...
- « L'IA fonctionnera en mode boîte noire, donc si le réseau est déficient, il pourrait être très rapidement incontrôlable, alors pourquoi devrais-je déployer quelque chose qui pourrait endommager mon réseau sans les moyens de le stabiliser facilement ? »

D'autres pensent que les systèmes d'optimisation basés sur des règles (dans ce cas, pas de capacités d'apprentissage) suffiront à faire face aux défis de la 5G. L'automatisation des tâches de configuration, de maintenance et d'optimisation fonctionne bien et constitue une étape clé pour réduire les dépenses d'exploitation et faire face à la complexité accrue du réseau. Le mode opératoire pour automatiser ces tâches repose généralement sur des ensembles de règles prédéfinies et créées manuellement lors des phases de déploiement du réseau ou de son ingénierie. Cependant, ce mode présente un inconvénient majeur :

il est trop figé. C'est une sorte d'intelligence statique, basée sur une approche « empirique et artisanale », alors que la 5G requiert de l'agilité, de la flexibilité et un comportement dynamique. C'est là que l'IA entre en scène car elle apporte le pouvoir de transformer la gestion des réseaux.

Les fonctionnalités RAN rendues plus performantes grâce à l'IA

La première catégorie d'applications utilisant l'IA est celle regroupant les applications visant à garantir la continuité du service. Les fonctionnalités permettant aux administrateurs réseau de localiser efficacement les causes de panne sont essentielles. Mais prédire le comportement du réseau et ses performances aidera les opérateurs à passer à la vitesse supérieure, en devançant les problèmes de qualité de service et en maintenant le taux d'attrition de la clientèle au plus bas niveau.

Quelques cas d'utilisation dans ce domaine sont déjà prévus dans les programmes produits, comme la détection des anomalies cachées, car la seule utilisation de seuils n'est pas suffisante ; ou bien la gestion prédictive du trafic ou

	AI algorithm	Wireless algorithm
Value	Data	Link
Scenario	Automatic	Manual
Target	Global profitability optimization	Local determined optimization
Scope	E2E network	Locally modelling
Method	Big data, learning	Formula, optimization
Usage	Set the target goal	Tune parameters manually

Figure 7 : Algorithmes d'optimisation classiques et basés sur l'IA – Source : Huawei.

de la charge réseau, ou encore l'amélioration de l'expérience de la voix sur LTE (VoLTE). Les algorithmes d'apprentissage automatique (ML) tels que la régression linéaire (LR), l'arbre de décision (DT), les machines à vecteurs de support (SVM), les K-plus proches voisins (K-NN), les forêts aléatoires (RF) ou les réseaux neuronaux à convolution (CNN) peuvent être utilisés pour rendre le système de communication plus efficace, fiable et sécurisé. À titre d'exemple, l'un des besoins cruciaux à l'heure actuelle est la capacité de prédire la charge des cellules – pour adapter la puissance, gérer l'interférence sur le canal montant ou les ressources de signalisation – ou bien le trafic de données en temps quasi réel. La capacité d'anticiper et de corriger en quasi temps-réel une surcharge potentielle est

ce à quoi le marché aspire. La prédiction de telles anomalies permettra de prendre les décisions appropriées, et ceci de façon proactive, comme le basculement sur d'autres cellules de sessions de données ou vidéo en cours et de continuer à faire fonctionner le réseau avec une bonne qualité de service et une bonne qualité d'expérience.

La deuxième catégorie de services utilisant l'IA est celle permettant de faire des économies budgétaires. Les fonctionnalités permettant aux administrateurs de réseau de concevoir et paramétrer rapidement et précisément le réseau, avec des paramètres limités et essentiels, et non pas avec des dizaines ou des centaines de paramètres incompréhensibles, auront un effet important sur le marché. Les fonctions d'économie d'énergie ou de planification de capacité

dans le réseau peuvent également être améliorées et optimisées par l'IA ou le ML.

Pour revenir à la première catégorie d'IA dans les réseaux radio, l'une des caractéristiques-clés est la fonction précise et fiable de localisation. Il y a quelques mois, lors d'une réunion avec la direction technique d'un opérateur majeur d'Europe centrale, il fut demandé à l'équipe Huawei EU Wireless OSS si des avancées majeures avaient eu lieu dans les techniques de localisation. Cette requête concernait l'offre potentielle de services basés sur une géolocalisation, bornée ou pas, d'une très grande précision et fut illustrée par cette question : « *Est-ce possible de savoir avec mon réseau radio macro actuel, si quelqu'un situé dans la rue principale va entrer dans la banque « A » et non la banque « B » ? En effet, je voudrais offrir des services personnalisés basés sur des informations contextuelles précises* ». Une discussion intéressante débuta sur l'état de l'art en matière de localisation. Il fallut admettre que les meilleures techniques industrialisées de localisation, comme les mesures d'empreinte radio (RFPM) utilisées en même temps que la technologie de localisation

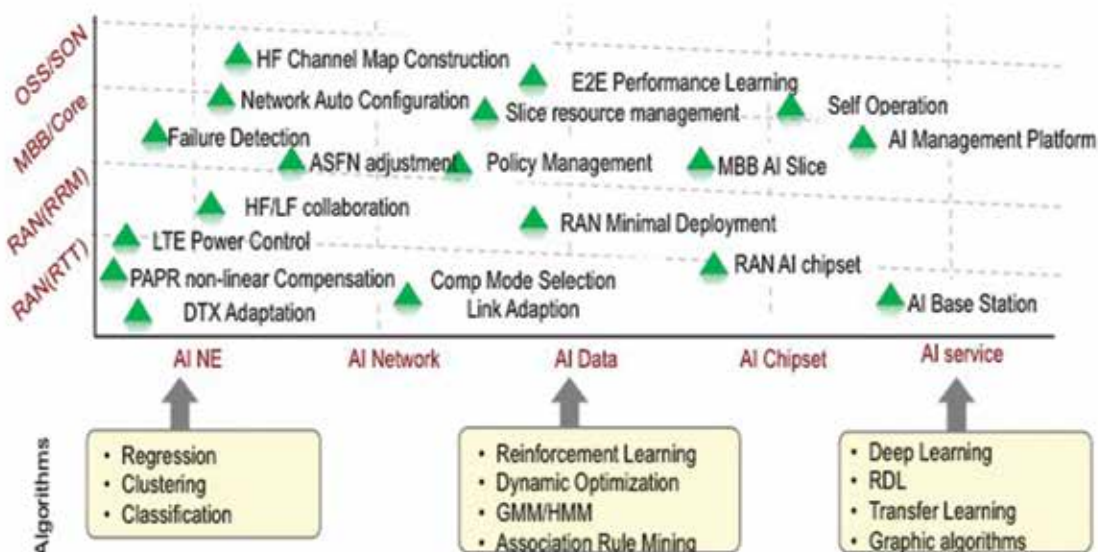


Figure 8 : Feuille de route Huawei IA – Source : Huawei.

AGPS¹⁴ permettent de localiser un système ou terminal au mieux dans un secteur de 50 m par 50 m et ceci dans des conditions optimales. Cette réponse ne répond évidemment pas à la demande de nos clients. Il est donc clair que l'industrie a un défi à relever afin d'offrir une meilleure granularité de précision de localisation.

Huawei est impliqué dans beaucoup d'organismes de normalisation (SDO) et initiatives d'industrie (par exemple le TMF), qui ont pour but de spécifier et concevoir des produits plus simples et plus efficaces pour le marché et ses clients. Voici quelques exemples d'applications importantes d'IA pour les OSS pour réseaux mobiles.

Localisation améliorée et prévision de la mobilité

La technique de localisation basée sur l'IA est exactement un cas où l'IA joue un rôle important et fournit des services géo-localisés et bornés en utilisant des informations contextuelles, mais est également un catalyseur pour des prédictions précises de mobilité. Exploiter une véritable intelligence pour différencier dynamiquement et avec précision si un mobile est à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment, ou prévoir des trajectoires de mobilité, serait une réelle avancée pour l'industrie et le marché. Dans ce cas par exemple, l'utilisation de l'IA aide à identifier avec une plus grande précision les appareils connectés à l'extérieur ou à l'intérieur des bâtiments.

La prévision de la mobilité outil d'amélioration de la qualité

Une technique de localisation très précise permet de créer des fonctionnalités plus intéressantes telles que la prédiction de la mobilité. Pour y parvenir, il est nécessaire de combiner plusieurs prédicteurs, prédicteurs locaux ou spécifiques à

¹⁴ AGPS : Assisted Global Positioning System

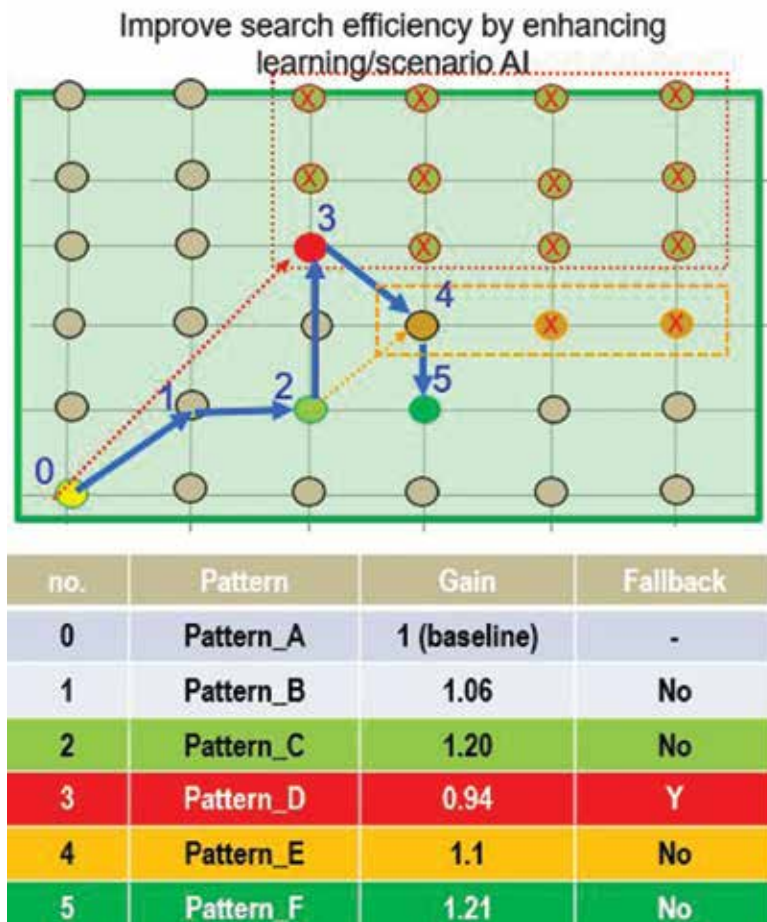


Figure 9 : MIMO massif : recherche du meilleur motif - Source : Huawei.

l'utilisateur, afin de prévoir la destination possible. La connaissance du profil de l'utilisateur final, du jour de la semaine, de l'heure du jour et du lieu sera l'un des éléments-clés pour y parvenir. Cette prédiction de mobilité peut être utilisée comme une « fonctionnalité de base » pour de nombreuses optimisations dans les réseaux sans fil. Le transfert intercellulaire (handover), la puissance du signal reçu (RSS) ou la qualité de service dans un système mobile, par exemple, peuvent être anticipés grâce la trajectoire prévue du terminal.

MIMO massif – L'IA permet une sélection rapide du motif de faisceau

Le MIMO massif est une technologie clé des nouveaux réseaux qui leur fournit une capacité accrue. Cepen-

dant, il existe des barrières techniques pour régler efficacement les paramètres du MIMO massif. L'un des défis réside dans une sélection et une optimisation suffisamment rapides du motif approprié de faisceau. Les indicateurs de performance (KPI) tels que le ratio signal sur interférence plus bruit (SINR), la puissance du signal reçu (RSS) et la puissance reçue du signal de référence (RSRP) doivent être surveillés et analysés. Pour sélectionner le meilleur motif de faisceau, l'IA permet au MIMO d'être pleinement efficace. En effet, l'IA permet une approche d'apprentissage itérative, afin de sélectionner le meilleur motif. C'est un sujet sur lequel le Centre de recherche Huawei Paris travaille en adoptant un algorithme d'apprentissage par renforcement (RL).

En effet, le RL permet, lors de la phase d'exploration – l'exploration signifie ici « découvrons mon livre de codes, testons la meilleure réponse et sélectionnons le meilleur motif » – d'utiliser une méthode de découverte très efficace. Le RL peut être considéré comme une sorte d'algorithme d'apprentissage non supervisé lorsque la phase d'apprentissage est effectuée in situ. Le RL comprend deux phases distinctes : l'exploration et, lorsque la convergence est atteinte, l'exploitation. L'algorithme utilise une méthode intelligente, basée sur une technique appelée « forêt aléatoire » pour trouver le plus rapidement le meilleur motif de faisceau.

ML pour le découpage de la 5G en différentes instances

La possibilité de créer différentes instances de réseau sur une même infrastructure est une nouveauté fondamentale introduite par la 5G. Les différentes instances de réseau utiliseront des paramètres spécifiques et dédiés (par exemple, des exigences de débit) pour différents services, clients, marchés et entreprises. Mais ces différentes instances peuvent se concurrencer pour accéder aux mêmes ressources physiques. C'est un domaine dans lequel l'IA sera utile, car elle permettra de répondre à des exigences de service très strictes en détectant ou en prévoyant certains changements des besoins et en prenant des décisions in situ appro-

priées. Avec cette intelligence intégrée, la priorité d'une instance réseau donnée sera modifiée par rapport aux autres instances de réseau.

Conclusion

L'IA est et sera transformative et omniprésente. Elle sera dans tous les systèmes, dans les terminaux, les machines, les voitures ou les objets connectés au réseau, dans les serveurs, dans les OSS et BSS, dans les serveurs d'applications et même dans le cloud. L'un des défis sera la cohabitation de toutes les IA dans le système complet et d'éviter le « traumatisme de l'enchevêtrement des IAs ». L'IA est vu par le marché comme la technologie ne réduisant pas uniquement les dépenses d'OPEX mais aussi celle permettant d'accroître la QoS/QoE dans un environnement techniquement complexe et commercialement compétitif. La 5G nécessitera de l'agilité, de la souplesse et de la dynamique. L'intelligence sera omniprésente et jouera un rôle-clé et donc un système de gestion 5G flexible, évolutif et puissant sera crucial pour son succès. Comparable au réseau, où les systèmes se virtualisent, les OSS doivent aussi se transformer pour faire face à ce changement à venir radical. Mais il faudra plus que cela. L'IA est puissante et transformationnelle et sera sans aucun doute intégrée efficacement dans les OSS pour changer les données en analyses et les analyses en actions et décisions automatisées.

LES AUTEURS

JEAN-PAUL PALLOIS a plus de 25 ans d'expérience dans l'industrie des communications. Avant de rejoindre Huawei, il a travaillé à Goupil (un fabricant français de PC), à Nortel et à Alcatel-Lucent.

Jean-Paul Pallois fait partie de l'équipe Produits Europe Gestion réseaux mobiles et est localisé à Paris. Ses activités actuelles sont focalisées sur l'OSS, SON, l'automatisation des réseaux et l'analyse de données massives. Il dirige l'activité IA et apprentissage automatique (ML) sur les réseaux mobiles pour le marché européen.

MEROUANE DEBBAH dirige le Centre de recherche de Huawei à Paris depuis 2014 et est professeur à CentraleSupélec. Il est spécialiste des réseaux de télécommunications ayant reçu de nombreux prix pour ses contributions dans le domaine de la 5G, en particulier pour le développement de la technologie du MIMO massif.

Glossaire

IA – Intelligence artificielle

API – Interface de programmation d'application

BSS – Systèmes de support d'affaires

CAPEX – Dépense d'investissement

CNN – Réseau neuronal convolutif

CQI – Indicateur de qualité

CSP – Communications Service Provider

DARPA – Defense Advanced Research

Projects Agency

ENI – Intelligence liée au réseau

EMS – Système de gestion d'élément de réseau

L'ETSI – Institut européen des normes de télécommunications

UIT – Union internationale des télécommunications

K-NN – Les K plus proches voisins

RL – Régression linéaire

LTE – Évolution long terme

MANO – Gestion et orchestration du réseau

MDT – Minimisation tests routiers

MDP – Processus de décision de Markov

MIMO – Multiple-Input, Multiple Output

ML – Machine Learning/Apprentissage automatique

NEL – Couche gestion des Eléments de réseau

NEP – Fournisseur d'équipement réseau

NML – Couche gestion de réseau

NMS – Système de gestion de réseau

OPEX – Dépense opérationnelle

OSS – Systèmes de support d'opérations

PD – Délai du chemin radio

PRB – Bloc physique de ressource

QoE – Qualité d'expérience

QoS – Qualité de service

UMTS – Système de télécommunication mobile universel

RAN – Réseau accès radio

RL – Apprentissage par renforcement

RSRP – Signal de référence puissance reçue

RSRQ – Signal de référence qualité reçue

SON – Réseaux auto-organisés

SVM – Machine de vecteur de support

Tput – Débit

ZSM – Gestion sans contact de réseau & services