

FIELD ACTIONS SCIENCE REPORTS

**FACTS
REPORTS**

Second
semestre 2017

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ROBOTIQUE DANS LA VILLE



Coordonné par **Nicolas MIALHE**

**THE
FUTURE
SOCIETY**

**INSTITUT
VEOLIA**

FIELD ACTIONS SCIENCE REPORTS

est publié par
L'INSTITUT VEOLIA
30 rue Madeleine Vionnet
93300 Aubervilliers, France
www.institut.veolia.org

**FACTS
REPORTS**

Second
semestre 2017

À PROPOS DE FACTS REPORTS

OBJET ET PÉRIMÈTRE

FACTS Reports est une revue internationale à comité de lecture consacrée à la promotion d'activités sur le terrain dans les pays en développement et les pays développés, en accès libre pour les lecteurs et les auteurs. Créé en 2007, FACTS est un forum d'expression et d'échange sans équivalent qui couvre différents domaines : économie et développement, villes et services urbains, santé, éducation, environnement, agriculture...

Les articles sont soumis à un comité de lecture formé d'acteurs du terrain, d'universitaires... Les principaux critères de publication portent sur le caractère utile et reproductible des actions décrites. Des éditoriaux et des commentaires sont également publiés. Ce processus assure la contribution et l'analyse critique d'experts variés, et encourage la coopération entre auteurs.

OBJECTIFS

L'objectif principal de FACTS Reports est d'aider les acteurs de terrain, les organisations internationales, les agences nationales, les responsables politiques et économiques, etc., à communiquer, échanger et diffuser les bonnes pratiques et les enseignements tirés de la mise en œuvre de leurs programmes. De nombreux acteurs de terrain mettent en œuvre des projets afin d'essayer de résoudre des problèmes liés à l'économie, à la santé, à l'environnement, à l'agriculture, à l'éducation et au développement en général. Il existe de nombreuses opportunités de tirer les enseignements des résultats de ces projets.

Cette revue est un outil international unique et constitue la première initiative de ce type dans le monde. Elle fournit aux acteurs clés du développement une plateforme neutre et indépendante pour la diffusion des bonnes pratiques. Elle leur permet, en outre, d'exprimer librement leurs points de vue et opinions, d'échanger leurs expériences et de coopérer avec d'autres acteurs du développement international du monde entier.

<http://factsreports.revues.org/>

Rédacteur en chef : Nicolas RENARD
Directeur de la Prospective, Institut Veolia

**Rédacteur en chef adjoint :
Dr. David OJCIUS**
Professeur, University of the Pacific, États-Unis

**Directrice de la publication :
Dinah LOUDA**
Directrice exécutive, Institut Veolia

**Assistante de rédaction :
Monique FOURDRIGNIER**
Institut Veolia

Organisme émetteur
Field Actions Science Reports (FACTS)
est publié par l'Institut Veolia.
E ISSN: 1867-8521

Contact :
facts-reports.ve@institut.veolia.org

©AUTHOR(S) 2016
Tous les articles sont diffusés sous la licence Creative Commons Attribution. Les auteurs conservent la titularité des droits d'auteur mais autorisent le public à copier, distribuer, transmettre et adapter leurs travaux à condition que leur nom soit cité comme il se doit.
<http://creativecommons.org/licenses>

Conception graphique
INCREA

Imprimé en France
avec des encres à base végétale par un prestataire labellisé Imprim'vert sur du papier traité sans chlore, certifié FSC, produit issu de forêts bien gérées et d'autres sources maîtrisées.

Crédits photos
Margarita Boenig-Liptsin, Photothèque Veolia : Christophe Majani d'Inguibert and Antonio Liébana, Shutterstock, Getty Images/Flickr RF, CNIL – Five by Five CC BY, CNIL – Five BY Five – ©Léa Chassagne, DR.

SOMMAIRE

P.02

INTRODUCTION

Sam Pitroda, Nicolas Mialhe

1. Comprendre l'essor de l'intelligence artificielle

P. 06

La troisième ère de l'intelligence artificielle

Nicolas Mialhe, Cyrus Hodes

P. 12

La signification des infrastructures d'information dans les villes de demain

Ricardo Alvarez

P. 16

L'IA et la robotique au service de la ville : imaginer et transformer les infrastructures sociales à San Francisco, Yokohama et Lviv

Margarita Boenig-Liptsin

P. 22

Comment accélérer la mobilité durable avec le véhicule autonome ?

Mathieu Saujot, Oliver Sartor, Laura Brimont

P. 26

L'IA, la robotique et la mobilité en tant que services : le cas de Singapour

Eng Huiling et Benjamin Goh

2. L'IA dans la ville : l'ère de la prévision et de l'anticipation

P. 32

Hubgrade – Centres de pilotage de l'efficacité énergétique : mesurer la consommation de ressources pour se rapprocher d'une Économie Circulaire

Antonio Neves Da Silva, Patrice Novo

P. 38

Les technologies urbaines en plein essor : quand l'apprentissage machine vient bousculer l'immobilier

Entretiens avec Marc Ruzen et Jasjeet Thind par Stanislas Chaillou, Daniel Fink et Pamella Gonçalves

P. 44

Dubaï et sa feuille de route pour l'intelligence artificielle – Progrès déjà accomplis

Interview de Wesam Lootah par Nicolas Mialhe

P. 47

Le rôle de l'intelligence collective augmentée dans la gouvernance municipale

Interview de Frank Escoubes par Nicolas Mialhe et Arohi Jain

P. 50

Possibilités ouvertes par l'automatisation en matière économique, sociale et de politiques publiques

Nicolas Mialhe

P. 54

Le projet « Digital Tools » (outils numériques) au service de logements urbains pour populations à faible revenu en Inde

Marco Ferrario, Rakhi Mehra, Swati Janu

P. 60

Les *Blockchains* et le système nerveux citoyen

Alessandro Voto

3. Parviendrons-nous à faire profiter tout le monde de la révolution de l'IA ?

P. 66

Les défis politiques de l'automatisation

Nicolas Mialhe

P. 72

« Mariane Reloaded », scénario de design spéculatif sur les controverses et enjeux de politique publique pouvant accompagner la mise en place de civic bots de nouvelle génération

Geoffrey Delcroix

P. 75

Intelligent City et usages innovants des données personnelles : des scénarios pour engager un rééquilibrage privé/public par les données

Geoffrey Delcroix

P. 80

Intelligence artificielle et protection de la vie privée : comment identifier et résoudre les problèmes

Yves-Alexandre de Montjoye, Ali Farzanehfar, Julien Hendrickx, Luc Rocher

P. 84

La géopolitique de l'IA et de la robotique

Interview de Laurent Alexandre par Nicolas Mialhe

P. 88

La gouvernance algorithmique en expansion : quand la loi devient code

Samer Hassan, Primavera De Filippi

P. 91

Véhicules autonomes : promesses et obstacles

Interview d'Andy Palanisamy par Nicolas Mialhe

P. 95

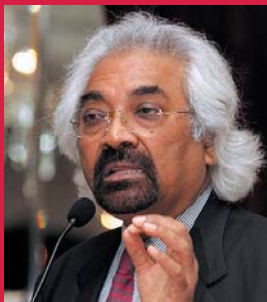
Les villes face à l'ubérisation

Interview de Roland Ries par Nicolas Mialhe

INTRODUCTION

L'essor de l'IA et de la robotique dans les villes

Sam Pitroda, inventeur et entrepreneur du secteur des télécommunications, théoricien du développement internationalement reconnu
Nicolas Mialhe, Co-fondateur et Président de The Future Society



Le Dr. Sam Pitroda est inventeur et entrepreneur du secteur des télécommunications, théoricien du développement internationalement reconnu et décisionnaire, fort d'une expérience de 50 ans dans les technologies de l'information et de la communication (TIC) et les évolutions mondiales et nationales associées. Considéré comme le

père de la révolution technologique et des télécommunications indiennes des années 1980, Sam Pitroda est l'un des fervents défenseurs de la lutte contre la fracture numérique mondiale. Sam Pitroda a été Conseiller du Premier ministre indien pour les « Infrastructures Publiques d'Information et les Innovations », au rang de Ministre de Cabinet. Il a été Président de la Smart Grid Task Force, ainsi que des comités visant à réformer la radio-télévision publique, moderniser le secteur ferroviaire, mettre en place la e-gouvernance et chargé de diverses autres missions liées au développement.



Nicolas a co-fondé « The Future Society » à la Harvard Kennedy School en 2014, spécialisée dans les questions d'impact et de gouvernance des technologies émergentes. Dans ce cadre, il a co-fondé en 2015 la « AI Initiative » axée sur l'essor de

l'intelligence artificielle, qui anime actuellement un débat participatif mondial sur la gouvernance de l'IA (<http://www.aicivicdebate.org>) entre autres activités. Depuis plus de quinze ans, Nicolas évolue à la croisée de l'innovation, de la haute technologie, de la gouvernance et de la société civile en Europe, en Amérique et en Asie. Il enseigne à Sciences Po Paris, est Senior Visiting Research Fellow du Program on Science, Technology and Society à Harvard, et Fellow de l'Institute for Data Driven Design affilié au MIT Media Lab.

Le monde traverse aujourd'hui une vague d'urbanisation sans précédent, ce qui tend à concentrer sur les villes les plus grands problèmes de société mais aussi les plus grandes opportunités. Depuis des millénaires, les humains migrent vers les villes, attirés par leur promesse de créativité et de mobilité. En 1900, au début de la deuxième révolution industrielle, avec l'arrivée de l'électricité et du pétrole, seuls 200 millions de personnes vivaient dans les villes, soit environ un huitième de la population de l'époque¹. Un siècle plus tard, alors que nous entrons dans ce que de nombreux experts appellent une « quatrième révolution industrielle » menée par l'intelligence artificielle (IA), la robotique, l'édition génomique et les neurotechnologies, plus de 3,5 milliards de personnes vivent désormais dans les villes. Et les prévisions des Nations Unies indiquent que la population urbaine atteindra 5 milliards d'ici 2030 (60 % de la population) et 6,5 milliards d'ici 2050².

Les villes sont la principale source de croissance économique et de productivité mais aussi les principales responsables de la consommation de ressources et des émissions de gaz à effet de serre. La manière dont les villes et les pays développés, émergents et en développement réagissent collectivement à l'explosion urbaine et à la révolution de l'automatisation, deux bouleversements majeurs, déterminera leur degré de préparation pour une croissance soutenue après le passage de cette vague d'urbanisation. Pour que notre monde puisse avancer vers un développement plus durable, il est donc essentiel de gérer de concert l'urbanisation et les changements sociotechniques.

En 2008, le nombre d'utilisateurs d'Internet mobile dans le monde a dépassé le nombre d'utilisateurs d'Internet fixe, une évolution entraînée par la propagation rapide des appareils mobiles bon marché dans les pays en développement. Selon HIS Markit, une société d'études de marché, plus de 4 milliards de smartphones étaient utilisés dans le monde en 2017, un chiffre qui devrait grimper à 6 milliards en 2020. Il en résulte une profonde mutation de nos sociétés autour de la communication mobile de masse et de l'intelligence distribuée, associant le pouvoir des machines et des humains quasiment jusqu'à la fusion.

Cette augmentation sans précédent a déjà déclenché une vague de transformations qui ne cesse de prendre de l'ampleur, par son volume comme par sa rapidité. Les améliorations et la convergence de

¹ Population urbaine en 1900 : « Human Population: Urbanization » (Washington, DC : Population Reference Bureau, 2007)

² Perspectives de la population mondiale : révision de 2011 (New York : Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies, Division Population, mars 2012), 1.

l'apprentissage automatique et des neurosciences, associées aux révolutions du Big Data et de l'Internet des objets, et alimentées par l'omniprésence de l'informatique évolutive de haute performance, nous propulsent dans une nouvelle ère de l'intelligence artificielle. Les humains seront bientôt une minorité en ligne, tandis que la montée des interfaces neuronales directes, stimulées par les progrès des neurotechnologies, est prête à accélérer la fusion des humains et des machines au cours du siècle. D'ici 2020, il devrait y avoir quelque 50 milliards d'objets en réseau. Cette année, le volume de données générées en ligne a dépassé 16,3 zettaoctets (1 zettaoctet équivalant à un billion de gigaoctets) et devrait atteindre les 163 zettaoctets d'ici 2025 !

Comme nous le verrons dans cette édition de FACTS Reports, les promesses offertes par l'IA en matière de développement urbain durable sont immenses. Toutefois, les risques sont à l'avenant. Via un large éventail d'articles et d'entretiens avec des praticiens, des universitaires et des experts reconnus, nous avons pu comparer les données offertes par des analyses prospectives, des études de cas et des rapports établis sur le terrain. Notre objectif était d'offrir un point de situation global de la quatrième révolution industrielle et de ce qu'elle va changer dans nos villes. Selon nos analyses, elle pourrait bien prendre la forme d'une *destruction créatrice* susceptible d'accroître les revenus, d'améliorer la qualité de vie et de générer de nouveaux emplois encore inconnus, remplaçant ceux que l'automatisation fait disparaître. À moins qu'elle ne devienne une *création destructrice* entraînant un chômage de masse, des atteintes à la vie privée, des discriminations et une perte de contrôle sur les processus de décision collectifs essentiels. Tout dépendra de la rapidité et de l'ampleur du développement et de la diffusion des technologies de l'IA et de la robotique, mais aussi de la capacité de réaction des sociétés, à titre individuel et collectif.

Les choix politiques auront aussi leur importance. Même si les villes sont au cœur de la révolution de l'IA et qu'elles en tireront plus de bénéfices que les zones rurales, elles ne seront pas en mesure de gérer seules cette transformation. Les logiciels basés sur l'IA sur lesquels reposent les entreprises, les gouvernements et les citoyens iront puiser dans l'écologie des données très dense des villes, plus précisément dans les flux et les stocks de lecture, les moyens de comprendre et de prédire notre environnement urbain. Ceci s'est déjà traduit par l'émergence d'une « infrastructure de l'information » qui alimente une « économie de l'attention », avec ses aspects positifs et négatifs... Ainsi, de notre aptitude à intégrer ces forces historiques dépendra, dans une grande mesure, le type de monde sur lequel vivront nos enfants à la fin du XXI^e siècle.

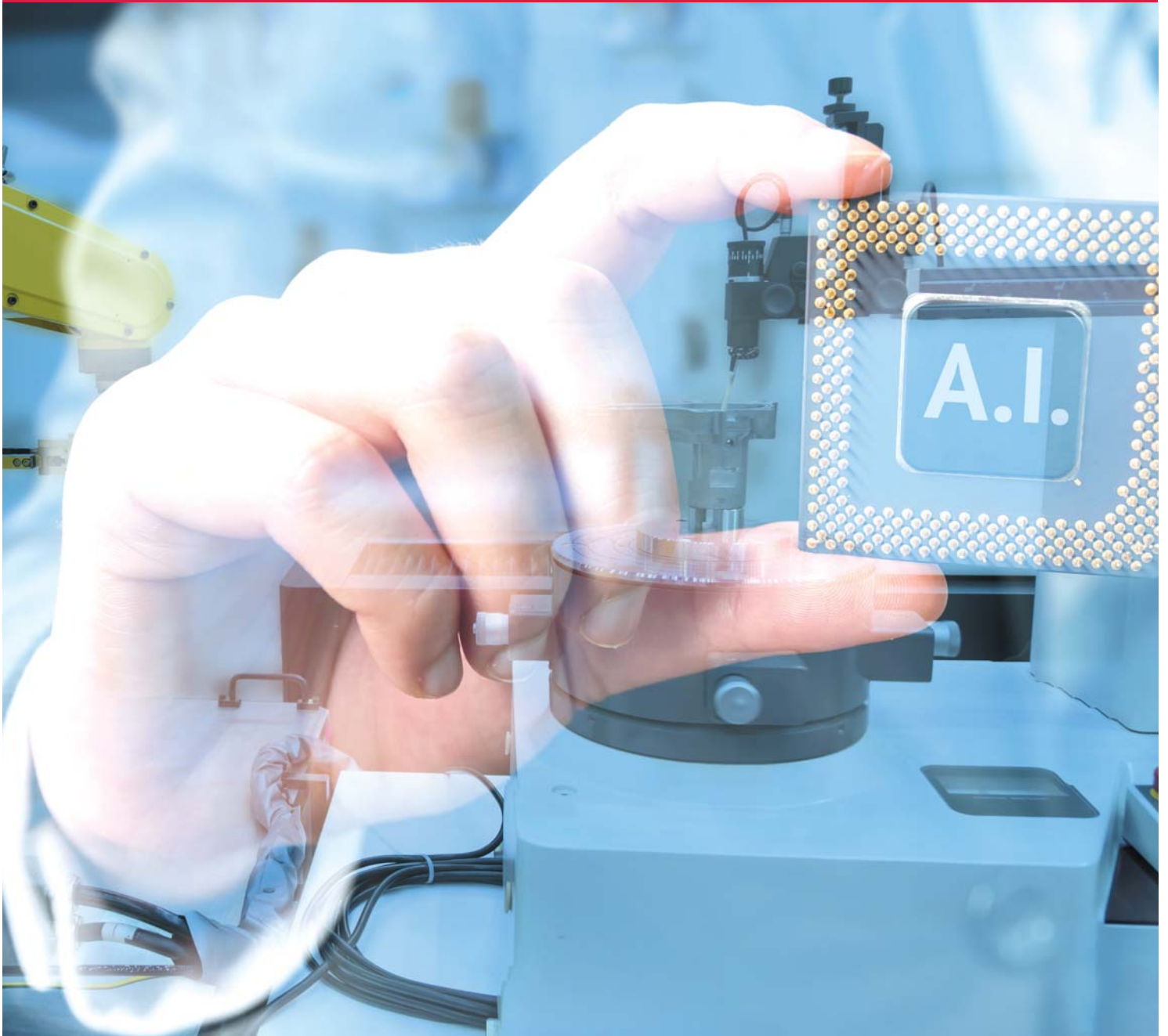
Étant donné que le marché numérique est alimenté par l'intelligence artificielle et les données (le marché de l'IA devrait passer à 40 milliards de dollars par an à l'horizon 2020) présente des caractéristiques oligopolistiques, ce mécanisme de transformation numérique devra éviter toute surconcentration des pouvoirs et lutter contre les dynamiques concurrentielles néfastes qui pourraient entraîner un nivellement par le bas. Dans ce nouvel environnement, les pays et les villes isolés auront de plus en plus de mal à défendre leurs propres positions. Le concept des « Smart Cities », véritable fourre-tout dominé par le secteur des technologies de l'information, attire une attention croissante depuis dix ans. Certes, il a déjà déçu nombre d'acteurs et ses résultats ne sont pas à la hauteur des attentes. Malgré le regain d'intérêt actuel, à présent que l'apprentissage machine a

démonstré sa capacité à maîtriser le Big Data, l'utopie de la ville intelligente devra encore surmonter une longue série de lacunes, d'insuffisances et de présupposés abusifs. En fait, c'est justement parce que la révolution de l'IA dépend quasi-exclusivement des données et impose leur collecte, leur stockage, leur traitement et leur diffusion à grande échelle pour réaliser son potentiel que la vague de l'automatisation risque fort d'amplifier les dangers de l'utopie de la ville intelligente.

Plus que jamais, les villes devront gérer les tensions entre un nombre croissant de parties prenantes pour trouver des solutions, et ceci à une époque où les frontières entre les catégories (humain / machine / autres formes de vie, privé / public, virtuel / réel, entreprise / marché, consommateur / citoyen / utilisateur, etc.) sont de plus en plus floues ! Il devient surtout nécessaire de nourrir la créativité et les connaissances des citoyens, des innovateurs présents sur le terrain, des entreprises et des institutions. Cela passera aussi par l'orchestration inclusive de ces connaissances afin de bien les intégrer aux décisions, par le biais de ce que Geoff Mulgan appelle « *un processus continu d'argumentation, de délibération, de décision et d'action dans lequel le gouvernement agit avec les personnes, ainsi que pour eux* ». Il est surtout essentiel de se brancher sur les réseaux et associations complexes et multicouches (régionales et thématiques) entre les villes afin de tirer le meilleur parti des dynamiques collaboratives, de forger des alliances à multiples facettes pour finalement inventer, tester, personnaliser, partager et reproduire de nouvelles solutions. Si nous parvenons à concrétiser une vision des villes intelligentes, il devrait même devenir possible de lancer des pistes vers la démocratisation de la mondialisation, l'un des plus grands défis de notre temps. Alexis de Tocqueville insistait sur le fait que la liberté ne pouvait être que municipale. Et pourtant, nous savons aujourd'hui qu'elle ne peut être exercée sans portée mondiale. Nous savons aussi qu'elle ne peut pas être exercée sans la nouvelle écologie des données et de l'intelligence. Au contraire, la liberté, ainsi qu'un certain nombre de valeurs essentielles, doivent y être fermement ancrées.

“BIEN QU'ELLES SE TROUVENT À L'ÉPICENTRE DE LA RÉVOLUTION DE L'AUTOMATISATION ET EN BÉNÉFICIENT LARGEMENT, LES VILLES NE SERONT PAS EN MESURE DE LA GÉRER PAR ELLES-MÊMES”

1. COMPRENDRE L'ESSOR DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



Les progrès et les convergences de l'apprentissage machine et des neurosciences, combinés à la disponibilité de vastes ensembles de données et à l'omniprésence de calculs de haute performance, nous propulsent dans une nouvelle ère de l'intelligence artificielle (IA).

La promesse de ces évolutions est tout aussi impressionnante que les risques et les défis qui en découlent. La plupart des spécialistes qualifient l'essor actuel de l'IA de « révolution industrielle », au même titre que les trois précédentes : la vapeur, puis le pétrole et l'électricité, enfin l'informatique.

Avant d'explorer les opportunités en matière de transformation et les défis associés au déploiement de systèmes d'IA dans les environnements urbains, il est important de définir et de contextualiser cette notion complexe. Il convient également d'analyser la dynamique de l'essor de l'intelligence artificielle : sa vitesse et son ampleur, les forces qui la façonnent, son économie politique et ses principaux acteurs au niveau mondial. C'est l'objectif de ce premier chapitre.

Nous découvrirons que la révolution de l'IA se déroule comme un catalyseur, imbriqué dans une « révolution numérique » plus vaste, qui transforme déjà les villes en « infrastructures d'information ». C'est l'argument de Ricardo Alvarez. En effet, au cœur de la notion de *smart city*, ou de ville intelligente, se trouve l'idée selon laquelle il est possible d'exploiter le numérique pour rendre les systèmes urbains plus efficaces. Alors que nous parlions de Big Data pour désigner la capacité des villes à recueillir, stocker et traiter des flux et de gigantesques réservoirs de données, les acteurs évoquent plutôt aujourd'hui l'intelligence artificielle, insistant davantage sur la capacité grandissante des villes à retirer du sens de ces gisements de données grâce à l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage machine.

C'est un virage essentiel, qui ouvre des pistes prometteuses en matière d'optimisation des systèmes urbains pour diverses fonctions (planification, livraison, suivi, entretien, etc.) et domaines (transports, santé, énergie, finance, etc.). Cette évolution est politique car elle soulève des questions potentiellement controversées quant aux rôles respectifs du privé, du public et des citoyens dans la conception et le contrôle de cette nouvelle « infrastructure d'information ». En effet, les technologies d'IA dépendent de la disponibilité d'une grande quantité de données de haute résolution pour alimenter les algorithmes d'apprentissage machine. Ces données sont recueillies, stockées et traitées par des plateformes numériques qui

présentent des tendances quasi-monopolistiques, ou du moins oligopolistiques, par les effets d'échelle et les effets de réseau associés à la collecte et au stockage des données. Il n'est pas facile pour les municipalités de trouver le bon équilibre entre le partage de la valeur et leurs impératifs en matière de compétences et d'investissements. Le partenariat public-privé-personnes semble donc inévitable mais doit être conçu avec le plus grand soin – et probablement standardisé – pour faciliter la relation entre les municipalités et les multinationales.

Margarita Boenig-Liptsin s'intéresse à la manière dont les villes, sur trois continents différents, s'imaginent à l'ère de l'IA et réfléchissent à la manière dont l'IA pourrait les aider à résoudre des problèmes urbains et offrir une meilleure qualité de vie à leurs citoyens et leurs administrés. Margo réalise une analyse comparative de San Francisco aux États-Unis, Kyoto au Japon et Lviv en Ukraine. Elle examine ces trois différents cas par le prisme de l'« imaginaire sociotechnique », qui serait « *une vision détenue collectivement, stable sur le plan institutionnel et publiquement représentée d'un futur désirable, animé d'une même manière de penser la vie sociale et l'ordre social, accessible via, et donc encourageant, les avancées de la science et de la technologie* ».

Pour finir avec un exemple concret, Mathieu Saujot, Olivier Sartor et Laura Brimont nous présentent le cas emblématique des véhicules sans chauffeur et la manière dont ils pourraient permettre aux systèmes de mobilité et aux impératifs de développement durable de se rejoindre. Eng Huiling et Benjamin Goh nous font ainsi découvrir plus en détail les voitures sans chauffeur à Singapour. Ils analysent la stratégie de la cité-État pour devenir un pionnier du déploiement des véhicules autonomes en tirant parti de ses atouts uniques : haute densité urbaine, économie de la connaissance, infrastructure de pointe, gouvernement efficace, population à haut niveau d'éducation et partenariats publics-privés.

Nicolas MIALHE
Coordinateur

LA TROISIÈME ÈRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Nicolas Miailhe

Co-fondateur et président de « The Future Society »

Cyrus Hodès

Vice président et Responsable Intelligence Artificielle de « The future Society »



Nicolas Miailhe est co-fondateur et Président de « The Future Society at Harvard Kennedy School », dans le cadre de laquelle il a également fondé et dirigé la « AI Initiative ».

Stratège reconnu, entrepreneur social et leader visionnaire, il conseille multinationales, gouvernements et organisations internationales. Nicolas est Senior Visiting Research Fellow du Program on Science, Technology and Society (STS) à la HKS. Il est également spécialiste des problématiques d'innovation urbaine et d'engagement citoyen. Depuis plus de dix ans, Nicolas évolue à la croisée de l'industrie de haute technologie, de l'innovation, de la gouvernance et de la société civile, notamment sur les marchés émergents, à l'image de l'Inde.

Cyrus est passionné par les technologies disruptives, comme l'intelligence artificielle (IA), la robotique, les nanotechnologies, les biotechnologies, la génétique, les TI et les sciences cognitives, ainsi que par leur pollinisation croisée et leurs conséquences sur la société. Il dirige actuellement une startup de robotique (Autonomous Guided Vehicles) et une entreprise de biotechnologie. En 2015, Cyrus a fondé la AI Initiative. Il est Vice-président de la Future Society et membre de deux commissions (Politique et Principes généraux) de la *Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems* de l'IEEE.

MOTS CLÉS

- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE FAIBLE
- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE GÉNÉRALE
- ROBOTIQUE
- ÉCONOMIE POLITIQUE
- BIG DATA

Si les limites de la définition de l'intelligence artificielle (IA) ne sont pas clairement définies, les experts s'accordent sur le fait que nous assistons à une révolution. Et aucun ne reste indifférent face à la question que tous se posent concernant les conséquences socio-économiques que pourrait entraîner la révolution de l'intelligence artificielle, notamment par rapport aux autres révolutions industrielles du XIX^e et du XX^e siècles : « Et si c'était différent, cette fois-ci ? ». Certes, cette révolution pourrait être une *destruction créatrice* au sens schumpétérien, synonyme de revenus plus élevés, de meilleure qualité de vie pour tous et de création de nouveaux emplois encore inconnus, remplaçant ceux que l'automatisation fait disparaître. Mais elle pourrait aussi tourner à la *création destructrice*, annonciatrice du chômage de masse ou de la perte de contrôle sur les processus de prise de décision. Tout dépendra de la rapidité et de l'ampleur du développement et de la diffusion des technologies d'intelligence artificielle, un point sur lequel les experts sont loin de s'accorder.

INTRODUCTION

La définition même d'« intelligence artificielle » continue à faire débat¹, notamment parce que la science n'a jamais été en mesure de forger une définition de l'« intelligence » acceptée de tous. Les définitions abondent et tendent à se recouper, désignant des « agents » (des programmes tournant sur des systèmes informatiques) capables d'apprendre, de s'adapter et de se développer dans des environnements dynamiques et incertains. En ce sens, la notion d'intelligence rejoint celles de l'autonomie et de l'adaptabilité, à travers la capacité à apprendre d'un environnement dynamique.

¹ Il n'existe pas de définition standard, acceptée dans le monde entier, de l'IA. « Le choix-même de ce nom, « intelligence artificielle », illustre le paradoxe : si le mathématicien John McCarthy a utilisé ces mots pour proposer le programme de recherche de l'université d'été de Dartmouth en 1956, atelier considéré par beaucoup comme le berceau de cette discipline de recherche, c'était autant pour la distinguer des recherches connexes, comme la théorie des automates et la cybernétique, que pour lui offrir sa propre définition [...]. Il existe aujourd'hui de nombreuses définitions de l'intelligence artificielle. Un premier groupe de définitions pourrait être intitulé « essentialiste », car elles visent à définir l'objectif final qu'un système doit présenter pour entrer dans la catégorie concernée [...]. Mais il existe aussi, ce qui est souvent complémentaire, des définitions que l'on pourrait qualifier d'« analytiques », car elles énumèrent une liste de capacités nécessaires à la création de l'intelligence artificielle, en partie ou en entier. [...] ». Tom Morisse, « AI New Age », Fabernovel, février 2017 <https://en.fabernovel.com/insights/tech-en/ais-new-new-age> ; Cf. aussi le rapport « Artificial Intelligence: opportunities and implications for the future of decision-making », 2016 (page 6) du Bureau pour la science du gouvernement du Royaume-Uni. Cf. aussi https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf.



DÉFINIR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

À LA CROISÉE DU BIG DATA, DU MACHINE LEARNING ET DU CLOUD COMPUTING

Pour comprendre la renaissance actuelle de ce que nous appelons l'« intelligence artificielle », qui remonte clairement aux débuts de l'informatique, nous devons nous intéresser à la convergence de trois tendances : i) le Big Data, ii) le machine learning (apprentissage machine) et iii) le cloud super-computing (calcul de haute performance sur le cloud). En ce sens, l'essor de l'IA est bel et bien une manifestation de la révolution numérique. L'une de ses lois principales, prédites en 1965 par Gordon Moore, cofondateur du fabricant de puces *Intel*, stipule que la puissance informatique double tous les deux ans en moyenne, à coût constant². Cette croissance exponentielle résulte des prouesses technoscientifiques continues de la miniaturisation. Celle-ci a permis l'avènement de la micro-informatique, puis celui de la nano-informatique, qui ont débouché, avec leur puissance toujours accrue, sur l'apparition des smartphones et de l'« Internet des Objets ».

Associée au développement des protocoles de communication par Internet et de virtualisation des machines, la révolution numérique a rendu possible l'utilisation de capacités de calcul de haute performance sur le cloud. À partir de là, le flux de données³ haute résolution produit jour après jour par des machines et des humains connectés pouvait être traité par des algorithmes.

Ce contexte a finalement permis l'explosion d'une vieille branche de l'informatique appelée l'apprentissage machine⁴, désignant l'activité propre aux algorithmes capables de trier de façon automatique des schémas

complexes de très vastes ensembles de données, via l'apprentissage supervisé ou non supervisé⁵. Au cours des cinq dernières années, la convergence de deux branches de l'apprentissage machine a permis des résultats impressionnants : le deep learning (ou apprentissage profond)⁶ et l'apprentissage renforcé.

IA CONTRE ROBOTIQUE

Pour mieux comprendre l'intelligence artificielle en tant que domaine interdisciplinaire, il est intéressant de se pencher sur ses limites avec la robotique. Dans les deux cas, il est question de « machines » (car un algorithme est un robot, d'où l'abréviation « bot » désignant les programmes informatiques qui parlent), mais si la robotique est avant tout matérielle dans ses manifestations et fonctionne à la croisée de l'ingénierie mécanique, électrique et des sciences informatiques, l'intelligence artificielle est principalement⁷ immatérielle et virtuelle. Pour simplifier, à des fins d'analyse, nous pourrions dire que dans une « machine autonome », l'IA désigne l'intelligence et repose sur les fonctions cognitives, tandis que la robotique renvoie aux fonctions motrices.

La limite entre les fonctions cognitives et motrices est poreuse, car pour que la mobilité soit possible, il faut percevoir / connaître son environnement. Par exemple, les avancées de l'apprentissage machine ont joué un rôle essentiel dans la vision par ordinateur. Ceci étant dit, il n'est pas inutile de considérer la matérialité comme un critère de différenciation, car elle renvoie aux conséquences industrielles majeures qui affectent le potentiel de croissance des machines autonomes : plus les fonctions motrices sont complexes, plus la croissance est lente, et vice-versa. Les symboles les plus populaires de la convergence entre l'IA et la robotique sont les voitures sans chauffeur et les robots humanoïdes.

5 « Il existe différents types d'algorithmes utilisés dans le machine learning. La principale différence tient au fait que leur apprentissage est supervisé ou non. L'apprentissage non supervisé présente un algorithme d'apprentissage doté d'un ensemble de données non labellisées – ne correspondant pas à une « bonne » ou « mauvaise » réponse – et lui demande de trouver une structure parmi les données, par exemple en regroupant des éléments, en examinant un lot de photos de visages pour apprendre à repérer le nombre de personnes différentes. Le service Google News utilise cette technique pour regrouper des articles sur des sujets connexes, ce que font aussi les chercheurs en génomique pour rechercher des différences dans le degré d'expression d'un gène dans une population donnée, ou les professionnels du marketing pour segmenter un public cible. L'apprentissage supervisé implique le recours à un ensemble de données labellisées pour former un modèle, qui peut alors être utilisé pour classer ou trier un nouvel ensemble de données non encore examiné (par exemple, apprendre à repérer une personne en particulier dans un lot de photographies). Cela permet d'identifier des éléments dans les données (phrases clés, attributs physiques...), de prédire des issues probables, ou de repérer des anomalies ou des aberrations. Cette méthode revient en fait à proposer à l'ordinateur un ensemble de « bonnes réponses » et à lui demander d'en trouver d'autres. L'apprentissage profond est une forme d'apprentissage supervisé. » Rapport « Artificial Intelligence: opportunities and implications for the future of decision-making », 2016 (page 6) du Bureau pour la science du gouvernement du Royaume-Uni.

6 Brève infographie explicative de la Royal Society : <https://www.youtube.com/watch?v=bHvf7Tagt18>

7 L'IA fait référence à un programme fonctionnant sur un ordinateur, soit intégré, soit sur le cloud. Le terme renvoie donc à une notion très concrète, ce que nous avons tendance à oublier.

2 Les premiers processeurs des années 1970 pouvaient exécuter environ 92 000 commandes par seconde. Aujourd'hui, le processeur d'un smartphone moyen peut traiter des milliards de commandes par seconde.

3 IBM estime que 90 % des données dans le monde ont été créées au cours des deux dernières années. Si l'on examine diverses plateformes d'applications, les experts estiment que Spotify dispose de 10 pétaoctets de stockage (1 pétaoctet = 1 million de gigaoctets) ; eBay de 90 Po ; Facebook de 300 Po et Google de 15 000 Po. À titre de comparaison, le cerveau humain dispose de 2,5 pétaoctets de stockage. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/machine-learning/machine-learning-infographic/>

4 Brève infographie explicative de la Royal Society : <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/machine-learning/machine-learning-infographic/>



IA CONTRE NEUROSCIENCES

Pour affiner notre compréhension de l'état actuel de l'intelligence artificielle et de ses évolutions possibles, nous devons nous intéresser à sa relation avec le champ interdisciplinaire des neurosciences. La renaissance de l'IA depuis 2011 est principalement attribuée au succès d'une branche de l'apprentissage machine appelé « deep artificial neural networks » (également appelé apprentissage profond), soutenu par une autre branche, l'« apprentissage renforcé ». Toutes deux prétendent émuler librement la manière dont le cerveau traite l'information, de la même manière qu'ils apprennent via la reconnaissance de formes.

Il est essentiel de ne pas exagérer la convergence actuelle entre l'IA et les neurosciences. Aujourd'hui, notre compréhension des processus biochimiques extrêmement complexes qui animent le cerveau humain reste inaccessible pour la science. En résumé, le cerveau humain demeure une « boîte noire ». Si les neurosciences savent de quelle manière fonctionne le cerveau, c'est surtout en établissant des corrélations entre des données d'entrée et de sortie. En réalité, les concepteurs d'algorithmes ne peuvent pas se baser sur grand-chose, surtout quand on sait que l'apprentissage machine continue à opérer exclusivement dans le domaine des statistiques et sur des systèmes informatiques à base de silicium, qui sont radicalement différents des cerveaux biologiques. Nous devrions assister à une convergence beaucoup plus significative entre l'IA et les neurosciences un peu plus tard au cours du siècle actuel, quand nous aurons percé les mystères de la « boîte noire » et cherché à comprendre le cerveau humain de façon plus approfondie.

L'intelligence artificielle et nos cerveaux biologiques ayant suivi des évolutions très différentes, deux conséquences notables sont à souligner. Tout d'abord,

les humains peuvent développer de façon fiable la reconnaissance de formes et généraliser les connaissances transférables à partir d'un très petit nombre d'occurrences, mais nous avons généralement des difficultés à reproduire et à transférer les processus d'apprentissage d'une matière éducative à une autre. Les machines, au contraire, ont besoin de gros volumes de données⁸ pour parvenir à la reconnaissance des formes et peinent à généraliser les connaissances. En revanche, elles excellent dans le transfert et la reproduction de la reconnaissance de formes à grande échelle quand elles l'ont déjà effectuée. L'exemple le plus connu est sans doute la reconnaissance faciale. Ensuite, même si les machines autonomes combinant les techniques les plus avancées d'IA et de robotique ont toujours du mal à reproduire les fonctions motrices non cognitives élémentaires maîtrisées par la plupart des animaux (par exemple, marcher ou manipuler un objet), elles s'avèrent de plus en plus souvent capables de dépasser les performances humaines dans un certain nombre de fonctions cognitives complexes, comme la reconnaissance d'images en radiologie ou les tâches nécessitant un grand nombre de calculs.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE « ÉTROITE » CONTRE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE « GÉNÉRALE »

L'avant-dernière notion à prendre en compte aux fins de mieux définir et comprendre ce que nous voulons dire par intelligence artificielle est la frontière entre l'intelligence artificielle étroite (ANI, pour *Artificial Narrow Intelligence*, également appelée IA « faible ») et l'intelligence artificielle générale (AGI pour *Artificial General Intelligence*, également appelée IA « forte »). Pour la plupart des spécialistes, l'AGI fait référence à la capacité de la machine autonome à effectuer toute tâche intellectuelle pouvant être réalisée par un humain. Cela passe notamment par la généralisation et l'abstraction de l'apprentissage sur un ensemble de fonctions cognitives. Pour l'instant, le transfert de l'apprentissage de façon autonome et agile d'un domaine à un autre n'en est qu'à ses balbutiements⁹.

⁸ À titre de comparaison, un enfant doit être exposé à environ cinq ou dix images d'éléphants pour être en mesure de reconnaître ensuite un éléphant. Pour un réseau neuronal profond, il faut plus d'un million d'images.

⁹ Cf. ici le domaine émergent du « transfert des connaissances », perçu par un nombre grandissant d'experts, Google Deepmind constituant une voie possible de progrès accéléré dans les décennies à venir. Cf. les articles <https://hackernoon.com/transfer-learning-and-the-rise-of-collaborative-artificial-intelligence-41f9e2950657#.n5aboetnm> et <https://medium.com/@thoszymkowiak/deepmind-just-published-a-mind-blowing-paper-pathnet-f72b1ed38d46#.6fnivpish>

D'après les experts, les systèmes les plus avancés d'intelligence artificielle, comme le célèbre *IBM Watson*¹⁰ ou Google's *AlphaGo*¹¹, sont toujours au stade « étroit » (faible), dans le sens où ils fonctionnent uniquement dans les limites des scénarios pour lesquels ils sont programmés. Même s'ils sont capables de généraliser la reconnaissance de formes, par exemple de transférer des connaissances apprises dans le cadre de la reconnaissance des images vers la reconnaissance de la parole¹², nous sommes toujours très loin de la versatilité de l'esprit humain. Cela devrait changer avec la convergence de l'apprentissage machine et des neurosciences dans les décennies à venir, mais les experts ne sont pas d'accord sur les possibilités, ni le calendrier, de la marche vers l'AGI. Certains estiment que cela n'arrivera jamais, d'autres qu'il faudra au moins un siècle, d'autres parlent d'un délai de trente ans, enfin certains parient sur dix ans¹³.

Au-delà de ces querelles d'experts, le fait de s'appuyer uniquement sur les limites entre l'intelligence artificielle étroite et générale pose problème en raison de sa mesure de référence : l'intelligence humaine. Comme nous n'avons encore qu'une compréhension imparfaite des processus complexes du fonctionnement du cerveau et de la manière dont la conscience et l'intelligence humaines se manifestent, il peut être risqué de n'évaluer les effets transformatifs de l'IA que par la loupe de l'intelligence humaine. Ce raisonnement pourrait nous exposer à des angles morts considérables et entraîner des pseudo-avancées masquant des implications socio-économiques majeures qu'il nous faudrait pourtant anticiper pour pouvoir nous y adapter. Notre recommandation serait de mener des recherches plus approfondies afin de mieux définir cette frontière, en vue de cartographier son environnement et imaginer son évolution avec plus de précision.

Par-delà leurs désaccords, les experts se rejoignent globalement sur deux points. Premièrement, les conséquences socio-économiques de l'essor actuel de l'ANI seront importantes. Elles généreront de nouvelles opportunités, de nouveaux risques et de nouveaux défis. Deuxièmement, l'avènement d'une AGI au cours du siècle actuel pourrait amplifier ces conséquences d'au moins un ordre de grandeur. Des recherches plus approfondies sont nécessaires pour cartographier et comprendre la nature de ces conséquences, ainsi que leur rôle sur les plans social et économique.

L'INSOLUBLE QUESTION DE LA CONSCIENCE ET LES SPÉCULATIONS SUR LA POSSIBILITÉ D'UNE EXPLOSION D'INTELLIGENCE

La dernière frontière à explorer pour imaginer l'avenir de l'IA est celle de la conscience. Dans ce domaine, il existe un vaste consensus entre experts : ni les systèmes d'IA les plus avancés qui existent aujourd'hui, ni ceux qui seront probablement développés dans les décennies à venir, ne sont/seront dotés de la capacité de conscience. Les machines (des programmes fonctionnant sur des systèmes d'ordinateurs connectés et capables de détection) ne sont pas conscientes d'elles-mêmes et cette « fonctionnalité » ne sera peut-être jamais possible. Mais encore une

fois, prudence : la science étant encore loin d'avoir expliqué les mystères de la sensibilité animale et de la conscience humaine, cette barrière n'est peut-être pas aussi infranchissable qu'il n'y paraît.

Enfin, un scénario certes spéculatif mais pouvant avoir des conséquences majeures à long terme, aussi présent sur les médias grand public que dans les cercles de spécialistes : « la singularité technologique ». D'après un scénario très contesté, popularisé par Ray Kurzweil, inventeur, futuriste et aujourd'hui Directeur de l'ingénierie chez Google, l'essor de l'IA pourrait déboucher sur une « explosion de l'intelligence » dès 2045. Celle-ci résulterait de l'émergence d'une super intelligence artificielle (ASI pour *Artificial Super Intelligence*) : une IA auto-récursive s'améliorant de manière exponentielle, qui pourrait suivre d'assez près (quelques décennies, voire moins) l'avènement d'une AGI (intelligence artificielle générale). Si ce scénario venait à se produire, il aurait naturellement des conséquences existentielles pour l'humanité et pour la vie intelligente¹⁴. Nous recommandons la tenue d'un débat raisonnable parmi la communauté des experts et la société au sens large, sur les possibilités et conséquences d'une ASI, afin de faire des choix responsables en matière d'investissement et de gestion du risque. Il sera essentiel d'encadrer la conversation de manière adéquate : transparence et modération seront essentielles.

Pour être clairs, nous avons exclu de l'analyse présentée dans la suite de cet article les scénarios de l'AGI ou de l'ASI. Afin de réduire encore la définition à des fins pratiques d'analyse, l'intelligence artificielle telle que mentionnée ci-dessous renverra aux algorithmes d'apprentissage machine, qui associent diverses techniques (ex. apprentissage profond) et disposent de capteurs et autres programmes informatiques et algorithmes. Ils sont capables de percevoir¹⁵, d'appréhender¹⁶ et d'agir¹⁷ sur le monde, d'apprendre de leurs expériences et de s'adapter au fil du temps.

10 Cf. <https://www.ibm.com/cognitive/>

11 Cf. <https://deepmind.com/research/alphago/>

12 Cf. <https://hackernoon.com/transfer-learning-and-the-rise-of-collaborative-artificial-intelligence-41f9e2950657#.n5aboetnm>

13 Une analyse détaillée des études menées sur l'IA par *AI Impacts* en 2015 tire cette conclusion : « Si l'on regroupe plusieurs significations légèrement différentes de l'« IA de niveau humain », selon les estimations, il y aurait 10 % de chances de voir une IA de niveau humain en moyenne autour des années 2020 (données issues de sept enquêtes) ; pour 50 % de chances de voir une IA de niveau humain, les estimations tablent en moyenne sur la période entre 2035 et 2050 (données issues de sept enquêtes). Sur trois enquêtes menées ces dernières décennies, demandant des prédictions et non des probabilités, deux proposent des estimations moyennes de l'arrivée d'une IA de niveau humain dans les années 2050 et une en 2085. Une petite enquête informelle s'intéressant au niveau auquel nous nous trouvons (et non à celui où nous devons aller), table sur plus d'un siècle pour arriver à une IA de niveau humain. Elle est donc en rupture avec les autres enquêtes. Les participants sont pour la plupart des experts de l'IA ou des domaines connexes, avec un vaste contingent d'autres disciplines. Parmi les participants à l'enquête, les personnes particulièrement optimistes quant à une arrivée prochaine de l'IA de niveau humain semblent quelque peu surreprésentées ». Cf. <http://aiimpacts.org/ai-timeline-surveys/>

14 Pour en savoir plus. Cf. Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press, 2014.

15 Le traitement informatisé de l'audio et de la vidéo, par exemple, est capable de percevoir activement le monde qui l'entoure en acquérant et en traitant des images, des sons et des discours. La reconnaissance faciale et de la parole font partie des applications les plus classiques.

16 Les moteurs de traitement du langage naturel et les moteurs d'inférence peuvent permettre l'analyse des informations recueillies. La traduction des textes fait partie des applications les plus classiques.

17 Un système d'IA peut effectuer des actions cognitives telles que la prise de décision (par exemple une demande de crédit ou un diagnostic de tumeur) ou bien entreprendre des actions dans le monde physique (par exemple, l'assistance au freinage ou le pilote automatique intégral sur les véhicules).

DYNAMIQUE ACTUELLE ET PRINCIPAUX ACTEURS

OMNIPRÉSENCE DE L'IA

Deux macro-tendances soutiennent la montée en puissance de l'intelligence artificielle : l'accès illimité au calcul haute performance sur le cloud (un marché qui devrait atteindre 70 milliards de dollars en 2015)¹⁸ et l'expansion continue du big data, qui affiche un taux de croissance annuel composé supérieur à 50 % depuis 2010¹⁹. Les systèmes IA influent d'ores et déjà sur notre mode de vie, sur notre vie professionnelle et sur nos relations sociales. Le marché a déjà mis à notre disposition des assistants personnels virtuels, des moteurs de recommandation, des voitures sans chauffeur, des systèmes de surveillance, des outils de prévision des récoltes, des réseaux intelligents, des drones, des services de banque et de courtage ainsi que des machines de séquençage génétique. De plus en plus de multinationales ont engagé une transformation de leur modèle économique afin de s'appuyer sur les données et sur les analyses prédictives pour être capables d'anticiper les gains de productivité qui résulteront de l'essor de l'IA.

Leur évolution se nourrit, d'une part, de leur quête de solutions technologiques permettant d'affronter les défis planétaires les plus urgents, notamment le changement climatique, la croissance et le développement, la sécurité ou la démographie, qui prennent une ampleur croissante dans le contexte urbain. D'autre part, elle est aiguillonnée par une concurrence stratégique internationale permanente, qui incite les États-nations à financer la recherche scientifique et l'innovation en vue d'aboutir à une domination technologique. Celle-ci est ensuite amplifiée par des acteurs privés mondiaux dans leur volonté de devenir des plateformes « go-to ». Même si l'ambiguïté des frontières définitionnelles de l'« intelligence artificielle » entrave la possibilité de générer une classification ou un classement robustes des pays les plus avancés en matière d'IA, les capacités en informatique et en technologies de l'information et de la communication (TIC) peuvent nous y aider. Ainsi, les États-Unis, la Chine, la Russie, le Japon, la Corée du Sud, le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne et Israël semblent être les pays dominants dans le domaine de l'IA. Compte tenu de leurs aptitudes technoscientifiques et des dimensions de leur marché, l'Inde et le Brésil devraient également figurer dans ce groupe, même s'ils doivent encore concrétiser leur potentiel.

LE RÔLE DES GOUVERNEMENTS

Les gouvernements nationaux continueront probablement à jouer, comme ils l'ont toujours fait,

18 https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-33/Accenture-Why-AI-is-the-Future-of-Growth.pdf

19 https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-33/Accenture-Why-AI-is-the-Future-of-Growth.pdf

“DE PLUS EN PLUS DE MULTINATIONALES ONT ENGAGÉ UNE TRANSFORMATION DE LEUR MODÈLE ÉCONOMIQUE AFIN DE POUVOIR S'APPUYER SUR LES DONNÉES ET SUR LES ANALYSES PRÉDICTIVES POUR ÊTRE CAPABLES D'ANTICIPER LES GAINS DE PRODUCTIVITÉ QUI RÉSULTERONT DE L'ESSOR DE L'IA.”

un rôle clé dans la promotion de l'IA via l'octroi de budgets éducation, recherche et développement plus élevés pour la défense, la sécurité, les soins de santé, la science et la technologie (c'est-à-dire, l'informatique, les neurosciences, les TIC), l'infrastructure (notamment le transport, l'énergie, les soins de santé et les finances), et via des politiques en faveur de l'innovation. L'IA est de plus en plus perçue comme une source de domination technologique à l'ère de l'information, alors que les univers numérique et physique fusionnent pour donner lieu à un monde hybride. Ainsi, de plus en plus de pays ont déjà lancé leur stratégie nationale pour l'IA, ou s'apprentent à le faire.

Aux États-Unis, pays d'origine de l'expression « intelligence artificielle », qui a joué un rôle pionnier en la matière depuis les débuts, dans les années 1950, l'administration Obama avait lancé l'année dernière une initiative interorganisations portant sur la « Préparation pour l'avenir de l'intelligence artificielle »²⁰. Cette initiative de haut niveau avait abouti à la publication du « Plan stratégique national de recherche et développement de l'intelligence artificielle »²¹ et de deux rapports²². Historiquement, l'Agence de recherche de pointe du ministère américain de la Défense (DARPA) et, plus récemment, l'Activité de projets de recherche avancée sur l'intelligence (IARPA) ont toujours mis en place des investissements à long terme et à haut risque en matière d'intelligence artificielle, jouant ainsi un rôle déterminant dans de nombreuses découvertes technoscientifiques dans le domaine. L'année dernière, le ministère américain de la Défense (DoD) a dévoilé sa stratégie dite du « Third Offset »²³, assortie d'un investissement global sur cinq ans de 18 milliards de dollars²⁴. Pour entretenir la domination technologique, cette macro-stratégie entend placer l'intelligence artificielle et les systèmes autonomes au premier plan de tous les réseaux numériques américains, ainsi que des processus opérationnels, de planification et de support. L'objectif opérationnel du DoD consiste à rendre les processus plus rapides et plus efficaces. En janvier 2017, un rapport publié par un groupe de scientifiques d'élite qui conseille le gouvernement américain sur les problématiques technoscientifiques sensibles a confirmé l'importance stratégique de la montée en puissance des capacités en matière d'IA²⁵.

Entre-temps, le gouvernement chinois a dévoilé au mois de mai 2016 un ambitieux plan national sur trois ans. Celui-ci a été conçu à la fois par

20 <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>

21 https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

22 Bureau exécutif du Président des États-Unis, « Preparing for the Future of Artificial Intelligence », octobre 2016. Et « Artificial Intelligence, Automation and the Economy », décembre 2016.

23 DEPSECDEF, <http://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/606641/the-third-us-offset-strategy-and-its-implications-for-partners-and-allies>. La stratégie du « First Offset » fait référence au développement des armes nucléaires ; le « Second Offset », aux munitions à guidage de précision.

24 Mackenzie Eaglen, « What is the Third Offset Strategy », *Real Clear Defense*, février 2016. Remarque : cet investissement de 18 milliards de dollars sur cinq ans dépasse largement le cadre de l'intelligence artificielle. http://www.realcleardefense.com/articles/2016/02/16/what_is_the_third_offset_strategy_109034.html

25 JASON, The MITRE Corporation, *Report on Perspectives on Research in Artificial Intelligence and Artificial General Intelligence Relevant to DoD*, janvier 2017. <https://fas.org/irp/agency/dod/jason/ai-dod.pdf>



la Commission nationale pour le développement et la réforme, par le ministère de la Science et de la Technologie, par le ministère de l'Industrie et des Technologies de l'information, et par l'administration chinoise en charge du cyberspace. Le gouvernement envisage de créer un marché de 15 milliards de dollars d'ici à 2018 en investissant dans la recherche et en soutenant le développement de la base technindustrielle de l'IA chinoise. Fait intéressant, le pays a dépassé l'année dernière les États-Unis en nombre d'articles publiés chaque année sur le « deep learning »²⁶. Le taux de croissance a été remarquablement élevé, ce qui témoigne du changement très rapide des priorités de recherche de la Chine.

Au-delà des États-Unis et de la Chine, le Japon, la Corée du Sud²⁷, la France²⁸, le Royaume-Uni²⁹ et l'Allemagne sont également en train de développer des plans et des stratégies scientifiques dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la robotique et des autres secteurs connexes.

LA PLATEFORME COMMERCIALE

D'un point de vue commercial, il semble que l'on se dirige vers un oligopole planétaire de l'IA, dominé par une dizaine de multinationales américaines (*Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft* et *IBM*) et chinoises (*Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi*).

Pour jouer un rôle à l'échelle mondiale, la longueur du code est aujourd'hui beaucoup moins importante que la dimension des bases de données. Pour réussir un exercice de reconnaissance de formes, un système d'intelligence

artificielle a besoin de visualiser des millions de photos d'animaux ou de voitures. Quant à Facebook, il s'appuie sur les dix milliards d'images publiées chaque jour par ses utilisateurs pour continuer d'améliorer ses algorithmes de reconnaissance visuelle. De la même façon, Google DeepMind a pioché énormément de vidéos sur YouTube pour former son logiciel de reconnaissance d'images. Ainsi donc, les internautes constituent le principal vivier permettant de former les systèmes d'intelligence artificielle à comprendre leurs comportements et leurs interactions.

L'efficacité des systèmes d'IA dépend également des performances de microprocesseurs spécifiques qui jouent un rôle croissant dans l'infrastructure IA sur le cloud. Par exemple, la phase de formation des réseaux neuronaux profonds repose en grande partie sur les « processeurs graphiques » (GPU), des dispositifs initialement conçus pour les jeux vidéo qui ont gagné en puissance au fil des années³⁰. Pour la phase de déploiement, les géants du numérique ont eu tendance à développer des processeurs dédiés. Par exemple, Google a conçu le « Tensor Processing Unit » (TPU), tandis que Microsoft a transformé son « Field Programmable Gate Array » (FPGA).

Les géants du numérique bâtissent des écosystèmes autour du service IA qu'ils contrôlent dans l'espoir de devenir la principale plateforme d'accès à l'IA, celle qui accueillera les données des usagers et des entreprises. Du côté de Google et d'IBM, on semble avoir décidé de vendre de l'IA via le modèle économique « software-as-a-service » (SAAS). Les startups sont elles aussi très actives dans ce domaine. Selon CB Insight, la valeur des fusions et acquisitions dans le secteur de l'IA est passée de 160 millions de dollars en 2012 à plus de 658 millions de dollars en 2016, tandis que les financements connus ont bondi de 589 millions de dollars à plus de 5 milliards de dollars sur la même période³¹. Près de 62 % des transactions bouclées en 2016 concernaient des startups américaines, contre 79 % en 2012³², les startups britanniques, israéliennes, indiennes et canadiennes arrivant ensuite. Le marché de l'IA devrait représenter entre 40 et 70 milliards de dollars d'ici à 2020, la marge d'erreur étant notamment liée aux frontières définitionnelles³³.

Les algorithmes de machine learning ayant besoin d'un très grand volume de données pour parvenir à une reconnaissance efficace des formes, la masse critique du marché grand public devrait s'avérer décisive dans la constitution des bases technindustrielles de l'IA, à l'instar des capacités technoscientifiques.

26 <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2016/10/13/china-has-now-eclipsed-us-in-ai-research/>

27 Le gouvernement sud-coréen a annoncé en mars 2016 un plan d'investissement en R&D de 863 millions de dollars sur cinq ans portant sur l'IA. <http://www.nature.com/news/south-korea-trumpets-860-million-ai-fund-after-alphago-shock-1.19595>

28 Le gouvernement français a annoncé en janvier 2017 qu'il travaille sur une stratégie nationale en IA, dont la publication était prévue en mars 2017. <http://www.gouvernement.fr/en/franceia-the-national-artificial-intelligence-strategy-is-underway>

29 Le gouvernement du Royaume-Uni a annoncé en janvier que l'IA serait au cœur de sa « Stratégie industrielle moderne » post-Brexit. <http://www.cbronline.com/news/verticals/central-government/modern-industrial-strategy-theresa-may-bets-ai-robotics-5g-uks-long-term-future/>. Cf. également le rapport du Bureau scientifique du gouvernement du Royaume-Uni « Artificial Intelligence: opportunities and implications for the future of decision-making », 2016 (page 6). https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf

30 <http://www.nvidia.com/object/what-is-gpu-computing.html>. Voir aussi JASON, *Report on Perspectives on Research in Artificial Intelligence and Artificial General Intelligence Relevant to DoD*, (p. 7 et 15). Ibid.

31 CB Insights, « The 2016 AI Recap: Startups See Record High In Deals And Funding », janvier 2017, <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-startup-funding/>. À noter que ces chiffres ne tiennent pas compte du marché chinois.

32 Ibid.

33 <http://techemergence.com/valuing-the-artificial-intelligence-market-2016-and-beyond/> ; et https://www.bofam.com/content/dam/boamimages/documents/PDFs/robotics_and_ai_condensed_primer.pdf

LA SIGNIFICATION DES INFRASTRUCTURES D'INFORMATION DANS LES VILLES DE DEMAIN

Ricardo Alvarez

Doctorant et chargé de recherche au DUSP (Département d'études urbaines et de planification) et au *Senseable City Lab* (Laboratoire « Ville douée de sens ») au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT)



Ricardo Alvarez est doctorant au sein du Groupe aménagement et développement urbains (*City Design and Development Group*) du Département d'études urbaines et de planification (*Department of Urban Studies and Planning*) du MIT. Il est par ailleurs chargé de recherche au *Senseable City Lab*, qui fait également partie du *Massachusetts Institute of Technology*. Ses domaines de recherche sont d'une part l'intégration d'architectures de capteurs numériques à grande échelle en réseaux au service de la création des systèmes d'infrastructures urbaines de demain, de l'autre l'utilisation des technologies AR/VR (réalité augmentée/réalité virtuelle) en synthèse spatiale. Il est également actif dans la création d'entreprises de technologies du secteur des médias et de la technologie financière. Pendant cinq ans il a travaillé pour le gouvernement fédéral mexicain. Il a été l'un des membres fondateurs de ProMéxico, l'agence fédérale de promotion d'opportunités commerciales et d'investissement au Mexique, où il a occupé les fonctions de conseiller de haut niveau auprès du directeur, de responsable des opérations internationales pour l'Amérique du nord, l'Europe, l'Afrique et le Moyen-Orient, et de directeur du Bureau innovation et projets stratégiques. Il avait auparavant travaillé dans le privé dans les secteurs de la vente, des finances et des médias.

MOTS CLÉS

- VILLES INTELLIGENTES
- SYSTÈMES D'INFRASTRUCTURE NUMÉRIQUE
- INTERNET DES OBJETS (IDO)
- APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE
- SOCIÉTÉS FUTURES

“La construction de ces espaces programmables ne se résume pas à mettre des fils dans les murs et des boîtiers électroniques dans les pièces... À terme, les édifices deviendront des interfaces informatiques et les interfaces des édifices.”

William Mitchell (1996)

INTRODUCTION

Partout dans le monde, les villes enrichissent leur tissu urbain d'architectures numériques composées de capteurs, de cœurs informatiques et de réseaux de télécommunication. Ce processus transforme les systèmes d'infrastructure déjà installés en plateformes d'information et de services multifonctionnelles. Pour de nombreuses villes, la rapidité de la métamorphose numérique constitue un défi difficile à appréhender et nombre d'entre elles font face à la fois à une privatisation souterraine de la valeur informative des espaces publics et à une sous-exploitation du potentiel propre aux infrastructures numériques du 21^e siècle en raison d'une méthodologie de développement urbain non inclusive et monofonctionnelle. Ces difficultés sont aggravées par la puissance potentielle d'écosystèmes de données à grande échelle : associés à des technologies comme l'apprentissage automatique, ces systèmes de données modifieront profondément les services urbains de l'avenir ainsi que nos modes de vie citoyens. La manière dont les villes conçoivent leur développement structurel et leurs modèles institutionnels doit évoluer. Mais pour qu'une véritable synthèse inclusive des systèmes numériques de demain voie le jour – ces systèmes qui rendent la ville interactive et nous permettent d'accéder à un nombre infini de nouveaux services et d'expériences inédites – il faudra faire appel à la participation sociale et à des technologies impliquant des normes ouvertes.

Les villes sont construites à travers un processus d'accumulation, une stratification d'objets urbains assumant une identité à travers l'histoire pour se transformer en « mémoire collective de l'humanité » (Rossi 1982). Nos systèmes d'infrastructures, des lampadaires et feux de circulation aux égouts et aux routes, sont autant d'exemples emblématiques de ce processus. Alors que traditionnellement nous imaginons l'accumulation de formes urbaines comme une somme de briques, il est désormais manifeste que dans nos sociétés contemporaines l'espace informatif rendu accessible par les technologies numériques a créé une réalité parallèle constituée d'une somme de bits, dont l'importante dans nos vies quotidiennes n'est pas moindre. Si c'est bien dans des espaces physiques et sociaux que nous vivons, nos interactions avec ces espaces ont de plus en plus lieu par le truchement de moyens de communication numériques. Cette convergence de bits et d'atomes (Mitchell 1996) nous oblige à réimaginer et à repenser ce qu'est la ville aujourd'hui : une synthèse contemporaine d'objets physico-numériques urbains qui témoigneront de notre biographie humaine du 21^e siècle.

Imaginer comment les technologies transforment les villes n'est pas un processus nouveau. Des penseurs et des architectes influents, comme Howard (1902), Le Corbusier (1935) et Wright (1935), se sont livrés à cet exercice il y a environ un siècle. Ils ont vécu dans un monde en rapide évolution, où des inventions comme l'automobile, l'ascenseur et le téléphone appelaient à revoir les formes urbaines. S'y ajoutaient des transformations en profondeur de la société provoquées par la révolution industrielle. Ainsi, la question fondamentale de leur époque était « Quelle est la ville idéale du 20^e siècle ? La ville qui incarne le mieux la puissance et la beauté des technologies modernes et les notions les plus éclairées de justice sociale » (Fishman 1982, pp. 3). Nous vivons aujourd'hui une transformation du même genre. À mesure que les sociétés post-industrielles en sociétés de l'information et du savoir la nouvelle monnaie d'échange glisse des bits aux atomes. En créant des infrastructures numériques ou « intelligentes », nous explorons et étudions les villes à travers le filtre de l'information. Étant donné la vitesse à laquelle les technologies numériques évoluent, la question de Fishman est au moins aussi pertinente, si ce n'est plus, aujourd'hui qu'elle ne l'était à l'époque où il l'a formulée ; n'oublions pas que si les précédentes avancées technologiques ont eu un effet considérable sur nos villes modernes, le coût énergétique et environnemental en a été énorme.

Nous sommes aujourd'hui en train de créer cette « cité numérique » remplie d'ordinateurs, si nombreux qu'ils se fondent dans le paysage alors même qu'ils ont un effet puissant sur notre vie (Wieser 1991). Nous parlons souvent de « ville intelligente » pour désigner la ville numérique – cette appellation a connu un grand succès auprès des services marketing des grandes entreprises comme des villes – alors que cette idée a une tout autre portée. La vision réductrice de solutions isolées construites à partir de technologies numériques visant à rendre la vie en ville plus efficace ne doit pas occulter le fait que la cité numérique implique une métamorphose plus profonde des infrastructures existantes, les transformant en systèmes d'information agissant comme intermédiaire dynamique des interactions entre l'être humain et son environnement. Nous en voyons des exemples partout, allant d'objets simples comme les portes automatiques qui s'ouvrent quand on entre dans un bâtiment à des systèmes hautement complexes comme les réseaux intelligents ou les systèmes de gestion dynamique de la circulation dans des villes comme Singapour, Stockholm ou Londres¹. Pour l'essentiel la cité numérique est un maillage de capteurs numériques de divers types déployés en masse, intégrés au tissu urbain et présents dans nos appareils personnels, dans nos voitures et nos habitations. Ces capteurs sont reliés entre eux par des réseaux de télécommunication transmettant d'énormes quantités de données à des architectures informatiques distribuées qui les traitent et les stockent. Une fois traitées, ces données sont utilisées pour faire fonctionner toutes sortes de systèmes connectés et sont à terme acheminées vers les consommateurs à

travers des infrastructures de communication et médias géo-spécifiques.

Ces ensembles produisent sans interruption quantité de données au sujet de notre environnement et de nos comportements dans cet environnement. Les données ne sont pas fournies hors contexte, puisqu'elles sont captées par le truchement de l'environnement urbain, avant d'être agrégées et analysées à diverses échelles spatio-temporelles pour dévoiler des tendances invisibles, des dynamiques cachées d'« actions, transactions et interactions » urbaines (Batty 2013, p. 115). Une fois exploitées les données urbaines peuvent générer de vraies formes de savoir susceptibles d'avoir un effet sur la vie sociale (Kitchin 2014). En vertu de cette propriété, une multitude d'usages peuvent en être faits : cela va de l'amélioration de la gouvernance et de l'élaboration des politiques, en passant par l'optimisation des infrastructures de première importance, au développement de services inédits et à la conception d'expériences urbaines nouvelles. Cependant, pour que la vision de la « cité numérique » devienne réalité, les espaces urbains physiques et les espaces informatifs numériques doivent être fusionnés pour créer une nouvelle synthèse urbaine cohérente, qui procède à l'empilement de nombreux nouveaux artefacts physico-numériques. Pour résumer, les technologies numériques, que McLuhan a décrites comme une extension de notre système nerveux (McLuhan 1964), seront intégrées dans de vastes architectures de « l'Internet des objets » qui iront bien plus loin que l'Internet des êtres humains (Evans 2011) et créeront des « systèmes nerveux numériques » à échelles urbaines, voire planétaires (Mitchell 1995, 2000, 2003).

Certains chercheurs décrivent les projets de « ville intelligente » comme des exemples de promotion de politiques tournées vers l'extérieur dans le cadre d'une économie mondialisée et offrant des avantages liés à un ensemble d'améliorations par le numérique (Wiig 2015). D'autres en revanche pointent la rhétorique d'auto-satisfaction qui les entoure, leur définition floue et leur caractère globalement idéologique (Holland 2005). La vision de la « cité numérique » est souvent critiquée, comme s'il s'agissait d'un choix, alors qu'en réalité nous ne pouvons rien faire pour arrêter l'imprégnation de plus en plus forte de nos environnements urbains par les technologies numériques. Étant donné la rapidité avec laquelle ces technologies montent en puissance et deviennent de plus en plus accessibles et moins coûteuses, leur installation dans nos vies et réalités quotidiennes doit être regardée comme une issue quasi inévitable. C'est pourquoi je pense que la question véritablement pertinente n'est pas de savoir si cette révolution va se produire et si cela est souhaitable, mais plutôt comment elle va se produire et comment nous voulons que cela se passe. La mémoire historique de l'impact qu'ont eu sur les villes des technologies comme l'automobile, l'ascenseur ou le téléphone devrait nous servir de leçon pour nous encourager à être plus actifs et plus inclusifs dans la manière dont nous déterminons comment l'adoption des prochaines vagues de technologie se fera et quel en sera cette fois-ci l'effet sur l'avenir.

¹ http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08039/cp_prim1_08.htm

Cette question est d'autant plus pertinente que la numérisation en cours et la « mise à niveau » actuelle des infrastructures urbaines traditionnelles a créé un « jackpot de 100 milliards de dollars » (Townsend 2013, pp. 19), alimentant une course industrielle pour la mise en place de la prochaine génération d'infrastructures urbaines. Nombreuses sont les entreprises qui vendent aux villes un vaste éventail d'applications mettant en avant leurs domaines respectifs de savoir-faire technique pour proposer une solution à un problème urbain spécifique, tel que problèmes de circulation, collecte des déchets ou optimisation énergétique. Les édiles locaux sont très friands de ces outils, car ils privilégient les solutions à forte visibilité, à destination de leurs électeurs. Dans la plupart des cas, la technologie proposée est mise en œuvre au moyen de plateformes fermées, privées, équivalant en fait à des « boîtes noires » pour les villes les achetant à travers des contrats de licence qui cherchent à créer une dépendance technologique et à cloisonner les données. Le choix de pousser des plateformes non ouvertes est un élément clé de la stratégie de ces entreprises qui cherchent à s'assurer le contrôle du flux de bits, d'atomes et d'électrons des villes pendant les prochaines décennies de croissance et de reconfiguration urbaine exponentielle (Townsend 2013).

Cette dynamique comporte le risque d'une privatisation des systèmes publics allant au-delà de ce qui est socialement bénéfique, risque aggravé par le fait que les collectivités ne voient pas les infrastructures numériques comme des architectures multifonctionnelles et continuent à acquérir des solutions numériquement améliorées mais ne répondant qu'à un seul problème, dans le droit fil de la mentalité héritée du 20^e siècle privilégiant le monofonctionnalisme dans la conception d'infrastructures. Les collectivités ont souvent des difficultés à comprendre que contrairement aux infrastructures traditionnelles, conçues pour fonctionner en tant que système autonome, les infrastructures numériques ont d'autant plus de valeur qu'elles sont en relation avec d'autres systèmes. En effet, la valeur créée par les données qu'elles produisent peut augmenter de manière spectaculaire quand celles-ci se combinent avec d'autres données encore. La nature immatérielle du volet numérique de leurs nouveaux systèmes d'infrastructures empêche les collectivités de quantifier ou même de comprendre sa vraie valeur, alors que les entreprises peuvent facilement s'approprier les données générées par des technologies propriétaires. À ce titre, les systèmes d'infrastructures publiques peuvent se trouver privatisés autant par un contrôle du fonctionnement que par un contrôle des données, quand bien même la collectivité continue à en être formellement « propriétaire ». En 1748, Giambattista Nolli illustra avec son fameux plan de Rome *Pianta Grande di Roma* les différences entre espace physique public et privé. Malheureusement, dans la « Cité Numérique », la démarcation entre le public et le privé est bien plus difficile à tracer.

Cette même mentalité héritée du 20^e siècle quant à la conception des infrastructures mène aussi à une perspective « solutionniste » biaisée qui privilégie la

réparation et la recherche de solutions individuelles à des problèmes qui existent isolément. Ses œillères sont prégnantes dans une culture du développement qui se concentre l'optimisation de l'efficacité et de l'efficience plutôt que sur une refondation du possible. Nous avons par exemple tendance à évaluer les solutions « intelligentes » pour la circulation principalement du point de vue de l'optimisation des flux de véhicules et les projets « intelligents » d'éclairage en fonction d'un certain objectif d'économies d'énergies et d'une meilleure qualité de l'éclairage. S'il est effectivement utile d'essayer d'optimiser les systèmes existants, nombreuses sont les solutions proposées qui ne prennent pas en compte les nuances des comportements et besoins humains en dehors du cadre étroit qui est le leur et n'arrivent donc pas à imaginer d'autres possibilités d'amélioration de leur rôle dans la ville. Peu d'intérêt est accordé à la manière dont la technologie pourrait remettre en cause les définitions typologiques de nos systèmes d'infrastructures à venir, ou à la manière dont la société pourrait mettre à profit ces nouveaux types d'infrastructures pour inventer de nouveaux usages et de nouvelles expériences qui ne répondent à aucun problème identifié, mais qui présentent tout de même un intérêt possible pour les citoyens.

Afin de mettre à profit les technologies numériques pour faire évoluer les systèmes d'infrastructures actuels, il faudra non seulement investir dans la recherche et le développement mais faire également un effort de conception, d'imagination et de planification. Mais il faudra surtout beaucoup de participation sociétale. Nous pouvons tirer des enseignements de l'ère du smartphone, notamment qu'à travers les présentations de concepts, la normalisation des équipements, les structures de données, les plateformes de développement et les marchés en ligne, n'importe qui peut devenir créateur d'applications autonome. Cela ne se fera pas du jour au lendemain ; il faut un processus d'essais et de prise de possession progressifs de ce nouvel espace d'informations pour que le système s'épanouisse.

Les gouvernements et les entreprises peuvent jouer un rôle de catalyseur pour cet imaginaire social en présentant des exemples d'applications et d'usages de ces nouvelles plateformes. Il est possible de susciter les conditions propices à un écosystème créatif en mettant à disposition des architectures informatiques et des capteurs modulaires normalisés et flexibles, qui peuvent être adoptés par les villes, en fournissant un accès ouvert aux données, en soutenant les programmes de formation et d'enseignement et en développant des interfaces de programmation d'applications (APIs) et des marchés d'informations et de services. Tous ces éléments sont nécessaires pour que le grand public puisse utiliser la ville comme moteur d'essais et de création. N'oublions pas que les villes de par le monde ont des profils bien différents, qu'il s'agisse des défis qui leur sont propres, de leur forme urbaine, de leur composition sociale, de leurs structures institutionnelles, de leurs tendances culturelles et de leurs perspectives économiques. La situation et les besoins de villes comme New York, San Francisco ou Londres sont rarement les mêmes que ceux de villes comme Nairobi, Téhéran ou Pékin ; il faudra donc reconnaître les profondes différences et nuances pour générer et créer les expériences, solutions et services variés qu'attendent leurs populations.

Ces variantes se manifesteront souvent non pas dans l'équipement, mais dans les logiciels. Les spécificités de chaque scénario rendront nécessaire un mélange de code et de d'algorithmes traduisant des valeurs culturelles enracinées, qui alimentera ensuite l'intelligence sous-tendant la prochaine génération d'infrastructures d'information, cette fois douée de couleur locale. Les volumes de données produites par ces infrastructures à l'échelle urbaine seront telles qu'il faudra faire appel à des techniques utilisant différents types d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle, comme les réseaux neuronaux convolutifs et l'apprentissage profond, qui deviendront des composantes critiques pour le développement d'applications utiles.

Ces techniques d'apprentissage automatique mettent à profit la capacité d'ordinateurs à déceler des tendances 'cachées' uniques dans différents types de données regroupées. De manière générale, l'ordinateur analyse des

millions de données utilisées pour « former » la machine. Ce processus permet à l'ordinateur de progressivement calculer et d'identifier avec un niveau de probabilité assez élevé des tendances simples à partir de données brutes comme des formes, des séries, des fréquences, l'ordre, la couleur, etc. En superposant des tranches de tendances dans un modèle en réseau neuronal, ils peuvent identifier avec précision des tendances plus complexes et ainsi de suite. Certains de ces réseaux neuronaux ont un si grand nombre de tranches que nous les appelons des réseaux « profonds ». Ils sont capables d'identifier des tendances qui échappent même à notre biologie humaine, ce qui les rend utiles pour comprendre comment fonctionnent des systèmes extrêmement complexes. Lorsqu'un ordinateur utilise un type de fonction récurrente que l'on appelle habituellement « de rétro-propagation », il peut intégrer des résultats précédents dans son modèle d'apprentissage tout en triant les données ; cela mène à la création de grandes machines probabilistes selon un modèle bayésien qui n'arrête pas d'apprendre et de mettre à jour leurs « croyances » en prenant des décisions sur la base de données fournies – plus l'ensemble de données est vaste, plus l'apprentissage est précis, plus la décision est puissante.

Parmi les nombreux schémas qui peuvent être décelés, on peut citer : l'extraction de caractéristiques uniques qui facilitent l'automatisation du suivi des êtres humains et la reconnaissance faciale à partir de données vidéo en utilisant différents algorithmes de vision par ordinateur ; l'identification de signatures sonores uniques à partir d'enregistrements sonores permettant de reconnaître des modèles vocaux en utilisant le traitement du langage naturel ; la détection de tendances de comportements regroupés dans la circulation grâce aux données GPS ; la détection de changements environnementaux à plus long terme grâce à des données sur la qualité de l'air provenant de postes de surveillance de particules fines. Les technologies d'apprentissage automatique sont à l'origine d'une révolution dans un grand nombre d'industries à utilisation intense d'informations, des médias et de la finance aux biotechnologies, aux transports et bien sûr à l'informatique. De nombreux appareils, interfaces et services qui sont au centre de nos modes de vie numériques sont fondés sur ces technologies. Il faut cependant reconnaître certaines faiblesses technologiques de l'apprentissage automatique. Par exemple, il est possible de créer une distorsion dans les modèles d'apprentissage automatique si les données ne sont pas suffisamment représentatives ; les algorithmes de reconnaissance vidéo sont ainsi connus à cause de leurs performances inégales quand il s'agit de reconnaître des personnes de couleurs de peau différentes. Ceci est dû au fait que les données d'apprentissage ne contenaient pas un échantillon suffisamment représentatif de la population générale. C'est la raison pour laquelle il est impératif que les données soient bien stockées et préparées. Il faut également reconnaître les limites technologiques et conceptuelles des modèles d'apprentissage automatique pour certains usages. Il existe une littérature foisonnante présentant une vision romantique de l'IA, mais s'il est vrai que nous avons créé des machines qui dépassent souvent les capacités humaines pour mener à bien des tâches très précises (Bostrom 2014), nous sommes encore loin du compte en ce qui concerne un grand nombre de scénarios et de processus pour construire un ordinateur possédant une réelle intelligence et capable d'atteindre un niveau d'intelligence égale à ou proche de celle d'un être humain.

Les quantités de données produites par nos environnements numériques urbains sont telles qu'à l'avenir, les villes utiliseront certainement les technologies d'apprentissage automatique pour recueillir, interpréter et rentabiliser leurs données afin de profiter pleinement des avantages qu'elles peuvent conférer. Mais une municipalité à elle seule n'a souvent ni les moyens, ni les connaissances nécessaires pour conceptualiser la transformation de nos infrastructures urbaines traditionnelles en artefacts urbains cyber-physiques intelligents et polyvalents pour les villes du futur. C'est pour cela qu'il faut impliquer les entreprises et les citoyens dans cette démarche. L'histoire nous enseigne comment obtenir du public qu'il s'approprie cette nouvelle typologie d'objets urbains et comment le convaincre d'en examiner les possibilités. Ces objets établissent des liens entre les endroits et l'activité humaine. Il faut espérer

qu'ils aideront les gens à exercer leur droit de puissance collective pour transformer le processus d'urbanisation (Harvey 2003) dans l'espace d'informations. Pendant notre ère, ce processus collectif revêt un sentiment d'urgence dû à la tendance naturelle qu'a l'information à se multiplier (Hidalgo 2015), ce qui accentue l'accumulation de pouvoir à travers un contrôle monopolistique de l'information ; ce phénomène est incarné de nos jours par un grand nombre de géants de l'informatique de la Silicon Valley ; il ne faut oublier combien de fois il y eut des abus d'informations par des entreprises, des institutions ou des gouvernements cherchant à contrôler la société (Scott 1998).

Je n'ai pas l'intention de faire croire que la technologie suffira pour que la vision de la « cité numérique » devienne réalité. Pour cela, il faudrait également des changements en profondeur liés au développement institutionnel, à l'enseignement et à l'accès. Il faudrait aussi de nouveaux modèles d'entreprise et de nouveaux cadres juridiques. William Mitchell disait que « L'évolution des villes traditionnelles a été accompagnée d'évolutions dans les coutumes, les normes, le droit à la vie privée, l'accès aux espaces publics et semi-publics et dans l'exercice du contrôle » (Mitchell 1996, p.131). J'affirmerai néanmoins pour ma part que des exercices en conception et des démonstrations technologiques peuvent être des leviers puissants de discussions qui pourraient s'avérer pertinentes pour l'évolution des villes.

BIBLIOGRAPHIE

- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. Mit Press.
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. OUP Oxford.
- Corbusier, L. (1935). *La ville radieuse, éléments d'une doctrine d'urbanisme pour l'équipement de la civilisation machiniste: Paris, Genève, Rio de Janeiro, Sao Paolo, Montevideo, Buenos-Aires, Alger, Moscou, Anvers, Barcelone, Stockholm, Nemours, Piacé*. Éditions de l'architecture d'aujourd'hui.
- Evans, D. (2011). The Internet of things: How the next evolution of the Internet is changing everything. *CISCO white paper*, 1(2011), 1-11.
- Fishman, R. (1982). *Urban Utopias in the Twentieth Century: Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, and Le Corbusier*. MIT Press.
- Hidalgo, C. (2015). Why information grows. *The evolution of Order, from Atoms to Economies*. (Ebook) New York: Basic Books.
- Holland, R. (2005). Will the real smart city stand up. *City*, 12(3), 3.
- Howard, E., & Osborn, F. J. (1965). *Garden cities of to-morrow* (Vol. 23). MIT Press.
- Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. Sage.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding media: The extensions of man*. MIT press.
- Mitchell, W. J. (1996). *City of bits: space, place, and the infobahn*. MIT press.
- Mitchell, W. J. (2000). *E-topia: "urban life, Jim--but not as we know it"*. MIT press.
- Mitchell, W. J. (2003). *Me++: The cyborg self and the networked city*. MIT Press.
- Rossi, A., & Eisenman, P. (1982). *The architecture of the city*. Cambridge, MA: MIT press.
- Scott, J. C. (1998). *Seeing like a state: How certain schemes to improve the human condition have failed*. Yale University Press.
- Townsend, A. M. (2013). *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. WW Norton & Company.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), 94-104.
- Wijn, A. (2015). IBM's smart city as techno-utopian policy mobility. *City*, 19(2-3), 258-273.
- Wright, F. L. (1935). Broadacre City: A new community plan. *Architectural Record*, 77(4), 243-54.

L'IA ET LA ROBOTIQUE AU SERVICE DE LA VILLE : imaginer et transformer les infrastructures sociales à San Francisco, Yokohama et Lviv

Margarita Boenig-Liptsin

Associée de recherche du programme de *Science, Technology & Society* (STS) de la Harvard Kennedy School of Government



Margarita Boenig-Liptsin est Associée de recherche du programme de *Science, Technology & Society* (STS) de la Harvard Kennedy School of Government. Elle est titulaire d'un doctorat en histoire de la science (Harvard) et en philosophie (Sorbonne) et ses recherches portent sur la compréhension de l'humain à l'ère de l'information mondiale. Margarita est installée dans la région de la Baie de San Francisco, où elle travaille avec des universités, des communautés locales et des acteurs du secteur technologique sur l'application des connaissances en STS, en vue de créer des sociétés plus conviviales et plus démocratiques.

MOTS CLÉS

- IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES
- INFRASTRUCTURE SOCIALE
- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
- ROBOTIQUE
- YOKOHAMA
- LVIV
- SAN FRANCISCO

Le présent article s'intéresse à la manière dont les projets existants et planifiés dans les domaines de l'intelligence artificielle (IA) et de la robotique dans trois villes – San Francisco (États-Unis), Yokohama (Japon) et Lviv (Ukraine) – prévoient de développer davantage ou de construire une infrastructure sociale en vue d'atteindre une certaine vision, considérée comme désirable, de la vie urbaine.

L'auteur a choisi des exemples contrastés, tant pour souligner l'influence des différentes manières d'envisager la relation homme-machine sur le type d'IA et de robotique envisagé et développé, que pour mettre en évidence des caractéristiques essentielles de l'infrastructure sociale soutenues par l'IA et la robotique, par-delà les histoires culturelles, économiques et civiques. San Francisco abrite nombre d'entrepreneurs, d'ingénieurs en informatique et de multinationales qui créent l'IA et la robotique présentes sur divers marchés, y compris les applications destinées aux villes. Sa proximité et ses liens avec la Silicon Valley nourrissent un certain imaginaire de l'intelligence artificielle urbaine.

Yokohama, pour sa part, choisie comme la « ville du futur » au Japon, propose une expérience organisée, encadrée par l'État, dans le domaine de l'IA et de la robotique, en vue de créer sa fameuse « Society 5.0 ». À l'autre bout du spectre, la ville de Lviv réfléchit à la manière dont l'IA pourrait transformer son avenir, à l'heure où une organisation informelle pilote les différents projets

INTRODUCTION

Les efforts entrepris par les villes du monde entier dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) et de la robotique, en vue d'une « amélioration », visent généralement à développer davantage ou à soutenir l'« infrastructure sociale ». Ces activités sont orientées par une certaine idée de la manière dont la vie des habitants doit se dérouler, être facilitée et améliorée via les technologies de la robotique et de l'IA. Dans ce contexte, les nouvelles visions des villes assistées par l'IA et la robotique font apparaître des normes et des valeurs sociales en pleine évolution, qu'il nous faut examiner pour mieux comprendre en quoi leur adoption pourrait affecter la vie urbaine.

L'expression « infrastructure sociale » peut faire référence à trois notions différentes. Généralement, l'infrastructure sociale renvoie à un sous-ensemble d'éléments qui réunissent les services du domaine social, par exemple : infrastructures médicales, écoles, espaces publics et sportifs, locaux municipaux, traitement des eaux, stations de bus, parcs, locaux pénitentiaires et tribunaux. L'expression elle-même est étrange parce qu'elle applique l'adjectif « social », que l'on associe généralement à l'interaction humaine, à une infrastructure, elle-même une organisation physique, considérée comme le moyen de fournir un service. Ainsi, les services fournis par l'infrastructure sociale (eau potable, éducation, système correctionnel) au sens originel du terme, peuvent être considérés comme les supports matériels et institutionnels d'un mode de vie spécifique. À mesure que les sociétés de réseaux sociaux gagnent en popularité, l'expression « infrastructure sociale » a adopté un deuxième sens, parallèle, pour décrire les services Internet contribuant à l'intégration de « fonctionnalité sociale » à leurs produits et interfaces utilisateurs (ex. : connexion via Facebook ou Google, partage, commentaires, avis).

Avec l'introduction des applications d'IA et de robotique dans le tissu même de la vie citadine, l'infrastructure acquiert un troisième sens, plus vaste. Mark Zuckerberg a récemment communiqué cette définition en reformulant la mission de Facebook, selon lui destiné à construire l'« infrastructure sociale » qui soutiendrait une communauté mondiale (Zuckerberg 2017). Zuckerberg explique que les technologies de Facebook, dans lesquelles l'IA joue un rôle grandissant, offrent les fondations destinées à (et capables de) forger un ordre social mondial. Pour Zuckerberg, comme pour d'autres pionniers de l'IA et de la robotique, IA et robotique pourraient tout à fait informer et guider certains aspects de la vie individuelle et communautaire, sans aucune limite de capacité. Ces technologies incarnent la promesse contemporaine de l'automatisme, c'est-à-dire la substitution du travail cognitif et physique humain par un travail mécanique (dans ce cas précis, algorithmique et robotique « autonome » et semi-autonome). Ainsi, le sens le plus récent de l'expression « infrastructure sociale » ne fait pas seulement référence aux actifs physiques ou aux services Internet, mais correspond à l'intégration d'une plus grande capacité d'autonomie dans les dispositions matérielles, institutionnelles ou informationnelles, qui rendent possible et contribuent au fonctionnement et au bien-être de la société. Ce qu'il faut retenir, c'est une évolution de l'équilibre essentiel entre, d'une part, l'humain et le social, de l'autre, les éléments matériels et d'infrastructure de la société. Cela n'est pas sans conséquence et suppose la nécessaire identification des responsables de l'ordre social émergent, des gagnants et des perdants de ce processus, ainsi que des valeurs qui y sont intégrées.

Dans le présent article, je m'intéresse à la manière dont les projets existants et planifiés dans les domaines de l'intelligence artificielle (IA) et de la robotique dans trois villes - San Francisco (États-Unis), Yokohama (Japon) et Lviv (Ukraine) – prévoient de développer davantage ou de construire une infrastructure sociale en vue d'atteindre une certaine vision, considérée comme désirable, de la vie urbaine. J'ai choisi des exemples contrastés, tant pour souligner l'influence des différentes manières d'envisager la relation homme-machine sur le type d'IA et de robotique envisagé et développé, que pour mettre en évidence des caractéristiques essentielles de l'infrastructure sociale soutenues par l'IA et la robotique, par-delà les histoires culturelles, économiques et civiques. San Francisco abrite nombre d'entrepreneurs, d'ingénieurs en informatique et de multinationales qui créent l'IA et la robotique présentes sur divers marchés, y compris les applications destinées aux villes. Sa proximité et ses liens avec la Silicon Valley nourrissent un certain imaginaire de l'intelligence artificielle urbaine. Yokohama, pour sa part, choisie comme la « ville du futur » au Japon, propose une expérience organisée, encadrée par l'État, dans le domaine de l'IA et de la robotique, en vue de créer sa fameuse « Society 5.0 ». À l'autre

bout du spectre, la ville de Lviv réfléchit à la manière dont l'IA pourrait transformer son avenir, à l'heure où une organisation informelle pilote les différents projets.

J'examine les projets à travers le prisme de l'imaginaire sociotechnique, un cadre théorique développé par des chercheurs en Études des sciences et technologies (STS), un domaine qui s'intéresse à la manière dont nous utilisons la puissance des sciences et technologies pour redéfinir le monde, et avec quelles conséquences. Dans un article de 2015, *Dreamscapes of Modernity*, la chercheuse en STS Sheila Jasanoff définit un « imaginaire sociotechnique » qui serait une « vision détenue collectivement, stable sur le plan institutionnel et publiquement représentée d'un futur désirable, animé d'une même manière de penser la vie sociale et l'ordre social, accessible via, et donc encourageant, les avancées de la science et de la technologie » (Jasanoff et Kim 2015, 4). Les imaginaires de l'infrastructure sociale augmentée par l'IA et la robotique mettent en évidence ce que le public, les fonctionnaires et les entrepreneurs locaux considèrent comme une ville agréable, qui fonctionne bien. Ils attirent également l'attention sur la raison pour laquelle, dans l'esprit des lecteurs, l'ordre social envisagé devrait être secondé par une technologie autonome ou semi-autonome et par des décideurs technologiques au lieu d'institutions civiques et de dirigeants élus.

SAN FRANCISCO

Les applications de l'IA et de la robotique à San Francisco tournent principalement autour du problème grandissant des transports. La promesse de l'IA consiste à traiter et à proposer des connaissances exploitables issues de vastes quantités de données et celle de la robotique à convertir ces connaissances en « véhicules intelligents ». Toutes deux alimentent l'espoir de voir ces technologies résoudre deux problèmes majeurs causés par le développement du secteur technologique : les embouteillages quotidiens et le prix prohibitif des logements. Dans l'esprit des autorités et des habitants, la capacité de la ville à maintenir ses moyens de subsistance, sa diversité, sa culture et son attrait pour les entrepreneurs du monde entier repose en grande partie sur sa capacité à résoudre le problème des transports.

Dans ce contexte, l'IA et la robotique offrent un espoir trompeur. L'une des particularités de la technologie de l'IA est la certitude selon laquelle ses capacités peuvent (et devraient) surpasser le contrôle et le jugement humain (Cf. par exemple Agrawal et al. 2017). Des géants comme Google, Tesla et Uber estiment que la conduite des voitures sans chauffeur est plus efficace et plus sûre que la conduite humaine, et que les informations analysées par l'IA peuvent aider les personnes et les gouvernements à prendre des décisions, notamment dans les régions à l'histoire politique complexe, notamment sur le lieu et la manière de développer

les transports.¹ Ces revendications reposent sur des croyances établies de longue date et autoproclamées, selon lesquelles la culture politique de la Silicon Valley se définit par sa défiance envers l'establishment politique.² Cette culture politique et la promesse de l'automatisation alimentent un imaginaire dans lequel les transports devenus « intelligents » permettront à San Francisco de retrouver sa fluidité ainsi que la diversité de personnes, d'idées, de cultures et de classes sociales qui ont longtemps fait son identité.

Premier exemple : la candidature en 2016 de la ville de San Francisco au Smart City Challenge organisé par le Ministère américain des transports, dans laquelle elle souligne une vision de l'IA et de la robotique qui permettrait de créer un nouveau type d'infrastructure sociale à même de transformer la vie citadine. Le descriptif illustre l'idéal du véhicule urbain, partagé, électrique, connecté et automatique (SECAV, pour *Shared, Electric, Connected and Automated Vehicles*), amené à remplacer les véhicules à passager unique. En voici quelques caractéristiques :

Les services SECAV sont parfaitement optimisés. Plus de victimes d'accidents. Objectif « zéro » atteint [zéro décès dans des accidents de la circulation à San Francisco d'ici 2024]. Pollution, bruit, coûts, impacts limités. Équité sociale et accès nettement améliorés. Structures de stationnement reconverties en logements abordables, les rues deviennent des espaces de partage pour tous (Vidéo San Francisco Smart City Challenge, 2016).

Dans cette profession de foi, l'IA et la robotique optimisent le transport en maximisant l'utilisation des ressources telles que l'énergie, le temps, l'argent, les vies et l'espace. À l'instar d'une voiture électrique, qui doit être branchée à l'infrastructure électrique d'une station de recharge, la solution proposée par l'IA et la robotique pour résoudre le problème des transports à

San Francisco doit puiser dans un imaginaire : celui d'une infrastructure sociale en proie aux inefficacités créées par l'homme.

La solution SECAV repose sur l'attribution aux habitants de San Francisco de « rôles » fractionnés, autant de fonctions étroites assurées par chacun dans la culture et l'économie de la ville. « San Francisco, comme l'explique la candidature, est une communauté en constante évolution de penseurs, d'actifs, de coureurs, de cyclistes, d'activistes, de voisins, de bébés, d'étudiants, d'entrepreneurs, de cuisiniers, de jeunes talents et de mille autres personnalités » (Vidéo San Francisco Smart City Challenge 2016). Au-delà de cette liste, l'idée est que chacun de ces rôles s'accompagne d'un ensemble de besoins, d'habitudes de consommation et de services qui contribuent à la vie citadine. De tels rôles sont nécessaires pour que les transports augmentés par l'IA fonctionnent suivant le principe des bonnes pratiques :

La fille de Nicole est reconduite chez elle après son activité artistique hebdomadaire par un fournisseur de microtransit par CAV [Connected and Automated Vehicles], un trajet compris dans la prestation, ce qui laisse le temps à la maman d'aller à la salle de sport de son côté. Nicole peut se permettre de payer à la fois ce nouveau service [CAV] multimodal, son adhésion à la salle de sport et l'activité artistique hebdomadaire de sa fille grâce à la rémunération qu'elle reçoit via le [partage] de sa voiture (Vidéo San Francisco Smart City Challenge 2016).

Ici, la technologie permet à une Nicole imaginaire (et si elle était bien réelle ?) de sous-traiter des tâches quotidiennes, de réorganiser le temps qu'elle passe avec sa fille et de repenser sa situation économique en prenant en compte sa propre santé et l'éducation de sa fille. Tout ceci grâce à « sa voiture », via la révolution des transports de la « San Francisco intelligente » induite par l'IA et la robotique. L'imaginaire de l'infrastructure sociale de San Francisco, améliorée par l'IA et la robotique, transforme la notion même de transport « public » : d'une réalité où les transports sont fournis par une municipalité au service de tous les habitants, l'on passerait à une réalité où chaque habitant peut devenir un consommateur et un fournisseur de « microtransit ». Dans cet imaginaire, la vie à San Francisco est optimisée, économisée, connectée et très individualisée. La technologie résout le problème en contribuant à éliminer l'inefficacité humaine perçue, tout en renforçant l'idée selon laquelle les habitants pourraient être amenés à occuper des micro-rôles de consommateurs et fournisseurs de services.

1 Cf., par exemple, « A History of BART: The Concept is Born », sur le désaccord quant au développement du système BART (Bay Area Rapid Transportation) multinational dans les années 1960.

2 Pour une analyse historique de la culture politique de la Silicon Valley et sa relation avec les entrepreneurs et la culture de la technologie, voir Turner 2006 et O'Mara 2015.

“L'IMAGINAIRE DE L'INFRASTRUCTURE SOCIALE DE SAN FRANCISCO, AMÉLIORÉE PAR L'IA ET LA ROBOTIQUE, TRANSFORME LA NOTION MÊME DE TRANSPORT « PUBLIC » : D'UNE RÉALITÉ OÙ LES TRANSPORTS SONT FOURNIS PAR UNE MUNICIPALITÉ AU SERVICE DE TOUS LES HABITANTS, L'ON PASSERAIT À UNE RÉALITÉ OÙ CHAQUE HABITANT PEUT DEVENIR UN CONSOMMATEUR ET UN FOURNISSEUR DE “MICROTRANSIT”».”

YOKOHAMA

Au Japon, l'IA et la robotique sont mises à contribution dans la vie urbaine d'une manière très différente. En effet, les recherches essaient ici de déterminer comment utiliser ces technologies pour entretenir le dynamisme économique de la société japonaise, dont la population est en constant vieillissement. Un problème particulièrement d'actualité dans la ville de Yokohama, qui se décrit comme une ville à la population « super-vieillissante » :

La ville est confrontée aux difficultés d'une société super-vieillissante. D'après une estimation, le nombre de citoyens âgés attendra un million [sur 3,7 millions] d'ici 2025. Le point le plus important, pour avoir une ville dynamique dans ces circonstances, est l'activité économique (FutureCity Yokohama 2013).

Comme le suggère cette déclaration, au-delà des soins à apporter, le problème du vieillissement de la population japonaise est de faire en sorte que les gens puissent continuer à être actifs sur le plan économique alors qu'ils vieillissent. Le gouvernement japonais, les universitaires et les chefs d'entreprise réfléchissent aux besoins spécifiques des seniors (mobilité,



accès rapide aux soins médicaux, divertissements) dans leur quotidien en ville et tentent d'imaginer de quelle manière l'IA et la robotique pourraient résoudre chacun de ces besoins. Fujitsu, par exemple, a développé un produit appelé « UBIQUITOUSWARE », qui associe un module central (accéléromètre, baromètre, gyroscope, microphone, magnétomètre, données vitales, GPS, capteurs de température et d'humidité) et un algorithme propriétaire analysant les données transmises par ces capteurs. Ces informations sont destinées à des applications qui incluent notamment un suivi des patients, afin d'en savoir plus sur leur comportement et d'offrir des soins plus « intelligents », soit en envoyant du personnel soignant humain, soit en incluant des robots soignants dotés de capacités d'IA (Fujitsu 2017).

Les habitants de Yokohama font l'objet d'expériences avec ce type d'applications. Le gouvernement japonais a désigné Yokohama comme la « ville du futur » au Japon, pour en faire un site national où des organisations publiques et privées mettent en pratique diverses technologies en vue d'améliorer et de maintenir un certain type d'expérience pour les populations âgées en ville. Yokohama constitue également un laboratoire de réglementation, où les politiques en vigueur sont à la fois souples et innovantes, en vue d'encourager le développement technologique (CNBC 2016). Yokohama a été retenue pour ce rôle en raison de ses caractéristiques démographiques et diverses autres statistiques. Si elle s'apparente en ce sens à d'autres villes japonaises, il s'avère que toute solution développée pour Yokohama sera plus facilement transposable ailleurs (FutureCity Yokohama 2013). En outre, Yokohama est déjà un hub technologique au Japon. Des spécialistes japonais de la technologie, comme Fujitsu, y ont leur siège, tandis que des entreprises internationales s'y implantent, comme le nouveau centre de R&D Apple, principalement axé sur la recherche en IA (Wuerthele 2017).

Depuis la perspective du gouvernement japonais, ces expériences effectuées avec les technologies de l'IA et de la robotique pour les besoins d'une population vieillissante ne sont pas seulement la recherche d'une solution à un problème, mais plutôt la construction active d'une nouvelle société qu'elle

nomme « Society 5.0 ». D'après Shinzo Abe, le Premier ministre japonais, la Society 5.0 est le nom de projet donné à une société littéralement et métaphoriquement (comme l'indique le « 4.0 » ou « 5.0 », emprunté à la désignation des logiciels) construite sur les technologies de l'Industrie 4.0 (IA, Big Data et IdO, capteurs et robotique) « pour surmonter les défis inhérents à une société vieillissante et peu fertile » (CNBC 2016). Le rôle essentiel du gouvernement japonais dans la définition des objectifs (Society 5.0), des sites (Yokohama) et des règles (laboratoire de réglementation) des expériences en matière d'IA et de robotique traduit un effort concerté et global qui accorde la priorité au développement social via l'activité économique.

Les expériences menées avec l'IA et la robotique pour trouver une solution au problème de la population vieillissante de Yokohama sous la bannière de la Society 5.0 offrent un imaginaire de l'infrastructure sociale tout à fait unique. En réfléchissant depuis la perspective des solutions technologiques, le problème du vieillissement en ville devient un problème d'information : comment collecter, analyser et redéployer les informations vers les personnes et les outils afin qu'ils puissent aider et améliorer les fonctions humaines, à mesure que les personnes perdent de leurs capacités biologiques ? L'IA est envisagée pour constituer un système d'échange d'informations et d'analyse toujours présent et invisible, qui modifie les infrastructures urbaines afin qu'une population vieillissante puisse y vivre avec plus de plaisir et plus d'indépendance pendant plus longtemps, avec des liens spécifiques vers les cadres économiques (accès aux services, consommation). Dans l'imaginaire de Yokohama, l'IA et la robotique peuvent contribuer à poser les fondations d'une future société urbaine inclusive, où les technologies interviennent comme autant de béquilles « intelligentes » pour compenser la fragilité humaine.

LIV

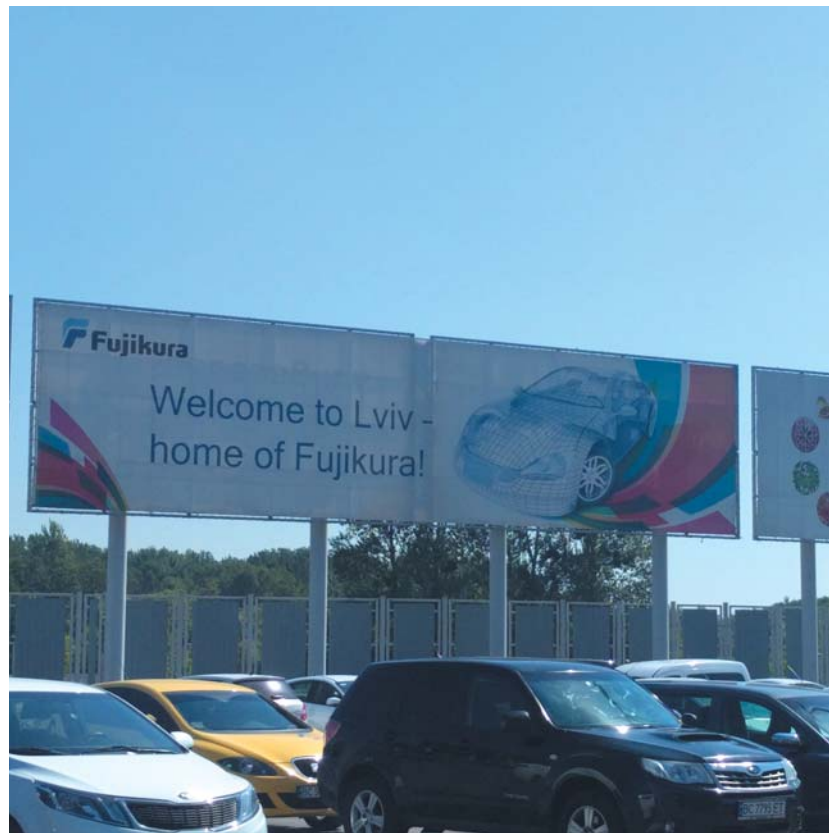
À Lviv, les dirigeants des entreprises technologiques locales entretiennent le mythe selon lequel l'IA et la robotique peuvent aider l'Ukraine à atteindre son double objectif d'une indépendance nationale accrue et d'une éradication de la corruption, via le développement du secteur agricole et de la culture de l'innovation.

“DEPUIS LA PERSPECTIVE DU GOUVERNEMENT JAPONAIS, CES EXPÉRIENCES EFFECTUÉES AVEC LES TECHNOLOGIES DE L'IA ET DE LA ROBOTIQUE POUR LES BESOINS D'UNE POPULATION VIEILLISSANTE NE SONT PAS SEULEMENT LA RECHERCHE D'UNE SOLUTION À UN PROBLÈME, MAIS PLUTÔT LA CONSTRUCTION ACTIVE D'UNE NOUVELLE SOCIÉTÉ QU'ELLE NOMME « SOCIETY 5.0 ».”

Centre de développement des technologies de l'information spécialisé dans la sous-traitance informatique, Lviv propose des services informatiques spécialisés et compétitifs aux acteurs étrangers. Les services d'IA et de robotique, tels que l'extraction de données, la science des données en temps réel et le deep learning intégré, constituent une part croissante de son activité. En complément, elle met en œuvre l'une des applications les plus prometteuses de l'IA et de la robotique en Ukraine, précisément dans l'agriculture (entretien Utkin). Les projets autour des technologies agricoles basées sur l'IA, comme « l'agriculture de précision », recourent à des techniques d'analyse des données pour évaluer les niveaux d'eau, l'acidité du sol, la météo et l'utilisation des engrais, et ainsi aider les exploitants à optimiser le rendement des cultures. À l'heure actuelle, des sociétés ukrainiennes telles que BioSens, KrayTechnologies et WattCMS, parmi tant d'autres, développent respectivement des logiciels capables de vérifier rapidement la présence de substances chimiques dans les produits agricoles, des drones destinés au traitement des cultures, et des capteurs permettant de contrôler le milieu ambiant. Ces initiatives tirent profit du fabuleux potentiel agricole de l'Ukraine, profondément ancré dans son identité nationale. Et c'est justement en agitant la corde sensible de l'identité que politiciens et industriels cherchent à mobiliser leurs compatriotes pour parvenir à l'indépendance culturelle et économique de l'Ukraine vis-à-vis de la Russie, ainsi que pour améliorer les moyens de subsistance dans le pays.

Toutefois, le développement de ces technologies pour des applications à l'extérieur de la ville, voire du pays, influe directement sur la vie des habitants de Lviv. C'est notamment le cas des ingénieurs employés par ces entreprises et résidant dans la ville. Ceux-ci sont généralement mieux rémunérés que leurs collègues des autres filières, plus jeunes et parlent mieux anglais, ce qui leur donne notamment l'occasion (sur le plan administratif et économique) de voyager à l'étranger. Pour répondre aux besoins des employés du secteur informatique et des touristes (les TI et le tourisme ont été désignés par les autorités de Lviv comme étant les deux facteurs stratégiques de développement de la ville), la ville de Lviv, en partenariat avec des entreprises

“À LVIV, LES DIRIGEANTS DES ENTREPRISES TECHNOLOGIQUES LOCALES ENTRETIENNENT LE MYTHE SELON LEQUEL L'IA ET LA ROBOTIQUE PEUVENT AIDER L'UKRAINE À ATTEINDRE SON DOUBLE OBJECTIF D'UNE INDÉPENDANCE NATIONALE ACCRUE ET D'UNE ÉRADICATION DE LA CORRUPTION, VIA LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRICOLE ET DE LA CULTURE DE L'INNOVATION.”



spécialisées dans les technologies de l'information, soutient l'ouverture de bars modernes équipés de Wifi, restaure et modernise ses espaces publics historiques conformément aux normes occidentales, développe ses établissements de formation (notamment pour former des experts en technologie et des chefs d'entreprise, ainsi que pour promouvoir les arts et la culture de l'Ukraine) et bâtit des logements de pointe.

Entretiens, les leaders technologiques du pays, ceux qui ont connu leur essor dans les années 1990 et 2000 (comme Evgeni Utkin, Taras Vervega, Oleh Matsekh, etc.) ont lancé, dans différentes villes d'Ukraine, des projets associant innovation culturelle et technologique. L'investissement direct transforme des espaces consacrés aux infrastructures sociales traditionnelles en espaces dominés par la nouvelle infrastructure sociale, tournant autour de l'IA et de la robotique. Par exemple, un projet de construction d'un centre d'innovation dans l'ancienne station de tramway de Lviv vise à offrir aux habitants les ressources et les compétences physiques, matérielles et intellectuelles nécessaires pour développer de nouvelles technologies ainsi que pour préserver leurs moyens de subsistance dans la ville (Matsekh 2017 ; Kenigshstein 2016). Les technologies de l'IA et de la robotique figurent parmi les priorités de ce centre d'innovation (Matsekh 2017).

Dans le secteur technologique, tant dans l'ancienne génération que dans la nouvelle, s'est répandue la croyance selon laquelle l'amélioration des connaissances en IA et en robotique, ainsi que l'expansion de la culture de l'innovation technologique à l'échelle de la ville, entraîneraient non seulement une croissance économique offrant davantage de puissance et d'indépendance à l'Ukraine, mais lui permettraient aussi de lutter contre la corruption du système politique existant en remplaçant les anciennes formes de pouvoir par de nouvelles. L'IA et la robotique sont ici envisagées comme des outils de transformation de l'infrastructure sociale de la ville, visant à promouvoir une vie civile plus juste et plus transparente.

CONCLUSION : COMPARAISON DES DIFFÉRENTS IMAGINAIRES URBAINS VIA LE PRISME DE L'IA

Sheila Jasanoff et Sebastian Pfotenhauer montrent que les projets d'innovation peuvent faire office d'autodiagnostic sur ce que la ville identifie comme ses problèmes ou ses points à améliorer (Pfotenhauer et Jasanoff 2017). Dans le cas de l'IA et de la robotique, avec l'image des capteurs intelligents qui surveillent métaphoriquement le pouls de la ville en temps réel, la promesse d'une technologie comme un outil de diagnostic et de résolution des problèmes urbains correspond au fonctionnement que nous imaginons pour ces technologies.

La comparaison des autodiagnostic et les mesures correctives constatées dans ces trois villes, c'est-à-dire la manière dont nous souhaiterions que l'IA et la robotique soutiennent l'infrastructure sociale, fait ressortir des différences essentielles dans la manière de considérer la collectivité humaine qu'elle prévoit de servir via le développement de l'infrastructure sociale.

À San Francisco, retirer les obstacles qui se dressent sur la voie de l'efficacité signifie exclure l'humain d'une participation active au système de la conduite automobile. Au lieu de définir les humains comme des acteurs qui contrôlent la technologie, l'infrastructure sociale augmentée par l'IA et la robotique considère de plus en plus les humains comme des informations et des points de données, et aspire à gérer les activités de production et de consommation de ces points de données pour parvenir à une plus grande efficacité.

À Yokohama, les imaginaires des infrastructures sociales augmentées par l'IA et la robotique diagnostiquent les capacités décroissantes et la fragilité grandissante des personnes. L'IA et la robotique entrent alors en jeu pour effectuer des tâches humaines telles que les soins, et redéfinissent les services municipaux autour des besoins des aînés. Le projet japonais Society 5.0 consiste à utiliser une technologie de plus en plus autonome pour construire une nouvelle société autour de besoins humains en pleine évolution, qui restent donc centraux.

Dans l'imaginaire développé par Lviv, l'attractivité de l'IA et de la robotique réside dans sa capacité supposée à corriger la tendance humaine à la corruptibilité, notamment en remplaçant l'action humaine, en particulier politique, par une action technologique ou technologiste. À Lviv, il n'est pas question d'inefficacité inhérente aux activités humaines, comme cela peut

être le cas à San Francisco, mais d'une culture politique héritée de l'Union soviétique. Il est considéré que cette culture a créé un environnement où les citoyens ont des difficultés à faire des choix justes dès lors qu'ils sont au pouvoir. En raison de leur éducation et de la nature de leur travail, les technologues sont considérés comme le meilleur moyen de mettre un terme à ce cycle de corruption. Le cas de Lviv illustre plus clairement encore que les précédents combien les imaginaires associés à l'IA à l'échelle de la ville constituent, en eux-mêmes, une forme d'infrastructure sociale, c'est-à-dire qu'ils offrent une solution systématique et normalisée de transformation de la société, à partir de ce qu'elle est aujourd'hui, vers un état futur envisagé.

Depuis leur apparition au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, l'une des questions fondamentales de l'IA et de la robotique réside dans la manière dont les systèmes technologiques intelligents interagissent avec leurs créateurs. Choisiraient-ils, comme Hal, de se débarrasser de l'être humain ou deviendraient-ils, comme Siri, des assistants intuitifs ? Aujourd'hui, l'intégration de l'IA et de la robotique au tissu de la ville pour répondre aux défis urbains les plus pressants montre que la relation culturellement spécifique entre l'humain et la machine reste un aspect essentiel de la manière dont les villes s'imaginent en tant que collectivités d'êtres humains au côté de l'IA et de la robotique. Si l'IA et la robotique sont intégrées à la vie municipale pour résoudre le problème des transports, du vieillissement ou de la corruption, alors elles révèlent les points considérés comme problématiques dans les collectivités humaines. La promesse de la technologie repose sur sa capacité à reconstruire des soutiens pour l'infrastructure sociale de la ville, de manière à déléguer plus de pouvoir aux systèmes technologiques autonomes et à être moins dépendants de décideurs humains, considérés comme faillibles pour différentes raisons.

RÉFÉRENCES

Agrawal, Ajay, Joshua Gans et Avi Goldfarb. 2017. « How AI Will Change the Way We Make Decisions. » *Harvard Business Review*, juillet.

« A History of BART: The Concept Is Born. » 2017. Consulté le 21 septembre. <http://www.bart.gov/about/history>.

CNBC. 2017. « CNBC Transcript: Japanese Prime Minister, Shinzo Abe. » *CNBC*. Mai 2016. <https://www.cnbc.com/2017/05/16/cnbc-transcript-japanese-prime-minister-shinzo-abe.html>.

« Fujitsu IoT Solution UBIQUITOUSWARE - Fujitsu Global. » 2017. *Fujitsu*. Janvier. <http://www.fujitsu.com/global/solutions/innovative/iot/uware/>.

« FutureCity Yokohama. » 2013. *City of Yokohama*. 1^{er} avril. <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/english/futurecity/>.

Jasanoff, Sheila et Sang-Hyun Kim, éd. 2015. *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*. University of Chicago Press.

Kenigshtein, Iliia. 2016. « Razom IT Speaker Series: Converting a Tram Depot into a Creative Space » *Razom for Ukraine*. 31 mai. <https://www.slideshare.net/RazomForUkraine/razom-it-speaker-series-converting-a-tram-depot-into-a-creative-space-in-lviv>.

O'Mara, Margaret Pugh. 2015. *Cities of Knowledge: Cold War Science and the Search for the Next Silicon Valley*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Entretien personnel avec Oleh Matsekh. 2017. Entretien par Margarita Boenig-Liptsin. Lviv, Ukraine. 6 mars.

Pfotenhauer, Sebastian, et Sheila Jasanoff. 2017. « Panacea or Diagnosis? Imaginaries of Innovation and the 'MIT Model' in Three Political Cultures. » *Social Studies of Science*.

San Francisco Smart City Challenge 2016. 2016. San Francisco, CA. <http://smartcitysf.com/>.

Turner, Fred. 2006. *From Counterculture to Cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism*. Ouvrage entier. Chicago: University of Chicago Press.

Wuerthele, Mike. 2017. « Japanese Chief Cabinet Secretary Visits Yokohama Apple R&D Center, Confirms March Opening. » *Appleinsider*. 21 janvier. <http://appleinsider.com/articles/17/01/21/japanese-chief-cabinet-secretary-visits-yokohama-apple-rd-center-confirms-march-opening>.

Zuckerberg, Mark. 2017. « Building Global Community. » *Facebook*. 16 février. <https://www.facebook.com/notes/mark-zuckerberg/building-global-community/10103508221158471/>.

COMMENT ACCÉLÉRER LA MOBILITÉ DURABLE avec le véhicule autonome ?

Mathieu Saujot, Oliver Sartor, Laura Brimont
(IDDRI)



Laura Brimont mène des recherches sur les nouveaux indicateurs de richesse, au niveau européen ou international. Elle travaille également sur le lien entre la transition numérique et écologique, notamment à travers le sujet de la mobilité et du financement participatif. Laura Brimont a travaillé sur les questions de déforestation dans les pays tropicaux. Elle est diplômée de Sciences Po Paris en relations internationales.

Mathieu Saujot coordonne aujourd'hui l'initiative Lier transition numérique et écologique. Il coordonne notamment le projet Audacities mené sur la gouvernance de la ville numérique réelle et le projet New Mobility, Clean Mobility de prospective de la mobilité autonome et partagée. Mathieu est diplômé de l'ENSTA ParisTech et docteur en économie.

Oliver Sartor est chercheur en politiques climatiques et énergétiques à l'IDDRI, avec une spécialisation en politique, commerce et compétitivité industrielle. Oliver a travaillé pour CDC Climat et pour le Centre pour les marchés de l'énergie et de l'environnement de l'université de la Nouvelle-Galles. Il est actuellement doctorant en économie à l'université de la Sorbonne à Paris.

MOTS CLÉS

- MOBILITÉ AUTONOME
- DURABILITÉ
- VÉHICULES AUTONOMES ET PARTAGÉS
- PALIERS D'AUTONOMIE
- CARTOGRAPHIE

La mobilité autonome a un fort potentiel de transformation de la mobilité, notamment vers plus de durabilité. Mais à rebours des messages diffusés par les promoteurs de la mobilité autonome, son futur est loin d'être écrit : plusieurs scénarios contrastés de développement et d'impacts peuvent se concrétiser. Les autorités publiques auront un rôle clé à jouer pour orienter vers les scénarios souhaitables et fixer les conditions d'intégration de la mobilité autonome. Elles doivent en amont se demander à quelles conditions les VA peuvent les aider à atteindre leurs objectifs de mobilité durable. Le secteur privé doit également s'interroger sur la manière dont les solutions technologiques et industrielles qu'il développe s'intégreront dans le système de mobilité de demain. Cette vision commune de la mobilité autonome devrait s'élaborer avec les pouvoirs publics locaux et nationaux.

INTRODUCTION

La mobilité autonome suscite depuis quelques années une attention importante. Les prédictions de véhicules connectés et totalement autonomes disponibles commercialement d'ici une dizaine d'années occupent le terrain médiatique et l'attention de l'ensemble des acteurs réfléchissant au futur de la mobilité. Dans ces visions, les promoteurs des véhicules autonomes (VA) affirment qu'un futur débarrassé de la congestion et de la mortalité routière est atteignable.

Toutefois, le futur de ces technologies n'est pas encore gravé dans le marbre. Le chemin vers l'autonomie complète est encore long et incertain, et différents scénarios et modèles de développement de ces technologies sont possibles.

Au-delà des obstacles technologiques, les véhicules autonomes arrivent dans un contexte où les décideurs publics sont déjà aux prises avec les demandes sociales de rendre la mobilité plus soutenable, plus accessible et efficace. Le développement de la mobilité autonome peut-il aider les décideurs à transformer la mobilité en ce sens ? Par exemple, les VA aideront-ils à réduire la pollution locale et à décarboner le secteur des transports ? Parviendront-ils à augmenter l'accessibilité pour tous et à réduire les coûts de mobilité ? Les études disponibles aujourd'hui indiquent un large champ de possibles, à la fois

positifs et négatifs : cette innovation comporte des risques et des opportunités pour la mobilité durable.

Dans cet article, nous considérons que le scénario de développement de la mobilité autonome reste à écrire, et nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de collectivement l'influencer pour qu'il soit un moteur de transformation vers une mobilité durable. Les conditions d'entrée sur le marché et de régulation des VA seront critiques pour saisir les opportunités et éviter les risques. Dans une première partie, nous mettons en avant un certain nombre de facteurs structurants de la mobilité autonome, qui méritent l'attention des décideurs. C'est là que des décisions seront nécessaires pour définir les bonnes conditions d'entrée. Dans une seconde, nous résumons les risques et opportunités en termes de mobilité durable.

QUELLE MOBILITÉ AUTONOME ?

Nous considérons que le développement de la mobilité autonome dépendra de points de rencontre entre des possibles technologiques et serviciels et des demandes individuelles et collectives¹.

1.1. QUEL NIVEAU DE MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE AUTONOME ? POSSIBLES TECHNOLOGIQUES

Un obstacle majeur dans le passage vers des niveaux élevés d'autonomie de la mobilité est la capacité d'interaction avec les véhicules classiques, durant une phase de coexistence, et avec les autres usagers de la voirie.

Il existe cinq paliers d'autonomie², définis par la capacité croissante du véhicule à réaliser une diversité de manœuvres sans la surveillance d'un conducteur et ce dans une diversité de situations de conduite. Le niveau 5 renvoie à un horizon théorique de véhicule autonome en toute situation. Ces niveaux d'autonomie croissants seront accessibles à différentes échelles de temps et rendront possible une diversité d'offres de mobilité.

Compte tenu des obstacles en termes de capacité de calcul, d'acquisition de données de conduite, de fiabilité des algorithmes et de protocoles de tests³, atteindre un haut niveau d'autonomie dans toutes les situations ne va pas de soi. De plus, selon les acteurs de la mobilité autonome considérés et leurs ressources, plusieurs stratégies sont possibles pour acquérir ces données et tester ces technologies : apprentissage progressif *via* une autonomisation perçue comme un équipement supplémentaire des automobiles (constructeurs automobiles, Tesla) ; apprentissage *via* des navettes sur sites propres (opérateur transport urbains) ; ou déploiement plus direct par exemple *via* des flottes avec un conducteur de sauvegarde (Google Car, Uber).

Enfin, la cartographie de la mobilité autonome pose une question de régulation et de sécurité publique, dans la mesure où elle va devenir une nouvelle infrastructure digitale de la mobilité. Dans ce contexte, la question de savoir quel acteur imposera sa cartographie constitue un véritable enjeu politique.

1 Rappelons que la mobilité se caractérise par des effets de réseaux (congestion, partage d'une infrastructure) et des externalités (pollution, bruit...) : une réflexion sur les gains et pertes collectifs est donc indispensable.

2 Le niveau 1 et le niveau 2 incluent respectivement une et plusieurs fonctions autonomes simultanées (ex. volant et accélération) tout en laissant la surveillance de la conduite au conducteur. Le niveau 3 d'autonomie conditionnelle permet au conducteur de ne plus avoir à surveiller la conduite dans certaines situations, tout en restant derrière le volant en cas de besoin. Le niveau 4, plus nettement disruptif, renvoie à des véhicules qui n'ont plus besoin de conducteur humain dans un nombre significatif de modes de conduites.

3 Le niveau 4, où il n'y a plus de surveillance du conducteur, nécessitera d'imaginer des protocoles de test confrontant les capacités du VA à une grande variété de situation.

Le développement des services de rupture rendus possibles par l'autonomie fait ainsi face à de nombreuses contraintes : il ne se fera que sous certaines conditions (par ex. les zones ou voies dédiées). L'action publique sera décisive dans sa façon de lever ces contraintes, orientant ainsi le développement de la mobilité autonome.

1.2. QUI POURRA SE PAYER L'AUTONOMIE ? RENCONTRE ENTRE POSSIBLES SERVICIELS ET DEMANDES INDIVIDUELLES

Une des promesses de la mobilité autonome est d'économiser le coût des chauffeurs des transports en commun et des taxi/VTC pour développer de nouvelles offres de mobilité non viables dans le contexte actuel.

Le niveau de coût que pourra atteindre la technologie autonome sera décisif pour déterminer la nature des utilisateurs potentiels : marché de niche à coût élevé ou offre au prix proche des transports en commun ? Les études disponibles aujourd'hui indiquent qu'à terme, le matériel numérique nécessaire pourrait représenter quelques milliers d'euros par véhicule et que le coût au km d'une flotte de VA pourrait s'avérer compétitif vis-à-vis des autres modes de transport urbain. Ces niveaux de coût dépendront des avancées technologiques, de la capacité des acteurs à profiter de rendements d'échelle, des choix qui seront réalisés sur l'usage des VA (une vitesse élevée implique par exemple une plus grande capacité de calcul) et l'infrastructure numérique associée, et du niveau de partage des véhicules et de leur utilisation. Les incertitudes sont importantes, mais les anticipations d'une pluralité d'acteurs privés, les conduisant à investir massivement, indiquent qu'à terme des offres de mobilité autonome pourraient être économiquement viables.

Rappelons que la notion de coût brut n'est qu'une dimension de la question, la mobilité étant un monde de coûts relatifs, impactés par la fiscalité, des subventions, des modes de tarification reflétant (imparfaitement) les impacts positifs et négatifs des différentes formes de mobilité. Encore une fois, cela renvoie donc à des choix publics.

1.3. QUELLES SERONT LES PREMIÈRES OFFRES DE MOBILITÉ AUTONOME ? RENCONTRE ENTRE POSSIBLES TECHNOLOGIQUES ET SERVICIELS ET DEMANDES COLLECTIVES

À partir du moment où l'on considère des véhicules aux niveaux 4 et 5 d'autonomie, différentes configurations de possession et d'usage sont envisageables : voiture individuelle classique, voiture individuelle pouvant être

“À REBOURS DES MESSAGES DIFFUSÉS PAR LES PROMOTEURS DE LA MOBILITÉ AUTONOME, SON FUTUR EST LOIN D'ÊTRE ÉCRIT : PLUSIEURS SCÉNARIOS CONTRASTÉS DE DÉVELOPPEMENT ET D'IMPACTS PEUVENT SE CONCRÉTISER.”

reversée dans une flotte lorsqu'elle n'est pas utilisée par son propriétaire (ex. Tesla), flotte privée de VA, flotte de taxis partagés type UberPool ou non partagés, réseau de mini-bus opéré par un opérateur de transport public, etc. À terme, toutes ces options sont théoriquement possibles et elles ne sont *a priori* pas exclusives.

Toutefois, le passage à une première offre commerciale à court-terme où les VA seront minoritaires et cohabiteront avec des véhicules classiques est très incertain : la coexistence minore les gains de l'autonomie en termes de réduction de la congestion par exemple, la réaction des conducteurs face aux VA peut être dangereuse, et le développement des VA peut nécessiter de nouvelles infrastructures.

La question de la transition, c'est-à-dire la gestion de la coexistence entre véhicules classiques et autonomes, reste une inconnue importante. Seule une coordination avec le reste du système de mobilité peut assurer une coexistence acceptable : les acteurs publics auront donc un rôle crucial à jouer. Par ailleurs, les premières expériences pourront fortement influencer la suite du développement à travers plusieurs mécanismes : perception de la technologie⁴, demande des villes, temps d'avance d'un ou plusieurs acteurs et modèles au détriment des autres, direction technologique privilégiée, etc.

1.4. QUELLES DEMANDES, QUELS USAGES ? DEMANDES INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES

Quelle sera la qualité de l'expérience utilisateur d'un véhicule à haut niveau d'autonomie et correspondra-t-elle aux attentes ? La promesse de l'autonomie est d'allier la capacité des transports en commun à libérer du temps productif durant les déplacements au confort d'une voiture individuelle ? Le succès de la mobilité autonome dépendra de la rencontre entre le prix de cette offre et le prix que seront prêts à payer certains usagers pour profiter de ce temps productif⁵.

La forme de développement des VA dépendra également du niveau d'acceptation d'un transport collectif et partagé. Est-ce que la tendance au partage de trajet s'étendra progressivement à toute la société grâce au VA ? Ou cela sera-t-il un obstacle ?

D'autres questions d'usage structureront également le déploiement de la mobilité autonome par les réticences qu'elles peuvent représenter : acceptation de la conduite autonome, abandon de la conduite, interaction avec les autres usagers de la voirie.

Plus fondamentalement, la mobilité autonome s'inscrira-t-elle dans la prolongation d'un modèle de mobilité individuelle, synonyme de confort et demain de connectivité (la voiture comme lieu de service



et de divertissement) ? Ou dans celui d'un modèle de « mobility as a service », synonyme de flexibilité où c'est le service rendu en termes de mobilité, quel que soit le véhicule, qui prime ? Si les pouvoirs publics n'ont pas la maîtrise de tous les leviers pour orienter cette transformation sociale et technique, ils ont néanmoins un rôle clé à jouer pour l'influencer.

La façon dont la société répondra à l'ensemble de ces questions déterminera les trajectoires suivies et les formes de mobilité autonome. À ces différentes modalités possibles est associée une diversité de risques et d'opportunités pour le développement durable.

2. QUELS RISQUES ET OPPORTUNITÉS POUR UNE MOBILITÉ DURABLE ?

Le graphique 1 regroupe un ensemble de risques et opportunités liés à la mobilité autonome et les organise suivant différentes dimensions de la mobilité. Les 5 cercles verts représentent les différents déterminants des consommations énergétiques et des émissions⁶ de la mobilité, le cercle violet regroupe d'autres impacts importants de la mobilité.

Pour illustrer les risques et opportunités figurant sur la Figure 1, nous décrivons deux exercices de projection dans un futur autonome.

2.1. LE SCÉNARIO D'UNE FLOTTE DE VA TOTALEMENT AUTONOME

Le scénario ITF (2015) illustre un choix public radical d'interdire les véhicules classiques dans un centre urbain, et modélise une flotte de VA partagée à Lisbonne⁷. L'hypothèse sous-jacente est que les usagers ont une incitation forte à partager les véhicules, ou y sont contraints.

Les bénéfices attendus sont importants. Le nombre de véhicules est réduit de manière drastique (9 véhicules sur 10 sont enlevés de la circulation), ce qui permet d'économiser de l'espace urbain et pourrait favoriser l'électrification

⁶ Calculer les émissions totales de CO₂ d'un système de mobilité nécessite d'informer chaque cercle (combien de pass.km par mode, efficacité énergétique de chaque mode...) et de les multiplier.

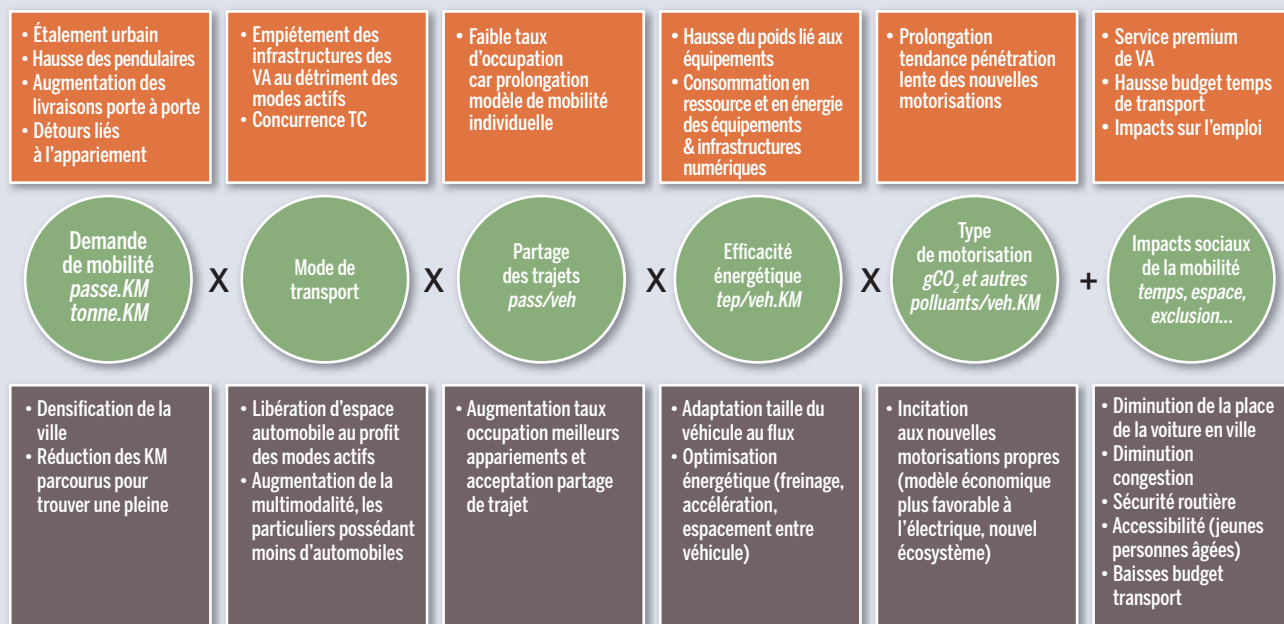
⁷ 3 grands scénarios : 100 % des voitures individuelles et des bus sont remplacés soit par une flotte de taxis partagés (A), soit par une flotte de taxis classiques (B) ; scénario de transition où coexistent véhicules classiques (50 %) et VA (C). Il y a 3 tailles de taxi (1-2 ; 3-5 ; 5-8) et un algorithme qui alloue les usagers à ces offres, en s'assurant qu'elles respectent des contraintes de temps acceptables.

⁴ Notamment, des exemples emblématiques de transport autonomes collectifs pourraient imposer dans l'esprit des usagers que le véhicule autonome est avant tout une navette collective.

⁵ Productif pour qui ? Est-ce que travailler dans son véhicule peut devenir une norme attractive ?

Risques et opportunités liés à la mobilité autonome

Risque pour la mobilité durable - conséquences possibles de l'autonomie qui vont impacter les indicateurs des cercles verts



Opportunités pour les mobilités durables - conséquence possible de l'autonomie qui vont impacter les indicateurs des cercles verts

Graphique 1

du parc automobile⁸. Avec un régulateur unique qui alloue les voyageurs aux véhicules disponibles, on peut en outre significativement augmenter le taux d'occupation⁹ des véhicules et ainsi réduire la consommation énergétique par passager.

Toutefois, pour assurer les besoins de mobilité, ces véhicules roulent de manière intensive et il est difficile de faire baisser la circulation (nombre de veh.km) et le niveau d'occupation de la voirie¹⁰. Assurer un haut niveau de partage paraît indispensable pour éviter des effets rebonds en termes de veh.km. Enfin, ce scénario illustre les risques associés à la période de transition où la moitié des véhicules seraient encore « classiques » : on retire moins de véhicules de la ville et la circulation augmente¹¹.

2.2. UN SCÉNARIO D'EFFETS REBONDS GÉNÉRALISÉS

Un scénario où la technologie autonome serait utilisée pour améliorer la mobilité individuelle permet de comprendre les possibles risques. La disponibilité progressive de la technologie autonome permettrait d'améliorer le confort et la productivité du temps de transport et également de fluidifier le trafic. Ainsi, les ménages pourraient choisir d'aller vivre plus loin de leur lieu de travail, alimentant l'étalement urbain ou le dynamisme de villes secondaires entourant un grand centre urbain. Ils pourraient également utiliser autrement leurs véhicules (lieu de travail, de rendez-vous...). Ainsi le nombre

de kilomètres parcourus pourrait fortement augmenter, sans modification significative du taux d'occupation, ce qui reviendrait à augmenter les consommations énergétiques. Dans ce modèle, les motorisations propres continueraient à représenter un surcoût qui ne serait pas amorti entre plusieurs utilisateurs, et se déploieraient donc lentement. En ville, en réaction à un coût élevé du stationnement, les propriétaires pourraient renvoyer leur véhicule se garer loin de leur lieu de travail, générant des km supplémentaires parcourus « à vide ». La transformation du commerce pourrait également alimenter une hausse de la circulation : la généralisation de l'usage de la livraison instantanée réduirait les capacités de massifier le transport de fret ; des offres de magasins ambulants pourraient se développer, à partir du moment où le coût de la mobilité autonome serait inférieur aux coûts du loyer d'un bail commercial. Les VA pourraient également concurrencer les transports en commun et fragiliser leurs modèles économiques.

Ces images radicales du futur ne sont pas forcément les plus probables, mais permettent d'illustrer les dynamiques possibles menant à des risques et des opportunités pour la mobilité durable. L'enjeu du projet « New Mobility Clean Mobility ? » actuellement mené par l'Idri sera bien de révéler le ou les scénarios plausibles de mobilité autonome, permettant d'anticiper les décisions collectives nécessaires pour orienter la mobilité autonome vers un futur plus durable.

⁸ Il est par exemple plus facile de subventionner les véhicules s'il y en a 10 fois moins.

⁹ Allocation selon les types ([35 %; 59 %, 6 %] pour les taxis de tailles [1-2; 3-5; 5-8]).

¹⁰ Résultats en termes de circulation (+6 % de veh.km pour A car report usagers des bus + détours + stationnement // +50 % durant la pointe pour B avec métro) et de congestion (niveau d'occupation de la voirie assez similaire à la référence pour A mais +80 % pour B sans métro).

¹¹ Si on conserve 50 % de voiture « classique », seuls 2 véhicules sur 10 sont retirés et le nombre de veh.km durant la pointe augmente [A +35 % ; B +55 %].

L'IA, LA ROBOTIQUE ET LA MOBILITÉ EN TANT QUE SERVICES : LE CAS DE SINGAPOUR

Eng Huiling et Benjamin Goh

Eng Huiling est Responsable de programme au National Engineering Programme Centre de la Défense Science and Technology Agency, à Singapour
Benjamin GOH est représentant de The Future Society à Singapour



Eng Huiling est titulaire d'un Bachelor of Engineering en bio-ingénierie de la Nanyang Technological University, obtenu avec mention en 2007, et d'un Master en sciences (MSc) en Ingénierie et management du Massachusetts Institute of Technology, obtenu en 2017. Dans sa thèse de MSc, dirigée par le Professeur Richard de Neufville, elle se penche sur le degré d'avancement technologique des outils de conduite autonome, les incertitudes et les implications sociotechniques qui en découlent, et s'interroge sur les conséquences politiques de la mise en œuvre des véhicules autonomes.

Benjamin GOH est actuellement consultant en management.

Benjamin était auparavant assistant de recherche pour le Belfer Center of Science and International Affairs et assistant du Professeur David Eaves sur le thème du gouvernement numérique. Il a été membre du Center for Strategic Futures à Singapour et rédacteur en chef du Singapore Policy Journal de la Harvard Kennedy School. Il a publié un dossier pour la Harvard Kennedy School sur les infrastructures ferroviaires de Singapour et travaille activement avec The Future Society pour étudier la manière dont la technologie (re) façonne la société.

MOTS CLÉS

- AUTONOME
- POLITIQUE
- TECHNOLOGIE
- SMART NATION
- PARTENARIAT

INTRODUCTION

Avec un territoire de 729 km² et une population de 5,61 millions de personnes (en juin 2016), Singapour est notoirement un des pays les plus densément peuplés au monde. Environ 12 % de sa surface totale est occupée par les routes. Selon les projections, sa population devrait atteindre 6,9 millions en 2030. Par conséquent, il est prévu que la demande augmente concernant la réservation de terrains pour l'habitat, les infrastructures et les équipements. Les outils tels que les quotas de véhicules et les péages se sont révélés efficaces jusqu'à présent pour contrôler la croissance du trafic et limiter les embouteillages, mais il est peu probable que ces stratégies puissent répondre aux besoins futurs.

Ces contraintes matérielles coïncident avec le besoin de devenir une économie davantage centrée sur les services, et le gouvernement a annoncé son plan de devenir une « nation intelligente » qui exploite les progrès de la technologie numérique pour créer une cité plus habitable, innovante et économe. Cinq domaines clés ont été identifiés – le transport, le logement et l'environnement, la productivité économique, la santé et la vieillesse active, les services publics – comme ceux où la technologie peut apporter des solutions puissantes pour relever les défis actuels et futurs.

Les besoins économiques et les fortes contraintes matérielles ont conduit Singapour à adopter activement le véhicule autonome. En 2014, Singapour a créé son comité pour le transport routier autonome (CARTS), chargé d'étudier les applications de véhicules autonomes, les réglementations et la mise en œuvre. Dès le début, quatre domaines d'application ont été identifiés : (1) des services fixes et planifiés pour des transports en commun efficaces, (2) des services de mobilité d'un point à un autre ou à la demande, (3) le fret et (4) les opérations du service public.

Singapour se distingue comme l'un des premiers acteurs adoptant les voitures autonomes, mais elle bénéficie aussi d'avantages naturels à agir ainsi. La densité élevée de la cité-État, sa main-d'œuvre limitée pour les conducteurs commerciaux, son économie basée sur les connaissances, son infrastructure moderne, son gouvernement efficace et le haut niveau d'instruction de sa population en font un lieu privilégié pour développer des innovations technologiques dans le domaine des voitures autonomes. Grâce à la vision obtenue par les tests et les évaluations de ces technologies, en collaboration avec le secteur privé, Singapour est bien placée pour devenir un pays modèle pour la transformation du transport territorial et la « conception de la ville intelligente du futur ».



**“SINGAPOUR EST BIEN PLACÉE
POUR DEVENIR UN PAYS MODÈLE,
TANT POUR L'ÉVOLUTION DES
TRANSPORTS TERRESTRES QUE
POUR LA CONCEPTION DES VILLES
INTELLIGENTES DE DEMAIN.”**

LA MOBILITÉ MALGRÉ LES CONTRAINTES TERRITORIALES

Le plan de Singapour pour les véhicules autonomes est unique à plusieurs points de vue. Premièrement, Singapour continue à valoriser les transports en commun pour les trajets domicile-travail, et ne considère pas que l'introduction des véhicules autonomes rendra le transport public obsolète à court ou moyen terme. La cité-État voit les véhicules autonomes comme un moyen complémentaire de transport public, par exemple des bus autonomes pour le premier ou le dernier kilomètre. Deuxièmement, Singapour n'a pas l'intention de remplacer les voitures classiques par les voitures autonomes ; elle privilégie la mobilité en tant que service par le covoiturage et l'autopartage.

Troisièmement, elle spécifie son application mais n'a pas choisi de chapelle technologique, en partie parce que, bien qu'elle soit un des premiers acteurs des véhicules autonomes, la taille relativement petite de son marché potentiel limite son influence sur les décisions technologiques des fabricants et développeurs. Du point de vue technologique, les zones très construites de Singapour peuvent créer des canyons urbains qui limitent l'efficacité des technologies de localisation. De plus, la conduite en ville est considérée comme l'une des tâches les plus difficiles pour les voitures autonomes. Les variations constantes de la carte (piétons, cyclistes, mobilier urbain) et le caractère saccadé de la circulation en ville peuvent nécessiter une perception plus poussée et des technologies produisant du sens.

Cependant, Singapour reste un lieu idéal pour la mise en œuvre de voitures autonomes. Son gouvernement est un ardent défenseur de la technologie et de l'innovation, qui continue à attirer les talents high-tech et les investissements en recherche & développement de haut niveau. De plus, Singapour possède une infrastructure robuste, sur le plan matériel et des communications, ce qui est un ingrédient essentiel pour permettre les essais des voitures autonomes, leur évaluation et leur mise en œuvre opérationnelle. Enfin, pour pallier le manque de conducteurs de bus à Singapour, il est possible de mettre en place des bus autonomes pour le premier et le dernier kilomètre des trajets domicile-travail. La distance de

sécurité entre les véhicules autonomes pouvant être réduite lorsqu'ils sont connectés par V2V et V2I, les embouteillages pourraient diminuer si le nombre de véhicules sur la route reste constant. À long terme, le concept de véhicule autonome pour le transport en tant que service peut encourager l'autopartage et le covoiturage, que Singapour souhaite favoriser pour contrôler le nombre de véhicules sur la route.

PAYSAGE ACTUEL

Les investissements privés dans le développement des véhicules autonomes ont augmenté depuis la moitié des années 2000 et continuent à accélérer aujourd'hui. L'attrait des bénéfices potentiels à récolter sur le marché des véhicules autonomes a provoqué l'arrivée de nouveaux acteurs, et a incité les acteurs existants à se placer sur de nouveaux secteurs. Le marché des véhicules n'est plus dominé uniquement par les fabricants automobiles traditionnels. Au cours des dernières années, nous avons assisté à l'arrivée de nouveaux acteurs, allant des développeurs de technologies aux fournisseurs de niveau 1, et même de prestataires de covoiturage. On voit aussi les fabricants automobiles traditionnels tenter de s'associer au monde du covoiturage.

Aujourd'hui, il ne règne aucune certitude quant au futur vainqueur du marché, et concernant la voie technologique qui pourrait représenter le concept gagnant. Les technologies permettant la conduite autonome étant fortement interdépendantes, il est essentiel de posséder diverses connaissances d'expert et de bénéficier d'investissements importants, et donc il est presque impossible ou trop risqué pour une entité isolée de les développer seule. En termes de calendrier de déploiement, plusieurs acteurs du marché ont exprimé le souhait de lancer un véhicule hautement automatisé ou entièrement autonome d'ici 2020.

À Singapour, plusieurs initiatives réunissent le gouvernement, la recherche, les universités et l'industrie. En août 2014, l'autorité de transport terrestre (LTA) a signé un mémorandum d'accord avec l'agence des sciences, de la technologie et de la recherche (A*STAR), un organisme public qui mène la recherche appliquée, afin de fonder ensemble la SAVI : initiative singapourienne pour les véhicules autonomes. La SAVI sert de plateforme pour superviser et gérer la

recherche & développement et la réalisation d'essais, pour les technologies des véhicules autonomes, ainsi que les applications et les solutions pour les partenaires industriels et les participants. En janvier 2015, la LTA a annoncé que le district 1-North de Singapour serait le premier site de test pour les technologies de véhicules autonomes et les concepts de mobilité. En septembre 2016, l'itinéraire de test a été porté de 6 km à un réseau de 12 km. Depuis octobre 2016, il existe quatre entités distinctes menant sur ce site des essais destinés à prouver la faisabilité des véhicules autonomes. En juin 2015, la LTA a émis une demande d'informations pour solliciter des propositions sur la manière d'exploiter la technologie des véhicules autonomes dans le cadre d'autres concepts de mobilité terrestre, comme la mobilité à la demande et les bus autonomes. Cette demande d'informations visait également à comprendre les exigences à remplir, relatives par exemple à l'infrastructure routière et de communication, pour permettre la mise en œuvre à Singapour des concepts de mobilité incluant des véhicules autonomes. Elle a reçu huit réponses, et les résultats de leur évaluation sont publiés progressivement. En octobre 2015, un mémorandum d'accord a été signé entre le ministère des transports et l'autorité portuaire de Singapour, afin de développer conjointement une technologie de convoi automatisé de camions autonomes pour le transport de marchandises entre les terminaux du port. Le ministère des transports a signé un autre mémorandum d'accord avec Sentosa Development Corporation et Singapore Technologies Engineering Ltd, pour l'essai des services de navette autonome dans l'île de Sentosa.

En août 2016, la LTA a conclu un partenariat avec nuTonomy pour tester dans le district 1-North ses concepts de transport autonome partagé, à la demande, porte-à-porte, premier et dernier kilomètre et intracommunal. Depuis septembre 2016, nuTonomy est également partenaire de Grab, une des premières apps du Sud-Est asiatique pour l'obtention de courses. En août 2016, la LTA a signé un accord de partenariat avec Delphi Automotive Systems. Delphi est un des principaux fournisseurs de niveau 1 en technologie des véhicules. Il développe et teste sur le district 1-North une flotte de véhicules totalement autonomes intégrant une suite logicielle de mobilité à la demande reposant sur le nuage. En octobre 2016, la LTA a aussi annoncé un partenariat avec l'institut de recherche en énergie de l'université technologique Nanyang (ERI@NTU), en vue de développer les technologies de bus autonomes, y compris un essai de bus autonome pour les services fixes et planifiés en ville et d'une ville à une autre. En août 2016, la LTA et la société immobilière publique JTC ont également conclu un partenariat avec l'université NTU pour lancer le Centre d'excellence pour les essais et la recherche en autonomie des véhicules (CETRAN) et le circuit d'essais du CleanTech Park dans le district Jurong de l'innovation. Le CETRAN mènera la définition des exigences d'essais pour les véhicules autonomes, et le circuit d'essais fournira une simulation d'environnement routier pour tester les véhicules avant leur lancement



sur les routes publiques. Dans le cadre de l'accord sur cinq ans avec la LTA, la NTU mènera les activités de recherche au CETRAN, collaborera avec les organismes internationaux d'essais, d'inspection et de certification, les institutions de recherche et l'industrie, exploitera le circuit d'essais et évaluera les prototypes de véhicule autonome soumis à essais. Le circuit d'essais devrait être opérationnel d'ici la seconde moitié de 2017.

CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES ET OPPORTUNITÉS POUR SINGAPOUR

En tant que cité-État, Singapour possède une densité de population élevée. Le pays bénéficie d'un climat chaud mais stable, ce qui facilite les essais technologiques, mais ses gratte-ciels, ses tunnels et sa végétation dense représentent un défi pour la technologie des capteurs. Pour que les véhicules autonomes (VA) deviennent réalité, il faut une convergence des technologies de perception, de navigation, de localisation, d'interprétation et de télématique. Aujourd'hui, malgré de lourds investissements dans l'écosystème, rien n'indique avec certitude quelle voie technologique mènera le plus loin.

- a. La perception se réfère à la capacité du VA de percevoir de manière dynamique la complexité de son environnement. Les VA possèdent généralement un ensemble de capteurs, un logiciel combinant les données qu'ils produisent, et un autre logiciel qui analyse ces informations pour permettre au véhicule de percevoir les différents environnements et d'en tirer du sens.
- b. La navigation et la localisation travaillent en tandem pour guider un robot d'un point à un autre. La précision de la navigation est celle avec laquelle le véhicule se déplace d'un point à un autre. La précision de la localisation est celle avec laquelle le véhicule se situe sur une carte. C'est la localisation qui présente les plus grandes difficultés.
- c. L'interprétation consiste à comprendre les nombreuses données continuellement collectées par les capteurs du VA et à leur donner du sens. Les VA doivent apprendre de leur environnement afin de décider la suite

de leurs actions avec peu ou aucune intervention humaine. L'intelligence artificielle joue un rôle crucial dans ce processus.

- d. La télématique combine la communication sans fil, la gestion des informations et le calcul embarqué pour permettre l'échange d'informations. Elle permet au VA d'actualiser en permanence l'état de son environnement. Les systèmes proposés supposent en particulier que chaque VA se connectera à la fois aux autres et à l'environnement. Différentes technologies de communication seraient utilisées pour communiquer avec le conducteur, avec d'autres voitures sur la route (V2V, de véhicule à véhicule), avec l'infrastructure de la route (V2I, de véhicule à l'infrastructure), et avec le « nuage ».

L'EMPLOI MENACÉ ?

En termes de coûts sociétaux, il existe un risque que certains emplois (par exemple de chauffeur de taxi, de conducteur de bus, de préposé au stationnement, de voiturier) disparaissent ou soient restructurés avec la généralisation des véhicules autonomes. De plus, le revenu collecté par le gouvernement au moyen des taxes routières, des stationnements payants et des amendes pour excès de vitesse pourrait être affecté, ainsi que les coûts de gestion des incidents. Les responsables politiques ont commencé à examiner comment les personnes dont le métier sera affecté pourront être redéployées ou formées, et à revoir les mécanismes de collecte de revenu.

Les plans répondant spécifiquement aux pertes d'emploi liées aux véhicules autonomes sont actuellement peu nombreux, en partie parce que le ministère des transports estime que l'adoption complète des VA ne se produira pas avant 10 à 15 ans¹. La gestion du déplacement des emplois demande par conséquent une approche plus globale, vis-à-vis d'une croissance faible et d'une économie des services qui se numérise rapidement. L'initiative SkillsFuture à large spectre annoncée par le gouvernement vise à fournir différents types de formation aux Singapouriens afin qu'ils acquièrent les compétences requises par les employeurs. Comme l'indique le site web consacré, quel que soit « votre situation personnelle – étudiant, employé depuis peu ou plus longtemps, ou en fin de carrière –, vous trouverez diverses ressources pour vous aider à maîtriser de nouvelles compétences ». Au-delà de la formation des citoyens, le gouvernement assiste activement les entreprises dans la numérisation de leurs opérations, afin d'améliorer la productivité et donc mieux développer les activités et favoriser les recrutements. L'initiative iSprint annoncée depuis 2010 a aidé 8 000 PME à améliorer leur activité commerciale au moyen d'innovations technologiques.

Plus récemment, le gouvernement a engagé 100 millions de dollars dans la Global Innovation Alliance, un plan d'aide aux Singapouriens pour acquérir des compétences permettant de mieux trouver du travail à l'étranger, et l'initiative SkillsFuture Leadership Development, qui propose aux Singapouriens des formations spécialisées pour mieux atteindre les postes de management dans les entreprises. Le gouvernement a aussi accepté les recommandations du comité de l'économie future, de se concentrer sur l'aide aux citoyens à mieux acquérir des « compétences profondes ». Le gouvernement favorise ainsi l'adéquation entre compétences et emploi. La création de l'accélérateur de compétences techniques (TeSA) de l'IMDA (Info-communications Media Development Authority) et une banque nationale des emplois visent tous deux à créer de meilleures opportunités d'emploi pour les Singapouriens.

EN AVANT

Dans son aventure dans le monde des véhicules autonomes, Singapour ne manquera pas de jouer ses atouts : les conditions climatiques, les compétences, une infrastructure moderne, une administration efficace. En tant que pionnière, elle a fait parler d'elle et suscité l'engouement, en particulier avec les essais de nuTonomy dans le district 1-North, premier cas d'essais de véhicules autonomes en conditions urbaines réelles. Cependant, ces privilèges de pionnier pourraient bientôt être confrontés à des réalités critiques telles que l'incertitude liée aux solutions technologiques, la concurrence des opérateurs de transport traditionnels, ou la perte d'emploi pour les citoyens les plus vulnérables.

Mais contrairement à la plupart des situations à l'étranger, il existe à Singapour une concertation et une coordination entre le gouvernement, les agences de recherche et l'industrie pour faire des véhicules autonomes une réalité. Des partenariats sérieux sont essentiels pour que le véhicule autonome concrétise la vision d'une « nation intelligente », et la petite cité-État semble en bonne voie de faire avancer la technologie. Mais son succès résidera finalement dans la capacité d'adaptation des participants aux besoins variables de l'économie et de la technologie sous-jacente. N'oublions pas que ce sont les citoyens qui adopteront réellement le véhicule autonome : ils ont besoin d'être habilement secondés pour dissiper les peurs et embrasser totalement cette technologie révolutionnaire.

“DES PARTENARIATS APPROFONDIS SONT ESSENTIELS POUR QUE LES VÉHICULES INTELLIGENTS ACTUALISENT LA VISION D'UNE SMART NATION, ET LA PETITE CITÉ-ÉTAT SEMBLE ÊTRE SUR LA BONNE VOIE POUR FAIRE AVANCER CETTE TECHNOLOGIE. TOUTEFOIS, SA RÉUSSITE DÉPENDRA PRINCIPALEMENT DE LA CAPACITÉ DE SES PARTIES PRENANTES À S'ADAPTER AUX ÉVOLUTIONS PERMANENTES DE L'ÉCONOMIE ET DE LA TECHNOLOGIE SOUS-JACENTE, SANS OUBLIER QUE LES VÉRITABLES UTILISATEURS DU VÉHICULE AUTONOME SERONT SES CITOYENS, QUI DEVRONT ÊTRE CORRECTEMENT RESPONSABILISÉS ET RASSURÉS AU MOMENT D'ADOPTER CETTE TECHNOLOGIE RÉVOLUTIONNAIRE.”

¹ <https://www.imda.gov.sg/infocomm-and-media-news/whats-trending/2017/2/driverless-cars-picking-up-speed-in-singapore>

2. L'IA DANS LA VILLE, L'ÈRE DE LA PRÉVISION ET DE L'ANTICIPATION



Dans cette deuxième partie, nous nous intéressons à l'un des exemples les plus parlants du déploiement de l'intelligence artificielle en ville. L'IA peut être analysée essentiellement comme une « technologie de la prévision », dont la diffusion peut permettre de réduire de façon considérable le coût de traitement des données historiques. Il devient donc moins coûteux de formuler des prévisions destinées à un large éventail de tâches essentielles telles que l'établissement de profils de risques, la gestion des inventaires ou la prévision de la demande.

Cette baisse des coûts peut alors entraîner une hausse de la confiance dans les prévisions utilisées dans un nombre grandissant d'activités, comme la banque et l'assurance, l'immobilier et la construction, la surveillance médicale et la maintenance prédictive de divers équipements et d'infrastructures complexes.

Antonio Neves Da Silva et Patrice Novo présentent tout d'abord Hubgrade, les centres de suivi intelligent de Veolia. Avec 15 centres déjà déployés dans plusieurs villes d'Europe, d'Asie et du Moyen-Orient, ce programme phare de Veolia entend tirer parti de l'essor de l'intelligence artificielle pour optimiser la consommation de différentes ressources (eau, énergie et gestion des déchets). Dans ces centres, les analystes de Veolia utilisent des données en temps réel provenant d'une multitude de sites équipés de capteurs en réseau et de compteurs intelligents (réseaux d'eau municipaux, systèmes de collecte des déchets, bâtiments, sites industriels, systèmes d'énergie et plus) par le biais des algorithmes afin d'optimiser la consommation des ressources de ses clients municipaux, commerciaux et industriels. Ce programme transformatif innove également en matière de business model en proposant à ses clients la « performance de consommation comme un service ». En alignant la révolution de l'IA avec la recherche de durabilité, Hubgrade se donne pour objectif ultime d'accélérer la transition vers l'économie circulaire.

Stanislas Chaillou, Daniel Fink et Pamela Goncalves analysent ensuite l'effet disruptif des algorithmes d'apprentissage machine sur le secteur de l'immobilier, via les projections et les prévisions. Par exemple, une étude de faisabilité qui nécessitait auparavant quatre heures et coûtait 10 000 \$ est désormais automatisée, prend cinq minutes et offre une plus grande précision. Nous découvrons aussi le témoignage de Wesam Lootah, PDG du Smart Dubai Office au sujet de leur coopération pionnière avec IBM Watson en vue d'utiliser l'IA pour transformer les services gouvernementaux et les services clients. Lancé en 2016, le service « Saad » permet par exemple aux entreprises utilisatrices de poser des questions au gouvernement et d'obtenir des réponses rapides sur l'obtention de licence et l'inscription au registre des entreprises à Dubaï. Il y a quelques mois, Smart Dubai Office et IBM ont dévoilé une feuille de route pensée pour accélérer le développement des services aux citoyens faisant appel à l'IA dans l'ensemble de Dubaï et pour doter

la prochaine génération de professionnels de compétences recherchées en matière d'analyse, de cloud, de technologies cognitives et blockchain.

Nous arrivons ensuite en Inde où la social venture *MicroHomeSolutions City Labs* présente une série de projets locaux innovants mis en œuvre à Delhi. Leur objectif : donner accès aux communautés à faible revenu à des connaissances en matière de construction et de solutions de microfinancement, via des supports numériques. Marco Ferrario, Rakhi Mehra et Swati Janu analysent la manière dont la pénétration accrue des smartphones, associée à l'essor de l'IA, pourrait améliorer de façon radicale la qualité/sécurité et le budget des foyers à faible revenu.

Avec Frank Escoubes, nous explorons alors la manière dont les plateformes et méthodologies d'intelligence collective émergentes se basent de plus en plus sur des algorithmes et se retrouvent au cœur des processus de gouvernance municipale. La participation des citoyens et des parties prenantes à la co-construction de solutions adaptées aux défis de la ville peut initialement peser en termes de coût et d'efficacité, mais annonce potentiellement une nouvelle ère de la démocratie participative.

Enfin, Alessandro Voto analyse la manière dont la technologie blockchain, sorte de registre public sécurisé, qui permet aux communautés de stocker des données de façon définitive sur un réseau d'ordinateurs et d'autres infrastructures numériques, transforme la manière dont les villes sont gérées et gouvernées. Ces réseaux peer-to-peer alimentés par les algorithmes sont utilisés pour passer des contrats de conception/réalisation à grande échelle sans avoir à compter sur des intermédiaires. Imaginées par un écosystème d'entrepreneurs et d'investisseurs en capital-risque en pleine effervescence, les applications abondent, au-delà des désormais célèbres monnaies cryptographiques comme Bitcoin, premier cas d'utilisation notable de la blockchain.

Nicolas MIALHE
Coordinateur

HUBGRADE – CENTRES DE PILOTAGE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE :

mesurer la consommation de ressources pour se rapprocher d'une Économie Circulaire

Antonio Neves Da Silva
Project Manager - Marketing Cities
Direction Développement,
Innovation et Marchés

Patrice Novo
VP Marketing Cities
Direction Développement,
Innovation et Marchés



Hubgrade à Madrid, Espagne

Antonio Neves Da Silva est titulaire du Master en Sustainable Energy Systems du MIT Portugal Program, à l'Université technique de Lisbonne. Il fait partie du groupe depuis 2009. Antonio est aujourd'hui chargé de promouvoir des services innovants en Europe, en Amérique, dans les Émirats Arabes Unis et en Chine. C'est un membre des Centers of Excellence for Building Energy Efficiency et Hubgrade de Veolia, depuis leur création en 2015.

Patrice Novo est diplômé de l'École Supélec et titulaire d'une maîtrise de Sciences Économiques. Il entre dans le groupe Veolia en 1998. Il occupe diverses fonctions de management opérationnel et commercial au sein de la division Énergie avant de prendre la direction du Marketing Cities du groupe. Il définit l'approche Marketing du groupe et entre autres, dirige la conception et le déploiement des centres de pilotages « Hubgrade » en France et à l'international.

MOTS CLÉS

- PRÉSERVATION DES RESSOURCES
- ÉCONOMIE CIRCULAIRE
- MÉTABOLISME URBAIN
- RÉVOLUTION NUMÉRIQUE
- TEMPS RÉEL
- GESTION DU CHANGEMENT
- APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE
- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
- INDUSTRIE 4.0
- TRANSFORMATION DIGITALE
- PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE

Comment les villes, les entreprises et les industries peuvent-elles stimuler la croissance alors que les ressources se font plus rares ? Tout d'abord en commençant par mesurer leur consommation afin de mieux la gérer. De plus, nous pouvons tous prendre nos distances par rapport à un modèle linéaire de consommation.

Et, grâce à la révolution numérique qu'est l'IdO¹, nous pouvons accélérer cette transition dès aujourd'hui.

Veolia est le seul acteur à proposer un suivi et une optimisation des flux d'eau, d'énergie et de matières en temps réel. C'est pourquoi nous développons des centres de pilotage de l'efficacité énergétique que nous appelons Hubgrades. Ils utilisent la technologie des objets connectés et l'intelligence artificielle. Ces centres permettent de créer de nouveaux emplois et de nouvelles opportunités commerciales de préservation des ressources.

Hubgrade stimule l'efficacité énergétique et les mesures de préservation de l'eau. Il permet aussi d'optimiser la récupération des matériaux et l'utilisation d'énergie renouvelable. Mais tout cela n'est évidemment possible que grâce à l'importance reconnue au facteur humain.

¹ IdO – Internet des objets

INTRODUCTION

Hubgrade est le nom que Veolia donne à ses centres de pilotage dédiés à la gestion de l'eau, de l'énergie et des déchets. Les analystes de Veolia y exploitent les données en temps réel qui rendent possible une optimisation de la consommation en ressources de nos clients – municipalités, entreprises et industries. Ce service innovant repose sur une organisation dédiée, des outils numériques révolutionnaires et de nouveaux modèles économiques.

Hubgrade constitue aussi une formidable occasion d'instaurer un changement de culture dans notre organisation, de transformer en profondeur nos méthodes d'exploitation et de devenir plus efficaces, tout en proposant de nouveaux services à nos clients qui bénéficient ainsi d'une expérience améliorée des services que leur fournit Veolia.

Chaque centre Hubgrade peut être équipé pour traiter les données transmises par une multitude de sites, qu'il s'agisse de réseaux municipaux de distribution d'eau potable ou de systèmes de collecte des déchets, de bâtiments ou de sites industriels, de systèmes de chauffage à l'échelle d'un quartier ou encore d'autres sites. Aujourd'hui, nous disposons de 15 Hubgrades accélérant déjà la transition vers une Économie Circulaire. Ils nous apportent la garantie qu'aucune ressource de valeur n'est gaspillée.

1. UN DÉFI ET UNE OPPORTUNITÉ

1.1. STIMULER LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE DANS UN CONTEXTE DE RARÉFACTION DES RESSOURCES

L'urbanisation augmente partout dans le monde et les villes font subir à notre planète une pression considérable. Depuis les années 1970 l'humanité a consommé davantage de ressources naturelles que la planète ne peut en fournir et en produire en un an.

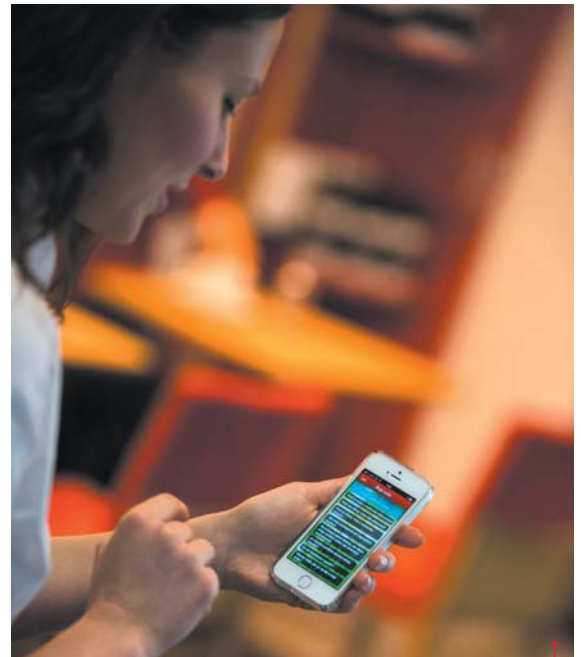
De nos jours, pour soutenir sa croissance l'humanité aurait besoin d'une planète et demie. D'ici 2050, au rythme actuel, nous aurions besoin de presque trois planètes. Nos besoins en eau, énergie, nourriture et autres produits croissent rapidement. Le modèle d'autrefois qui consistait à prélever, fabriquer et jeter est aussi à l'origine d'une pollution extrême, de la volatilité des prix et de l'effondrement de la biodiversité. Sans même parler de l'impact sur le changement climatique et l'environnement, cela a des conséquences manifestes pour l'économie et la société. Le défi que nous devons relever maintenant est de découpler la croissance économique de la consommation de ressources.

Nous devons nous orienter vers une Économie Circulaire où rien n'est gaspillé. Concrètement, nous ne devons pas nous contenter de préserver l'énergie et l'eau tout en réduisant les déchets. Nous devons aussi améliorer l'efficacité énergétique, recycler davantage et stimuler les énergies renouvelables. De plus, nous devons trouver des opportunités économiques pour que cette transformation s'accélère.

"Faire plus avec moins" est simple en théorie, mais chiffrer l'efficacité des ressources est plus ardu dans la pratique.

Un métabolisme urbain intelligent : comment identifier en temps réel les possibilités d'économies de ressources.

La nouvelle génération de solutions à base de données nous permet de mieux comprendre le métabolisme urbain. Il s'agit d'un modèle représentant la transformation de ressources naturelles en produits et en services. Ce modèle quantifie la valeur économique de ce que l'on utilise et de ce que l'on gaspille.



Utilisateur final

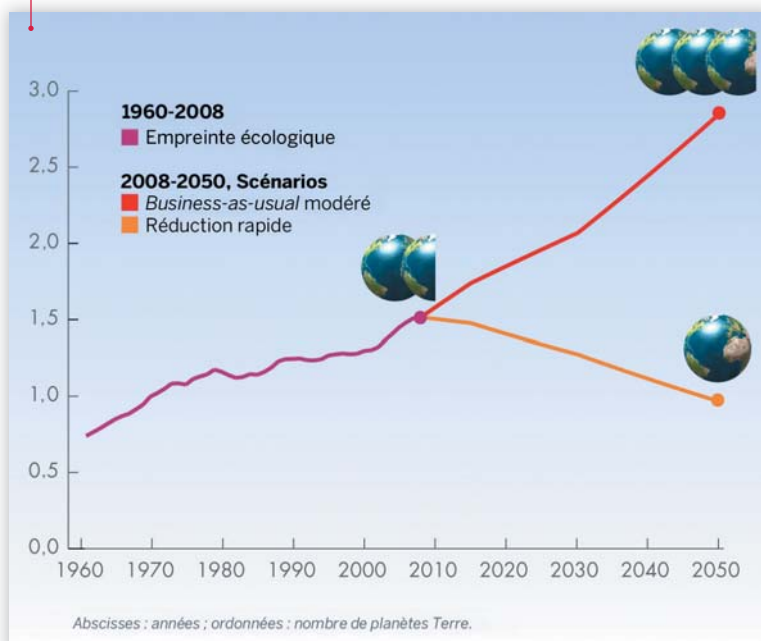
Il est aujourd'hui possible d'augmenter la résolution temporelle de la consommation, ce qui nous permet de construire des modèles de métabolismes urbains intelligents utilisant des données en temps réel. Ce genre de modèle virtuel représente l'interconnectivité entre différents sous-systèmes, qui peuvent inclure infrastructures urbaines, bâtiment de bureaux, écoles, hôpitaux, sites industriels et même logements.

Mais quels sont les avantages des modèles de métabolismes urbains intelligents ? Grâce à ces modèles, il est plus facile de reproduire des solutions durables dans d'autres sous-systèmes. C'est pertinent quand certains sous-systèmes doivent répondre à des défis similaires. Prenons l'exemple d'une infrastructure urbaine qui doit devenir plus résiliente, plus conviviale, voire plus inclusive. Les défis rencontrés sont les mêmes pour les bâtiments et les sites industriels qui doivent devenir plus écologiques et moins consommateurs.

Les ressources que nous gaspillons se transformeront soit en émissions, soit en rejets terrestres ou aquatiques. Pour éviter ce gaspillage, il faut appliquer une approche globale aux économies de ressources. Or c'est précisément ce que propose le métabolisme urbain intelligent. Il signale la valeur que possèdent les déchets d'un sous-système aux yeux d'autres secteurs économiques et la possibilité d'une transaction commerciale permettant la réutilisation, la récupération ou le recyclage de déchets par d'autres sous-systèmes. Les émissions et les rejets ont aussi un coût financier et peuvent se transformer en opportunités manifestes de faire des économies.

Chez Veolia, les modèles prévisionnels d'analyse de consommation de ressources sont quelque chose de très concret. En effet, nous transformons ces modèles

Empreinte écologique - <http://www.footprintnetwork.org>



en contrats de performance pour nos clients, leur garantissant des économies. On pourrait penser que nous proposons ce genre de contrat depuis toujours. Mais alors, qu'est-ce qui a changé ?

Aujourd'hui, nous pouvons nous engager à réaliser beaucoup plus d'économies, car nous avons appris à comprendre la chaîne de valeur des ressources en dehors de nos opérations traditionnelles. Des capteurs, des produits intelligents et d'autres technologies numériques renforcent désormais nos capacités. Non seulement nous assurons la mise en œuvre et l'exploitation de systèmes efficaces et efficaces, mais nous invitons nos consommateurs finaux à être des acteurs clés de la solution. Et s'ils acceptent de changer leurs comportements, c'est qu'ils savent que ce sera bénéfique pour eux. Grâce aux solutions intelligentes, des citoyens et autres consommateurs finaux se voient communiquer les informations dont ils ont besoin pour économiser davantage.

Veolia ne peut suivre tous les flux de ressources dans une ville et ce ne serait pas pertinent. Nous nous engageons cependant à rendre la consommation de ressources plus efficace dans notre périmètre d'exploitation. C'est pour cela que la collectivité de Pudong à Shanghai a choisi de confier la gestion de ses réseaux de distribution d'eau à Veolia.

Plus récemment, à Shanghai, Veolia a inauguré un Hubgrade pour la gestion de l'eau, de l'énergie et des déchets. Nous pouvons maintenant monter en puissance dans les engagements que nous prenons vis-à-vis de nos clients actuels. Nous pouvons également proposer ces services innovants à de nouveaux clients partout en Chine. Ainsi, eux aussi pourront réaliser encore davantage d'économies.

2. HUBGRADE

2.1. HUBGRADE, C'EST QUOI ?

Économies en eau et en énergie, minimisation des déchets et taux de recyclage, réduction des émissions de carbone – autant d'indicateurs clés de performance que Veolia a toujours suivis. Maintenant, nous avons la possibilité de les suivre en temps réel et où que nous soyons, mais à la condition de procéder à un changement organisationnel d'importance.

C'est pourquoi Veolia consacre au Hubgrade, centre de pilotage de l'efficacité énergétique, une organisation dédiée, des outils numériques et de nouveaux modèles économiques qui l'ont accompagné dès sa création. Hubgrade, c'est aussi un moyen pour Veolia de susciter des synergies d'exploitation dans toutes ses activités, eau, énergie et gestion des déchets.

Hubgrade, c'est encore la rencontre entre la gestion de données et nos compétences techniques de terrain, avec, à la clé, une atténuation significative des risques et, en même temps, une proximité et une réactivité très accrues aux besoins de nos clients.



Hubgrade, centre de monitoring intelligent à Paris, lancé en 2016

Hubgrade est enfin un véritable atout pour faire de la gestion du changement une occasion d'améliorer l'efficacité opérationnelle et d'offrir de nouveaux services.

Liste des Hubgrades : Dublin, IRLANDE ; Paris et Marseille, FRANCE ; Bruxelles, BELGIQUE ; Bilbao, Madrid et Barcelone, ESPAGNE ; Birmingham, ROYAUME-UNI ; Milan, ITALIE ; Amsterdam, PAYS-BAS ; Dubai, É.A.U. ; Stockholm, SUÈDE ; Budapest, HONGRIE ; Shanghai, CHINE ; Sydney, AUSTRALIE.

2.2. COMMENT FONCTIONNE HUBGRADE ?

Les clients veulent pouvoir contrôler les coûts et la consommation, ce qui les amène à équiper leurs systèmes de capteurs. Ceux-ci transmettent des données en temps réel à Hubgrade, où elles sont ensuite traitées par nos analystes afin d'identifier des économies potentielles. Cela peut se traduire par des mesures immédiates ou par une feuille de route pour des améliorations.

Nous communiquons des recommandations à nos clients et à nos équipes, en fonction du type de contrat. Cela les aide à identifier et à hiérarchiser les mesures d'économie de ressources. Un tableau de bord en ligne permet à nos clients de suivre leurs propres indicateurs et de les comparer à des valeurs moyennes. De cette façon, les progrès peuvent être clairement mesurés, tout comme la diminution des factures.

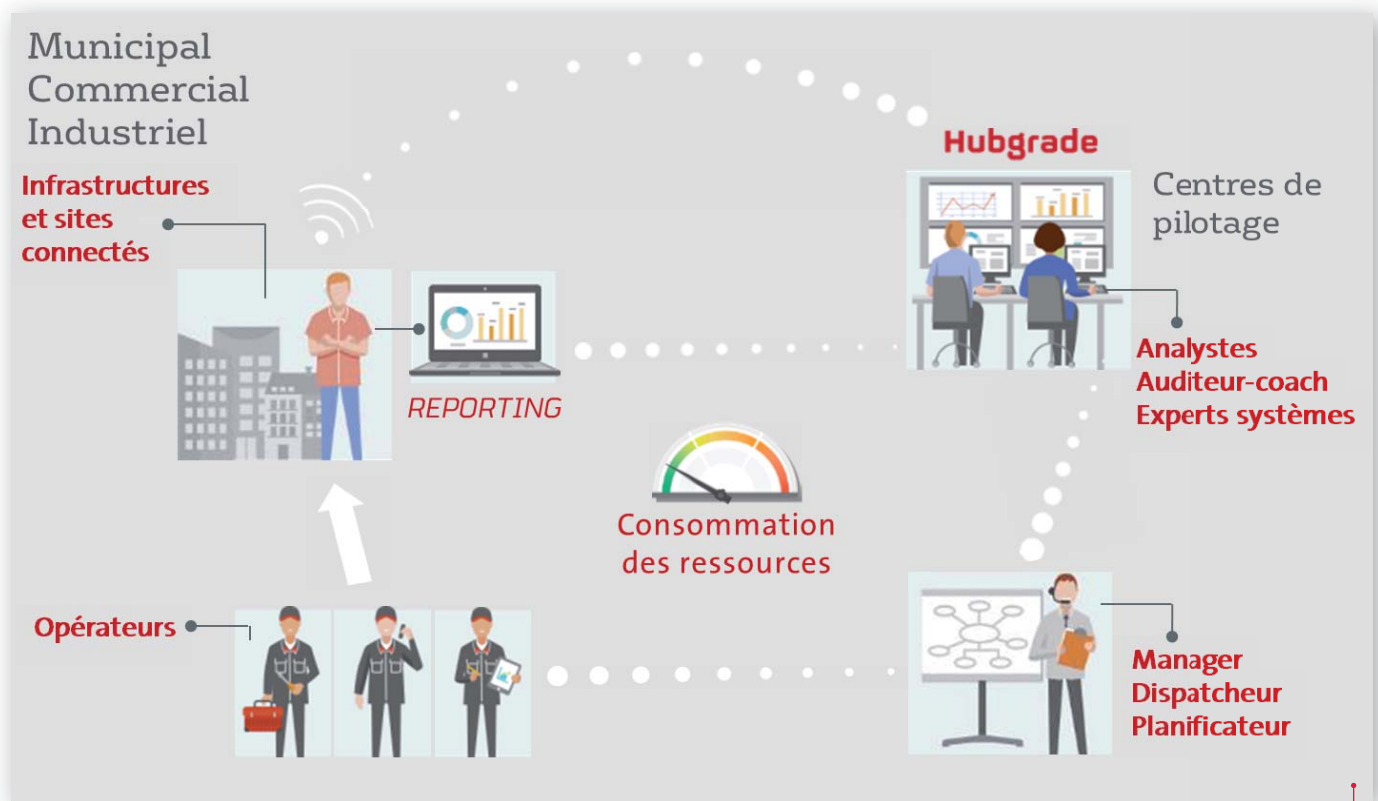
Clients et consommateurs finaux prennent ainsi mieux conscience de la manière dont ils peuvent réaliser des économies.

2.3. ÉQUIPE DÉDIÉE D'EXPERTS

Hubgrade fonctionne grâce à une équipe d'experts qui ont un but commun : favoriser une meilleure utilisation des ressources en collaboration avec les équipes opérationnelles sur site et les clients. Afin de profiter pleinement du potentiel de Hubgrade, Veolia a défini de nouveaux profils d'ingénieurs :

- **L'analyste de données** possède une expertise dans la gestion de l'énergie, de l'eau et des déchets.
- **L'auditeur-coach** garantit que les opérations sur site se déroulent conformément aux recommandations des analystes.
- **L'expert des systèmes** qui alimente les applications informatiques à partir des données pertinentes de capteurs.

Les capacités de l'équipe Hubgrade sont fondées sur l'omniprésence des technologies numériques. Hubgrade permet à Veolia de réagir rapidement et de manière ciblée. Dès qu'une alerte est signalée par les systèmes, un bon de travail peut être émis.



Hubgrade, une nouvelle organisation pour garantir plus d'économies

L'équipe Hubgrade peut agir à distance ou envoyer une équipe sur site. Si nécessaire, une intervention est programmée et confiée aux équipes opérationnelles. Le client peut suivre de son côté l'ensemble du processus grâce à une application.

Ces nouveaux rôles nous permettent d'assurer la bonne mise en œuvre de la gestion du changement dans nos activités traditionnelles. Grâce à l'équipe Hubgrade, Veolia boucle la boucle dans la chaîne de valeur des ressources et c'est ainsi que Hubgrade peut garantir que plus d'économies sont faites.

2.4. SOLUTIONS NUMÉRIQUES

L'un des principaux défis de la transformation digitale est de garantir que les différents systèmes communiquent entre eux. Hubgrade regroupe en son sein divers systèmes intégrés tels EMS², Plateformes de Gestion de Déchets, Systèmes de Suivi et de Contrôle de la Qualité de l'Eau, BMS³, CMMS⁴, logiciels de Gestion d'Équipements, systèmes SCADA⁵, et même Empreinte Carbone, des applications de vérification de la Qualité de l'Air en Intérieur et bien d'autres encore. Ces systèmes proposent aussi d'autres fonctions comme l'analyse financière et le benchmarking.

Nous avons également créé des tableaux de bords permettant de partager les principales données provenant des systèmes numériques avec nos analystes. Cela les aide à prendre des décisions et à communiquer des indicateurs de performance aux équipes opérationnelles sur le terrain. Nous fournissons aussi à nos clients un accès en ligne à leurs rapports, ainsi que des informations de sensibilisation à destination des consommateurs finaux.

Le fonctionnement de ces systèmes peut être divisé en quatre étapes :

1. Collecte d'informations des capteurs.
2. Acheminement des informations vers les bases de données.
3. Visualisation de données sur des tableaux de bords et dans des rapports.
4. Communication aux équipes opérationnelles, au client et aux consommateurs finaux.

Hubgrade utilise des modèles statistiques, des algorithmes d'optimisation, des informations géographiques et des outils de prévision. Des algorithmes méta-heuristiques utilisés pour filtrer les données nous permettent d'anticiper les besoins du client. Nous analysons les corrélations entre les tendances de consommation et les profils de production pour identifier des améliorations.

“CRÉER DE NOUVEAUX POSTES POUR LES RÔLES D'ANALYSTES, D'AUDITEURS ET D'EXPERTS SYSTÈMES TRAVAILLANT AU HUBGRADE ET INVESTIR DANS LEUR ÉVOLUTION DE CARRIÈRE EST UNE GRANDE RÉUSSITE POUR LES RESSOURCES HUMAINES CHEZ VEOLIA.”

2 EMS – Energy Management Systems / Systèmes de gestion de l'efficacité énergétique

3 BMS – Building Management Systems / Gestion technique de bâtiment (GTB)

4 CMMS – Computerized Maintenance Management Systems / Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

5 SCADA – Supervisory control and data acquisition / Système d'acquisition et de contrôle de données

Par ailleurs, l'apprentissage automatique renforce l'autonomie et la puissance de Hubgrade. Ce processus génère de nouvelles capacités qui nous permettent de faciliter le passage des clients Veolia à la « mentalité de l'industrie 4.0 », et ce en leur fournissant de précieuses informations au sujet des ressources qu'ils doivent gérer à travers l'ensemble de leur chaîne de production. De fait, nous ne considérons plus les ressources comme de simples commodités.

Nous analysons les modes de consommation au cœur du processus industriel de nos clients. Les solutions d'apprentissage automatique nous permettent, par exemple, de suivre le niveau de consommation de chaque machine, et ce, sans les équiper individuellement de compteurs.

Cette technologie peut aussi être appliquée aux bâtiments commerciaux. Un seul compteur à haute fréquence nourri d'algorithmes d'apprentissage automatique nous permet de ventiler la consommation électrique par type d'équipement : éclairage, climatisation, ordinateurs, appareils et autres machines.

Dans un avenir proche, un seul compteur et quelques capteurs nous permettront même de mesurer avec précision la consommation électrique de chaque habitant. Notre client pourra envoyer des factures à ses locataires pour leurs consommations individuelles sans compteur supplémentaire. Ces solutions seront suffisamment peu coûteuses pour que les relevés soient abandonnés.

Des données croisées obtenues de nos activités et de celles de nos clients mettent en exergue la valeur ajoutée directe que nous leur fournissons. Nous suivons et communiquons la qualité de l'air en intérieur et les conditions de confort en temps réel. Nos clients savent ainsi et en toute transparence que la qualité est garantie, alors même que la consommation est minimisée.

Une application en ligne permet de mieux toucher du doigt l'Économie Circulaire. Les clients peuvent chiffrer leurs économies. Ils peuvent également suivre leurs réductions d'émissions et de déchets qui ne se retrouveront pas dans des décharges.

2.5. MODÈLES ÉCONOMIQUES INNOVANTS

« Tout ce qui peut être numérique le sera »⁶. L'impact se fait sentir également sur les modèles économiques et nous ajoutons une couche essentielle de services numériques à nos activités traditionnelles. Nos schémas économiques et commerciaux doivent par conséquent être adaptés.

Nous devons donner sa pleine portée à la proposition de valeur unique de notre nouvelle composante numérique et pour ce faire, nous devons incorporer de nouveaux modèles commerciaux à notre offre, semblables à ceux en usage dans l'industrie numérique. Le passage d'un



Hubgrade à Dubaï

modèle TCO⁷ à un modèle SaaS⁸ est une transition prise en compte par Veolia. Nous enrichissons nos activités clés par une offre de performance comme service.

Alors même qu'il faut adopter le long terme en faveur de la durabilité, les cycles de vie des produits deviennent plus courts. Mais nous ne nous laissons cependant pas détourner de la poursuite de notre mission, à savoir la nécessité d'une innovation continue pour accompagner une demande et des attentes client qui changent.

Les premières solutions en temps réel, articulées avec des modèles économiques innovants et proposées par Veolia, s'appliquent à toutes nos activités de gestion de l'énergie, de l'eau et des déchets :

- Suivi, analyse et optimisation,
- Reporting interactif,
- Applications pour le consommateur,
- Modélisation des données,
- Maintenance prévisionnelle et suivi des installations.

Nous proposons une démonstration de tous ces services à nos clients qui visitent un Hubgrade. Partout où se trouve un Hubgrade, nous offrons une expérience client améliorée. Hubgrade opère avec toute la transparence requise pour garantir la confiance des clients en notre savoir-faire en matière de données et en notre engagement en faveur de résultats.

⁷ TCO – Total Cost of Ownership / Coût global de possession

⁸ SaaS – Software as a Service / Logiciel en tant que service

Hubgrade à Milan



⁶ Deloitte, Smart Cities *How rapid advances in technology are reshaping our economy and society* (L'impact de progrès technologiques rapides sur nos économies et de nos sociétés) Version 1.0, November 2015



Citoyens de Chine

Création de valeur partagée⁹

S'il est possible de considérer que l'intelligence artificielle est socialement nuisible en ce qu'elle va détruire des emplois, ce raisonnement manque toutefois de rigueur. Nous croyons que l'innovation est le meilleur moyen de créer de la valeur sociétale. C'est l'intelligence artificielle qui a rendu possible l'amélioration des conditions de sécurité d'innombrables employés sur le terrain, comme le montre la mise en œuvre de notre solution de tri de déchets I-Sorter. De plus, les employés ont bénéficié de formations et de nouvelles possibilités d'évolution professionnelle. Cet exemple montre l'intérêt de l'intelligence artificielle comme véritable levier pour la durabilité.

Créer de nouveaux postes pour les rôles d'analystes, d'auditeurs et d'experts systèmes travaillant au Hubgrade et investir dans leur évolution de carrière est une grande réussite pour les ressources humaines chez Veolia. L'idée est ici de réunir les capacités humaines et les compétences numériques afin de déclencher une dynamique sociale et économique tout en protégeant la planète.

Nous avons confié à de petites et moyennes SSII le soin de développer les outils numériques utilisés pour Hubgrade et nous concevons notre partenariat avec ces PME¹⁰ comme une relation à long terme. Nous prenons un engagement de création de valeur au bénéfice de nos clients pour que grâce à eux leurs communautés d'utilisateurs puissent en profiter.

3. VEOLIA ASSURE LE SUIVI DE PLUS DE TROIS MILLIONS DE POINTS DE DONNÉES

Veolia gère plus de trois millions de capteurs, dont un million de compteurs intelligents. Nous sommes encore loin d'une exploitation optimale des données fournies par ces capteurs. Mais on peut se réjouir des progrès rapides accomplis par Veolia qui déploie de manière industrielle des Hubgrades partout dans le monde, nous permettant d'y suivre désormais plus de 300 000 points de données.

Voyons maintenant comment tout cela a commencé.

Nous avons commencé par l'optimisation des bâtiments. En effet, l'humanité passe plus de 90 % de son temps dans des bâtiments¹¹ et c'est pourquoi il est logique d'en faire le point de départ d'une recherche d'opportunités de préservation de ressources¹². Sur notre planète, les bâtiments sont

responsables d'environ 40 % de la consommation d'énergie, 25 % pour l'eau et 40 % de matériaux¹³. Parallèlement, la plus grande partie des rejets de gaz à effet de serre sur terre leur est imputable et cette part représente environ un tiers du total des émissions de GES. En réponse au problème des émissions de CO₂ et de la consommation des ressources, l'Union européenne a adopté en 2012 une directive relative à l'efficacité énergétique.

Dès cette époque, Veolia s'est préoccupée de trouver des solutions aux défis rencontrés par nos clients en commençant à élaborer de nouvelles solutions numériques pour la gestion de l'énergie. Les solutions proposées ont généré en moyenne une économie en énergie de 15 %. C'est par exemple ce qui s'est passé avec Indra Sistemas, l'un de nos 160 clients ayant signé un Contrat de performance énergétique, dont nous avons optimisé la consommation grâce à un centre de pilotage en temps réel. Indra Sistemas, leader espagnol des systèmes informatiques et de défense, a réussi grâce à Veolia, à réduire de 15 % sa consommation d'énergie dans ses 65 bâtiments.

En 2014, à l'occasion de la réorganisation du groupe, Veolia a profité de la possibilité d'étendre l'expérience acquise au sein de ces centres de pilotage de l'efficacité énergétique à ses activités de gestion de l'eau et des déchets. C'est ainsi qu'est né Hubgrade. Dès le début, les Hubgrades ont ainsi optimisé non seulement l'efficacité énergétique des bâtiments mais aussi celle des sites de valorisation énergétique des déchets ainsi que la consommation en électricité des usines de traitement des eaux usées.

Aujourd'hui, Veolia a généralisé l'emploi de ses solutions numériques à toutes ses activités. Nous les utilisons par exemple pour l'optimisation des trajets de collecte des déchets, mais aussi pour la réduction des fuites dans les réseaux de distribution d'eau. Grâce à ces solutions, nous continuons à améliorer l'efficacité énergétique de bâtiments, de sites industriels etc.

Dans le cadre de "One Veolia", Hubgrade constitue déjà un succès majeur, qui nous permet d'être au plus près des besoins de nos clients.

La Chine est le premier pays à bénéficier du plein potentiel de Hubgrade, grâce à un centre qui optimise à la fois la consommation d'énergie et d'eau et la gestion des déchets au service de municipalités, d'entreprises et de clients industriels. Grâce à Hubgrade, clients et consommateurs communiquent avec nous en temps réel. Nous pouvons maintenant leur fournir les services et les informations dont ils ont besoin afin, qu'ensemble, nous puissions poursuivre nos efforts en faveur d'un avenir durable.

9 M. Porter et M. Kramer – Harvard Business Review – Janvier-Février 2011

[Note : La Création de valeur partagée (CSV en anglais) ne fait pas partie de la RSE, qui se distingue de la maximisation du profit. La CVP doit plutôt être considérée comme une extension du concept de RSE et comme une transition à partir de celle-ci.]

10 PME – Petite et moyenne entreprise

11 source : <https://www.buildinggreen.com/blog/we-spend-90-our-time-indoors-says-who>

12 McKinsey – Resource Revolution 2011

13 source : <https://www.euenergycentre.org/images/unep%20info%20sheet%20-%20ee%20buildings.pdf>

LES TECHNOLOGIES URBAINES EN PLEIN ESSOR : quand l'apprentissage machine vient bousculer l'immobilier

Entretiens avec :
Marc Rutzen et Jasjeet Thind par Stanislas Chaillou, Daniel Fink et Pamela Gonçalves



Stanislas Chaillou est candidat au sein du master en architecture de l'université de Harvard ainsi que directeur de la CitiX Initiative, montée dans le cadre de The Future Society. Il a déjà travaillé pour plusieurs cabinets de renommée internationale, comme Shigeru Ban Architect ou Adrian Smith + Gordon Gill. Récent lauréat du prix American Architecture (dans la catégorie étudiant), Stanislas bénéficie d'une bourse Fulbright, d'une bourse Arthur Sachs et d'une bourse Jean Gaillard.

Daniel Fink est candidat au master SMarchS (études des sciences de l'architecture) au MIT. Directeur au sein d'Urban Agency, il a travaillé précédemment pour Grimshaw Architects.

Pamela Gonçalves est candidate en MBA au MIT. Elle a précédemment travaillé pour Endeavor Brasil en tant que responsable des recherches et des politiques publiques.

MOTS CLÉS

- PRÉVISION
- ANALYSE DES DONNÉES
- IMMOBILIER
- APPRENTISSAGE MACHINE

Dans le secteur immobilier, la pratique de l'analyse urbaine fondée sur l'IA est en plein essor. La science des données et la logique algorithmique sont à la pointe des nouvelles pratiques de développement urbain... ou presque. *Presque, c'est-à-dire ?* Car telle est la question. En effet, selon les spécialistes, la numérisation dépassera largement la gestion des bâtiments intelligents. De nouveaux outils d'analyse, dotés de capacités de prévision, pourraient avoir des conséquences majeures sur l'avenir du développement urbain, remodelant du même coup le secteur immobilier.

INTRODUCTION

Dans l'introduction de son ouvrage « *Smart Cities* », Anthony Townsend pose la question en des termes très simples : « Aujourd'hui, le nombre de personnes vivant en ville dépasse le nombre de personnes vivant à la campagne, le nombre de connexions mobiles haut débit dépasse le nombre de connexions fixes et les machines sont plus nombreuses que les personnes sur le nouvel Internet des Objets¹. » Pourtant, ni le marketing soigné des grands acteurs des technologies de l'information, comme IBM et Cisco, ni les théories dystopiques des scientifiques critiques tels qu'Adam Greenfield ne veulent l'admettre : la révolution numérique qui déferle sur les villes n'est pas encore complètement prouvée. En revanche, nous avons assisté au cours de la dernière décennie à la lente émergence et à la croissance rapide du paradigme informatique appliqué à la planification urbaine et à l'immobilier.

Comme le montre l'évolution des secteurs du voyage et du tourisme, Big Data et l'apprentissage machine (ou machine learning) peuvent transformer en profondeur des secteurs entiers. La désintermédiation généralisée et la possibilité de réaliser des économies ont considérablement fait pencher la balance du côté des clients, tout en détruisant les rôles traditionnellement dévolus aux courtiers et aux agences. Des tendances similaires sont observées dans le secteur immobilier. Si les perturbations restent encore limitées, car la fragmentation du secteur et l'inertie de la profession maintiennent une certaine opacité du marché et masquent en partie la réalité, la transformation est bien en cours.

L'univers de l'analyse urbaine progresse de façon régulière depuis les années 1980 et l'avènement

¹ Anthony Townsend, "Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia."

des ordinateurs personnels. De la simple agrégation de données sur Internet jusqu'à la récupération et au filtrage d'informations issues des bases de données, les années 1990 ont vu une nette amélioration des outils technologiques de l'immobilier. Avec le cloud computing et le haut-débit, les plateformes en ligne voient aujourd'hui arriver l'apprentissage machine, les réseaux neuronaux et l'intelligence artificielle² sur le marché de la prévision immobilière. D'autres secteurs ont déjà vu leurs pratiques classiques profondément remises en question. C'est aujourd'hui au tour de l'immobilier. Assisterons-nous dans un avenir proche à la dislocation structurelle de l'ensemble de ce secteur ?

² L'apprentissage machine (machine learning) explore l'étude et la construction d'algorithmes capables d'apprendre et d'effectuer des prévisions sur les données, sans être explicitement programmés. L'apprentissage profond (deep learning) relève d'une famille plus vaste de méthodes d'apprentissage machine, basées sur l'apprentissage de représentations de données. L'idée consiste à proposer de meilleures représentations de données non labellisées à grande échelle. Le réseau neuronal est une technique statistique inspirée de la manière dont un système nerveux biologique, comme le cerveau, traite les informations. Il est principalement utilisé pour la reconnaissance de formes (ex. : lire des images) ou la classification des données, via un processus d'apprentissage.

DÉVELOPPEMENT URBAIN ET PAYSAGE DE L'IMMOBILIER URBAIN

LE DÉVELOPPEMENT DES VILLES AMÉRICAINES

Aux États-Unis, les premières villes se concentraient sur la côte Est, en raison du commerce avec l'Europe. Après deux siècles d'industrialisation et avec le développement du secteur des services, des villes d'autres régions ont pu émerger et se développer. Pendant la majeure partie du vingtième siècle, le « rêve américain » consistait à quitter le centre-ville surpeuplé pour vivre dans une maison avec jardin à la périphérie. Or, les toutes dernières tendances laissent entrevoir une résurgence de la vie urbaine aux États-Unis, à mesure que se développe l'« économie de la connaissance ». Aujourd'hui, l'innovation semble alimenter des perspectives optimistes quant à la future prospérité des villes³.

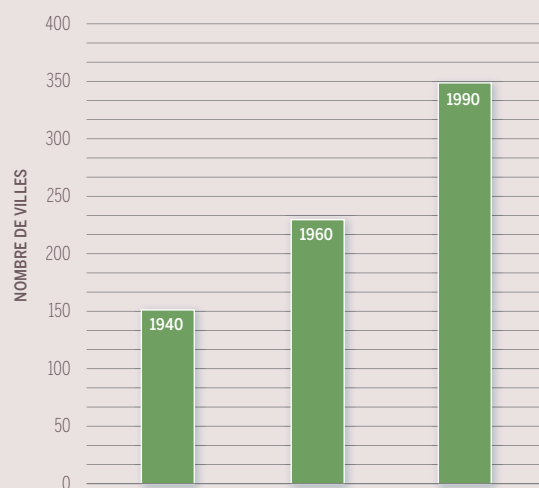
L'économie alimente l'évolution urbaine. L'accès aux services publics (eau, gaz, électricité) et la baisse des coûts des transactions (transport et communication) ont influencé l'emplacement et le rythme du développement urbain. Ainsi, le rôle du gouvernement dans la constitution des villes a évolué au fil du temps, d'un rôle passif et réactif à un rôle proactif, voire préemptif.

L'évolution démographique a également son rôle à jouer. Comme le montre le graphique n° 1, le nombre de villes américaines de plus de 50 000 habitants a grimpé en flèche depuis les années 1940. Seule l'augmentation des problèmes sociaux et environnementaux (embouteillages, pollution et criminalité, entre autres) a contraint le gouvernement à repenser son rôle : en développant des capacités en matière de planification, mais aussi en participant à des transactions, le cas échéant. Le gouvernement, en s'impliquant dans le développement urbain, a redéfini son objectif : rendre les villes attractives et en faire des lieux de vies sains.

LE PAYSAGE DE L'INVESTISSEMENT IMMOBILIER

Pour les développeurs qui démarrent un projet, le plus grand défi consiste souvent à obtenir des partenaires initiaux. Ces investisseurs devenant

Nombre de villes de plus de 50 000 habitants aux États-Unis



Source : KIM, 1999

Graphique 1

généralement les propriétaires, ce sont eux qui supportent une grande part du risque. Le marché est très concentré : comme le montre le graphique n° 2, les fonds d'actions constituent le principal groupe d'investisseurs, soit environ 40 % de l'ensemble des propriétés. Blackstone est en tête de ce groupe avec environ 20 % du marché. Il fait quatre fois la taille de Lone Star, le deuxième acteur.

Bien que les investisseurs engagent des sommes importantes, leurs processus de décision restent basés sur des considérations financières limitées. Nos interviews avec des responsables de fonds immobiliers valident cet avis. La règle d'or, à ce jour, consiste à associer (1) l'achat de terrains bon marché, (2) la signature immédiate de contrats de crédit-bail, enfin (3) une structure de capital optimale pour l'opération. Il convient alors de limiter le risque associé au développement en pratiquant une simple diversification du portefeuille d'actifs.

L'ancien PDG d'une grande société de promotion immobilière classique a reconnu que, même pour de grands programmes d'investissement à haut risque, la pratique consistait au mieux à commander des études de marché spécialisées afin de valider la demande supposée. Néanmoins, aucune prévision structurée n'a été réalisée et, en dehors des données démographiques élémentaires, les analyses urbaines ont été ignorées.

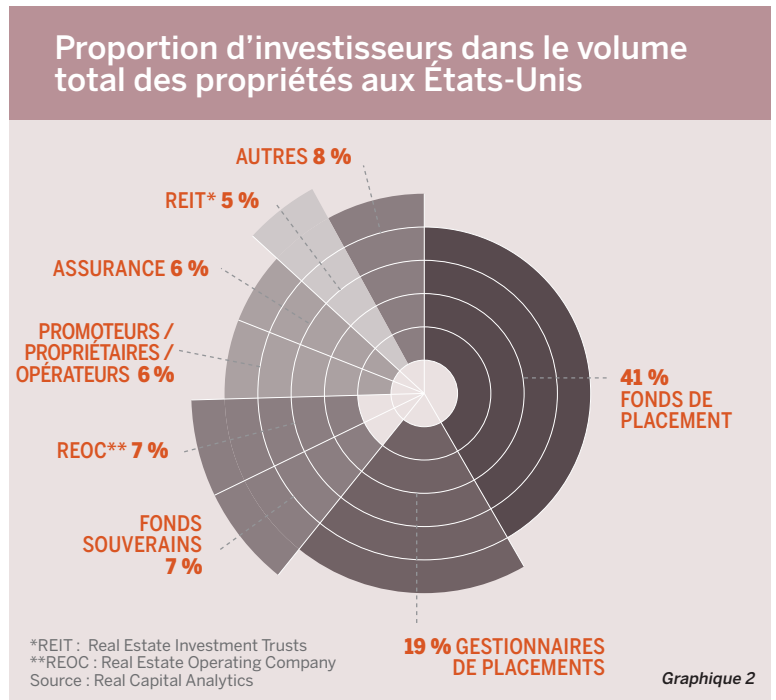
En réalité, trois acteurs principaux - le Locataire, le Prêteur et le Développeur (comme le montre le graphique n° 3) - contrôlent le processus d'investissement. Dans un investissement immobilier typique, ces trois acteurs gèrent les différents horizons temporels de la transaction. Leur logique financière

³ Sukkoo Kim, « Urban Development in the United States, 1690-1990 », Southern Economic Journal, Vol. 66, n° 4.

occupant le premier plan, le système ne peut exploiter pleinement les données issues des études de marché et améliorer la performance économique globale.

S'il est prouvé que l'accès aux biens de service public et la réduction des coûts de transaction facilitent le développement urbain, la qualité et l'accessibilité de ces ressources influencent le choix d'un emplacement par les particuliers et les entreprises. En effet, les appartements situés près des stations de métro sont plus chers que ceux qui sont plus éloignés des transports. Cette information est bien connue dans le secteur de l'immobilier, mais l'analyse urbaine offre l'opportunité de quantifier et de pondérer l'impact de la proximité des transports sur le prix final de n'importe quelle propriété.

Des questions restent sans réponse : comment pouvons-nous utiliser les données immobilières pour améliorer le processus de décision d'investissement et optimiser la rentabilité ? Les analyses descriptives et prédictives peuvent-elles améliorer l'efficacité et réduire les incertitudes pour la communauté dans son ensemble ?



Graphique 2

Le paysage de l'investissement immobilier

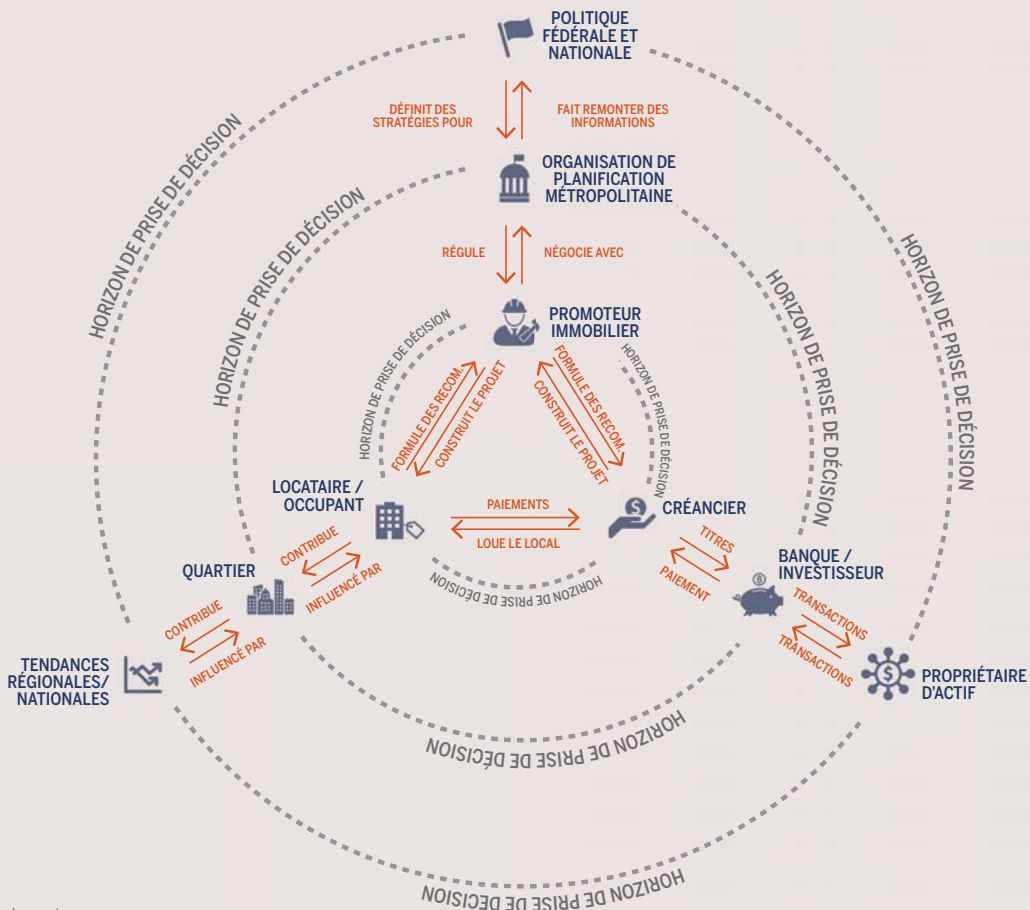


Diagramme créé par les auteurs

Graphique 3

LA CROISSANCE DES PLATEFORMES DE DONNÉES

VERS UNE ANALYSE POUR L'IMMOBILIER ET LE DÉVELOPPEMENT URBAIN

Les nouvelles aspirations en matière de style de vie urbain et de sciences des données alimentent le boom actuel des sociétés technologiques urbaines. D'un côté, le renouveau d'une « vie urbaine ambitieuse » a été décrite par le journaliste Alan Ehrenhalt dans *The Great Inversion and the Future of the American City*. Ce concept a ensuite été soutenu par le travail de fond des économistes urbains contemporains Ed Glaeser et Paul Krugman⁴, qui ont identifié les effets d'agglomération dans les zones urbaines. D'un autre côté, l'essor actuel des données et de l'analyse est à la fois le produit des villes et leur discipline d'analyse. Ce paradigme, connu sous le nom de mouvement *Smart City*, *Urban Big Data* ou *New Science of Cities*, tire son origine d'un intérêt technocratique pour l'analyse sociale assistée par ordinateur, promue dans les années 1970 par les mouvements de la cybernétique et des systèmes de contrôle. Les ressources informatiques actuelles ont permis l'enregistrement et l'analyse des quantités massives de données sur l'univers urbain.

Ces deux phénomènes, notamment le regain d'intérêt pour la vie en ville et notre nouvel engouement pour l'enregistrement et l'analyse des données urbaines, associés à une augmentation considérable de l'investissement d'origine internationale, ont fortement alimenté les investissements dans les sociétés de technologies de l'immobilier : d'après CB Insights, une société d'analyse de capital-risque, l'année 2015 a marqué un record avec 1,5 milliard de dollars de capital-risque investis dans des startups de l'immobilier⁵.

Comme le montre le graphique n° 4, la dynamique des technologies de l'immobilier a progressé, abolissant parfois les frontières entre ses différentes facettes. Généralement, les nouvelles plateformes de technologie urbaine ont réussi soit en proposant des données beaucoup plus fines

(*Compstack*, qui fournit aux courtiers des détails sur des transactions immobilières spécifiques), soit en réunissant des ensembles de données aussi vastes que variés au sein de la même plateforme (*CoStar*, qui réunit de vastes ensembles de données au niveau du code postal sur l'ensemble du pays). Certaines entreprises se basent sur des volumes moins importants mais ciblent surtout la précision (*Compstack*), tandis que d'autres touchent de nombreuses sources de données pour offrir une vision globale du marché (*CoStar*, *Reonomy*, *NCREIF*, etc.).

Les données utilisées peuvent être classées en quatre grandes catégories : Personnes, Lieux, Infrastructures et Richesse.

LES TROIS VAGUES DU BOULEVERSEMENT

AGRÉGATION, ANALYSE ET PRÉDICTION

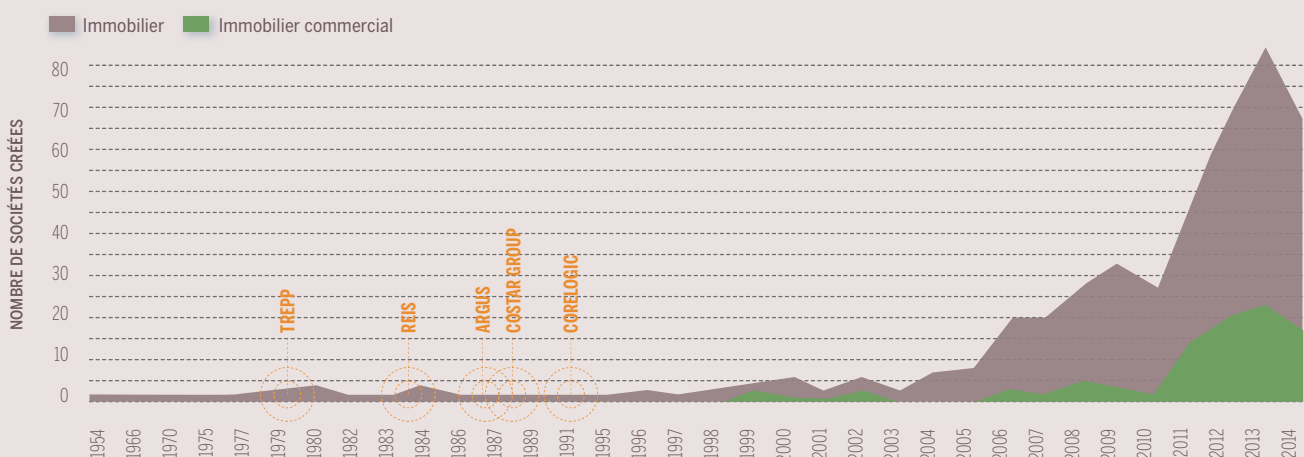
Quand les données sont collectées, leur organisation et leur analyse est une étape essentielle pour en extraire des connaissances. Les logiciels et les plateformes basées sur le cloud sont aujourd'hui utilisés dans ce but. En visualisant, filtrant, analysant, voire en simulant des scénarios futurs, le secteur peut évaluer des tendances du marché, des actifs financiers et des décisions en matière de conception. Il est même possible de prédire des résultats futurs.

La concurrence fait rage entre les différentes technologies permettant d'aborder ce marché : les logiciels classiques sont concurrencés par les plateformes basées sur le cloud, qui permettent d'effectuer une agrégation automatique des données en vastes bases au contenu très riche. Ces plateformes,

4 Edward L. Glaeser, « Is There a New Urbanism? The Growth of U.S. Cities in the 1990s » http://scholar.harvard.edu/files/glaeser/files/is_there_a_new_urbanism_the_growth_of_u.s._cities_in_the_1990s.pdf; Paul Krugman, Masahisa Fujita, Anthony J. Venables, « The Spatial Economy, Cities, Regions, and International Trade »

5 CB-Insights, « Where Are the Top Smart Money VCs Investing in Real Estate Tech? », <https://www.cbinsights.com/blog/smart-money-vcs-real-estate-tech/>

Chronologie de la création des sociétés de technologie immobilière, de 1954 à 2014



Source : CrunchBase Export décembre 2014, Commercial Real Estate Tech Analysis

Graphique 4

encore moins chères à entretenir, bousculent les pratiques traditionnelles. Celles-ci devraient déboucher sur l'élimination de certains intermédiaires, permettre le crowdsourcing d'un nouveau type de données et, à terme, proposer de toutes nouvelles perspectives au secteur.

TENDANCES ET PERSPECTIVES FUTURES

La cartographie du lancement des plates-formes et des logiciels spécifiques est révélatrice, des logiciels des années 1990 à la vague des plateformes basées sur le cloud du début des années 2000. En outre, le marché inexploité de l'analyse prédictive est en plein essor. Les sociétés de technologie immobilière telles que *SpaceQuant*, *Mashvisor*, *SMartZip*, *Enodo Score* et *Zillow* s'appuient toutes sur de grands ensembles de données pour simuler les futurs résultats d'investissement ou évaluer les tendances potentielles du marché.

En revanche, à mesure que les bases de données progressent de façon exponentielle, les logiciels et plateformes existants doivent s'adapter à brasser un volume d'informations considérable. Du côté de la demande, au vu des recherches menées par *Syntheticity* sur le marché, les entreprises ne sont pas prêtes à payer et adopter ces nouveaux outils. La « mentalité de la feuille de calcul » reste la pratique par défaut.

Quoi qu'il en soit, l'essor des applications d'analyse urbaine semble irrésistible. Si le filtrage des données, la standardisation et le respect de la vie privée risquent de ralentir la croissance de ces plateformes, elles pourraient aussi bénéficier de la demande de plus grandes entités (villes ou gouvernements), qui pressent déjà les fournisseurs de plateformes et de logiciels de leur fournir des services.

L'ANALYSE PRÉDICTIVE

LA PREMIÈRE ÉTAPE DU BOULEVERSEMENT

La troisième et dernière « vague » du bouleversement du secteur de l'immobilier s'est produite il y a cinq ans avec l'avènement de l'apprentissage machine : l'« analyse prédictive ». Des entreprises telles que *SpaceQuant*, *Enodo Score* et *Zillow* ont tenté de tirer parti du potentiel des techniques de statistiques avancées. La nouvelle logique algorithmique permet des prévisions basées sur des ensembles de données réunies au cours des 20 dernières années par les sites Internet des gouvernements ou de vastes plateformes de données immobilières, comme *CoStar*. Il s'agit moins d'une révolution d'échelle (volume de données, puissance informatique, etc.) que d'un bouleversement de l'intelligence. Le marché de l'immobilier, autrefois doté d'une vue à très court terme, peut aujourd'hui compter sur des prévisions dans diverses situations : prix des loyers (*Enodo Score*), turnover des locataires dans l'immobilier commercial (*SpaceQuant*), taux d'impayés sur les prêts hypothécaires. Le potentiel de

bouleversement de l'analyse prédictive tient surtout à l'augmentation de la portée des prévisions et à leur plus grande finesse. Comme l'explique Marc Rutzen⁶, PDG d'*Enodo Score*, l'objectif final est de pouvoir conclure des marchés avec plus de précision, en un temps plus court. En d'autres termes, une étude de faisabilité qui nécessitait auparavant 4 heures et 15 minutes pour un coût de 10 000 dollars est désormais automatique, prend environ 5 minutes et offre une plus grande précision.

LA TECHNOLOGIE SOUS-JACENTE

Pour comprendre le marché émergent de l'analyse immobilière prédictive, il est important de comprendre, ne serait-ce que de manière superficielle, le type de technologie en jeu. Marc Rutzen explique que les outils utilisés se basent principalement sur des méthodes statistiques appliquées de manière plus raffinée. En utilisant l'**apprentissage machine**, l'**apprentissage profond** (ou **deep learning**) ou les **réseaux neuronaux**, des startups comme *Enodo Score* portent les outils statistiques classiques au niveau supérieur.

Ces méthodes statistiques avancées suivent toutes le même processus. Elles commencent par une phase de « formation » pendant laquelle la machine reçoit un ensemble de données et « apprend ». En d'autres termes, elle assimile la complexité de l'ensemble de données et tente de pondérer l'impact de chaque facteur (par exemple, les caractéristiques d'une maison) sur la valeur finale (le prix de la maison). S'ensuit une phase de « test » au cours de laquelle la machine, préalablement formée, est testée avec un ensemble de données dont le résultat est connu. C'est le moyen de déterminer le niveau de précision de la valeur finale calculée par l'algorithme. Une fois la machine calibrée (après un certain nombre d'itérations), elle est prête à formuler des prévisions. C'est la phase de prévision, où l'algorithme est utilisé pour déterminer la valeur finale d'un ensemble de données dont le résultat est inconnu. Marc Rutzen ajoute : « Une fois la machine formée et les estimations de la valeur des propriétés générées, l'IU [Interface utilisateur] permet un retour de la part de nos clients. Notre modèle ne prend peut-être pas en compte certaines informations très fines, comme la finition du parquet, mais les retours de nos clients sont utilisés pour former la machine et ajuster le modèle. L'objectif : arriver à un outil plus précis et capable de flexibilité. C'est là la vraie valeur de notre plateforme ! ».

Beaucoup d'efforts sont entrepris pour affiner cet outil : retours des utilisateurs, données de géolocalisation et autres types d'informations. De manière générale, la dynamique qui définit actuellement les technologies de l'immobilier repose principalement sur les techniques statistiques décrites ci-dessus. Ces méthodes développées depuis vingt ans dans le domaine de la science des données ont prouvé leur fiabilité et sont aujourd'hui aux portes du secteur de l'immobilier.

PORTÉE TEMPORELLE ET FINESSE

Le secteur de l'immobilier a consacré beaucoup d'efforts à l'utilisation de simples modèles de régression pour effectuer des analyses à court terme. La précision de la machine repousse les limites de la prévision. De quelques mois à cinq ans, la capacité à prédire l'avenir des transactions modifie radicalement les perspectives des investisseurs. Comme l'explique Marc Rutzen : « La prévision porte la prise de décision à un tout autre niveau. En examinant le sens statistique des données, le secteur de l'immobilier peut aujourd'hui envisager d'étudier la probabilité de réussite des transactions. ».

⁶ **Marc Rutzen** est Cofondateur et Responsable de la technologie d'*Enodo Score*, une plateforme d'analyse prédictive destinée au secteur de l'immobilier qui mesure le degré d'investissement institutionnel dans l'habitat collectif. Il dirige le développement et la mise en œuvre de la plateforme, notamment la conception et le développement préliminaire, le développement des partenariats de partage des données, les tests bêta, les retours clients et le développement commercial. Marc est courtier agréé sous licence de l'État de l'Illinois et titulaire d'un Master scientifiques en développement immobilier de l'Université de Columbia.

Si les capacités de prédiction ouvrent de nouveaux horizons au développement urbain et à l'immobilier, la précision des données est au cœur de la question. En formant les algorithmes en permanence, des plateformes telles qu'*Enodo Score* deviendront capables de prévoir les prix avec plus de précision et de détail. En effet, il existe parfois un écart entre le prix local moyen proposé par *Zillow* et le prix moyen au mètre carré pour un bâtiment donné, au cours des cinq prochaines années, selon *Enodo Score*. Cet outil propose des prévisions plus précises, et pour de plus longues durées, que des plateformes plus anciennes.

Il existe toutefois un compromis entre la période et l'éventail des prévisions : *Enodo Score* est capable de calculer une prévision à 5 ans, car il se concentre uniquement sur les habitations collectives destinées à l'investissement. La plateforme d'annonces *Zillow* prédit seulement l'année à venir, mais la gamme de propriétés proposée est beaucoup plus vaste que celle des concurrents. Après avoir interviewé Jasjeet Thind⁷, VP en Data Science chez *Zillow*, l'explication est claire : le nombre d'ensembles de données étant très important et l'infrastructure nécessaire devant être constamment adaptée à un volume toujours croissant, il est difficile d'obtenir des prévisions à long terme, de la précision et un grand choix de propriété. Il faut donc faire un choix : soit se concentrer sur un seul type de propriété si l'on souhaite prévoir loin dans le futur, soit limiter la capacité de prévision à prendre en compte une plus large gamme de types de propriétés. Dans un cas comme dans l'autre, la précision du modèle est primordiale.

LIMITES

Si les prévisions devraient bientôt transformer l'immobilier en profondeur, les entreprises du secteur restent aux prises avec la question de la réputation. La méthode d'analyse des risques classique, consistant à consacrer des ressources quasi illimitées sur les études de faisabilité, est toujours considérée comme incontournable. La plupart des investisseurs et des acteurs de l'immobilier font confiance à l'ancien système et réagissent avec scepticisme face à l'évangélisation technologique. Marc Rutzen explique à quel point il est difficile d'amener le client à faire confiance aux évaluations de sa plateforme. *Zillow*, qui bénéficie d'un statut de pionnier dans ce secteur et d'environ 70 % de la part de marché, a su positionner ses indices comme des standards du secteur. Le *Zestimate Index*, un indice qui reflète la valeur d'une propriété dans le pays, est largement accepté par les professionnels de l'immobilier.

Autre problème pour l'analyse prédictive : l'intégrité des ensembles de données. Si de vastes bases de données ont été réunies au fil du temps, il est souvent difficile de juger de la qualité des données elles-mêmes. En outre, les utilisateurs sont souvent invités par certaines plateformes, et c'est le cas de *Zillow*, à proposer leur propre bien et à saisir eux-mêmes les données, alors associées à leurs prévisions. Le filtrage de ces données est essentiel et parfois problématique. À l'ère de la science des données, les méthodes de filtrage sont un aspect important et les procédures d'apprentissage machine standard permettent à des sociétés comme *Zillow* de « nettoyer » les données avant de lancer leur analyse. Jasjeet Thind affirme qu'après avoir supprimé les aberrations et filtré les données, la qualité de la prévision est suffisamment fiable. Pour preuve, *Zillow* publie régulièrement son « score » (le degré de précision de ses prévisions) sur son site Internet.

⁷ **Jasjeet Thind** est Directeur sénior en science des données et ingénierie chez *Zillow*. Son groupe se concentre sur les modèles de prévision via l'apprentissage machine et les grands systèmes de données qui alimentent différents paramètres : Zestimates, personnalisation, indice du logement, recherche, recommandations de contenu et segmentation par utilisateur. Auparavant, Jasjeet Thind était Directeur de l'ingénierie chez Yahoo, où il a conçu une plateforme de big data d'apprentissage en temps réel utilisant des signaux sociaux pour prédire l'intérêt de l'utilisateur et le contenu. Ce système alimente le contenu personnalisé sur Yahoo, Yahoo Sports et Yahoo News. Jasjeet est titulaire d'un baccalauréat scientifique et d'une maîtrise en sciences de l'informatique de l'Université de Cornell. <https://www.crunchbase.com/person/jasjeet-thind>

Enfin, la précision de la prévision dépend dans une grande mesure de la quantité de données traitées. Comme l'explique Jasjeet Thind, il est particulièrement difficile de développer l'infrastructure, ou le « pipeline », pour continuer à suivre le volume toujours croissant des ensembles de données. L'intégration des outils open source n'étant pas évidente, il est problématique de garantir la robustesse et la flexibilité des outils de prévision.

CONCLUSION

L'essor de la collecte de données urbaines et de leur utilisation dans les technologies de l'immobilier montre que le cloisonnement existant dans les connaissances du secteur commence à se fracturer. Les principaux liens entre le type de données et les fournisseurs de données montrent qu'il est possible d'effectuer des analyses plus complètes sur l'ensemble du secteur du développement urbain et de l'immobilier. De plus, l'analyse prédictive statistique et la simulation, qui se basent à la fois sur les tendances des plateformes de données et sur la complexité des phénomènes modélisés, gagnent en pertinence. Des initiatives telles que SpaceQuant, Enodo Score et Zillow forgent de nouvelles méthodes de prévision et de prédiction à moindre coût.

Avec l'arrivée de nouvelles technologies d'analyse et de simulation et la possibilité d'intégrer des ensembles de données, les acteurs du secteur voient leur horizon de prise de décision se développer soudainement. Ceux qui ne juraient auparavant que par les données financières ou urbanistiques sont invités à reconsidérer la nature des données à prendre en compte dans leur prise de décision.

Comme le dit Marc Rutzen :

« Je pense que l'analyse prédictive a encore du chemin à faire dans le secteur immobilier. Il s'agit surtout de projections. Ce dont nous disposons aujourd'hui, au mieux, ce sont des prévisions à un an. Je pense que notre outil pourrait faire des prévisions à cinq ans. "À quoi ressemblera le marché des logements collectifs dans cinq ou dix ans ? Comment investir aujourd'hui si je cible tel rendement dans cinq ans ?" C'est à ce genre de questions que nous essayons de trouver des réponses. Un horizon plus lointain et une finesse accrue : telles sont les grandes perspectives. »

Compte tenu de l'amélioration de notre capacité de simulation et de prévision, et de la baisse du coût de ces opérations, la prévision de l'avenir du développement urbain pourrait devenir monnaie courante dans les prochaines décennies.

DUBAÏ ET SA FEUILLE DE ROUTE POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Progrès déjà accomplis

Interview de Wesam Lootah
PDG de Smart Dubai Government Establishment

Par Nicolas Mialhe



Wesam Lootah est PDG du Smart Dubai Government Establishment. Émirati engagé et talentueux, Wesam a plus de 18 ans d'expérience à des postes de leadership stratégique où il tire parti des technologies de l'information pour créer des supports innovants et des infrastructures de *Smart Government* permettant d'améliorer la qualité des services publics proposés aux citoyens, aux habitants, aux visiteurs et aux entreprises de Dubaï. Il a travaillé avec le gouvernement et le secteur privé dans de prestigieuses organisations. De 2009 à 2012, Wesam a été Vice-président des technologies de l'information du World Trade Centre. Il était auparavant Directeur des technologies de l'information de Emaar Properties. Wesam connaît déjà le Smart Dubai Government, dont il a été Responsable des services d'applications de 2002 à 2007. Au cours de cette période, il a dirigé la mise en œuvre de processus métiers unifiés et de PGI dans l'ensemble des entités gouvernementales de Dubaï. Wesam est titulaire d'une Maîtrise en Science informatique et ingénierie de la Pennsylvania State University et d'un Baccalauréat de la Ohio State University. Wesam a notamment publié dans la revue *Computer Security*.

MOTS CLÉS

- CONSTRUCTION DE CAPACITÉ
- GOUVERNEMENT EN TANT QUE FOURNISSEUR DE SERVICES
- DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES
- INTELLIGENCE AUGMENTÉE

INTRODUCTION

Par Tarek Saeed,
Conseiller technique client, IBM Middle East

Dubaï est à la pointe de l'adoption de technologies transformatives, qu'elle a déjà mises en œuvre pour devenir l'une des villes adeptes de l'intelligence artificielle.

L'aventure a débuté en octobre 2016, quand le Smart Dubai Government Establishment, le Département du développement économique et IBM ont collaboré au lancement de « Saad », un service gouvernemental basé sur l'IA et alimenté par les capacités d'IBM en matière d'intelligence artificielle. « Saad » est un service qui permet aux utilisateurs de poser des questions sur tout ce qui concerne les entreprises et d'obtenir des réponses à jour sur les procédures d'obtention de licence et d'enregistrement à Dubaï. Exemple de question : « Bonjour Saad, quels sont les documents nécessaires pour ouvrir un café à Dubaï ? »

« Saad » a été doté de capacités d'intelligence artificielle, ce qui lui permet de comprendre le langage naturel, d'absorber et d'appréhender des quantités de données considérables, d'apprendre et de raisonner à partir de ses propres interactions et de proposer des solutions qui aideront les utilisateurs à prendre la bonne décision dans le contexte qui les intéresse.

En février 2017, Smart Dubai et IBM ont dévoilé une feuille de route pour le développement de l'intelligence artificielle, première du genre, à l'échelle du gouvernement. L'objectif de cette feuille de route : contribuer à accélérer le développement des services aux citoyens en utilisant l'IA à l'échelle de Dubaï, et doter la prochaine génération de professionnels de compétences recherchées en matière d'analyse, de cloud, de technologies cognitive et blockchain.

Smart Dubai et IBM ont également fait connaître leurs programmes visant à établir le « AI Lab » comme le centre de compétences spécialisé dans l'IA à Dubaï. Il deviendrait ainsi le support des différentes initiatives prévues par la feuille de route.

Aujourd'hui, le Lab permet aux entités du gouvernement de Dubaï de transformer leurs services numériques existants en services activés par l'IA. Le Lab propose des formations destinées aux employés du gouvernement et du secteur privé et aux étudiants locaux, accueille des ateliers permettant aux entités et particuliers de construire et expérimenter des prototypes et offre une assistance à la mise sur le marché de nouveaux services.

En tant que branche technologique de Smart Dubai, la Smart Dubai Government Establishment

pilote la mise en œuvre de nouvelles technologies et notamment l'intelligence artificielle, en activant des infrastructures et des services partagés pour le gouvernement et la ville. IBM s'implique en proposant des formations stratégiques et son savoir-faire technologique, afin de soutenir la mise en œuvre de la feuille de route municipale en matière d'IA.

Le fait de reconnaître l'intelligence artificielle comme une occasion d'amélioration et de développement des capacités humaines peut ouvrir de nouveaux horizons. En effet, l'intelligence artificielle permettra de renforcer l'intelligence humaine et, comme toute technologie transformatrice, contribuera à de nouvelles formes d'emploi. Aujourd'hui, Dubaï est l'une des seules villes à tirer réellement parti de ces possibilités pour travailler en partenariat avec les humains et créer des emplois pour ses habitants.

Nicolas Mialhe : Pouvez-vous nous expliquer ce qui vous a incité à travailler avec IBM Watson sur le projet « Saad » ? J'imagine qu'il s'agit à la fois de rentabilité et d'efficacité, mais pourriez-vous nous en dire plus ?

Wesam Lootah : L'intelligence artificielle transforme de nombreux secteurs, de la santé à l'éducation, mais 80 % des données ne sont pas structurées. L'IA peut nous aider à apporter des éléments aux organisations et aux décideurs, afin de les aider à prendre des décisions plus éclairées. L'un des domaines les plus pertinents aujourd'hui est celui de l'expérience et des retours clients. Toutefois, à mesure que l'intelligence artificielle progresse, nous verrons sans doute évoluer d'autres applications, comme les soins de santé. IBM Watson, par exemple, est un leader de la commercialisation de solutions d'intelligence artificielle, comme celle qu'utilisent aujourd'hui les médecins pour améliorer les traitements contre le cancer.

N.M. : Pouvez-vous nous donner un exemple d'expérience utilisateur qui serait représentative de la valeur que peuvent apporter ces services aux chefs d'entreprise et aux citoyens ?

W.L. : Saad fait appel à un conseiller cognitif qui aide les chefs d'entreprise et les entrepreneurs à obtenir les bonnes informations au bon moment, quand ils veulent démarrer leur activité à Dubaï. Saad apprend à fournir des informations plus précises et plus personnalisées sur la vie à Dubaï, pour ses habitants comme pour ses ressortissants.

N.M. : Qu'avez-vous prévu en termes de responsabilité en cas d'erreur ou d'information erronée (par exemple, sur la réglementation fiscale ou l'octroi de licences) ?

W.L. : Saad est en lien avec les systèmes internes des entités gouvernementales qui fournissent les toutes dernières informations. Ainsi, les

“LES INITIATIVES CI-DESSUS SONT GRATUITES POUR LES ENTITÉS GOUVERNEMENTALES, CAR L'OBJECTIF EST DE RENFORCER LA SENSIBILISATION ET D'ACCÉLÉRER LE PROCESSUS D'INTÉGRATION DES SOLUTIONS D'IA DANS LES SERVICES GOUVERNEMENTAUX.”

apprentissages et formations de Saad reposent sur des données de première main provenant du gouvernement sur les nouveaux domaines/sujets qui intéressent les utilisateurs finaux.

N.M. : Quel est le mode de paiement retenu pour ce service ? Je suppose qu'il est gratuit pour les chefs d'entreprise par le biais du Smart Dubai Office, mais quel est le modèle de coopération entre Smart Dubai Office et IBM Watson ?

W.L. : Saad est actuellement gratuit pour tous et dans le monde entier. En outre, le Smart Dubai Office a créé l'« AI Lab » avec IBM. Il s'agit d'un centre d'excellence dans le cadre duquel IBM fournit une expertise en IA, des habilitations et des formations sur les technologies d'IA à l'intention des entités gouvernementales, ainsi que la mise en œuvre d'une validation de principe pour différents cas d'utilisation d'entités gouvernementales. Les initiatives ci-dessus sont gratuites pour les entités gouvernementales, car l'objectif est de renforcer la sensibilisation et d'accélérer le processus d'intégration des solutions d'IA dans les services gouvernementaux.

N.M. : Comment les citoyens et les opérateurs ont-ils accueilli ce service ? Avez-vous réalisé des enquêtes quantitatives et des entretiens qualitatifs et, si oui, quels ont été les résultats et les principales conclusions ?

W.L. : Entre octobre 2016 et juillet 2017, Saad a eu en moyenne 1 054 conversations par mois avec des entrepreneurs et des chefs d'entreprise. Au cours de la même période, le nombre moyen de questions posées à Saad s'est élevé à 8 034 par mois. La durée moyenne de ces conversations était de 4,23 minutes.

N.M. : Pourriez-vous nous en dire plus sur la feuille de route que vous avez élaborée pour les services aux citoyens et infrastructures utilisant l'IA ? En particulier, quels services et infrastructures ciblez-vous en priorité, et pourquoi ?

W.L. : Les cas d'utilisation potentiels sélectionnés par les entités gouvernementales se basent sur la complexité des cas d'utilisation (viabilité de l'IA, qualité des données) et l'impact du service (alignement stratégique / innovation / bonheur / avantages financiers).



N.M. : La feuille de route semble comporter deux volets : développement des compétences et déploiement des services. Pouvez-vous expliquer ce qui vous a mené à cette approche innovante et ce que vous en attendez ?

W.L. : La stratégie première du AI Lab consiste à transformer l'engagement citoyen, en intégrant l'IA aux services et opérations, et en repensant complètement les processus commerciaux.

Les principaux objectifs :

1. Faire de Dubaï la ville la plus « heureuse » / renforcer le degré de bonheur des clients en transformant l'engagement citoyen
2. Intégrer l'IA dans les processus du gouvernement, pour :
 - Utiliser plus efficacement les ressources gouvernementales
 - Réduire les délais de traitement
 - Soutenir la prise de décision
 - Réduire les coûts
3. Identifier et faire appel aux meilleurs experts de Dubaï en utilisant l'IA pour capitaliser sur l'expérience et l'intelligence collective des employés du gouvernement spécialisés dans ce domaine.

N.M. : Pourriez-vous partager plus d'informations sur l'AI Lab, son organisation et son fonctionnement ?

W.L. : Smart Dubai Office (SDO) et IBM se sont associés pour lancer le Smart Dubai Cognitive Lab, dans le cadre d'un programme conjoint visant à développer les connaissances en informatique à Dubaï et à la préparer à devenir LA ville de l'intelligence artificielle.

Principaux objectifs du AI Lab :

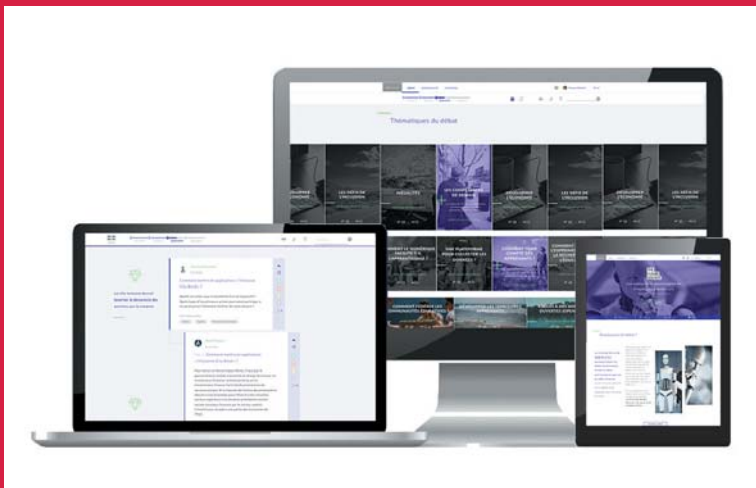
1. SDO investit dans le développement des talents pour l'intelligence artificielle à Dubaï, en fournissant des opportunités dans le développement des compétences des employés du gouvernement et des étudiants d'université, afin de leur apprendre les meilleures pratiques sur le plan technologique et de la conception, qui permettront d'envisager de nouvelles solutions cognitives pour la ville.
2. SDO accueille des ateliers permettant au personnel du gouvernement de cocréer, développer et concevoir des prototypes à partir de nouvelles idées, mais donne aussi accès à des systèmes, des outils et des experts pour que les différentes entités puissent concevoir et construire des solutions cognitives en vue d'améliorer les processus et services municipaux.
3. SDO soutient le développement de nouvelles solutions reposant sur l'IA pour la ville en aidant les entités à mettre en œuvre des solutions développées dans l'esprit de la feuille de route de Smart Dubai sur l'intelligence artificielle.

LE RÔLE DE L'INTELLIGENCE COLLECTIVE AUGMENTÉE

dans la gouvernance municipale

Interview de Frank Escoubes
Co-président et fondateur de Bluenove

Par Nicolas Mialhe et Arohi Jain



Frank Escoubes est Co-président et Fondateur de Bluenove. Il a 20 ans d'expérience en conseil en stratégie, dont 8 ans chez Deloitte au Canada. Il a créé en 2011 la plateforme web collaborative *Imagination for People* dédiée à l'innovation sociale et sociétale, dont Bluenove devient le principal partenaire financier. Frank a rejoint Bluenove en 2014 en qualité d'Executive Chairman. Il est notamment responsable des développements en matière d'intelligence collective au travers du lancement du logiciel Assembl et des partenariats avec des institutions internationales de premier plan (Commission européenne, MIT, etc.). Passionné de créativité et de développement économique, Frank accompagne les entreprises, les clusters et les municipalités du monde entier dans la réinvention de leur cadre stratégique. Il met notamment en œuvre des dynamiques d'intelligence collective et un sourcing d'experts mondiaux. Frank est membre honoraire de l'ONG Ashoka depuis 2012.

MOTS CLÉS

- INTELLIGENCE COLLECTIVE
- CO-CRÉATION
- MOBILISATION
- CITOYENS
- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

En matière de gouvernance municipale, le recours aux méthodes d'intelligence collective avec des plateformes et des outils dédiés devient progressivement la norme dans le monde entier. Ces méthodes s'imposent en effet comme un bon moyen d'impliquer les citoyens, les utilisateurs et les parties prenantes dans la conception et la mise en œuvre de politiques. Cette nouvelle approche de la « *conception de politique ouverte* » devrait bénéficier de l'essor de l'intelligence artificielle, qui peut faire office d'agent cognitif quand il s'agit d'organiser et résumer les contenus, mais aussi d'agent social, en interagissant directement avec les participants. L'IA permet également de contribuer au fact-checking, de générer automatiquement des résumés et de schématiser des concepts.

INTRODUCTION

Assembl est la première plateforme en ligne délibérément conçue pour faciliter l'intelligence collective. Son principe : par une méthode de consultation en plusieurs étapes, elle contribue à mobiliser de nombreux participants sur un enjeu clé. Assembl se concentre sur l'argumentation, la structuration dynamique des idées et veille à éliminer le bruit. Elle entend cocréer un résultat stratégique en un laps de temps réduit, généralement six à dix semaines. L'outil et sa méthodologie sont développés par Bluenove. Assembl est née d'un partenariat avec le MIT, dans le cadre d'un programme de R&D financé par l'Union européenne. Ce logiciel open source est largement applicable aux grandes entreprises ainsi qu'aux entités publiques et aux groupes civiques.

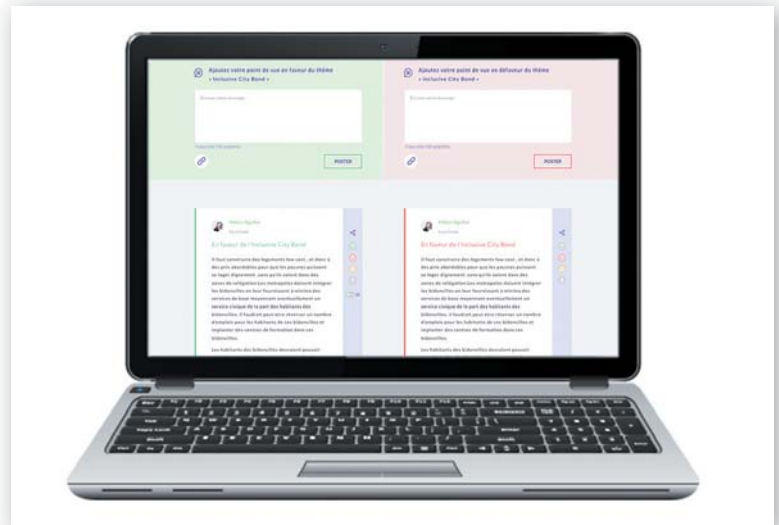
Grâce à la méthodologie de l'intelligence collective, il est possible de créer de la connaissance via les interactions entre membres de la communauté et d'optimiser leur implication dans des rôles novateurs. L'idée consiste à structurer la coproduction de nouvelles connaissances. La plateforme permet de classer en catégories, de conserver et de synthétiser des messages entrants dans le cadre d'un document formalisé. Il s'agit d'un processus en plusieurs étapes, conçu pour promouvoir le contenu profond et la structuration dynamique des idées.

Assembl œuvre à réduire le bruit et à concentrer l'attention des contributeurs de la communauté sur la résolution de problèmes complexes. La méthode consiste à organiser et mettre en œuvre quatre rôles principaux au sein de la plateforme : Attrapeur, qui repère et structure les idées ; Révélateur, créateur d'une synthèse périodique sur les propositions ; Facilitateur, le community manager ;

enfin Analyste, en charge du fact-checking sur le contenu de la discussion.

La consultation est structurée de sorte que la communauté passe par quatre étapes : Inspiration, Divergence, Exploration et Convergence. Cette consultation progressive se base sur la carte heuristique des grandes thématiques associées au débat. Au cours de l'étape de l'Inspiration, les participants répondent à des questions ouvertes sur une simple interface en ligne. Ils peuvent aussi voir les propositions des autres contributeurs et voter pour ces dernières. Ensuite, pendant l'étape de la Divergence, l'interface évolue vers un module de type forum pour permettre à la communauté de débattre de façon approfondie sur des questions spécifiques. Cette étape de consultation basée sur l'intelligence collective est structurée pour impliquer pleinement les participants et leur permettre de développer des idées approfondies. Troisièmement, la phase d'Exploration opère selon une trame par laquelle un sujet spécifique est présenté de manière polarisée afin de pouvoir approfondir la discussion. Ce principe a un effet d'entonnoir sur les opinions des contributeurs sur un sujet, car le choix est binaire. Enfin, dans la phase de Convergence, les participants reçoivent des « jetons » de vote avec lesquels ils peuvent exprimer leur préférence pour certaines propositions présentées au cours des étapes précédentes. En fin de compte, les résultats ayant obtenu le plus grand nombre de jetons débouchent sur un ensemble de propositions recevables provenant de la communauté et collectivement soutenues par elle.

Compte tenu de la montée en puissance des méthodes d'intelligence artificielle dans l'analyse automatique de texte, par exemple via des algorithmes de traitement du langage naturel (NLP), Assembl s'appuie de plus en plus sur des techniques automatisées pour collecter des données destinées aux outils d'intelligence collective. Le processus repose sur les fonctions de traduction de la langue et sur le rôle d'Attrapeur dans la collecte des éléments de discussion, et peut être appliqué à de nombreux autres aspects du débat. L'intelligence artificielle peut contribuer à faire progresser l'intelligence collective en vérifiant les faits avancés dans les discussions et en veillant à ce que les participants restent informés grâce à un balayage intelligent des données. En appliquant de telles techniques d'intelligence artificielle, le processus de mobilisation des communautés passe au niveau supérieur, vers un engagement plus significatif à plus grande échelle, sans dépenses ni ressources en temps supplémentaires.



Nicolas Mialhe : Qu'est-ce que l'intelligence collective et de quelle manière pouvons-nous l'utiliser via les technologies d'intelligence artificielle pour révolutionner la gouvernance municipale ?

Frank Escoubes : L'intelligence collective est la capacité à mobiliser de vastes communautés en vue de co-concevoir des solutions permettant de résoudre des enjeux clés. La co-création revient à combiner et multiplier les perspectives. Ces méthodologies requièrent à la fois un processus itératif de conception de nouvelles connaissances et une échelle considérable : des dizaines ou des centaines de milliers de personnes fournissant des informations pertinentes, qui éclairent et orientent les politiques publiques.

En matière de gouvernance municipale, l'utilisation de l'intelligence collective est essentielle pour comprendre de quelle manière les parties intéressées peuvent contribuer à formuler des recommandations en matière de politiques. Nous pouvons aussi parler de « *conception de politique ouverte* », une notion étroitement liée à celle de la démocratie délibérative (inspirée par Habermas, entre autres). C'est, selon moi, le seul moyen efficace de convertir des citoyens en experts de leurs propres vies contextuelles et d'en faire des fournisseurs légitimes de données nécessaires à la formulation des politiques et programmes de demain.

Nous pourrions bien qualifier l'intelligence collective de « démocratie délibérative », dans laquelle la qualité des idées est l'objectif final, par opposition à la démocratie participative, qui dépend de la quantité de participants et échoue bien souvent à réunir une pensée profonde et hétérodoxe. Selon moi, la démocratie délibérative sera le paradigme de la future gouvernance municipale. Bien entendu, les besoins sur le plan quantitatif impliquent le recours à des méthodologies d'intelligence artificielle.

Arohi Jain : Quels sont les principales opportunités et avantages de recourir à l'intelligence collective pour intégrer l'opinion publique dans les activités des autorités ?

Frank : Quand on parle d'intelligence collective appliquée à la démocratie, les gens ont tendance à penser, de façon réductrice, uniquement au processus législatif. Je pense plutôt qu'elle est très pertinente pour la formulation de

politiques publiques au sens large, de la loi jusqu'aux politiques, en passant par les programmes. Elle devrait aussi couvrir toutes les étapes de co-conception, depuis le diagnostic fondé sur des données probantes, jusqu'à la génération d'idées collectives, en passant par les recommandations stratégiques et l'évaluation des politiques. Chaque étape nécessite des niveaux de maturité variés de la part des contributeurs. Il est également très important de mobiliser non seulement les citoyens, qui s'expriment en leur propre nom, mais aussi tous les acteurs de la société civile (organisations à but non lucratif, ONG, groupes de pression, organismes industriels, etc.) qui réunissent les points de vue d'un ensemble de parties prenantes.

Nicolas : Selon votre expérience, quels ont été les difficultés associées à l'utilisation de cette méthodologie pour renseigner la politique publique ?

Frank : Le plus grand défi de l'intelligence collective réside dans l'engagement citoyen. Il est extrêmement difficile de mobiliser une large base de personnes, qui possèdent des degrés de connaissance très divers, sur des questions de politique publique spécifiques. Ce phénomène est encore accentué par la difficulté à trouver le juste équilibre entre les acteurs clés et les citoyens, équilibre garant de la légitimité politique d'une telle consultation.

Deuxièmement, la fracture numérique reste une réalité. Le fait de passer par des consultations en ligne pour recueillir des idées est une barrière en soi. Il convient donc de compléter ces consultations par des événements sur le terrain (interviews, ateliers, réunions, World Cafés, bêta-tests, etc.). Ces procédés s'accompagnant de contraintes opérationnelles et logistiques, la démocratie ouverte devrait être considérée comme hybride dès le départ.

Le dernier défi est de nature cognitive. En rassemblant l'ensemble des participants pour une consultation civique, pour que celle-ci soit productive, il convient de s'assurer que les parties prenantes ont accès au bon niveau d'information. Un exercice éducatif peut éventuellement s'avérer nécessaire avant la consultation. Le rôle des experts ne doit pas non plus être sous-estimé. La démocratie ouverte est avant tout un processus de formation citoyenne et il faut la réconcilier avec l'univers des experts pour pouvoir se fonder sur des idées, des données, des analyses étayées par des preuves, des interprétations complexes, la planification de scénarios, etc.

Arohi : Quels sont les effets des tendances émergentes et des moteurs de l'intelligence artificielle sur notre manière de recueillir l'intelligence collective ?

Frank : Il existe plusieurs façons d'utiliser l'intelligence artificielle, en fonction du contexte de la consultation. Dans notre cas, nous utilisons une plate-forme délibérative, Assembl, structurée autour de fils de discussion qui se développent de façon organique autour de différents thèmes : le défi réside donc dans le traitement et la génération du langage naturel. Au-delà de certains seuils de participation, la multiplicité et la diversité des contenus générés par les utilisateurs font appel à l'analyse textuelle narrative à travers des algorithmes d'apprentissage automatique. Dans ces situations, l'intelligence artificielle présente un avantage significatif en tant qu'agent cognitif capable d'organiser et de synthétiser le contenu (autrement dit, des systèmes de création de connaissances), mais aussi en tant qu'agent social interagissant directement avec les participants via des chatbots et des assistants virtuels, c'est-à-dire des activités communautaires.

En outre, l'intelligence artificielle peut contribuer à vérifier les informations présentées dans un exercice d'intelligence collective. En traitant avec un grand

nombre de personnes lors d'une consultation spécifique, l'IA permet de veiller à ce que les participants restent bien informés, via l'exploration intelligente des bibliothèques de données, en confirmant ou en infirmant certains éléments de discours. Cette tâche, si elle incombait aux community managers, serait extrêmement chronophage.

Enfin, étant donné le niveau de détail et la quantité de contenu généré pendant une discussion sur un sujet spécifique, il peut être difficile de tenir tout le monde au courant des dernières informations. Ici, l'intelligence artificielle peut contribuer de façon très appréciable en générant des résumés automatiques du débat et en cartographiant les concepts, afin que les participants aient accès à des mises à jour « capsule », facilement accessibles sur la discussion.

Nicolas : Quelle sera, selon vous, l'évolution de l'IA dans l'intelligence collective au cours des trois/cinq ou dix prochaines années ?

Frank : Voilà une question difficile, car comprendre l'évolution de l'IA est un défi à part entière ! Selon moi, l'intelligence artificielle est très prometteuse quand il s'agit de concilier la formulation de politiques publiques par les citoyens et l'analyse des données. À moyen terme, nous pourrions concevoir un système d'intelligence collective centré sur les données, reposant sur la puissance de l'interprétation des données par des algorithmes afin d'alimenter, d'inspirer et de parcourir différentes recommandations humaines créatives. À mon avis, cela arrivera d'ici une dizaine d'années.

Un autre point est à prendre en compte : la façon dont nous utilisons l'intelligence artificielle pour améliorer la créativité des citoyens. Il est aujourd'hui difficile de basculer entièrement vers de nouveaux mécanismes sociétaux, alors si nous pouvions trouver le moyen d'alimenter, via l'intelligence artificielle, la créativité et le processus de co-conception pour les citoyens, ce serait passionnant.

“À MOYEN TERME, NOUS POURRIONS CONCEVOIR UN SYSTÈME D'INTELLIGENCE COLLECTIVE CENTRÉ SUR LES DONNÉES, REPOSANT SUR LA PUISSANCE DE L'INTERPRÉTATION DES DONNÉES PAR DES ALGORITHMES AFIN D'ALIMENTER, D'INSPIRER ET DE PARCOURIR DIFFÉRENTES RECOMMANDATIONS HUMAINES CRÉATIVES. À MON AVIS, CELA ARRIVERA D'ICI UNE DIZAINÉ D'ANNÉES.”

POSSIBILITÉS OUVERTES PAR L'AUTOMATISATION

en matière économique, sociale
et de politiques publiques

Nicolas Mialhe

Co-fondateur et président de « The Future Society »



Nicolas Mialhe est co-fondateur et Président de « The Future Society at Harvard Kennedy School », dans le cadre de laquelle il a également fondé et dirigé la « AI Initiative ». Stratège reconnu, entrepreneur social et leader visionnaire, il conseille multinationales, gouvernements et organisations internationales. Nicolas est Senior Visiting Research Fellow du Program on Science, Technology and Society (STS) à la HKS. Il est également spécialiste des problématiques d'innovation urbaine et d'engagement citoyen. Depuis plus de dix ans, Nicolas évolue à la croisée de l'industrie de haute technologie, de l'innovation, de la gouvernance et de la société civile, notamment sur les marchés émergents, à l'image de l'Inde.

MOTS CLÉS

- GAINS DE PRODUCTIVITÉ
- GESTION DES RESSOURCES
- INTELLIGENCE AUGMENTÉE
- TECHNOLOGIE DE LA PRÉDICTION
- MAINTENANCE PRÉDICTIVE
- SURVEILLANCE MÉDICALE

L'essor de l'intelligence artificielle et de la robotique devrait créer toutes sortes d'opportunités qui soutiendront la croissance et le développement au cours des décennies à venir. Elles pourraient entraîner une vague de gains de productivité et révolutionner les secteurs de la santé, des transports, de l'éducation, de la sécurité, de la justice, de l'agriculture, de la vente au détail, du commerce, de la finance, de l'assurance et de la banque, entre autres.

INTRODUCTION

Selon une majorité d'experts, les avantages potentiellement induits par l'essor de l'intelligence artificielle et de la robotique sont du même ordre que les trois révolutions industrielles précédentes. La vague attendue en termes de gains de productivité déclenchée par l'automatisation pourrait soutenir la croissance et le développement au cours des décennies à venir, compensant ainsi la diminution de la population active. Comment ? En améliorant l'efficacité des processus de prise de décision et la gestion des ressources de systèmes complexes, en explorant de façon systématique les gisements et flux croissants de données. Avec la valorisation des compétences et de la prédiction, l'essor de l'intelligence artificielle pourrait aussi changer radicalement la qualité de vie pour tous, en révolutionnant les secteurs de la santé, des transports, de l'éducation, de la sécurité, de la justice, de l'agriculture, de la vente au détail, du commerce, de la finance, de l'assurance et de la banque, entre autres. Les avantages à en retirer doivent être mieux compris, soutenus et gouvernés.



EFFICACITÉ DE LA GESTION PUBLIQUE ET PRIVÉE

PLANIFICATION, ALLOCATION ET SURVEILLANCE DES RESSOURCES

L'émergence de l'intelligence artificielle (IA) et de la robotique pourrait en premier lieu et principalement se traduire par une révolution dans l'efficacité de la prise de décision chez tous les acteurs, publics comme privés. Cela pourrait, à son tour, faire émerger de nouvelles formes de partenariats publics-privés. La capacité des algorithmes perfectionnés d'apprentissage automatique (*machine learning* en anglais) à explorer les gisements et flux croissants de données liées à la planification et au fonctionnement des systèmes complexes, au niveau micro et macroscopique, pourrait déclencher une vague d'optimisation dans de nombreux domaines (énergie, agriculture, finance, transport, santé, construction, défense, commerce de détail, etc.) et dans des facteurs de production, y compris les conditions climatiques, la main-d'œuvre, le capital, l'innovation, l'information et bien sûr l'environnement.

L'IA peut être décrite essentiellement comme une « technologie de la prédiction »¹, dont la diffusion pourrait réduire radicalement le coût de traitement des données historiques, et par conséquent de la prédiction pour une multitude de tâches cruciales comme l'établissement des profils de risque, la gestion des stocks et la prévision de la demande. Une telle baisse des coûts favoriserait la confiance dans les prédictions dans un nombre croissant de tâches et d'activités, y compris mais pas seulement dans la banque et les assurances, la médecine préventive, la maintenance prédictive pour toutes sortes de matériel et d'infrastructures complexes, et le niveau des récoltes par l'analyse des images de satellites ou de drones.

Le potentiel d'optimisation en termes de consommation des ressources en dynamique complexe est hautement significatif. Considérons le cas de l'énergie et des émissions carbonées qui lui sont associées. Google DeepMind a déjà démontré comment ses algorithmes perfectionnés d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour réduire la consommation d'énergie dans les centres de données. Après une expérience de deux ans consacrée à l'analyse croisée de plus de 120 paramètres d'un centre de données Google, le réseau neuronal artificiel de DeepMind a identifié la méthode adaptative la plus efficace pour en baisser la température et la consommation globale d'énergie. Le résultat de l'expérience dépasse largement l'ingénierie traditionnelle basée sur le calcul et l'intuition humaine. DeepMind annonce que cette méthode conduit à une réduction nette de 15 % de la consommation énergétique globale, ce qui se traduirait par des économies annuelles de

plusieurs centaines de millions de dollars². L'entreprise a qualifié cela d'un « progrès phénoménal », compte tenu de la sophistication déjà atteinte par les centres de données dans le domaine de l'optimisation de la consommation énergétique. DeepMind affirme que « parmi les applications possibles de cette technologie figurent l'amélioration de l'efficacité de la conversion des centrales électriques [...], la réduction de l'énergie et de l'eau utilisées pour fabriquer les semi-conducteurs, et l'augmentation générale de la production dans les usines de fabrication³. »

Des approches prédictives similaires sont déjà appliquées au secteur bancaire⁴, pour la recommandation de produits, les services de conseil et l'établissement de profils de risques et la négociation⁵, au transport, à la gestion du trafic et à la logistique, à la santé et à la météorologie. Des sociétés comme Ocado et Amazon dépendent déjà de l'IA pour optimiser leurs stocks et leurs réseaux de distribution, pour planifier les trajets de livraison les plus efficaces, et tirer le maximum de leur volume d'entrepôts. Dans la santé, des données provenant d'ordiphones et du suivi de la forme physique peuvent être analysées pour améliorer la gestion des affections chroniques, y compris les maladies mentales, et pour prédire et prévenir les crises aiguës. IBM Watson effectue des recherches dans les outils d'analyse automatique de la parole sur appareil mobile, pour prédire le début des maladies neurologiques (de Huntington, d'Alzheimer, de Parkinson, etc.) et mentales (dépression

² Sachant que Google a consommé plus de 4 millions de MWh d'électricité en 2014 (ce qui équivaut à la consommation énergétique de 366 903 ménages américains), ces 15 % représentent des économies de plusieurs centaines de millions de dollars sur plusieurs années. <https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40/>

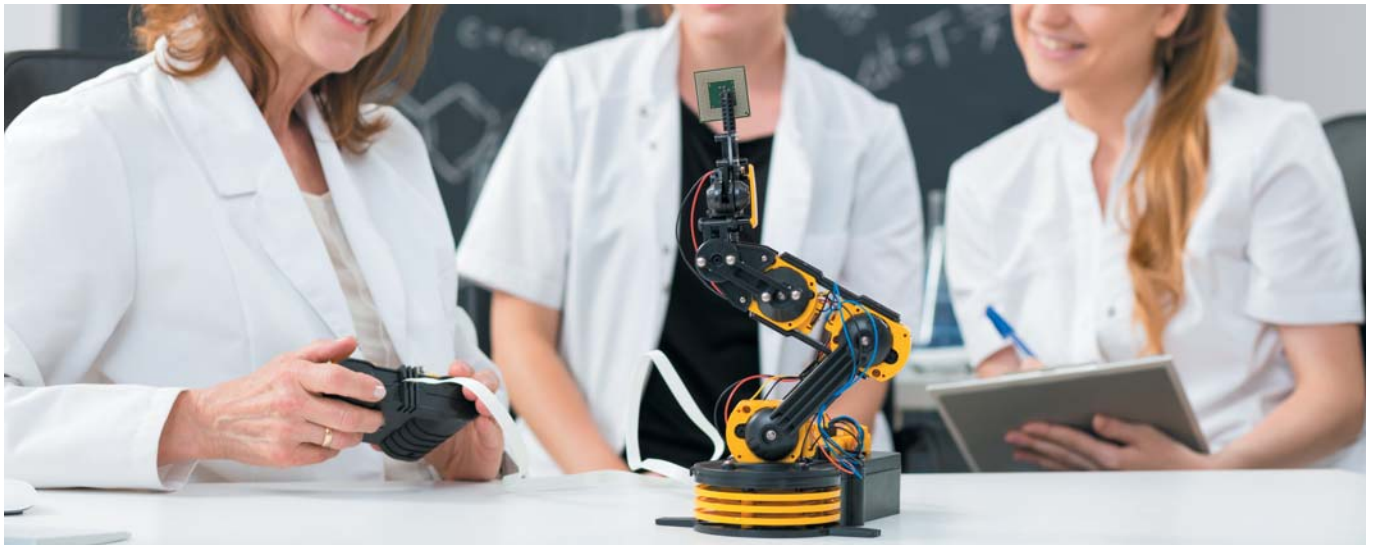
³ Par exemple, l'entreprise Fanuc de robots industriels travaille avec Cisco pour développer une plateforme visant à réduire les arrêts de production, dont le coût est estimé à 20 000 USD par minute chez un grand constructeur automobile. Nommée Fanuc Intelligent Edge Link and Drive (FIELD), elle capture les données du processus de production et recourt à l'apprentissage automatique pour les analyser et améliorer l'efficacité. Tantzen, B., *Connected Machines: Reducing Unplanned Downtime and Improving Service* (Machines connectées : réduction des arrêts de production non planifiés et amélioration du service), 6 octobre 2015 ; FANUC, *Manufacturing Automation Leaders Collaborate: Optimizing Industrial Production Through Analytics* (Les grands acteurs de l'automatisation de la fabrication collaborent : optimisation de la production industrielle par l'analyse), 18 avril 2016.

⁴ <https://thefinancialbrand.com/63322/artificial-intelligence-ai-banking-big-data-analytics/>

⁵ <https://www.wired.com/2016/01/the-rise-of-the-artificially-intelligent-hedge-fund/>

**“L'IA PEUT ÊTRE DÉCRITE ESSENTIELLEMENT
COMME UNE « TECHNOLOGIE DE LA
PRÉDICTION », DONT LA DIFFUSION
POURRAIT RÉDUIRE RADICALEMENT LE COÛT
DE TRAITEMENT DES DONNÉES HISTORIQUES,
ET PAR CONSÉQUENT DE LA PRÉDICTION
POUR UNE MULTITUDE DE TÂCHES
CRUCIALES COMME L'ÉTABLISSEMENT
DES PROFILS DE RISQUE, LA GESTION DES
STOCKS ET LA PRÉVISION DE LA DEMANDE.”**

¹ Ajay Agrawal, Joshua Gans et Avi Goldfarb, *The Simple Economics of Machine Intelligence* (Economie simple de l'intelligence artificielle), Harvard Business Review, novembre 2016. <https://hbr.org/2016/11/the-simple-economics-of-machine-intelligence>



et psychose), intervenir plus tôt et mieux planifier le traitement⁶. Le domaine de l'« informatique affective » vise plus largement à permettre aux ordinateurs de comprendre et de simuler les émotions.

DÉTECTER LES COMPORTEMENTS CRIMINELS ET DÉLICTEUX

L'apprentissage automatique commence aussi à être utilisé pour détecter les premiers comportements criminels et délictueux, et pour garantir la conformité d'une manière novatrice. L'une des premières utilisations dans le secteur bancaire était précisément la détection de fraude, par une surveillance continue des activités sur les comptes et un signalement des schémas de comportement aberrant. Les progrès de l'apprentissage automatique nous conduisent aujourd'hui presque à la surveillance en temps réel.

L'année dernière, le groupe bancaire multinational Crédit Suisse AG a créé une coentreprise axée sur l'IA avec Palantir Technologies, de la Silicon Valley. Les solutions de cette société sont largement utilisées pour la surveillance et la sécurité, afin de détecter les transactions non autorisées⁷. Le Crédit Suisse a commencé sa collaboration avec Palantir en 2011, après une perte de 2,3 milliards de dollars causée par une transaction non autorisée de Kweku Adoboli. La banque zurichoise a déclaré que son objectif est d'adapter les systèmes d'IA de Palantir afin de surveiller le comportement de tous les employés, de manière à détecter les infractions aux règles de conduite. Elle prévoit de proposer ensuite ce service à d'autres banques.

En dehors des transactions, les technologies d'IA sont de plus en plus utilisées dans la lutte contre le terrorisme et dans la police. L'organisation étasunienne IARPA (Intelligence Advanced Research Projects

Activity) travaille sur un ensemble de programmes s'appuyant sur l'IA afin d'améliorer la reconnaissance des visages pour l'identification⁸ au moyen des informations contextuelles – spatiales et temporelles ; ou même pour détecter et géolocaliser automatiquement les vidéos suspectes publiées en ligne sans balise⁹.

Enfin, l'impact des campagnes de désinformation lors des récentes élections a conduit Facebook à commencer à s'aider de l'IA pour analyser la véracité des milliers de milliards de contributions ajoutées au réseau social¹⁰. Facebook a commencé à s'appuyer sur l'IA pour détecter les mots ou groupes de mots qui peuvent indiquer un élément de désinformation¹¹.

UNE NOUVELLE VAGUE DE GAINS DE PRODUCTIVITÉ ET DE CROISSANCE

Comme d'autres grandes révolutions technologiques du passé¹², la plupart des opportunités créées par les avancées des technologies d'IA proviennent de leur capacité à déclencher une nouvelle vague de gains de productivité dans de nombreux domaines. Dans cette révolution technologique, la pierre angulaire sera l'autonomie des machines et l'automatisation¹³. On en verra

8 <https://www.iarpa.gov/index.php/research-programs/janus>

9 <https://www.iarpa.gov/index.php/research-programs/aladdin-video>

10 <http://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2017/01/08/fake-news-big-data-and-artificial-intelligence-to-the-rescue/#db541e07a214>

11 Peter Kafka, *Facebook has started to flag fake news stories* (Facebook a commencé à marquer les fausses actualités), *Recode*, mars 2017. <https://www.recode.net/2017/3/4/14816254/facebook-fake-news-disputed-trump-snoops-politifact-seattle-tribune>

12 Elizabeth Eisenstein, *The printing press as an agent of change* (L'imprimerie, agent de changement), Cambridge University Press, 1980 ; Robert Hoe, *A short history of the printing press and of the improvements in printing machinery from the time of Gutenberg up to the present day* (Brève histoire de l'imprimerie et de l'amélioration de ses machines, de Gutenberg à aujourd'hui), 1902. *And Growth and renewal in the United States: Retooling America's economic engine* (Croissance et renouvellement aux États-Unis : réoutillage du moteur économique étasunien) McKinsey Global Institute, février 2011.

13 « L'autonomie » est la capacité d'un système à fonctionner et à s'adapter aux circonstances avec peu ou aucune intervention humaine. Par exemple, une voiture autonome roulerait d'elle-même jusqu'à sa destination. Bien que la majorité des publications concerne les voitures et les aéronefs, l'autonomie est un concept bien plus large qui comprend des scénarios tels que la négociation financière automatisée et la curation automatique de contenu. L'autonomie inclut des systèmes qui peuvent diagnostiquer et réparer les défauts dans leur propre fonctionnement, par exemple l'identification et l'élimination des failles de sécurité. *L'automatisation consiste à confier à une machine une tâche qui était précédemment effectuée par une personne. Elle concerne aussi bien les tâches physiques que cognitives, ces dernières pouvant être assurées par l'IA. L'automatisation et son impact sur l'emploi sont des phénomènes significatifs sur le plan social et économique depuis au moins la révolution industrielle.* » Voir le rapport *Preparing for the Future of AI* (préparer l'avenir de l'IA), Bureau exécutif du président, NSTC, octobre 2016 (page 10).

6 <https://www.ibm.com/blogs/research/2017/01/ibm-5-in-5-our-words-will-be-the-windows-to-our-mental-health/>

7 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-03-22/credit-suisse-cia-funded-palantir-build-joint-compliance-firm>

l'impact dans les ateliers d'usine, les centres de service et les bureaux, par l'automatisation d'un nombre croissant de tâches cognitives et physiques complexes. L'émergence de l'IA signifie aussi l'avènement de nouvelles formes, plus rentables, de collaboration et de complémentarité entre les personnes et les machines. L'IA peut être vue comme un nouveau facteur potentiel de production, avec l'amélioration de l'efficacité des facteurs traditionnels que sont la main-d'œuvre et le capital, et avec la création d'un hybride capable de créer des forces de travail totalement nouvelles. Dans de nombreux cas, l'IA pourra être plus performant que les humains, en termes d'échelle et de vitesse, et il sera capable de s'améliorer.

Il est possible d'automatiser les tâches administratives et opérationnelles routinières et de leur affecter des priorités au moyen de l'intelligence artificielle, en entraînant des bots (logiciels conversationnels robotisés), qui peuvent ensuite planifier et gérer les interactions. Le logiciel Smart Reply de Google peut déjà ébaucher des messages à vos correspondants en se basant sur vos réponses précédentes aux messages similaires¹⁴. Les salles de rédaction utilisent de plus en plus l'apprentissage automatique pour produire des rapports et pour ébaucher des articles¹⁵. Une technologie similaire peut produire des rapports financiers et des notes aux cadres supérieurs. Les robots utilisant des lasers, des capteurs de profondeur en 3D, la vision artificielle perfectionnée et les réseaux neuronaux profonds peuvent circuler de manière sûre et travailler aux côtés des personnes dans les entrepôts et les usines.

L'intelligence artificielle peut également générer des gains de productivité significatifs en réduisant radicalement les coûts de recherche manuelle dans les grands jeux de données. C'est particulièrement utile dans le secteur juridique, par exemple, où des sociétés comme *ROSS*, *Lex Machina*, *H5* et *CaseText* utilisent déjà l'apprentissage automatique pour le traitement de la langue naturelle, lorsqu'il faut scruter des textes juridiques à la recherche d'informations pertinentes pour une affaire. Des milliers de documents juridiques peuvent maintenant être parcourus en quelques jours, alors que la méthode traditionnelle pouvait prendre des mois¹⁶. Ailleurs, le traitement de la langue naturelle permet d'interagir efficacement avec des jeux de données spécialisés et spécifiques à un domaine, pour répondre à des questions factuelles comme l'agent virtuel Watson d'IBM annonce pouvoir le faire¹⁷.

Les gains de productivité ne se situent pas seulement dans le remplacement des personnes par des machines, mais aussi dans l'avènement de nouvelles formes de collaboration entre les personnes et les machines, qui exploitent la complémentarité des intelligences biologique et numérique. On parle parfois d'« intelligence augmentée ». Il est probable que ces nouvelles formes de collaboration Homme-machine ouvrent de riches opportunités de créativité et d'innovation, qui se traduiront par une plus grande productivité. Un exemple remarquable concerne la lecture des clichés radiologiques pour la détection du cancer du sein : la combinaison des algorithmes d'apprentissage profond et des avis des pathologistes a réduit le taux d'erreur à 0,5 %. Cela représente une baisse d'environ 85 % du taux d'erreur humain¹⁸.

En ce qui concerne l'impact économique, Accenture a publié en 2016 un rapport qui analyse douze économies développées et affirme que l'IA peut doubler leur taux de croissance annuelle et augmenter la productivité du

travail jusqu'à 40 % d'ici 2035¹⁹. En janvier 2017, le McKinsey Global Institute a publié son propre rapport sur l'avenir de l'automatisation. Ses limites définitives sont différentes de celles du rapport d'Accenture, et incluent la robotique. L'estimation de la vitesse et des conséquences de l'automatisation selon McKinsey²⁰ est plus modeste, mais elle apporte tout de même une vision très positive : l'automatisation pourrait augmenter la productivité mondiale de 0,8 à 1,4 % par an.

Au cours des dernières décennies, les économistes étaient inquiets de voir diminuer les taux de croissance de la productivité²¹. Attribué à un déficit d'innovation, au vieillissement de la population active, à un recul du niveau d'instruction et aux inégalités de richesse, ce ralentissement de la croissance de la productivité a eu des conséquences graves, a contribué à l'infléchissement de l'augmentation des rémunérations réelles et a compliqué la donne fiscale à long terme²². Selon le McKinsey Global Institute, l'impact attendu des technologies d'automatisation pourrait correspondre à la croissance élevée de productivité mondiale qui est nécessaire pour compenser la baisse de la natalité et le vieillissement, et donc permettre au PIB de continuer à croître²³. Cela dit, les pays vont réagir et absorber de manière inégale la vague d'automatisation, selon leur démographie, les niveaux de rémunération, la productivité et l'appétit sociopolitique envers la croissance et l'inégalité. En principe, les économies avancées et déjà âgées devraient absorber les effets de l'automatisation plus facilement et rapidement que les économies émergentes dont la population active vieillit²⁴.

14 <https://www.blog.google/products/gmail/smart-reply-comes-to-inbox-by-gmail-on-the-web/>

15 <https://www.theguardian.com/media/2016/apr/03/artificia-intelligence-robot-reporter-pulitzer-prize>

16 ABA Journal, *How artificial intelligence is transforming the legal profession* (Comment l'intelligence artificielle transforme le métier juridique), 1^{er} avril 2016.

17 <https://www.ibm.com/watson/whitepaper/solutions-guide/>

18 Dayong Wang, Aditya Khosla, Rishab Gargeya, Humayun Irshad, Andrew H. Beck, *Deep Learning for Identifying Metastatic Breast Cancer* (L'apprentissage profond pour identifier le cancer du sein métastatique), 18 juin 2016, <https://arxiv.org/pdf/1606.05718v1.pdf>

19 Mark Purdy et Paul Daugherty, *Why Artificial Intelligence is the future of growth* (Pourquoi l'intelligence artificielle est l'avenir de la croissance), Accenture, octobre 2016. www.accenture.com/futureofAI

20 James Manyika, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott et Martin Dewhurst, *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017. <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>

21 La croissance de la productivité mesurée a ralenti dans 30 des 31 économies avancées, la moyenne annuelle passant de 2 % entre 1994 et 2004 à 1 % entre 2004 et 2014. Jason Furman, *Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence* (Cette époque est-elle différente ? Opportunités et défis de l'intelligence artificielle), remarque chez AI Now : *The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term* (Implications sociales et économiques à court terme des technologies d'intelligence artificielle), conférence à New York le 7 juillet 2016.

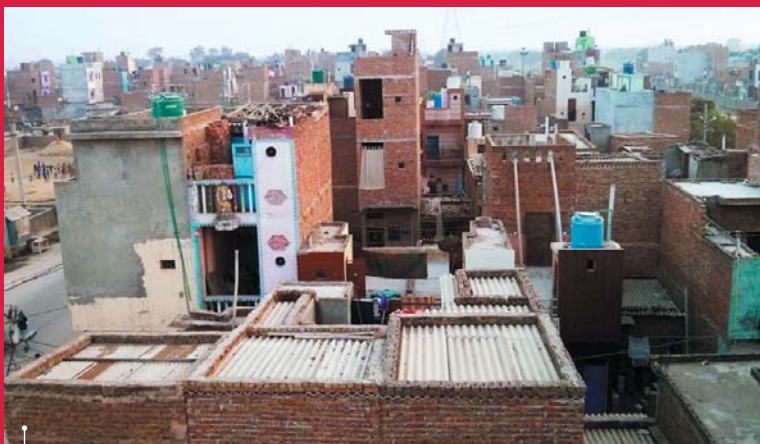
22 James Manyika, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott et Martin Dewhurst, *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. 95-103).

23 Les recherches du McKinsey Global Institute ont montré que, même si la croissance de la productivité mondiale se maintient à 1,8 % par an comme les cinquante dernières années, la croissance du PIB chutera de 40 % sur les cinquante prochaines années. La croissance du PIB par habitant baissera d'environ 19 %. Pour compenser le ralentissement de la croissance de l'emploi, il faudrait que la productivité augmente de 3,3 % par an, c'est-à-dire 1,8 fois plus vite qu'au cours des cinquante dernières années. *Global growth: Can productivity save the day in an aging world?* (Croissance mondiale : la productivité peut-elle sauver la mise dans un monde vieillissant ?), McKinsey Global Institute, janvier 2015.

24 James Manyika, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott et Martin Dewhurst, *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. 95-103).

LE PROJET DIGITAL TOOLS (outils numériques) au service de logements urbains pour populations à faible revenu en Inde

Marco Ferrario, Rakhi Mehra, Swati Janu
mHS CITY LAB



Quartier informel construit par les habitants, à Delhi. Source : mHS CITY LAB

Rakhi Mehra est entrepreneur social et cofondatrice de mHS CITY LAB. Forte de 10 ans d'expérience dans la microfinance et le développement socioéconomique, elle a travaillé avec la Banque mondiale, CARE India, la Rabo Bank et la Grameen Bank. Elle est également professeur adjoint de la Franklin University Switzerland et collabore avec Instituto Empresa, Madrid et l'Université Bocconi de Milan.

Marco Ferrario est cofondateur et Directeur de mHS CITY LAB. Il est architecte et urbaniste de formation. Ses recherches et projets actuels portent sur le rôle de la technologie et des possibilités qu'elle offre dans le contexte de la pauvreté et du logement urbain à grande échelle.

Swati Janu est Directrice artistique de mHS CITY LAB. Elle est architecte communautaire et a étudié, ces dernières années, les réseaux numériques informels et low tech en tant que Sarai Media Fellow ainsi que les pratiques artistiques durables avec le soutien de la Khoj International Artists' Association de Delhi.

MOTS CLÉS

- QUARTIERS INFORMELS
- LOGEMENT PAR AJOUTS SUCCESSIFS
- RÉSILIENCE URBAINE
- RÉSEAUX NUMÉRIQUES
- DESIGN SOCIAL
- MÉTHODOLOGIE LEAN
- ESSAIS PAR LES UTILISATEURS
- MICROFINANCE

L'article s'intéresse au travail de l'équipe de mHS CITY LAB, une entreprise sociale basée à Delhi, et aux possibilités offertes par les plateformes numériques qui permettent, dans les régions urbaines pauvres du Sud, d'aider des communautés à faible revenu à construire elles-mêmes des logements plus sûrs et de meilleure qualité.

INTRODUCTION

Fondée en Inde, mHS CITY LAB est une entreprise sociale qui se donne pour mission de développer des solutions de logements innovantes pour les populations défavorisées des villes. L'idée consistait à créer des logements abordables et sûrs dans les quartiers informels. mHS a réussi à mettre en place des projets pilotes de conception de logements avec des agences de microfinance et œuvre actuellement à la création d'une série d'outils numériques destinés à améliorer la qualité de l'environnement construit. Les équipes interdisciplinaires travaillent en partenariat étroit avec des organisations telles que la SAATH et la SEWA, des agences comme la Banque mondiale, des institutions financières et de microfinance, enfin des think tanks comme le Centre for Policy Research.

L'ACCÈS AU NUMÉRIQUE POUR DES VILLES INCLUSIVES

Alors que le concept de “villes intelligentes” est en ce moment à la mode partout dans le monde, la question du potentiel technologique pour les environnements urbains est dominée par des images époustouflantes de tours, de trains à grande vitesse ou d'Internet à très haut débit. Mais, quand il s'agit de construction urbaine dans les pays du Sud, où de larges parties de la population n'ont pas accès aux services de première nécessité ou à un logement, il est indispensable de repenser la “ville intelligente” à partir de la notion d'accès pour tous. Dans ce contexte, la montée en puissance de l'intelligence artificielle conjuguée à la pénétration à grande échelle du numérique créent des conditions prometteuses pour la démocratisation de l'accès au savoir et à des connaissances spécialisées.

Cet article s'intéresse à la manière dont la technologie peut favoriser la résilience urbaine dans des pays en développement rapide en améliorant la qualité de logements autoconstruits par ajouts successifs. Il s'appuie sur les résultats d'un projet en cours mené par mHS CITY LAB, une entreprise sociale basée à Delhi, visant à renforcer des populations à faible revenu en les dotant d'un accès numérique à des savoir-faire de construction. Il propose par ailleurs une estimation du potentiel de méthodes factuelles fondées sur l'analyse des données et de l'intelligence artificielle dans la recherche de solutions aux problèmes sociaux complexes auxquels sont confrontées les villes des pays du Sud.

La croissance rapide du taux de pénétration des économies émergentes par les smartphones et Internet, partout dans le monde, a généré en peu de temps des flux et stocks de données. Celles-ci peuvent être analysées au moyen d'algorithmes d'apprentissage automatique afin de découvrir de nouveaux schémas d'optimisation et de prédiction. Grâce à leur accès au numérique, plusieurs pays d'Afrique, comme la Tanzanie, l'Ouganda, le Kenya et le Ghana ont déjà pu se dispenser de parcourir toutes les étapes du développement numérique traditionnel, laissant de côté les technologies des débuts, telles que lignes fixes et téléavertisseurs. IA et mégadonnées font ici figure de réponse à des questions d'inclusion financière, d'accès aux soins de santé, aux services juridiques et à d'autres domaines de spécialité. La mise à disposition de services financiers par téléphone mobile comme M-Pesa a connu un immense succès, mais d'autres applications dans les secteurs de l'agriculture, de la santé et de l'éducation ont également eu un impact significatif sur les populations à faible revenu (Poushter & Oates, 2015). La réussite récente de Juan Credit aux Philippines montre comment la technique de l'apprentissage profond peut être mise à profit pour développer un système de notation de crédit pour ceux qui n'ont pas de compte bancaire (Fintech News 2017), facilitant ainsi l'accès au capital.

En Inde, *Digital India*¹, un projet récent, a pour but de fournir un accès Internet à des populations à faible revenu et à des communautés rurales. Des organisations basées en Inde, comme Digital Green², et des initiatives telles que Khabar Lahariya³ ont opté pour l'utilisation de médias numériques comme moyen de diffusion d'informations cruciales et de nouvelles. Des plateformes mobiles telles que *Commcare*, développée par l'entreprise sociale internationale Dimagi, contribuent avec succès à réduire la mortalité maternelle et néonatale dans les zones rurales partout en Inde (Halabol 2013). À l'instar de ce qui se fait dans d'autres secteurs, l'exploitation par intelligence artificielle de données produites par l'accès croissant à Internet peut être mise au service d'une amélioration de l'habitat autoconstruit en centre urbain.

1 <http://www.digitalindia.gov.in/>

2 <https://www.digitalgreen.org/>

3 <http://khabarlahariya.org/>

QUEL RÔLE POUR LES MÉTIERS TECHNIQUES SPÉCIALISÉS DANS LA RECHERCHE DE SOLUTIONS AU PROBLÈME DU LOGEMENT URBAIN ?

De Hanoi à Lagos et de Caracas à Mumbai, la croissance des villes du Sud est rapide et constitue la plus grande partie de la croissance urbaine mondiale de nos jours (ONU DAES 2014). La prolifération de zones urbaines informelles et autoconstruites, dont le nom varie en fonction des divers endroits du monde où on les trouve – bidonvilles, quartiers de taudis, barrio, favela, kampung ou basti –, est la conséquence d'une absence de ressources et de mécanismes de planification adaptés pour faire face à l'accélération de l'exode rural. Résultant d'une construction par ajouts successifs, ces quartiers informels permettent à des millions de personnes d'accéder à un logement, mais les privent en même temps d'accès à des services de première nécessité. Ils se caractérisent également par leur surpeuplement et la qualité insatisfaisante des espaces (Davis 2006).

Pour les familles qui y habitent, la croissance rapide des zones urbaines informelles dans les villes du Sud a une conséquence particulière : la mauvaise qualité de construction des habitations et le danger qu'elles représentent en cas de tremblement de terre. Les quartiers informels sont les plus vulnérables et très exposés aux catastrophes naturelles et aux crises provoquées par le changement climatique. Cela peut s'expliquer principalement par les raisons suivantes : incertitudes quant au régime foncier, absence de financement, vide réglementaire dans le domaine du bâtiment et impossibilité de se procurer des informations techniques relatives à la construction. Même là où un accès à des financements a été rendu possible, on observe que les populations continuent à ériger des structures hasardeuses par manque d'accès aux compétences d'ingénieurs et d'architectes (mHS, 2011).

Traditionnellement, l'architecte se voyait aussi confier les responsabilités d'entrepreneur, de gestionnaire de projet et d'ingénieur. L'industrialisation a fait évoluer chacune de ses fonctions en métiers distincts, tendance qui s'est accentuée plus récemment avec l'hyperspécialisation des métiers techniques (Malone, Laubacher et Johns 2011). Les zones à faible revenu sont cependant privées du recours à des compétences de spécialistes, comme celles d'architectes ou d'ingénieurs, ce qui amène le maçon du quartier à prendre en charge la réalisation complète de constructions par ajouts successifs. Celui-ci fait donc office à la fois d'entrepreneur, de concepteur et d'ingénieur. Les défauts structurels typiques résultant de

“DE HANOI À LAGOS ET DE CARACAS À MUMBAI, LA CROISSANCE DES VILLES DU SUD EST RAPIDE ET CONSTITUE LA MAJEURE PARTIE DE LA CROISSANCE URBAINE MONDIALE ACTUELLE”

“DONNER ACCÈS À DES INFORMATIONS CRUCIALES DANS LE DOMAINE DE LA CONSTRUCTION GRÂCE À DES PLATEFORMES NUMÉRIQUES RECÈLE UN FORT POTENTIEL POUR BOULEVERSER DE MANIÈRE PRODUCTIVE L'ÉCOSYSTÈME DE LA CONSTRUCTION DANS LES ÉCONOMIES ÉMERGENTES CONTEMPORAINES.”

OUTILS NUMÉRIQUES POUR UN LOGEMENT INCLUSIF

BESOINS EN SERVICES :

11 %

d'ouvriers qualifiés

Source : Gouvernement indien, 2008



Pas assez
de personnel
qualifié

400 millions

Population urbaine
de l'Inde

76 millions

Population des
habitats informels
haute densité

Source : UNDP, 2009



Améliorer la qualité de **l'HABITAT INFORMEL**
dans les villes indiennes via la **TECHNOLOGIE MOBILE**

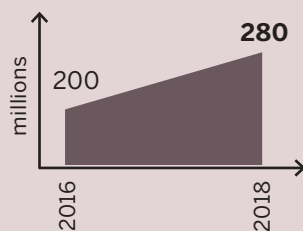


960,6
millions d'abonnés
sans fil



58 % URBAINS
42 % RURAUX

Prévisions du nombre
d'utilisateurs de
smartphones en Inde

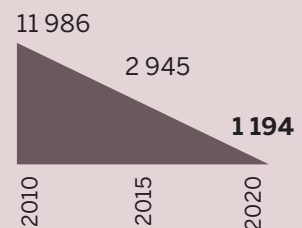


Source :
eMarketer, 2014

60 %
des smartphones
sous **Android OS**

Source :
Part de marché détenue par les systèmes
d'exploitation mobile en Inde de janvier
2012 à mars 2015. Statista, 2015.

Coût moyen
d'un smartphone (INR)



Source :
PriceBaba.com, 2014
Rapport sur la consommation Android
en Inde, 2014.

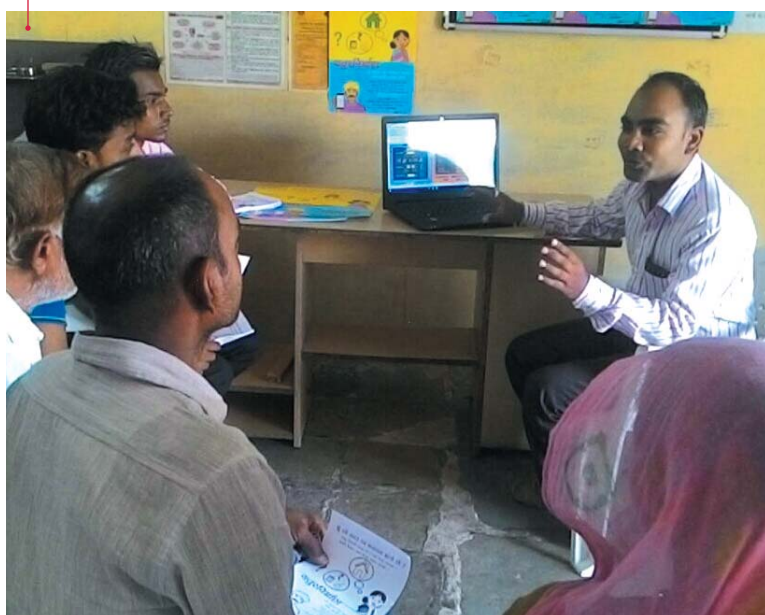
l'absence de main-d'œuvre qualifiée et de savoir-faire technique approprié, en particulier dans l'usage des techniques d'ossature en béton – endémique dans les quartiers informels partout dans les pays du Sud –, sont faciles à identifier. Or, l'accès à des instructions techniques de base suffirait à prévenir un grand nombre de ces vices de construction, mais il est compromis par l'écart socio-économique qui sépare les populations à faible revenu des experts des techniques de construction. C'est donc là l'un des plus grands défis au renforcement de la résilience de nos villes.

Par conséquent, pour redonner à ces experts de la construction toute leur place dans nos villes, il faut réinventer leur rôle traditionnel. Il faudra également intervenir au niveau des maçons agissant comme maître d'œuvre pour renforcer leurs capacités. En effet, ils se trouvent au cœur de la chaîne de valeur. Le recours à des solutions technologiques présente un potentiel énorme pour ce qui est de remédier à cette carence en savoirs et de transmettre des compétences en matière de construction. Pour la plupart des ménages, le téléphone portable est devenu un équipement essentiel et les smartphones deviennent de plus en plus abordables (Poushter 2016). En 2016, l'Inde comptait plus d'1 milliard d'abonnements de téléphonie mobile, 1 abonné sur 5 utilisant un smartphone (IAMAI 2016). Le coût futur des appareils Android est estimé à seulement 20 dollars d'ici 2020, tandis qu'Internet devient plus abordable et accessible grâce à l'arrivée de réseaux 3G et 4G plus performants dans les principaux centres urbains.

Donner accès à des informations cruciales dans le domaine de la construction grâce à des plateformes numériques recèle un fort potentiel pour bouleverser de manière productive l'écosystème de la construction dans les économies émergentes contemporaines, ce qui peut être fait par la diffusion au niveau local du BIM (Modélisation des données du bâtiment)⁴ auprès de populations privées d'accès à certains services. Afin de générer un impact à grande échelle, gouvernance participative et mise en relation des principales parties prenantes sont des nécessités que nous examinons dans la suite de l'article.

⁴ Le *Building Information Modelling* est un processus intelligent basé sur des modèles 3D fournissant aux architectes, ingénieurs et métiers du bâtiment les outils et la compréhension du projet leur permettant de mieux planifier, concevoir, construire et gérer bâtiments et infrastructures.

Service pilote à l'un des URC de Saath à Ahmedabad.
Source : mHS CITY LAB



DÉMOCRATISER L'ACCÈS À DES SOLUTIONS DE LOGEMENT

Le droit d'accéder à une aide technique devrait être le préalable à toute amélioration de la qualité des logements pour populations à faible revenu. Depuis 2010, l'équipe interdisciplinaire de mHS CITY LAB, entreprise sociale basée à Delhi, propose des solutions sur mesure à des projets de construction au sein de communautés à faible revenu. Afin d'augmenter la portée de son action, mHS mobilise les plateformes en ligne en vue de fournir des informations techniques complexes. Présentées sous la forme de schémas et de vidéos faciles à comprendre, disponibles sur des plateformes numériques, ce type d'informations a le potentiel d'induire une amélioration radicale de la qualité des logements informels. Les projets d'amélioration de bidonvilles et de relocalisation menés dans des villes en Inde ont habituellement été aveugles aux besoins d'accès à l'information et se sont concentrés sur des solutions standards à usage unique. Les logements dans les zones à faible revenu étant pour la plupart autoconstruits et réalisés par ajouts successifs, il est indispensable d'autonomiser les communautés à l'échelle des familles en les dotant d'un accès ininterrompu à l'information et aux infrastructures. Alors que d'autres problèmes dans le secteur social ont été reconnus comme tels partout dans le monde, ont fait l'objet de recherches poussées et ont bénéficié de solutions, la construction par ajouts successifs continue à être un phénomène trop ignoré, principalement parce que plans et règles d'urbanisme n'en tiennent tout simplement pas compte. Pourtant, sa prévalence dans les villes des pays du Sud nécessite une intervention urgente, tout comme la mise à disposition de possibilités de logement abordable pour les populations urbaines.

Nombreuses sont les personnes et les organisations travaillant dans le secteur du logement à s'être intéressées à l'habitat informel, mais leur attention s'est portée sur le problème du régime foncier, la pauvreté en infrastructures, la précarité des moyens de subsistance et la longue succession de parties prenantes dans le temps. Or, ces approches ne contribuent pas à rapprocher les bidonvilles d'une solution pour l'amélioration de la qualité des logements informels qui puisse être à la fois à grande échelle et inclusive. L'hypothèse de travail chez mHS est que mettre à profit la prolifération des outils numériques – en faisant d'une boîte à outils pour la construction une plateforme numérique – a le potentiel de surmonter la multiplicité des difficultés dans les quartiers informels. Étant donné l'échelle d'impact et de diffusion des outils numériques, l'idée est de proposer des algorithmes pour la conception et la planification de bâtiments au moyen d'interfaces utilisateur intuitives capables d'apprendre automatiquement et d'évoluer dans le temps en fonction des données et expériences d'emploi des utilisateurs.

L'approche retenue par mHS est celle d'une méthodologie lean avec retour itératif d'informations des utilisateurs lors de multiples essais de prototype sur le terrain. Les outils numériques sont développés pour chacune des trois phases d'une construction – avant, pendant et après. Une gamme complète de solutions d'architecture et d'ingénierie a été codée en algorithmes possédant la capacité de traiter des données d'utilisateur simples afin d'élaborer des propositions sur mesure détaillées qui font bon usage du potentiel d'intelligence collective des spécialistes, des populations et des ordinateurs. Pour chaque phase de projet, l'interface est conçue pour être accessible sur divers terminaux tels que téléphones portables et ordinateurs et s'adresse à une population analphabète ou semi-analphabète sur le point de s'approprier aujourd'hui les technologies numériques.

Après plusieurs essais sur le terrain et un retour d'informations par des groupes témoins au cours de l'année passée, le premier outil d'élaboration de devis de construction est à présent en phase de test sous forme de projet pilote mené par deux *Urban Resource Centres* (URC, Centres de ressources urbaines) de l'ONG communautaire Saath⁵ dans la ville d'Ahmedabad.

Grâce à ce projet pilote, les Centres peuvent fournir des informations essentielles dans la phase de planification, ce qui permet aux communautés à faible revenu de mieux gérer le volet financier de leur projet de construction de logement. Une difficulté caractéristique affrontée par ceux qui font construire dans les quartiers où se trouvent les Centres est qu'ils se trouvent pris au dépourvu par le coût final de la construction de leur logement, à la fois parce que les matériaux sont achetés au fur et à mesure en petite quantité et parce que les salaires sont payés au jour le jour. Le coût réel dépasse systématiquement leur estimation initiale ou l'estimation brute du maçon, ce qui oblige soit à un emprunt dans l'urgence soit à l'inachèvement de la construction. L'accès à un outil de planification et de suivi disponible dans les centres gérés par une ONG locale rend désormais possible l'établissement d'un budget et l'estimation du nombre de sacs de ciment, de briques et de camions de sable qui devront être achetés, ainsi que du poids des barres d'armature.

Le traitement de données d'utilisateur simples, telles qu'emplacement géographique, type et superficie du terrain à construire, nombre d'étages, disposition des installations sanitaires et qualité des finitions, permet à ce service adaptatif de générer des informations détaillées relatives aux quantités de matériaux, aux coûts, à la main-d'œuvre et au calendrier de construction. Le projet pilote s'avère essentiel pour le développement d'une application conçue en fonction des retours d'utilisateurs et pour l'identification des canaux de diffusion les plus efficaces.

⁵ Les URC de SAATH donnent accès à des services d'information relative aux documents nécessaires à l'obtention d'une carte d'identité et de sensibilisation aux programmes sociaux gouvernementaux.



Une équipe de mHS CITY LAB procède à des tests utilisateurs à Delhi.
Source : mHS CITY LAB

INFLUENCER LES COMPORTEMENTS GRÂCE À UN OUTIL ADAPTÉ À SON ENVIRONNEMENT SOCIAL

Réussir à influencer les comportements de consommation et d'investissement dans les communautés informelles en faveur de construction moins dangereuses et plus saines a représenté un défi majeur pour la mise en œuvre du projet pilote. La plupart des ménages vivant dans des quartiers informels peinent à survivre ; la planification à long terme et la durabilité ne font donc pas partie des grandes priorités. L'absence de titre de propriété régulier, ainsi que la nécessité d'affirmer un statut au sein de leur communauté expliquent que l'on observe souvent une aspiration des ménages à accorder la priorité à la taille des pièces et l'apparence de la façade plutôt qu'à une dépense en faveur de la sécurité structurale. Une bonne compréhension des attentes et des comportements informant les choix de construction au sein des communautés à faible revenu est donc un élément clé si l'on veut pouvoir agir comme catalyseur de la qualité et de la sûreté de l'habitat.

Le projet a également attribué une grande importance à la question des canaux de diffusion les plus efficaces pour que l'information circule à l'intérieur des communautés à faible revenu. S'il est vrai que la technologie est un instrument clé doté d'un énorme potentiel pour atteindre des millions de personnes, elle peut aussi faire office de barrière pour ceux qui ne l'ont pas encore adoptée. Malgré l'augmentation rapide du taux de pénétration des smartphones, dans cet environnement social particulier, si l'on veut aujourd'hui réussir à joindre toutes les personnes, il faut tirer parti des réseaux existants tout en renforçant les relations interpersonnelles. Le projet pilote a mis à contribution des réseaux de kiosques électroniques avec l'aide d'organisations de terrain, sans cesser de mettre largement l'accent sur la sensibilisation en porte-à-porte, les ateliers communautaires et les tests.

Pour pouvoir faire bénéficier les villes indiennes de solutions de haute technologie il faut aussi comprendre comment fonctionnent les réseaux dominants de basse technologie et comment en faire bon usage en visant une technologie intermédiaire. mHS a l'intention d'utiliser la technologie du Serveur vocal interactif comme moyen d'atteindre les utilisateurs de téléphones portables simples pendant la période de transition vers les smartphones.

L'ANALYSE DE DONNÉES COMME OUTIL AU SERVICE DE L'ÉCOSYSTÈME DU BÂTI

L'un des grands intérêts de l'emploi des technologies numériques est son potentiel pour la création d'énormes volumes et stocks de données, qui peuvent ensuite servir à faire tourner des algorithmes avancés d'apprentissage automatique. L'Inde s'est lancée en 2009 dans le programme Aadhaar afin d'attribuer à tout Indien résidant dans le pays un numéro d'identification centralisé, mobile et unique, basé sur un algorithme de corrélation. Empêtré dans de récentes controverses relatives à des questions de protection de la vie privée et de participation obligatoire pour pouvoir bénéficier de certaines prestations sociales (Doshi 2017), il s'agit d'une entreprise gigantesque qui fait apparaître à la fois le potentiel et les difficultés liés à la gestion de l'analyse de données de plus d'1 milliard d'individus. S'il est vrai que sa mise en œuvre doit obéir à des lignes directrices claires, ce programme possède, dans un contexte d'essor des technologies de l'intelligence artificielle, un formidable potentiel pour faciliter l'accès à des services de première nécessité en milieu urbain.

De même, le suivi et l'analyse de transactions comme de schémas comportementaux au moyen d'une analyse avancée des données appuyée par des algorithmes d'apprentissage automatique ouvrent un vaste champ de possibilités – de l'interconnexion d'acteurs clés dans le domaine de la construction informelle à l'implication du gouvernement dans l'élaboration de nouvelles politiques ayant pour but de renforcer la résilience des quartiers vulnérables. Deux de ces acteurs clés, dont le rôle important peut faire évoluer la construction par ajouts successifs, sont les fournisseurs de matériaux et les institutions financières qui proposent un microcrédit à la construction.

Nonobstant la crise qui a frappé l'industrie de la microfinance en Inde en 2011, on observe aujourd'hui un regain d'intérêt pour le marché inexploité du logement à destination des faibles revenus. Les IMF (institutions de microfinance) et les HFC (*Housing Finance Companies*, un autre type d'institutions financières non bancaires spécialisées dans le logement) indiennes ont enregistré une croissance spectaculaire de presque 60 % rien qu'en 2016 (PTI 2016). Les fournisseurs de matériaux de construction, les cimentiers par exemple, doivent eux aussi être impliqués pour que le projet puisse monter en puissance et améliorer de manière radicale l'écosystème des constructions par ajouts successifs dans les villes d'Inde. Le programme *Digital Tools* se fixe comme objectif et comme prochaine étape de convaincre ces acteurs clés de participer au projet pilote qui doit se terminer cette année et de contribuer à son succès. Les données générées par les profils

**“L'ÉCHELLE À LAQUELLE IL CONVIENT
D'EXERCER L'INTELLIGENCE
COLLECTIVE VIA LES OUTILS
NUMÉRIQUES DOIT ÊTRE À LA MESURE
DES IMMENSES DÉFIS URBAINS
AUXQUELS FONT FACE LES PAYS
EN DÉVELOPPEMENT.”**

d'utilisateurs, traçant leur solvabilité, leurs besoins et leurs préférences, sont des informations inestimables pour des parties prenantes cherchant à se positionner sur le segment de marché des faibles revenus. Une autre application précieuse de cet outil au vaste potentiel est la cartographie de quartiers vulnérables, susceptible d'alimenter des initiatives de renforcement de résilience, en particulier dans le contexte de la préparation aux plans d'urgence.

Si l'on souhaite voir ces outils adoptés par des organismes gouvernementaux pour que des mécanismes soient incorporés au niveau du terrain comme à celui des politiques, il ne faut pas sous-estimer l'échelle à laquelle peut s'exercer l'intelligence collective apportée par des outils numériques et les changements qu'elle peut induire dans l'écosystème du bâti. Cette ambition doit être à la mesure des immenses défis urbains auxquels font face les pays en développement. Le retour d'informations par les utilisateurs jouant un rôle critique dans l'avènement d'un changement, il paraît nécessaire d'encourager la participation des usagers en leur assurant un meilleur accès à des financements et à la propriété foncière. mHS CITY LAB est optimiste quant au potentiel de son projet *Digital Tools* et des idées qui l'inspirent à informer des politiques de meilleure inclusion de quartiers à faible revenu dans des villes d'Inde. Les quelques années à venir vont s'avérer cruciales pour l'évaluation de l'impact des technologies numériques et des mégadonnées sur la capacité des communautés à faible revenu à progresser en surmontant le déficit de connaissances.

BIBLIOGRAPHIE

Choudhary, S. (2015, 1 15). *The Wire*. Retrieved 3 3, 2017, from The Miracle of Radio 'Bulloo': <https://thewire.in/19331/the-miracle-of-radio-bulloo/>

Davis, M. (2006). *Planet of Slums*. USA: Verso.

Doshi, V. (2017, March 21). *No ID, no benefits: thousands could lose lifeline under India's biometric scheme*. Retrieved March 24, 2017, from The Guardian: <https://www.theguardian.com/global-development/2017/mar/21/no-id-no-benefits-thousands-could-lose-lifeline-india-biometric-scheme-aadhaar-card>

Fintech News. (2017, February 21). *Ayannah launches an AI-powered Credit Scoring Service for the Unbanked*. Retrieved March 30, 2017, from Fintech News Singapore: <http://fintechnews.sg/8365/philippines/ayannah-launches-ai-powered/>

Halabol. (2013, September 13). *TBI Social Enterprises: Dimagi – Applying Intelligence And Innovation To Health Care Solutions*. Retrieved February 22, 2017, from The Better India: <http://www.thebetterindia.com/8173/tbi-social-enterprises-dimagi-applying-intelligence-and-innovation-to-health-care-solutions/>

IAMA. (2016). *Mobile Internet In India 2016*. Internet and Mobile Association of India.

Malone, T. W., Laubacher, R., & Johns, T. (2011, July-August). *The Big Idea: The Age of Hyperspecialization*. Retrieved March 20, 2017, from Harvard Business Review: <https://hbr.org/2011/07/the-big-idea-the-age-of-hyperspecialization>

mHS. (2011). *Self Construction- Enabling safe and affordable housing in India*. Delhi: micro Home Solutions.

Poushter, J. (2016). *Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies*. Pew Research Center.

Poushter, J., & Oates, R. (2015). *Cell Phones in Africa: Communication Lifeline*. Pew Research Center.

PTI. (2016, September 15). *Money Control*. Retrieved November 12, 2016, from Microfinance industry clocked 60 % growth in FY16: http://www.moneycontrol.com/news/business/microfinance-industry-clocked-60-growthfy16_7455581.html

Rao, M. M. (2016, March 28). *The Hindu*. Retrieved February 20, 2017, from Online management system to monitor Bengaluru water: Catch the next drop: <http://www.thehindu.com/news/cities/bangalore/catch-the-next-drop/article7605440.ece>

UN DESA. (2014). *The World Urbanization Prospects*. United Nations Human Settlements Programme. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.

LES *BLOCKCHAINS* ET LE SYSTÈME NERVEUX CITOYEN

Alessandro Voto

Institute for the Future - Blockchain Labs



Alessandro Voto est Directeur régional (côte ouest) de Consensys, une société spécialisée dans les technologies blockchain basée à Brooklyn. Son rôle consiste à relier les organisations et les entrepreneurs sociaux à la communauté locale de la blockchain en vue de créer des applications et des services. Alessandro est également auxiliaire de recherche au Blockchain Futures Lab de l'Institute for the Future.

MOTS CLÉS

- BLOCKCHAIN
- BITCOIN
- CONTRATS INTELLIGENTS
- CRYPTOMONNAIES
- PROTOCOLES AUTONOMES
- IDENTITÉ NUMÉRIQUE
- GESTION MUNICIPALE DÉCENTRALISÉE
- « GOUVERNEMENT EN TANT QUE FOURNISSEUR DE SERVICES »

Dans cet article, Alessandro Voto nous fait découvrir de quelle manière l'essor des protocoles blockchain transformera la gestion des villes. Ils permettent en effet d'imaginer une gouvernance municipale plus répartie et l'émergence d'une nouvelle gamme de services urbains où machines et humains collaborent d'une nouvelle manière pour le stockage, les déplacements et les transactions.

Destinés à fonctionner pour un prix bien plus modique que les protocoles centralisés, ces nouveaux services seront particulièrement adaptés aux populations mal desservies, en leur apportant une identité plus mobile et plus sûre, adaptée à leur création de valeur.

INTRODUCTION

Contrairement au « cerveau » centralisé de la politique traditionnelle de la cité, les systèmes nerveux citoyens basés sur la technologie blockchain distribueront l'intelligence politique et les dynamiques économiques jusqu'en périphérie. Les humains ne seront plus les seuls à prendre des décisions et à agir en conséquence. Les machines et les agents d'intelligence artificielle seront des contributeurs tout aussi impliqués dans la symphonie de la cité intelligente de demain.

La cité est un organisme distribué. Les citoyens travaillent en symbiose pour transformer des matières premières en produits et en services utiles à la vie et à un ensemble plus vaste. Pour déplacer et protéger la valeur qu'ils créent ensemble, ils dépendent d'infrastructures civiles comme les lois, les marchés et les contrats. Ensemble, ces outils et ceux qui les font respecter agissent comme un système nerveux de la cité, et permettent aux communautés de réagir de manière fiable aux besoins émergents et aux attaques éprouvantes.

Jusqu'à présent, nous avons besoin d'un gouvernement central et d'institutions pour gérer les enregistrements et les processus derrière cette infrastructure, à l'échelle de la cité. Nous avons donné à ces institutions le pouvoir de limiter artificiellement nos interactions, afin qu'elles puissent en tirer un bénéfice ou interdire des activités qu'elles jugent inappropriées. Cependant, elles sont devenues des cibles privilégiées des violations de données et des manipulations par des tiers.

Les avancées récentes de la technologie tendent à éliminer le besoin d'une bureaucratie centralisée, en connectant directement les pairs pour les aider à suivre et à exécuter eux-mêmes les accords économiques et sociaux. Une de ces technologies, nommée *blockchain* (chaîne de blocs), utilise ces liens directs comme une protection contre le pouvoir civil centralisé.

Les *blockchains* sont une sorte de base de données partagée qui permet aux communautés de conserver des enregistrements dans un réseau d'ordinateurs. Chaque personne peut soumettre un enregistrement afin que les autres la stockent dans la chaîne chronologique et synchronisée, avec les enregistrements de ses pairs. Les enregistrements et leur séquence sont protégés par un cryptage de qualité bancaire pour empêcher toute modification, suppression ou contrefaçon par un quelconque acteur du réseau.

La technologie des *blockchains* va faciliter de toutes nouvelles formes de coopération dans les cités et entre elles. Elle va étendre les protections institutionnelles dignes de confiance et les services financiers aux personnes marginalisées et démunies dans le monde entier. Elle va réinventer la manière dont nous gérons l'infrastructure physique de la cité et les structures communautaires numériques. La suite de cet article est un aperçu du système nerveux citoyen que les *blockchains* pourraient soutenir à l'avenir.



UNE IDENTITÉ POLYFORME

La participation à la vie de la cité commence avec l'identité et la citoyenneté. Qu'il s'agisse d'une personne, d'une société ou d'un appareil, l'unicité de l'identifiant nous aide à étendre notre confiance aux bons groupes et à nous protéger des acteurs malveillants. Pour cette raison, une des fonctions les plus importantes que peut remplir la *blockchain* est la gestion des informations identitaires des personnes et des organisations.

Aujourd'hui, c'est votre carte d'identité, votre permis de conduire, votre profil dans les réseaux sociaux et d'autres formes d'identité institutionnelle qui permettent de vous identifier. Sans ces éléments, il est difficile ou impossible d'accéder aux services financiers et aux protections légales. Les Nations Unies estiment que 1,5 milliard de personnes dans le monde vivent actuellement sans identité formelle, ce qui les exclut des services urbains et des protections qui en découlent.

Avec des services identitaires basés sur une *blockchain*, toute personne peut établir un identifiant numérique unique à peu de frais. Avec cet identifiant, il devient possible d'associer des données sur ses activités et ses relations, par des transactions *blockchain* successives. Chaque enregistrement supplémentaire, non falsifiable, contribue à affiner l'image de la personne et le degré de confiance qu'elle mérite. Comme toute personne sur le réseau disposant d'une copie de la *blockchain* peut accéder à ces enregistrements, les résidents d'une cité peuvent facilement trouver de nouveaux collaborateurs et tisser des liens avec eux, selon des critères stricts et vérifiables, tout cela sans gestionnaire central des identités.

Les projets *blockchain* tels Uport de ConsenSys et le système d'identité Blockstack Labs vont ouvrir des possibilités entièrement nouvelles pour la gestion des identités. Les écoles et les formateurs émettront des badges infalsifiables pour leurs élèves, qui serviront de micro-accréditation pour de nouveaux lieux et sites d'apprentissage. Les organisations posséderont leurs propres personas *blockchain*, dont l'impact citoyen et environnemental sera visible et analysé par autrui.

“LA CITÉ EST UN ORGANISME DISTRIBUÉ. LES CITOYENS TRAVAILLENT EN SYMBIOSE POUR TRANSFORMER DES MATIÈRES PREMIÈRES EN PRODUITS ET EN SERVICES UTILES À LA VIE ET À UN ENSEMBLE PLUS VASTE. POUR DÉPLACER ET PROTÉGER LA VALEUR QU’ILS CRÉENT ENSEMBLE, ILS DÉPENDENT D’INFRASTRUCTURES CIVILES COMME LES LOIS, LES MARCHÉS ET LES CONTRATS. ENSEMBLE, CES OUTILS ET CEUX QUI LES FONT RESPECTER AGISSENT COMME LE SYSTÈME NERVEUX DE LA CITÉ.”



Même les robots de la cité seront dotés d'une identité permettant de les suivre et de vérifier qu'ils agissent selon les règles et ne dévient pas de leur mission.

La notion de citoyenneté anéantira les obstacles administratifs puisque les transactions *blockchain* révéleront de riches informations sur les contributions des personnes à leur communauté. Avec des applications comme Bitnation, les populations migrantes aujourd'hui vulnérables jouiront d'une « citoyenneté mondiale », affranchie des frontières. Comme les *blockchains* ne réclament pas nécessairement des informations d'identité statiques et formelles pour autoriser une participation qui leur est utile, on pourrait aussi voir des systèmes de gouvernance basés sur une identité minimale et des identifiants à usage unique, qui étendraient l'accès aux services aux personnes très soucieuses de leur sécurité et du respect de leur vie privée.

Que ce soit par l'intermédiaire d'identifiants riches et souverains ou de personas temporaires, l'identité gérée par *blockchain* permettra à chacun de véritablement posséder ses données et, c'est important, à ses richesses.

DES RÉSEAUX CITOYENS DE VALEURS

Le bitcoin est une monnaie numérique qui a introduit le concept de *blockchain* et qui est devenue sa première application à succès. L'offre de cette monnaie est définie par le logiciel : les bitcoins sont créés au profit des « mineurs » qui utilisent leur ordinateur personnel

pour traiter de nouvelles transactions pour le réseau. Une fois qu'un bitcoin est miné, son propriétaire peut le faire circuler en soumettant aux mineurs un enregistrement de transaction afin qu'il soit inclus dans la *blockchain* publique. Tout cela sans identité formelle et en utilisant uniquement des adresses cryptographiques pour conserver et déplacer les fonds. Les transactions étant enregistrées dans un réseau massif de pairs identifiés par pseudonyme, et non par un processeur central des paiements, toute personne disposant d'une connexion à Internet peut accepter ou transférer la monnaie sans craindre de censure ou des intermédiaires parasites.

Le bitcoin et les autres cryptomonnaies vont déclencher des flux de valeur entre les citoyens et des partenaires mondiaux qui remettent en question les frontières et les réglementations classiques. Les pauvres du monde, aussi bien que son élite, utiliseront ces réseaux sans frottement pour accéder aux offres d'investissement international et aux services bancaires qui leur étaient jusqu'à présent refusés.

Comme il est possible de remonter tous les paiements jusqu'aux comptes émetteurs, les personnes et les organisations choisiront d'associer leur identité « réelle » à leurs comptes, afin d'être reconnues comme le payeur. Les gestionnaires de la cité auront leurs propres comptes, nommés portefeuilles dans le jargon des *blockchains*. Les citoyens verseront des contributions à ces portefeuilles de la cité, de manière transparente, autoriseront collectivement les dépenses, et surveilleront soigneusement les registres de transactions pour minimiser la corruption et le gâchis d'argent public. Les ONG feront de même avec des outils tels que Bitgive, pour aider les philanthropes à suivre l'effet de leur don sur le développement qu'ils veulent favoriser.

Depuis Bitcoin, les développeurs ont produit de nombreuses cryptomonnaies similaires. Dogecoin, par exemple, est une monnaie sur mesure qui a tiré son succès de sa marque ludique caractérisée par des chiens Shiba Inu et de mauvaises traductions. D'autres ont renforcé une volonté de souveraineté financière, comme celle de la tribu des Sioux qui a créé sa propre

cryptomonnaie nommée Mazacoin. Dans les cités du futur, les personnes conserveront leur richesse au moyen d'un grand nombre de jetons, avec leurs propres règles transactionnelles, actifs garants et connexions communautaires. Certains seront totalement fongibles pour encourager l'investissement massif, d'autres seront limités à certaines utilisations.

Les projets émettront des jetons pour suivre les contributions des personnes aux pools de ressources et contribuer à mesurer les accès à ces derniers. La'Zooz, une app de covoiturage basée sur une *blockchain*, fournit, aux conducteurs qui proposent des trajets, des jetons échangeables contre les trajets proposés par d'autres conducteurs. Transactive Grid, Solar Coin et la fondation Energy Web sont trois projets qui visent à créer des microréseaux d'énergie renouvelable, où les voisins se payent mutuellement pour les électrons échangés, sans passer par un fournisseur central d'électricité.

Bien que la sécurité des premières *blockchains* d'aujourd'hui nécessite l'attente d'une confirmation par le réseau, de nouveaux développements dans ce domaine permettront bientôt des transactions hors ligne rapides comme l'éclair, et auront recours au grand réseau uniquement lorsque c'est nécessaire. Cette technique, nommée canal de paiement, autorisera des flux de micropaiements générant peu ou aucun frais de transaction. Cela signifie qu'un internaute peut payer le propriétaire du routeur Wi-Fi qu'il utilise à hauteur des octets qu'il a échangés. Les pollueurs pourraient payer à hauteur de leurs émissions carbonées. Les muralistes pourraient recevoir des dons en rapport avec le comportement des visiteurs dont on suivrait le regard.

Les flux financiers à bas coût faciliteront aussi le financement citoyen, ce qui transformera la forme de la cité à l'aide des citoyens. Avec une capitalisation boursière totale croissante, de plus de 80 milliards de dollars en mai 2017, il existera bientôt une grande quantité de liquidités disponible sans frottement. Partant de ce fait, une société d'investissements immobiliers sur *blockchain* nommée FOAM imagine un monde où les architectes pourraient proposer de nouveaux projets immobiliers comme une campagne Kickstarter, puis permettraient aisément à des investisseurs de tous horizons de devenir actionnaire dans leur production. Les investisseurs et d'autres participants pourraient ensuite voter sur des sujets liés au projet, ce qui ferait de chaque projet une expérience de prise de décision ancrée directement dans sa structure. Cela nous amène à notre prochaine *blockchain*.

UNE CITÉ INTELLIGENTE DISTRIBUÉE

Contrairement au « cerveau » centralisé de la politique traditionnelle de la cité, les systèmes nerveux citoyens basé sur les *blockchains* distribueront l'intelligence politique et les bureaux économiques jusqu'en périphérie. Les personnes ne seront plus les seules à prendre des décisions et à agir en conséquence. Les machines et les agents d'intelligence artificielle seront d'égaux contributeurs à la symphonie de la cité intelligente du futur.

Pour maîtriser la crédibilité de la sécurité dans un contexte de cité intelligente, les développeurs traiteront plus que des informations statiques et des registres d'actifs en *blockchains*. Ils enregistreront aussi des bits de code nommés contrats intelligents, destinés à exécuter des opérations complexes sans dépendre d'un tiers unique. Inventés par le juriste Nick Szabo en 1994 puis mis en œuvre au moyen d'un protocole *blockchain* nommé Ethereum, les contrats intelligents agissent comme un agent fiduciaire et notaire robotisé, auquel les personnes peuvent envoyer des actifs et des données s'ils approuvent les termes du contrat. Personne ne peut changer l'accord, ni empêcher des personnes d'interagir avec lui, ni empêcher son exécution, sauf si c'est explicitement spécifié dans le code lui-même.

“POUR MAÎTRISER LA CRÉDIBILITÉ DE LA SÉCURITÉ DANS UN CONTEXTE DE CITÉ INTELLIGENTE, LES DÉVELOPPEURS TRAITERONT PLUS QUE DES INFORMATIONS STATIQUES ET DES REGISTRES D'ACTIFS EN BLOCKCHAIN. ILS ENREGISTRERONT AUSSI DES BITS DE CODE NOMMÉS CONTRATS INTELLIGENTS, DESTINÉS À EXÉCUTER DES OPÉRATIONS COMPLEXES SANS DÉPENDRE D'UN TIERS UNIQUE.”

Avec cette nouvelle fonction puissante, les cités peuvent remplacer les processus bureaucratiques laborieux par des applications décentralisées, transparentes et efficaces. Nous verrons des droits fonciers, des accords commerciaux, des documents constitutifs, des systèmes de scrutin etc. réinventés de manière à être auto-exécutoires, ce qui libérera des opérateurs coûteux et ouvrira de nouvelles possibilités de collaboration dont l'organisation aurait sinon été onéreuse. Le site d'Ethereum propose même un tutoriel facile à suivre : « comment construire une démocratie sur les *blockchains* », y compris les processus de vote, de gestion des membres et de contrôle des actifs. Lorsque les cités expérimentent de tels outils de gouvernance simples, elles partagent leurs bonnes pratiques sous la forme d'applications « service de gouvernance » en source ouverte.

Les machines concluront des contrats intelligents avec les humains, et ne se contenteront plus d'exécuter le code ; elles décideront même du moment et de la manière d'investir la richesse qui leur est allouée ou d'accepter opportunément une mission. Filament, une société basée à Reno (Nevada) et active dans les *blockchains*, crée déjà des puces intégrables de mise en réseau maillé, permettant aux machines de s'acheter mutuellement du temps et des ressources via des contrats intelligents, dans des environnements ruraux et urbains. Les machines pourraient un jour être « propriétaires d'elles-mêmes », et s'ouvriraient à l'investissement de capital et aux informations provenant des personnes et des bots (programmes automatisés) uniquement lorsque c'est nécessaire à l'accomplissement des missions pour lesquelles elles ont été créées.

La technologie des *blockchains* possède un potentiel immense pour réinventer la manière dont nous construisons la cité, la gérons et faisons des affaires en son sein et d'une cité à l'autre. Ces systèmes citoyens impossibles à arrêter devront être conçus en gardant à l'esprit les besoins humains, pour éviter que l'utilisation des *blockchains* renforce les anciens modèles d'injustice. Un nouveau système nerveux citoyen est sur le point d'éclorre, et c'est à nous de lui enseigner l'avenir que nous souhaitons.

3. PARVIENDRONS-NOUS À FAIRE PROFITER TOUT LE MONDE DE LA RÉVOLUTION DE L'IA ?



Nombre de spécialistes, soucieux des conséquences socio-économiques de la révolution de l'intelligence artificielle par rapport aux autres révolutions industrielles du XIX^e et du XX^e siècles, se posent la question suivante : « Et si c'était différent, cette fois-ci ? ».

Certes, cette révolution pourrait être une *destruction créatrice* au sens schumpétérien, synonyme de revenus plus élevés, de meilleure qualité de vie pour tous et de création de nouveaux emplois encore inconnus, remplaçant ceux que l'automatisation fait disparaître. Mais elle pourrait aussi tourner à la *création destructrice*, annonciatrice du chômage de masse ou de la perte de contrôle sur les processus de prise de décision. Tout dépendra de la rapidité et de l'ampleur du développement et de la diffusion des technologies d'intelligence artificielle, un point sur lequel les experts sont loin de s'accorder. Les décideurs doivent investir plus de ressources pour développer une meilleure compréhension de la notion même et de la dynamique de la révolution de l'IA. En outre, la capacité des sociétés et des villes à faire de la révolution de l'IA une *destruction créatrice*, et à faire profiter de ses avantages le plus grand nombre, dépend principalement de la manière dont les sociétés réagissent, à titre individuel et collectif.

La technologie n'est en aucun cas le fruit du destin, au même titre que les choix institutionnels ont leur importance. Pour faire en sorte que tous puissent profiter de la révolution de l'IA, il convient de mettre en place des réformes, de repenser la sécurité sociale, les mécanismes de redistribution, ainsi que les systèmes d'éducation et de développement, afin de permettre des transitions professionnelles reproductibles et viables. Des cadres politiques et réglementaires nécessiteront également un rééquilibrage afin de préserver les plus vulnérables de l'exclusion socioéconomique, d'empêcher la discrimination algorithmique et les abus en matière de vie privée, afin de garantir le contrôle et la responsabilité, mais aussi pour éviter une exacerbation des inégalités en matière de richesse et d'opportunités.

Pour débattre des défis de la gouvernance à l'ère de l'IA, Geoffrey Delcroix de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) présente un scénario prospectif sur la ville française de Lille en 2027, qui a récemment mis en place un chatbot civique alimenté par l'Intelligence artificielle. Dans un deuxième article, Geoffrey présente différents scénarios novateurs de gouvernance des données que les municipalités pourraient adopter, afin de profiter des bienfaits de la révolution du Big Data en trouvant le bon équilibre entre intérêts publics et privés. Yves-Alexandre de Montjoye interroge en profondeur la question de la protection de la vie privée posée par l'essor des algorithmes d'apprentissage machine. Il s'intéresse notamment aux limites des techniques de désidentification à l'ère de ces algorithmes qui permettent d'établir des corrélations massives à grande échelle et souligne des

solutions possibles, basées sur une approche axée sur le respect de la vie privée dès la conception.

Avec Laurent Alexandre, nous abordons la question de la géopolitique de l'IA, analysant les dynamiques des puissances mondiales, la nouvelle situation de concurrence entre l'Europe, l'Amérique et l'Asie et les méthodes de gouvernance et de réglementation. Ensuite, Samer Hassan et Primavera de Filippi débattent des défis associés à l'omniprésence grandissante des algorithmes au cœur du processus de gouvernance. Comme nous comptons de plus en plus sur les plateformes numériques pour vivre, travailler et socialiser, le code utilisé pour faire fonctionner ces programmes devient la nouvelle loi. Il forme un nouveau système de réglementation qui nous affecte tous au quotidien. Et à mesure que l'autonomie de ces algorithmes se développe avec la montée en puissance de l'apprentissage automatique, des risques d'un nouveau genre émergent en matière d'équité et de justice des processus. La conception d'algorithmes devient un processus politique par lequel nous devons intégrer et adapter nos valeurs dans le code.

Andy Palanisamy s'intéresse à la dynamique et aux écueils du processus d'adoption des véhicules autonomes en tant que réponse aux impératifs mondiaux en matière de mobilité. S'il prône une approche réaliste, dépourvue de toute surévaluation de la contribution des véhicules autonomes aux systèmes de transport en masse, Andy affirme que les villes constituent un environnement idéal pour ces voitures. En effet, la densité urbaine, couplée à la maturité des plateformes de covoiturage, pourrait favoriser l'essor de solutions de mobility-as-a-service.

Enfin, aux côtés de Roland Ries, maire de Strasbourg, nous examinons de quelle façon les villes peuvent accompagner la montée en puissance des nouvelles plateformes numériques basées sur des algorithmes et relever les défis associés. Très pragmatique, il préconise une approche équilibrée où les villes agissent en étroite collaboration avec les collectivités territoriales en vue d'atténuer les effets néfastes de la déréglementation, tout en tirant le meilleur parti de ces nouveaux services partagés, afin de répondre plus efficacement aux attentes des citoyens, notamment en matière d'emploi et de pouvoir d'achat.

Nicolas MIALHE
Coordinateur

LES DÉFIS POLITIQUES DE L'AUTOMATISATION

Nicolas Miaillhe

Co-fondateur et Président de « The Future Society »



Nicolas Miaillhe est co-fondateur et Président de « The Future Society at Harvard Kennedy School », dans le cadre de laquelle il a également fondé et dirigé la « AI Initiative ». Stratège reconnu, entrepreneur social et leader visionnaire, il conseille multinationales, gouvernements et organisations internationales.

Nicolas est Senior Visiting Research Fellow du Program on Science, Technology and Society (STS) à la HKS. Il est également spécialiste des problématiques d'innovation urbaine et d'engagement citoyen. Depuis plus de dix ans, Nicolas évolue à la croisée de l'industrie de haute technologie, de l'innovation, de la gouvernance et de la société civile, notamment sur les marchés émergents, à l'image de l'Inde.

MOTS CLÉS

- REVENU UNIVERSEL DE BASE
- ENSEIGNEMENT PERSONNALISÉ
- PROGRAMMES ACTIFS POUR LE MARCHÉ DE L'EMPLOI
- CHÔMAGE TECHNOLOGIQUE
- AUTOMATISATION DE L'EMPLOI
- FORMATION AUX DISCIPLINES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES (STEM)

Selon notre analyse, pour faire en sorte que tous puissent profiter de la révolution de l'IA, il convient de mettre en place des réformes, de repenser la sécurité sociale, les mécanismes de redistribution, ainsi que les systèmes d'éducation et de développement, afin de permettre des transitions professionnelles reproductibles et viables. Des cadres politiques et réglementaires nécessiteront également un rééquilibrage afin de préserver les plus vulnérables de l'exclusion socioéconomique, d'empêcher la discrimination algorithmique et les abus en matière de vie privée, afin de garantir le contrôle et la responsabilité, mais aussi d'éviter une explosion des inégalités en matière de richesse et d'opportunités.

INTRODUCTION

Nombre de spécialistes, soucieux des conséquences socio-économiques de la révolution de l'intelligence artificielle par rapport aux autres révolutions industrielles du XIX^e et du XX^e siècles, se posent la question suivante : « Et si c'était différent, cette fois-ci ? ». Certes, cette révolution pourrait être une destruction créatrice au sens schumpétérien, synonyme de revenus plus élevés, de meilleure qualité de vie pour tous et de création de nouveaux emplois encore inconnus, remplaçant ceux que l'automatisation fait disparaître. Mais elle pourrait aussi tourner à la création destructrice, annonciatrice du chômage de masse ou de la perte de contrôle sur les processus de prise de décision. Tout dépendra de la rapidité et de l'ampleur du développement et de la diffusion des technologies d'intelligence artificielle, un point sur lequel les experts sont loin de s'accorder. Toutefois, l'avenir de la technologie n'est en aucun cas tout tracé : la politique et les choix institutionnels compteront pour beaucoup dans son évolution.



ADAPTER LA PROTECTION SOCIALE ET LES MÉCANISMES DE REDISTRIBUTION

DESTRUCTION CRÉATRICE OU CRÉATION DESTRUCTRICE ?

Parmi les défis politiques liés à l'émergence de l'IA, le plus discuté se rapporte à l'impact de l'automatisation sur l'emploi et les inégalités, et certains penseurs émettent l'hypothèse d'une possible évaporation des classes moyennes. Les experts s'accordent pour dire que la vague d'automatisation alimentée par l'IA affectera profondément le modèle de l'emploi et les processus des entreprises. En quoi est-ce cette fois différent des autres vagues causées par une rupture technologique ? Cette « vague de Schumpeter » sera-t-elle une *destruction créatrice* comme les précédentes, se traduisant par une hausse du salaire moyen et créant des postes jusqu'alors non imaginés pour remplacer ceux qui sont automatisés, ou une *création destructrice*, conduisant au chômage de masse ? Cela dépend de la vitesse du développement et de la diffusion des technologies d'IA dans la prochaine décennie. Sur cette question, les penseurs expriment une grande incertitude.

L'article de Jason Furman, président du groupe d'économistes qui conseillait le président Obama, publié en juillet 2016¹, le rapport de la Maison Blanche sur *l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie*, publié en décembre 2016², et le rapport du McKinsey Global Institute sur *la mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille*³, publié en janvier 2017, concluent que les mutations fondamentales de la population active dues aux technologies d'automatisation seraient « *d'une échelle qui n'est pas nouvelle* ». De leur côté, dans leur livre de 2014 intitulé *The second Machine Age*, Eric Brynjolfsson et Andrew McAfee font valoir que nous rencontrons un point d'inflexion sans précédent entre la première ère des machines, marquée par l'automatisation des tâches physiques

par la mécanisation, et une deuxième, entraînée par l'automatisation des tâches cognitives par les technologies numériques⁴.

Le résultat des études d'impact de l'automatisation du travail conduites au cours des cinq dernières années diffère assez radicalement dans leur évaluation et leurs projections : un rapport de l'OCDE⁵, publié en juin 2016 concernant ses 21 pays membres et centré sur les « tâches » en tant qu'unité d'analyse, conclut qu'une modeste part de 9 % des tâches sont automatisables ; il prédit que les tendances suivies par les différents pays présenteront des différences notables⁶. L'étude de 2013 de Frey et Osborne sur l'avenir de l'emploi⁷, centré sur le concept plus large de « métier », a tiré des sonnettes d'alarme en concluant qu'environ 47 % des emplois aux États-Unis pourraient être automatisés dans les deux prochaines décennies. Un autre rapport, de Citibank⁸, basé sur l'étude de Frey et Osborne et sur des données de la banque mondiale, a examiné 50 pays et conclut que 50 % des emplois pourraient être automatisés, en moyenne dans les pays de l'OCDE. Ce nombre est particulièrement élevé en Inde (69 %) et en Chine (77 %). Après analyse de 2000 activités professionnelles liées à 800 métiers, le dernier rapport McKinsey conclut que « *le potentiel d'automatisation concerne environ la moitié des activités pour lesquelles les personnes sont rémunérées presque 15 mille milliards de dollars dans l'économie mondiale* ». [...] *Alors que moins de 5 % de tous les métiers peuvent être entièrement automatisés, environ 60 % de tous les métiers comportent au moins*

4 Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* (La deuxième ère des machines : travail, progrès et prospérité dans une époque de technologies géniales), W. W. Norton & Company, 2014.

5 Melanie Arntz, Terry Gregory et Ulrich Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis* (Risque de l'automatisation pour les emplois dans les pays de l'OCDE : analyse comparative), Documents de travail de l'OCDE sur les affaires sociales, l'emploi et les migrations, n° 189, Éditions de l'OCDE, mai 2016.

6 Par exemple la part d'emplois automatisables est de 6 % en Corée et de 12 % en Autriche.

7 Carl Benedikt Frey et Michael A. Osborne, *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* (L'avenir des emplois : à quel degré les postes sont-ils informatibles ?), Oxford Martin School, 17 septembre 2013.

8 *Technology at Work v2.0: The future is not what it used to be* (La technologie au travail 2.0 : le futur n'est plus ce qu'il était), Citibank, janvier 2016.

“NOTRE ANALYSE DES PUBLICATIONS LES PLUS RÉCENTES SOULIGNE LE BESOIN PROBABLE DE POLITIQUES FISCALES PROGRESSIVES POUR RÉÉQUILIBRER LE GLISSEMENT DU TRAVAIL VERS LE CAPITAL QUE LA RÉVOLUTION DE L'IA APPORTERA PROBABLEMENT, AFIN DE PROTÉGER LES PLUS VULNÉRABLES DE L'EXCLUSION SOCIO-ÉCONOMIQUE ET D'ÉVITER UNE EXPLOSION DES INÉGALITÉS EN MATIÈRE DE RICHESSE ET D'OPPORTUNITÉS.”

1 Jason Furman, *Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence* (Cette époque est-elle différente ? Opportunités et défis de l'intelligence artificielle), remarque chez AI Now : *The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term* (Implications sociales et économiques à court terme des technologies d'intelligence artificielle), conférence à New York, 7 juillet 2016.

2 *Artificial intelligence, automation, and the economy*, Bureau exécutif du président, décembre 2016. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/12/20/artificial-intelligence-automation-and-economy>

3 James Manyika, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott et Martin Dewhurst, *Harnessing Automation for a Future that Works*, McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p.97).



30 % d'activités constitutives. Le changement touchera plus de métiers que l'automatisation n'en détruira.⁹ » Le rapport conclut aussi que les activités les plus exposées incluent « les activités physiques dans les environnements hautement structurés et prévisibles, et la collecte et le traitement de données ».

Pour aller plus loin, il est primordial de mener d'autres recherches pour comprendre de manière plus fine les facteurs d'automatisation des emplois, en particulier selon les périodes, les secteurs, le niveau de rémunération, le niveau d'instruction, le type d'emploi et le lieu. Jusqu'à présent, les rapports soulignent principalement une poursuite, voire une accentuation¹⁰, de la tendance au déplacement favorisant les compétences¹¹, mitigée par la capacité de l'IA et des technologies d'automatisation à remplacer les tâches cognitives de grande compétence

9 *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. vi). Les scénarios du McKinsey Global Institute suggèrent que la moitié des activités professionnelles d'aujourd'hui pourraient être automatisées d'ici 2055, ou 20 ans plus tôt, ou plus tard, sous l'influence de divers facteurs et selon d'autres conditions économiques plus larges.

10 C'est ce qu'Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee ont appelé le « changement technologique favorisant les superstars » dans leur livre *The Second Machine Age*. « C'est le fait que les technologies peuvent démultiplier et amplifier les talents particuliers, les compétences ou la chance d'1 % d'une population, ou même de 100 fois moins, puis de les reproduire à des millions ou des milliards de personnes. Sur ce type de marchés, la tendance est d'avoir des gagnants qui rattrapent tout ; un petit nombre de personnes tirent des avantages énormes, et l'ensemble des consommateurs tire également des avantages, mais les personnes moyennement compétentes ou un peu plus sont beaucoup moins demandées ». <http://www.businessinsider.com/erik-brynjolfsson-2014-1>

11 Par exemple, l'étude de l'OCDE de 2016 estime que 44 % des travailleurs américains détenant moins qu'un diplôme d'études secondaires occupent des postes faits de tâches hautement automatisables, alors que ce type de poste concerne à peine 1 % des titulaires d'une licence ou plus. Melanie Arntz, Terry Gregory et Ulrich Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis* (Risque de l'automatisation pour les emplois dans les pays de l'OCDE : analyse comparative). Ibid. Voir aussi *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président (p. 13 et 14)

mais routinières¹². Certaines tâches de faible compétence nécessitant une grande dextérité manuelle resteront aussi demandées, au moins à court terme. Les études ont également mis en évidence la perte d'emplois de certains travailleurs à court terme, mais les échéances de déplacement dépendent fortement des réponses politiques spécifiques à l'institution.

L'ENJEU POLITIQUE: QUE LA RÉVOLUTION DE L'IA BÉNÉFICIE À TOUS

La capacité des sociétés à faire de la révolution de l'IA une *destruction créatrice* et à diffuser ses avantages à tous dépend principalement de la réaction collective à cette révolution. La technologie n'est certainement pas la destinée, et la politique et les choix institutionnels compteront beaucoup. Notre analyse des publications les plus récentes souligne le besoin probable de politiques fiscales progressives pour rééquilibrer le glissement du travail vers le capital que la révolution de l'IA apportera probablement, afin de protéger les plus vulnérables de l'exclusion socio-économique et d'éviter une explosion des inégalités de richesse et d'opportunités. Nous croyons cependant qu'un « impôt sur les robots »¹³ peut en soi ne pas être le meilleur choix, et se révéler contreproductif s'il est appliqué de manière étroite, car il peut provoquer un ralentissement de la croissance et engendrer un casse-tête juridique.

Il faudra des réponses politiques systémiques, y compris une réforme ou une éventuelle refonte de la protection sociale et de la fiscalité redistributive. Les systèmes d'enseignement et d'acquisition de compétences devront aussi se réformer pour permettre les transitions professionnelles répétées et acceptables. Compte tenu de la difficulté à prévoir les domaines de plus grand impact et à désagréger l'automatisation due à l'IA des autres facteurs (par exemple les autres changements technologiques, la mondialisation, la réduction de la concurrence des marchés, le pouvoir de négociation des travailleurs, les anciens choix de politiques publiques), les réponses politiques devront d'abord cibler l'économie globale, jusqu'à ce que des stratégies pointues gagnent en efficacité et que des pratiques de surveillance et d'évaluation soient au point.

12 *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. vi). Voir aussi *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), rapport de la Maison Blanche. Ibid. (page 23).

13 Dans un entretien très récent, Bill Gates l'a défendu comme un moyen de ralentir le rythme de l'automatisation et de financer les transitions professionnelles. Voir <http://fortune.com/2017/02/25/bill-gates-robot-tax-automation-jobs/>

Comme de grands pans de la population active seront exposés à une forte insécurité dans la transition qui s'annonce, il est souvent suggéré de mettre une priorité sur la réforme et l'amélioration des filets de sécurité. Toutefois, une augmentation des salaires minimum pourrait paradoxalement accélérer les tendances à l'automatisation, si elle est appliquée aveuglément. L'opportunité de fournir un revenu de base universel (RBU, une allocation régulière et inconditionnelle), qui restructurerait les programmes de bien-être social dans une société menée par l'automatisation et où rémunération ne rime plus avec sécurité, est devenue un thème politique à gauche¹⁴ comme à droite¹⁵, avec bien sûr des contours et des degrés différents.

Les économistes sont nettement divisés à ce sujet. Certains défenseurs, y compris Thomas Piketty¹⁶, voient le RBU comme un moyen de simplifier le système bureaucratique actuel et de le rendre plus efficace et équitable. Le RBU est vu comme une solution pour répondre à la vague imminente d'automatisation, privilégiant le travail au chômage, dont il a été démontré qu'il favorise des spirales de marginalisation dangereuses. Ses opposants¹⁷ attaquent principalement l'inconditionnalité et dénoncent une approche trop radicale et irréaliste de la réforme des filets de sécurité existants. Ils avancent que l'inconditionnalité pourrait être contreproductive et augmenter les inégalités de revenus au lieu de les réduire. Ce camp affirme aussi que le RBU pourrait décourager le travail, qu'ils voient comme un pilier de l'intégration sociale.

De manière intéressante, la Finlande a récemment annoncé qu'elle va expérimenter le RBU cette année¹⁸, ce qui devrait produire des éléments

valables pour faire avancer le débat. Les Pays-Bas prévoient aussi de mener une expérience, cependant on remarque que la mention de « revenu universel » a été récemment abandonnée¹⁹. Dans un référendum de 2016, la Suisse a rejeté à une majorité de 77 % des plans de mise en place d'un revenu universel de 2 555 dollars mensuels pour tous les adultes²⁰.

En plus du RBU, une grande variété d'options politiques plus modérées sont également sur la table. Par exemple des stratégies pour renforcer le marché de l'emploi et pousser les rémunérations à la hausse ; et la possibilité de renforcer le pouvoir de négociation collectif des travailleurs, donc de créer de nouvelles manières novatrices de faire entendre leur voix. De telles politiques visent à rééquilibrer la concentration due à l'IA, dont il est avancé qu'elle pourrait conduire à un marché monopolistique ou oligopolistique. D'autres politiques possibles cherchent à changer non la nature des filets de sécurité existants, mais leur échelle. Elles incluent le renforcement des régimes d'assurance chômage existants de manière à ce qu'ils soient plus ciblés et harmonisés avec les environnements locaux, ou à les étendre par exemple aux personnes qui décident d'elles-mêmes de quitter leur emploi²¹ afin de suivre une formation ou de créer une entreprise. Les possibilités de réforme comprennent aussi la modernisation des heures supplémentaires et des contrats de travail, avec un encouragement des programmes de partage du travail et des formations en alternance²².

Enfin, pour que la révolution de l'IA fonctionne pour tout le monde, les réponses politiques devront trouver des moyens novateurs pour garantir à la population active, plus mobile et moins sécurisée, un accès raisonnable à l'emprunt, aux soins médicaux et à la retraite. Ces avantages ont jusqu'à présent largement dépendu des contributions des employeurs, directement ou indirectement, avec une portabilité limitée lorsque les individus opèrent des reconversions professionnelles ou choisissent d'adapter leurs contrats de travail (par exemple dans le cas du temps partiel et de la création d'entreprise). Les défis concernant les pratiques de l'emploi impliqueront des changements systémiques de politique.

14 Lors des récentes primaires du parti socialiste français, en janvier 2017, la large victoire de Benoît Hamon a été principalement attribuée à sa capacité à désigner comme sa mesure phare la mise en place progressive d'un revenu de base universel. Voir aussi Andy Stern et Lee Kravitz, *Raising the Floor: How a Universal Basic Income Can Renew Our Economy and Rebuild the American Dream* (Relever le plancher : comment un revenu de base universel peut rajeunir notre économie et reconstruire le rêve américain), juin 2016.

15 Charles Murray, *A guaranteed income for every American* (Un revenu garanti pour chaque Américain), WSJ, juin 2016. <https://www.wsj.com/articles/a-guaranteed-income-for-every-american-1464969586> ; voir aussi Matt Zwolinsky, *The Libertarian Case for Basic Income* (Arguments libertaires pour le revenu de base), décembre 2013. <https://www.libertarianism.org/columns/libertarian-case-basic-income>

16 À condition que le RBU cible les bas salaires. Voir « Pour un revenu universel crédible et audacieux », Le Monde, 25 janvier 2017. <http://piketty.blog.lemonde.fr/2017/01/25/pour-un-revenu-universel-credibile-et-ambitieux/>

17 Jason Furman, *Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence* (Cette époque est-elle différente ? Opportunités et défis de l'intelligence artificielle), remarque chez AI Now : *The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term* (Implications sociales et économiques à court terme des technologies d'intelligence artificielle), conférence à New York le 7 juillet 2016.

18 2000 chômeurs âgés entre 25 et 58 ans recevront une somme garantie – un « revenu de base » – de 560 € par mois pendant deux ans, qu'ils trouvent du travail ou non. Voir Sonia Soda, *Is Finland's basic universal income a solution to automation, fewer jobs and lower wages?* (Le revenu universel de base de la Finlande est-il une solution face à l'automatisation, au recul des emplois et à la réduction des salaires ?), The Guardian, février 2017. https://www.theguardian.com/society/2017/feb/19/basic-income-finland-low-wages-fewer-jobs?CMP=share_btn_tw

19 Mise en place dans 20 municipalités néerlandaises, l'expérience permettra à de petits groupes de bénéficiaires de prestations sociales de recevoir 825 dollars par mois tout en continuant à percevoir la rémunération de leur travail. Voir Daniel Boffey, *Dutch city plans to pay citizens a 'basic income', and Greens say it could work in the UK* (Une ville néerlandaise prévoit un revenu de base pour ses citoyens, les Verts disent que cela pourrait fonctionner au Royaume-Uni), The Guardian, décembre 2016. <https://www.theguardian.com/world/2015/dec/26/dutch-city-utrecht-basic-income-uk-greens>

20 Voir <http://www.bbc.com/news/world-europe-36454060>

21 C'est ce qu'a proposé le candidat aux élections présidentielles françaises Emmanuel Macron par exemple. Voir <https://www.contrepoints.org/2016/11/13/271472-macron-veut-autoriser-chomage-aux-salaries-demissionnent>

22 Une description plus détaillée se trouve dans le rapport de la Maison Blanche sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie, Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 34-40).

“EN PLUS DU RBU, UNE GRANDE VARIÉTÉ D'OPTIONS POLITIQUES PLUS MODÉRÉES SONT ÉGALEMENT SUR LA TABLE. PAR EXEMPLE : DES STRATÉGIES VISANT À RENFORCER LE MARCHÉ DE L'EMPLOI ET POUSSER LES RÉMUNÉRATIONS À LA HAUSSE ; ET LA POSSIBILITÉ DE RENFORCER LE POUVOIR DE NÉGOCIATION COLLECTIF DES ACTIFS. D'AUTRES POLITIQUES POSSIBLES CHERCHENT À RENFORCER LES RÉGIMES D'ASSURANCE CHÔMAGE, À MODERNISER LA PRISE EN COMPTE DES HEURES SUPPLÉMENTAIRES, À ENCOURAGER LES PROGRAMMES DE PARTAGE DU TRAVAIL ET LES FORMATIONS EN ALTERNANCE.”

CAS DES SYSTÈMES DU 21^e SIÈCLE POUR L'ENSEIGNEMENT ET L'ACQUISITION DE COMPÉTENCES

RÉINVENTER DES PROGRAMMES ACTIFS POUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

Comme nous l'avons écrit plus haut, la vague d'automatisation causée par la révolution de l'IA déplacera un grand nombre d'emplois dans tous les domaines et les chaînes de valeur. L'étude de cas étasunienne « véhicule automatisé », analysée dans le rapport de la Maison Blanche de 2016 sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie, souligne les enjeux : Quelque 2,2 à 3,1 millions d'emplois existants aux États-Unis, à temps partiel et à temps plein, sont menacés²³ sur les deux prochaines décennies, avec une incertitude sur le délai. Cela concerne en particulier 1,3 à 1,7 million de chauffeurs routiers. Ce n'est pas anodin, car dans l'imaginaire collectif, ce métier est une manifestation du rêve américain d'autonomisation, de liberté et d'ascension sociale, qui doit permettre aux personnes peu diplômées d'accéder à la classe moyenne²⁴.

La vague d'automatisation nécessite au moins d'augmenter les investissements, et probablement de réinventer des programmes actifs pour le marché du travail dans les prochaines décennies²⁵. Ces investissements pourraient logiquement être financés par des politiques fiscales ciblant le capital. Le rapport de la Maison Blanche de 2016 sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie donne un ordre de grandeur intéressant pour le cas des États-Unis : « *La multiplication par six du financement de la formation professionnelle aux États-Unis – ce qui permettrait d'atteindre le pourcentage du PIB que l'Allemagne y consacre, mais resterait bien inférieur à l'effort consenti par d'autres pays européens – permettrait d'apporter une formation complémentaire à 2,5 millions de personnes supplémentaires par an.* »²⁶

L'IA et d'autres technologies numériques apportent un réel potentiel d'innovation dans l'assistance à la recherche d'emploi et dans les processus de placement

et de recrutement, en cette ère de services personnalisés. L'avènement des plateformes polyvalentes et de l'analyse prédictive peut améliorer considérablement l'efficacité du rapprochement entre l'offre et la demande d'emploi. Les plateformes telles que *LinkedIn*, par exemple, avec ses 470 millions d'utilisateurs enregistrés, sont un exemple intéressant d'évolution dans les pratiques de recrutement. Le conseil sur mesure et les programmes de formation complémentaire intégrée représentent aussi une terre fertile pour l'innovation.

Mais ce ne sera pas suffisant. Il y a beaucoup à faire pour créer une infrastructure et des mécanismes équitables et efficaces pour la formation et l'acquisition de compétences tout au long de la vie, donnant les moyens à des millions de personnes de changer de travail, de secteur, voire de région, et cela plusieurs fois dans leur vie. Il y a aussi beaucoup à faire vis-à-vis des impacts régionaux différenciés, qui exacerbent les disparités de revenu et de richesse. Il sera crucial de stimuler efficacement une plus grande mobilité physique, juridique et virtuelle de la main-d'œuvre. Cela implique bien sûr des approches politiques systémiques incluant le logement, le transport, les licences, les impôts et, c'est crucial à l'ère de l'IA, un accès large bande, en particulier dans les zones rurales.

Pour poser de solides fondations à cette profonde transformation, nous avons besoin d'au moins trois choses complémentaires. Premièrement, de concevoir des mécanismes de recouvrement dynamique des tâches et des métiers risquant l'automatisation et des volumes d'emploi associés. Ce recouvrement de l'offre de main-d'œuvre est nécessaire au niveau macro, mais il est aussi crucial aux niveaux micro où sont déployés les programmes pour le marché du travail. Intégrés à cela, nous avons aussi besoin d'un recouvrement plus granulaire et dynamique des futurs emplois/tâches, structures de lieu de travail, habitudes de travail associées et base de compétences stimulés par la révolution IA. Ce recouvrement de la demande sera essentiel pour innover, aligner et synchroniser par anticipation les programmes d'acquisition des compétences et de formation avec les futures exigences, au moment voulu. Enfin, nous avons besoin de davantage de recherche politique sur la dynamique des transitions professionnelles dans différentes conditions du marché du travail.

Pour maximiser l'impact attendu, créer l'espace nécessaire pour les stratégies empiriques, et appliquer à plus grande échelle les solutions qui fonctionnent, nous recommandons de mettre en œuvre des approches robustes pilotées par les données et basées sur les preuves. Il convient que ces approches s'appuient sur des expériences et visent des résultats en termes d'emploi, mais aussi de gains. Nous recommandons aussi d'explorer de nouvelles formes de partenariats personnes/public/privé qui impliquent la société civile, et de nouveaux mécanismes financiers orientés résultat tels que les obligations à incidence sociale, par exemple, qui pourraient contribuer à faire grandir les innovations réussies.

UNE RÉVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT ?

Dans les prochaines décennies, il sera capital de comprendre les composants et les facteurs de complémentarité de l'IA et du travail, et de faire habilement évoluer cette compréhension de manière à transformer l'enseignement primaire, secondaire et professionnel. À cause de l'impact considérable de l'émergence de l'IA sur l'économie et les sociétés, cela implique bien sûr pour tous les pays la nécessité d'investir dans le développement d'une main-d'œuvre liée à l'IA ; c'est presque un impératif de souveraineté. C'est nécessaire pour suivre les progrès dans le domaine de la recherche fondamentale, de l'ingénierie, et bien sûr dans les applications, les affaires et les aspects socio-politiques. De plus, le terrain est par définition interdisciplinaire, avec des frontières qui s'étendent vers la biologie, les sciences cognitives et la science du cerveau. À cause du rôle central des données dans le développement et l'entraînement des algorithmes d'apprentissage automatique, les limites

23 Cependant, les chiffres excluent des emplois d'un nouveau type qui peuvent se développer dans l'industrie. Voir *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 15-17)

24 Sean Kilcarr, *Defining the American Dream for trucking... and the nation, too* (Définir le rêve américain pour les routiers, mais aussi la nation), *Fleetowner*, avril 2017

25 Les pays membres de l'OCDE en dehors des États-Unis ont dépensé en 2014, en moyenne, 0,6 % de leur PIB en politiques actives pour le marché du travail. Les États-Unis ont dépensé seulement 0,1 % de leur PIB, moins de la moitié de ce qu'ils versaient il y a 30 ans. OCDE, *Labour market programmes: expenditure and participants* (Programmes pour le marché du travail : dépenses et participants), *OECD Employment and Labour Market Statistics* (base de données statistiques de l'OCDE sur le marché de l'emploi et du travail), 2016. <http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=LMP&lang=en#>

26 Cela suppose un coût de formation/réemploi de 6000 USD par personne, et une augmentation du financement via la *Workforce Innovation and Opportunity Act* pour passer des 3 milliards de dollars actuels aux 18 milliards qui correspondent à la part du PIB que l'Allemagne lui consacre, la totalité des nouveaux fonds étant destinés à la formation. Voir *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 33).



entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée, l'ingénierie et l'enseignement supérieur sont susceptibles de se brouiller²⁷. On observe déjà une tendance de la recherche fondamentale en IA à se déplacer des universités et des laboratoires publics vers les plus grandes sociétés technologiques. Les universitaires s'inquiètent de ce qu'ils appellent une « fuite des cerveaux »²⁸, qui pourrait nuire à la qualité de la recherche publique et *in fine* de l'enseignement.

Dans le *Rapport économique 2016 du président*²⁹, la Maison Blanche résume : « les compétences universitaires directement applicables en maths, lecture, informatique et la pensée critique sont probablement parmi les facteurs qui aideront les travailleurs à réussir à naviguer dans les changements imprévisibles du futur marché du travail ».

Les connaissances de base et les maths seront plus que jamais le fondement essentiel de l'employabilité, en particulier avec l'accentuation des déplacements des emplois centrés sur les compétences ; de même pour la qualité de l'enseignement primaire car il deviendra plus difficile de rattraper son retard ; ou le besoin de généraliser l'accès à l'enseignement secondaire, qui devrait inclure des alternatives éprouvées telles que l'apprentissage, la formation créative et professionnelle³⁰. La diversification et l'amélioration du cursus en sciences, technologie, ingénierie et maths au-delà de l'informatique, pour inclure la pensée computationnelle, la science des données, la créativité, l'innovation et l'entrepreneuriat, semblent également constituer une évolution nécessaire.

Mais au-delà de cela, l'enseignement devra changer plus profondément et attirer les talents requis pour développer et diffuser de manière novatrice de nouvelles pédagogies ; y compris centrées sur l'intelligence émotionnelle et puisant dans la puissance de l'apprentissage personnalisé et l'informatique affective. Il convient d'explorer aussi les partenariats publics/privés innovants pour favoriser l'émergence des environnements d'apprentissage les plus efficaces, et pour attirer les investissements de qualité à l'échelle appropriés. Mais les politiciens garderont probablement un rôle crucial pour garantir la diffusion de l'innovation à une majorité, sinon à tous.

Alors que le continuum de formation de « en ligne » à « en personne » gagne en maturité, les contours du rôle de l'enseignant vont aussi très probablement évoluer : autrefois détenteurs de savoir, ils deviennent des conservateurs de contenu, des entraîneurs, des conseillers et des tuteurs, capables de guider les apprenants sur un chemin personnalisé adapté aux besoins du marché du travail. De manière cruciale, l'enseignement civique devra aussi évoluer pour doter les futurs citoyens de connaissances concernant les données et l'IA, d'une compréhension adéquate des tendances et des enjeux, y compris ceux liés à la gouvernance de l'IA et d'autres technosciences émergentes. Comme nous l'avons vu dans cette étude, il existe de nombreux choix éthiques et politiques déterminants sur la manière dont les sociétés vont décider d'accompagner collectivement l'émergence de l'IA. Il ne sera pas facile de trouver un consensus, surtout compte tenu des disparités croissantes de revenus, de richesse, d'avantages régionaux et d'opportunités qui peuvent défaire le tissu social, aussi bien dans les pays développés que ceux en développement.

27 Le cas de Yann LeCun est emblématique. Après une longue carrière universitaire en France et aux États-Unis, ce pionnier de l'apprentissage automatique, de la vision artificielle, de la robotique mobile et des neurosciences computationnelles a rejoint Facebook en 2013 en tant que directeur de la recherche en IA, en conservant son poste de professeur à l'Université de New York (NYU) et a simultanément démarré un partenariat de recherche entre Facebook et le Centre pour la science des données de la NYU. Il a aussi convaincu Mark Zuckerberg de le laisser diriger les opérations de recherche en IA de Facebook à partir de New York, avec la création d'un labo dédié à quelques rues de la NYU, en plus des laboratoires de Menlo Park (Californie) et de Londres. Voir <https://www.facebook.com/yann.lecun/posts/10151728212367143>

28 Richard Waters, *AI academic warns on brain drain to tech groups* (Les universitaires de l'IA signalent une fuite des cerveaux vers les groupes technologiques), *Financial Times*, novembre 2016. <https://www.ft.com/content/298e2ac0-b010-11e6-a37c-f4a01f1b0fa1>

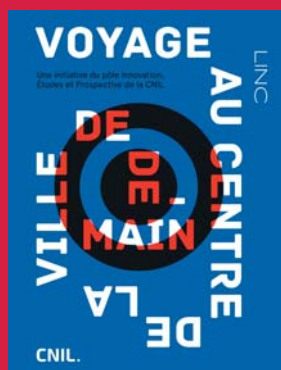
29 La Maison Blanche, *Economic Report of the President 2016*, chapitre 4.

30 Une étude aux États-Unis suggère que l'apprentissage apporte un avantage pécuniaire significatif à un niveau de compétence donné : jusqu'à 300 000 USD sur une vie. Debbie Reed, et al. *An Effectiveness Assessment and Cost-Benefit Analysis of Registered Apprenticeship in 10 States* (Évaluation de l'efficacité et analyse coût-bénéfice de l'apprentissage enregistré dans dix États), Mathematica Policy Research, 2012.

« MARIANNE RELOADED », scénario de design spéculatif sur les controverses et enjeux de politique publique pouvant accompagner la mise en place de civic bots de nouvelle génération

Geoffrey Delcroix

Directeur de Projet Innovation et Prospective,
Département des Technologies et de l'Innovation, CNIL



Geoffrey Delcroix est responsable innovation, études et prospective au sein de la Direction des technologies et de l'innovation de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés).

Diplômé en sciences politiques, géopolitique et défense, Geoffrey a démarré sa carrière dans l'équipe Futuribles, un centre indépendant effectuant des recherches sur le monde contemporain, en tant que consultant et chercheur. Il est ensuite devenu responsable de la prospective au sein de la Délégation pour la prospective et la stratégie du ministère français de l'Intérieur avant d'entrer à la CNIL en 2011.

MOTS CLÉS

- CIVIC TECH
- CHATBOT
- CYBERSÉCURITÉ
- PROSPECTIVE
- MUNICIPALITÉ

L'équipe se concentre sur trois missions :

- Explorer les tendances émergentes à la croisée des technologies numériques, de l'éthique et des données.
- Échanger des idées et être un point de contact et de dialogue avec les écosystèmes d'innovation du numérique (l'équipe travaille avec des start-ups, des laboratoires et des chercheurs sur ces sujets).
- Expérimenter des méthodes d'innovation et produire ou co-produire des présentations, des démonstrations de faisabilité ou des prototypes autour des questions de protection de la vie privée.

L'équipe publie sur différents sujets (véhicules connectés, Chatbots, robotique, IA, objets connectés, drones, santé numérique, algorithmes...). Tous les articles sont disponibles sur LINC (<https://linc.cnil.fr/>), CNIL Innovation & prospective et les médias portant sur l'innovation.

Le cinquième numéro des « Cahiers IP », intitulé La plateforme d'une ville, explore les questions associées à la ville intelligente et à l'utilisation des données dans la planification et les services urbains. Il contient des recommandations, notamment sur les différents outils qui pourraient nous permettre, à l'avenir, de mettre en place des utilisations pertinentes et contrôlées des données personnelles, dans l'intérêt de tous.

Fin 2027, les Lillois découvrent l'intelligence artificielle Marianne Reloaded, un civic bot qui vient resserrer les liens entre les habitants et leurs élus. Fondation d'un renouveau de la confiance dans la vie politique, le modèle, lancé par la société privée Civitar, émane en réalité directement des habitants de la ville qui ont financé et façonné collectivement l'outil au cours d'une campagne de crowdfunding. Désormais, les citoyens peuvent communiquer à l'interface leurs opinions, réclamations et suggestions par messagerie instantanée. La municipalité prend ainsi le pouls de ses administrés avec une facilité et une fluidité déconcertantes.

INTRODUCTION

« Smart City ». Impossible d'ignorer ce terme qui – loin d'être nouveau – fleurit pourtant sur toutes les lèvres et alimente d'innombrables fantasmes. Mais quelles réalités recouvre-t-il ? Entre les mains des industriels et géants du numérique, la ville intelligente déchaîne une compétition internationale féroce à laquelle les villes s'adonnent avec passion.

Pour les structures de moindre envergure, elle serait avant tout le terrain de jeu d'initiatives participatives. Des hackers citoyens viennent ainsi en redessiner les contours pour améliorer la transparence et le vivre-ensemble.

Tout semble opposer ces deux approches, l'une fermée et descendante, l'autre ouverte et horizontale au champ des possibles illimité. L'enjeu de la Smart City ne serait-il pas d'arriver à les faire coïncider, dans le respect des libertés individuelles et de la vie privée de chacun ?

Comment imaginer alors des villes plus accueillantes, interactives et démocratiques favorisant, in fine, l'épanouissement de leurs habitants ?

Afin de répondre à cette question et sortir de ce débat dichotomique, nous avons adopté une approche inspirée des imaginaires et de la fiction.

Une fois les décors de nos villes futures plantés, deux ateliers ont réuni des personnalités, acteurs de l'écosystème, experts, responsables de collectivités locales et juristes pour imaginer et concevoir différents services fictifs mais réalistes à l'horizon 2027 et se projeter dans les enjeux politiques et juridiques soulevés par chacun

d'entre eux. Les participants se sont appuyés sur l'ensemble de ces informations pour élaborer un jeu d'aventures professionnelles, un service urbain ultra-personnalisé ou encore un civic bot de nouvelle génération, tous trois réunis dans un cahier « Voyage au centre de la ville de demain » disponible en français sur le site de l'équipe d'innovation et de prospective de la CNIL, autorité française de protection des données¹.

Ce troisième scénario, « Marianne reloaded » a pour décor la métropole de Lille, dans le nord de la France et se veut une illustration des débats, enjeux et controverses publiques autour de la ville « crowdsourcée ».

2027. À Lille, l'année s'achève sur l'avènement d'une nouvelle donne politique où les cartes du jeu démocratique sont rebattues. Plus transparente, la gouvernance de la ville résulte désormais d'une démarche de co-construction qui rassemble les pouvoirs publics et leurs administrés. Le budget participatif lillois pèse plus du tiers de l'enveloppe totale et les habitants participent massivement aux choix des investissements à mener pour l'exercice à venir. Portée par le développement d'initiatives technologiques audacieuses, la participation directe des citoyens aux processus décisionnels ne cesse de progresser.

¹ <https://linc.cnil.fr/la-plateforme-dune-ville-explore-les-enjeux-de-la-smart-city>

CARTE D'IDENTITÉ DU SERVICE MARIANNE RELOADED

Entreprise : Civatar (filiale d'un leader de l'information visuelle urbaine)

Public visé : Les usagers des services publics de la ville de Lille

Fonctions clés : Communication directe avec la municipalité, organisation et catalyse de la participation citoyenne, aide à la médiation entre les communautés, groupes d'intérêts et acteurs locaux.

Technologies utilisées : Chatbots, hologrammes, capteurs, mobilier urbain « augmenté », intégration aux messageries instantanées (successeur de WhatsApp, Messenger...).

Modèle économique : Une redevance versée par la ville à Civatar, indexée sur les économies réalisées grâce aux préconisations du civic bot.

Canal de distribution : Un service poussé sur les applications de messagerie instantanée et des cabines dédiées réparties dans la ville.

COUP D'ŒIL À LA SCIENCE-FICTION (INSPIRATIONS)

8th WONDERLAND de Nicolas Alberny et Jean Mach (2010)
Des individus créent sur internet un État virtuel idéal. Toutes les semaines, ils se retrouvent par webcams interposées et votent par référendum une motion différente pour organiser et réguler leur nouvelle communauté.

OCTAVIA'S BROOD Science Fiction Stories from Social Justice Movements (2015)
Ce recueil de nouvelles explore les liens entre la fiction spéculative et les mouvements pacifistes, rapportant différentes visions, utopiques ou dystopiques, de transformations sociales profondes portées par des structures gouvernementales innovantes.

HER de Spike Jonze (2013)
Voix féminine issue d'un programme d'intelligence artificielle qui s'adapte à la personnalité de chacun de ses utilisateurs, Samantha isole le héros du film dans une spirale amoureuse virtuelle avant de l'abandonner, seul et désemparé face à ses sentiments.

Fin 2027, les Lillois découvrent l'intelligence artificielle Marianne Reloaded, un civic bot qui vient resserrer les liens entre les habitants et leurs élus. Fondation d'un renouveau de la confiance dans la vie politique, le modèle, lancé par la société privée Civatar, émane en réalité directement des habitants de la ville qui ont financé et façonné collectivement l'outil au cours d'une campagne de crowdfunding. Désormais, les citoyens peuvent communiquer à l'interface leurs opinions, réclamations et suggestions par messagerie instantanée. La municipalité prend ainsi le pouls de ses administrés avec une facilité et une fluidité déconcertantes.

Disponible sur smartphone, le service est également proposé dans des cabines dédiées où il se dévoile sous la forme d'une Marianne holographique aux traits mûrs pour échanger directement avec ses interlocuteurs. En croisant les témoignages de ces derniers avec les données administratives locales et les informations collectées par les capteurs de la ville, la collectivité optimise son processus décisionnel en temps réel, anticipant les besoins des Lillois, quartier par quartier.

Pour décrire les enjeux de politiques publiques et esquisser une cartographie des controverses liées aux usages de ce type d'outils ou services, nous avons produit en plus de cette fiche d'identité de ce service imaginaire ce qui s'apparente à un article fictif de presse narratif les polémiques entre détracteurs et sponsors de ce service.

À LILLE, NOCTAMBULES ET RIVERAINS SE DÉCHIRENT SUR MARIANNE RELOADED

« Dans la métropole, le civic bot enflamme la presse à scandale. Mésusage du budget, délation outrancière ou investissements judicieux et amélioration du quotidien ? Un véritable match de ping pong où chacun justifie sa position avec véhémence.

Il y a quelques mois, nos révélations sur les dépenses de l'entreprise Civitar secouaient la municipalité de Lille. La société chargée de l'exploitation du civic bot Marianne Reloaded, aurait dépensé le tiers de son budget en campagnes de communication. Les Lillois qui ont mis la main à la poche pour lancer le service, en partie financé par crowdfunding, sont scandalisés.

Aït Ben Lahcen, employé historique de Civitar, a accepté de répondre à nos questions. « Il faut nuancer ces révélations et leur impact sur l'adhésion du public », assure-t-il avant d'ajouter : « Les différends qui opposent Civitar aux détracteurs du projet, conduits par l'Association Lilloise des Patrons de Bar (ALPB), sont inévitables. Les intelligences artificielles ont mauvaise presse. Nous avons souhaité répondre de manière proactive aux appréhensions de chacun, via une communication complète et transparente ».

Les Lillois qui ont déjà massivement exprimé leur adhésion à ce projet comprennent mal cet excès de zèle promotionnel.

« Si je donne de l'argent à un projet, c'est que je le soutiens. Vouloir me convaincre maintenant, c'est le serpent qui se mord la queue ! », fulmine ainsi Jeanine Fabre qui a participé au financement de Marianne.

« Ce n'est pas si simple », rétorque le Directeur des affaires publiques de Civitar : « susciter de l'intérêt pour une nouveauté est facile, créer une adhésion sur le long terme est un tout autre défi ». Une grande partie de ce budget de communication a été consacrée à des hackathons organisés en partenariat avec la mairie, deux jours de réflexion intensive

- l'un autour de la sécurité du programme, l'autre autour de l'utilisation commerciale des données collectées – éléments essentiels pour encadrer cet outil conçu pour et par les citoyens.

Ces arguments ne convainquent guère les opposants au projet. Sur Marianne, les riverains se sont plaints des nuisances sonores liées à la consommation de bière dans les bars de la ville. Propriétaire d'un établissement fréquenté par les étudiants de Sciences-Po, Marie-Christine Deckaert, présidente de l'ALPB, estime faire les frais de ce qu'elle qualifie comme « une vendetta mesquine » contre sa profession. Pour l'aubergiste, ces problèmes de voisinage n'ont pas vocation à être réglés par une



« technologie sans âme ». Si Marianne a provoqué un afflux de touristes, la plateforme semble surtout encourager les plaintes. « Les mécontents ne prennent même plus la peine de frapper à notre porte », s'afflige-t-elle. À l'en croire, les répercussions commerciales du bot civic ont été immédiates et négatives. Madame Deckaert vient de porter plainte : des riverains auraient selon elle cherché à tromper le système en émettant du bruit à proximité des capteurs de nuisances sonores.

Pour Marianne cependant, l'avenir s'annonce sous les meilleurs auspices. Le service suggère de restreindre les horaires des bars de la ville les soirs d'examen – autant de nuits tranquilles pour les riverains – tout en les étendant aux dates où les Lillois s'absentent traditionnellement plus de leur domicile. Cette solution devrait se préciser au fur et à mesure des informations collectées. Aït Ben Lahcen conclut avec optimisme : « ce démarrage mouvementé ne fait que traduire l'intérêt que suscite l'utilisation de l'intelligence artificielle par les services municipaux. »

Ce petit scénario de design spéculatif met selon nous en valeur 4 enjeux de politique publique et d'éthique en lien avec le déploiement potentiel de ce type de services :

- Jusqu'où peut aller l'automatisation de la décision publique ?
- Comment éviter les risques de hacking des dispositifs de machine learning ?
- Quel contrôle citoyen mettre en place sur ces dispositifs numériques ?
- Comment résoudre les divergences entre intérêts privés et publics ?

INTELLIGENT CITY ET USAGES INNOVANTS DES DONNÉES PERSONNELLES :

des scénarios pour engager un rééquilibrage privé/public par les données

Geoffrey Delcroix

Responsable innovation, études et prospective,
Direction des technologies et de l'innovation - CNIL



Geoffrey Delcroix est responsable innovation, études et prospective au sein de la Direction des technologies et de l'innovation de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés).

Diplômé en sciences politiques, géopolitique et défense, Geoffrey a démarré sa carrière dans l'équipe Futuribles, un centre indépendant effectuant des recherches sur le monde contemporain, en tant que consultant et chercheur. Il est ensuite devenu responsable de la prospective au sein de la Délégation pour la prospective et la stratégie du ministère français de l'Intérieur avant d'entrer à la CNIL en 2011.

MOTS CLÉS

- OPEN DATA
- DONNÉES À CARACTÈRE PERSONNEL
- COMMUN INFORMATIONNEL
- LIBRE CIRCULATION DE LA DONNÉE
- PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ

L'équipe se concentre sur trois missions :

- Explorer les tendances émergentes à la croisée des technologies numériques, de l'éthique et des données.
- Échanger des idées et être un point de contact et de dialogue avec les écosystèmes d'innovation du numérique (l'équipe travaille avec des start-ups, des laboratoires et des chercheurs sur ces sujets).
- Expérimenter des méthodes d'innovation et produire ou co-produire des présentations, des démonstrations de faisabilité ou des prototypes autour des questions de protection de la vie privée.

L'équipe publie sur différents sujets (véhicules connectés, Chatbots, robotique, IA, objets connectés, drones, santé numérique, algorithmes...). Tous les articles sont disponibles sur LINC (<https://linc.cnil.fr/>), CNIL Innovation & prospective et les médias portant sur l'innovation.

Le cinquième numéro des « Cahiers IP », intitulé La plateforme d'une ville, explore les questions associées à la ville intelligente et à l'utilisation des données dans la planification et les services urbains. Il contient des recommandations, notamment sur les différents outils qui pourraient nous permettre, à l'avenir, de mettre en place des utilisations pertinentes et contrôlées des données personnelles, dans l'intérêt de tous.

Face aux injonctions contradictoires de la smart city – personnaliser tout en respectant la vie privée, optimiser sans rejeter – et pour répondre au bouleversement du jeu des acteurs, notamment avec l'arrivée des industriels de la donnée, il convient de produire de nouvelles formes de régulation de la donnée urbaine, dans le respect des individus et de leurs libertés.

INTRODUCTION

Comment permettre le partage avec des acteurs publics de données collectées et exploitées par des acteurs privés, mais qui auraient une forte valeur ajoutée pour des finalités d'intérêt général, dans le respect des droits des entreprises en question, ainsi que des droits et libertés des personnes concernées? C'est une question à laquelle le droit et les politiques publiques essayent aujourd'hui de répondre. Comme décrit dans les autres parties du cahier « La plateforme d'une ville » de l'équipe d'innovation et de prospective de la CNIL, autorité française de protection des données, disponible en ligne (en français¹), les nouveaux services de la ville numérique s'appuient de plus en plus sur des données personnelles, collectées et traitées pour un service commercial par des acteurs privés.

Ces données qui n'entrent pas dans le périmètre organique du Service public (régie directe, concession...) ont cependant une interaction forte avec les enjeux de service public, voire sont précieuses pour remplir des missions de service public.

Aujourd'hui, différents outils sont envisagés par les parties prenantes à ce débat. Tous présentent de sérieuses limites, tous offrent de vraies opportunités. Tous impliquent de trouver une adéquate balance des droits et devoirs entre les différents acteurs concernés.

Ces outils se distinguent selon deux axes. D'abord les obligations légales qu'ils feraient peser sur les acteurs privés : parmi les quatre propositions développées plus bas, certaines pourraient être mises en œuvre dans le cadre législatif existant, quand d'autres devraient faire l'objet de nouvelles dispositions légales pour être applicables. Ensuite la granularité des données :

¹ <https://linc.cnil.fr/la-plateforme-dune-ville-explore-les-enjeux-de-la-smart-city>

dans certains cas, des données très fines seraient fournies à l'acteur public (dont des données personnelles), dans d'autres, l'acteur public aurait accès à des données agrégées et déjà anonymisées.

Dans un article précédent, intitulé « Partage !² », nous soulignons qu'un modèle de régulation classique utilisé isolément a peu de chances d'être efficace et qu'une régulation adaptée à ces plateformes requiert un équilibre nouveau, plus dynamique, s'appuyant sur divers outils de régulation, comme autant de leviers à actionner : l'action sur les rapports de forces entre les acteurs (par le marché), l'action sur les systèmes et architectures techniques (par la technologie et le design), l'action sur des règles du jeu (par l'autorité et les normes), enfin l'action par l'autodétermination et le pouvoir redonné aux individus (empowerment).

En croisant ces deux axes (obligations légales et agrégation des données) avec les quatre leviers de régulation, on obtient une matrice de quatre scénarios distincts, comme autant de futurs possibles, alternatifs ou combinables, pour de nouvelles formes de partage des données.

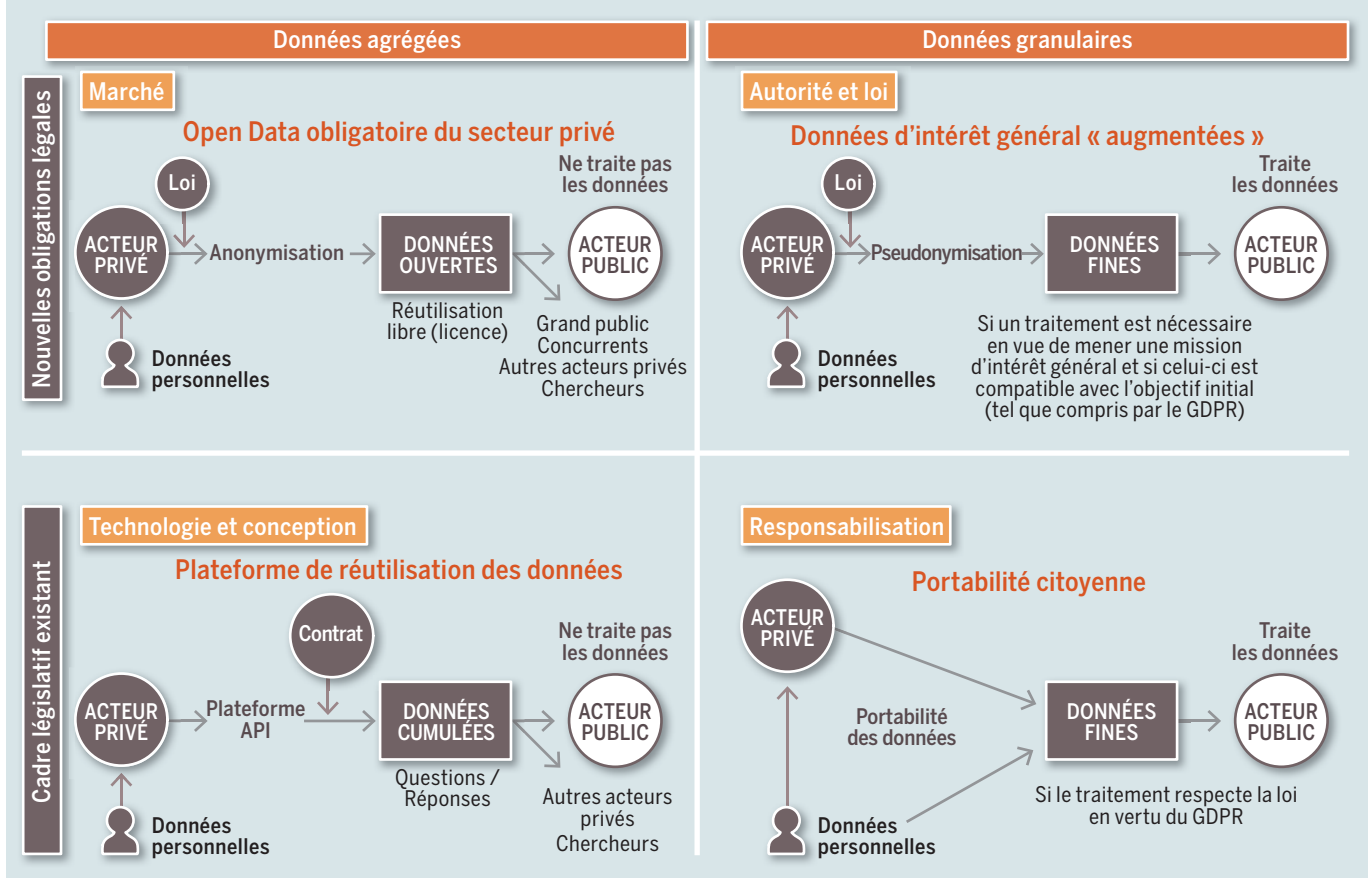
Ces scénarios proposent différentes formes de répartition des enjeux quant à la valorisation du capital en données fines et à la redistribution de la capacité à agir au profit de l'intérêt général, par la redéfinition de l'équilibre des rapports de force entre les acteurs publics et privés dans le cadre de finalités de service public.

Ils se différencient par la répartition de la charge de la protection des données personnelles, qui porte tantôt sur l'acteur privé, tantôt sur l'acteur public. Il conviendra le cas échéant d'adopter les bonnes pratiques permettant de garantir le respect des droits et libertés des personnes concernées.

Sans privilégier l'un ou l'autre de ces mécanismes, présenter l'économie générale de chacun et souligner leurs potentialités permet de mettre en lumière les enjeux qu'ils soulèvent pour la protection des données à caractère personnel des citoyens.

² Voir le cahier IP Partage ! Motivations et contreparties au partage de soi dans la société numérique. <https://linc.cnil.fr/fr/dossier-partage>

Matrice de scénarios possibles pour le partage des données à l'avenir



GÉNÉRALISER UN « OPEN DATA DU SECTEUR PRIVÉ »

Agir sur le rapport de forces et créer les conditions d'une autorégulation efficace peut passer par l'instauration obligatoire de politiques d'open data du privé, pour les données dont l'importance pour le fonctionnement efficace du marché ou de politiques publiques d'intérêt général est avérée.

L'acteur privé met à disposition en open data certaines données qu'il traite par l'effet d'une obligation légale (sur l'exemple de ce qui a été prévu par deux lois de en France, la loi dite Macron ou la loi dite de transition énergétique³). Pour que ce processus soit conforme à la protection des données à caractère personnel, l'ouverture passe dans la majorité des cas par l'anonymisation, par des méthodes qui devront être conformes à la certification des processus d'anonymisation⁴.

Un tel mécanisme a l'avantage de permettre la réutilisation par tous (concurrents, acteurs publics, chercheurs, citoyens...). Ce scénario présente bien sûr des inconvénients : l'anonymisation a un coût, à la fois financier pour l'acteur privé et en termes de perte d'information dans les jeux de données pour les réutilisateurs : l'acteur public ne disposerait par exemple pas de données très fines, utiles pour mener à bien des missions d'intérêt général. L'acteur privé reste maître du jeu quant à la qualité du jeu de données restituées.

ÉTENDRE LES DONNÉES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL AU-DELÀ DES CONCESSIONS DE SERVICE PUBLIC

Changer les règles du jeu, c'est considérer qu'un intérêt supérieur justifie d'incarner des frontières intangibles posées par la société sur des sujets éthiques et politiques. Dans ce scénario, il s'agirait de permettre et encadrer la réutilisation de données personnelles par l'acteur public, pour certaines finalités d'intérêt public, sans porter atteinte aux droits des personnes concernées. Cela passerait par l'extension de la notion émergente de « données d'intérêt général », dans son périmètre et ses modalités. Les « données d'intérêt général » sont aujourd'hui restreintes aux entreprises concessionnaires de services publics, elles seraient étendues à des acteurs privés hors relations contractuelles avec la collectivité.

Ces données sont aujourd'hui anonymisées par l'acteur privé avant ouverture en open data. Il s'agirait d'ouvrir la voie à la restitution de certaines données



CNIL – Five BY Five – ©Léa Chassagne

fines à l'acteur public pour des missions de service public, charge à lui d'anonymiser ces données en cas d'ouverture en open data.

La balance des droits devra permettre d'éviter de porter préjudice à un acteur privé qui a investi pour construire son traitement de données et aussi d'éviter l'atteinte au droit à la vie privée des individus, qui ont consenti à un traitement dans le cadre d'un service particulier. La collectivité publique devient responsable de traitement et devra respecter l'ensemble des règles applicables (base légale, compatibilité des finalités, respect des principes de protection des données, etc.).

Un tel mécanisme aurait l'avantage de redéfinir l'équilibre des pouvoirs entre certains acteurs privés et les collectivités, qui disposeraient d'un levier efficace pour mener à bien des missions d'intérêt public, sans que cela ne conduise à porter atteinte aux droits des personnes concernées. Ce scénario aurait l'inconvénient d'être contraignant, pour les entreprises privées concernées qui devraient restituer des données, et pour les réutilisateurs publics, qui porteraient la charge de la protection des données personnelles.

Ce scénario a le vent en poupe : après la loi pour une République Numérique qui en a posé les prolégomènes, suite au rapport « relatif aux données d'intérêt général » de 2015⁵, des hypothèses de ce type sont développées par exemple par la Commission européenne dans sa réflexion sur la libre circulation des données⁶ ou dans le rapport du parlementaire Luc Belot⁷, qui en appelle à la définition d'une catégorie de « données d'intérêt territorial » et à leur recensement.

5 CGEIIET et IGF. Rapport relatif aux données d'intérêt général, septembre 2015. <https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/DIG-Rapport-final2015-09.pdf>

6 Document de travail du personnel de la Commission sur la libre circulation des données et questions émergentes en matière d'économie européenne fondée sur les données accompagnant le document « Créer une économie européenne fondée sur les données », janvier 2017

7 Luc BELOT. De la smart city au territoire d'intelligence[s]. Rapport au Premier ministre sur l'avenir des smart cities, avril 2017

3 Loi n°2015-990 du 6 août 2015 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques et Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance

4 Voir l'avis du groupe de travail « Article 29 » (Union européenne) 05/2014 sur les « techniques d'anonymisation »

PERMETTRE LA RÉUTILISATION SOUS LE CONTRÔLE DES ACTEURS PRIVÉS

Agir sur les systèmes et les architectures revient pour la régulation à prendre la mesure de la transformation actuelle des modalités techniques de l'économie de la donnée. À ce titre, il peut s'agir d'encadrer l'émergence de plateformes d'accès et de partage des données en s'appuyant sur les outils juridiques et techniques. À des logiques d'open data, de « lacs de données » et d'anonymisation en bloc, pourrait répondre une logique d'API, de « robinets de données » et de confidentialité différentielle (differential privacy).

L'acteur privé met en place une plateforme de réutilisation de ses données par des outils techniques (APIs...) qui permettent au réutilisateur de tirer parti de certaines données, sans les traiter lui-même : le réutilisateur pose une question à la base détenue par l'acteur privé, celui-ci ne lui envoie pas le jeu de données, mais la réponse. Un tel système, bien conçu, permet une exploitation riche des données tout en minimisant les risques d'atteinte aux droits des personnes concernées. La plateforme peut alors mobiliser, en plus de l'anonymisation, deux types d'outils :

- Des outils juridiques : un contrat doit encadrer ce que les réutilisateurs peuvent faire ou non, par exemple, une clause interdisant au partenaire de tenter de réidentifier les personnes et de porter atteinte à leur anonymat, et des clauses traitant du partage de responsabilité ;
- Des outils techniques : d'audits, de contrôle, de vérification et d'analyses des logs en temps réel qui analysent dynamiquement les risques (par exemple pour limiter les possibilités d'attaque par inférences de la base).

Un tel mécanisme qui ne nécessiterait pas de nouvelles obligations légales aurait l'avantage pour l'acteur privé de ne pas être contraint à l'ouverture en bloc de données, l'acteur public n'aurait pour sa part pas à supporter la charge de la protection des données personnelles. Ce scénario aurait pour inconvénient le coût de développement et de maintenance de la plateforme par l'acteur privé, qui pourrait cependant lui offrir de nouveaux débouchés et de nouveaux revenus par la vente de données anonymisées.

ACTIONNER LA PORTABILITÉ CITOYENNE

Permettre à chacun de déterminer l'usage de ses propres données, donner les moyens de la participation citoyenne à la réalisation de missions d'intérêt général, ce sont là des opportunités offertes par le nouveau règlement sur la protection des données personnelles.

Le RGPD introduit un droit à la portabilité qui favorise la réutilisation de données personnelles par un nouveau

“UN TEL PROCESSUS PERMETTRAIT DANS UNE VISION PLUS PROSPECTIVE, D'ABOUTIR À LA CRÉATION BOTTOM-UP D'UN 'COMMUN' INFORMATIONNEL, CONSTRUIT PAR LES INDIVIDUS AU PROFIT DE L'INTÉRÊT GÉNÉRAL. IL S'AGIRAIT ALORS DE CONSTRUIRE LES MOYENS DE GOUVERNANCE DE CE COMMUN INFORMATIONNEL, PAR EXEMPLE PAR DES « RÉGIES DE DONNÉES ».”

responsable de traitement, sans que le responsable initial du traitement ne puisse y faire obstacle, et ce sous le contrôle exclusif de la personne concernée. Cette disposition qui permettra aux utilisateurs de migrer d'un écosystème de services à l'autre (concurrent ou non) avec leurs propres données pourrait leur permettre d'actionner une « portabilité citoyenne » au profit de missions d'intérêt général.

Des communautés d'utilisateurs pourraient exercer leur droit à la portabilité vis-à-vis d'un service pour mettre leurs données à disposition d'un acteur public, pour une finalité spécifique en lien avec une mission de service public. L'acteur public deviendrait responsable de traitement, et devrait donc respecter les principes de protection des données.

Un tel mécanisme aurait pour avantage de constituer des nouveaux jeux de données à usage de service public, sans imposer de nouvelles contraintes légales aux acteurs privés. Ce scénario aurait pour inconvénient la masse critique à atteindre, l'adhésion et la participation devant être conséquentes pour permettre la constitution de jeux de données pertinents. L'intégration de systèmes d'opt-in simplifiés, innovants et peu contraignants pourrait cependant favoriser la participation.

Un tel processus permettrait dans une vision plus prospective, d'aboutir à la création bottom-up d'un « commun » informationnel, construit par les individus au profit de l'intérêt général. Il s'agirait alors de construire les moyens de gouvernance de ce commun informationnel, par exemple par des « régies de données ».

Le rééquilibrage des forces entre les acteurs privés et publics sur la gestion de la ville, pour l'amélioration des politiques publiques, devrait s'accompagner pour la CNIL d'un encadrement renforcé de la collectivité publique, qui devra respecter le Règlement général à la protection des données (GDPR)⁸ et notamment la notion de finalités légitimes dans la réutilisation des données qui lui seront restituées.

RÉGULER PAR LES COMMUNS ET UNE STRUCTURE DE GOUVERNANCE DÉDIÉE

Face aux injonctions contradictoires de la smart city – personnaliser tout en respectant la vie privée, optimiser sans rejeter – et pour répondre au bouleversement du jeu des acteurs, notamment avec l'arrivée des industriels de la donnée, il convient de produire de nouvelles formes de régulation de la donnée urbaine, dans le respect des individus et de leurs libertés.

⁸ Le Règlement général sur la protection des données (GDPR) est le nom couramment utilisé pour désigner le cadre réglementaire de l'Union européenne adopté en 2016 pour la protection des personnes physiques concernant le traitement des données personnelles et sur la libre circulation de ces données : <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

Des propositions de modes de régulation innovants et efficaces sont intéressantes, par exemple la production et la gouvernance de communs de la ville, associées à la mise en place de structures nouvelles de gouvernance de ces données. L'adoption de mécanismes de cette nature apporterait en outre des outils intéressants pour la mise en conformité au règlement européen sur la protection des données (RGPD), par exemple par rapport à la notion centrale de consentement.

DÉFINIR DES COMMUNS

Dès 2014, Valérie Peugeot abordait la question des données de la smart city sous l'angle des communs, proposant de « déborder le cadre strict des données personnelles pour s'intéresser aux données numériques en général [...] en s'inspirant des travaux d'Elinor Ostrom [...] à développer une sphère de données en Communs, c'est-à-dire de données qui peuvent être considérées comme une ressource collective, et qui n'entrent ni dans le régime des biens gérés par la puissance publique stricto sensu, ni dans un régime de marché ». Ce régime de Communs repose sur une gestion par une communauté de la ressource considérée, qui organise ses règles de gouvernance, en s'appuyant sur un « faisceau de droits » (bundle of rights). Valérie Peugeot propose d'étendre ces communs aux données de la sphère publique, aux données produites en licence de partage (Wikipédia, Open Street Map, etc.), et à certaines données produites par des entreprises privées. Pour aller encore plus loin dans cette logique de production de communs, il faudrait in fine probablement y intégrer les données de référence de l'open data, les données d'intérêt général telles que définies par la loi République numérique et d'autres données d'intérêt général telles qu'elles pourraient être définies dans le futur par la loi. On peut par exemple penser à celles détenues par les industriels de la donnée, tel Waze, collectées dans le cadre d'un marché « données contre services » avec les utilisateurs.

Ces entreprises qui revendiquent œuvrer pour l'intérêt général cesseraient alors de limiter l'intérêt général à la somme des intérêts particuliers de leurs clients, pour réellement rendre ré-exploitable par la collectivité les données dont elles se nourrissent. Les recommandations présentées plus haut (étendre la notion d'intérêt général et activer des systèmes de portabilité citoyenne) pourraient permettre d'aller en ce sens.

Cette approche de communs et de dépassement des logiques de l'open data prennent forme depuis quelques années. Le CNNum (French Digital Council), dans un avis d'avril 2017 relatif à la libre circulation des données dans l'Union européenne propose des modalités de partage des données⁹ : « Les États membres pourraient encourager différents acteurs à mettre en commun leurs données sur la base du volontariat, afin de concourir à un programme de recherche, un projet industriel ou à une politique publique, ponctuellement ou durablement. Les données mises en commun pourraient être collectées par un organisme public puis agrégées avant d'être réutilisées ou redistribuées. » Le rapport relatif aux données d'intérêt général, propose, pour les données du secteur privé, que l'on puisse invoquer le motif d'intérêt général pour la transmission obligatoire des données, notamment pour la conduite de politiques publiques sectorielles, l'information des citoyens et le développement économique. Si la puissance publique en est la seule destinataire, ou que la réutilisation est non commerciale, le droit de propriété n'est pas atteint. En cas de réutilisation commerciale, le rapport voit l'indemnisation comme la seule solution, afin de ne pas porter structurellement atteinte aux acteurs privés. Car c'est bien là l'un des enjeux de l'approche, aujourd'hui relativement

conceptuelle, de communs : s'il y a un intérêt pour la somme des parties, le gain pour les acteurs qui sont aujourd'hui en position de force en ce qui concerne les données est plus incertain. L'objectif est donc d'arriver à maximiser la valeur pour la société dans son ensemble sans dissuader les acteurs à l'origine de la création de ces nouvelles données.

GOUVERNER LES COMMUNS, POUR MIEUX PROTÉGER LES DONNÉES PERSONNELLES

Constituer des communs urbains ne pourrait aller sans organiser les modes de gouvernances de ces données. Le CNNum, dans son avis, donne l'exemple sectoriel du US Bureau of Transportation Statistics, qui agrège les données des compagnies aériennes américaines concernant le trafic aérien. Mais d'autres vont plus loin avec la proposition de véritables acteurs tiers de confiance à l'échelle territoriale, un outil de gestion à gouvernance partagée, en mesure de faire respecter la conformité, notamment à la Réglementation sur la protection des données personnelles. C'est ce genre de modèle que propose Dactact avec la Régie de données¹⁰, un tiers acteurs, personne morale à gouvernance partagée entre la ville acteur public et les différentes parties prenantes de la ville – un véritable commun de la ville -, mais aussi un système d'information et de traitement de données par lequel il serait possible d'ouvrir et fermer, à la demande, les flux de données pour les différents acteurs qui les nécessiteraient. Ce tiers acteur œuvrerait pour l'organisation des flux de données entre différentes parties-prenantes, à la fois un hub et un point de contrôle de la licéité des échanges, du respect des licences applicables et de la protection des données personnelles, par la mise à disposition de moyens de recueil du consentement.

Un tel dispositif permettrait en outre de sortir d'une logique d'anonymisation par défaut des jeux de données de la ville. Il serait aussi possible, comme proposé par exemple dans le cadre du projet Open Algorithms¹¹, de permettre à certains acteurs d'utiliser des données sans les récupérer et dans le respect des droits des personnes concernées. Un tel type d'outil de gestion offrirait l'avantage d'ouvrir la donnée urbaine et de rééquilibrer le rapport de forces entre l'acteur public et les acteurs privés non soumis aux contrats publics. Il offrirait aux petites entreprises, collectifs, citoyens et associations qui le souhaitent de se réapproprier ces communs urbains, il permettrait surtout, pour les ré-utilisateurs qui souhaiteraient traiter des données personnelles, de demander le consentement explicite et éclairé des individus concernés.

⁹ CNNum, Avis du Conseil national du numérique sur la libre circulation des données dans l'union européenne, avril 2017, https://cnnumerique.fr/wp-content/uploads/2017/04/AvisCNNum_FFoD_VFfinale.pdf

¹⁰ Concevoir une régie de données territoriales - Vers une nouvelle fabrique de services urbains, Dossier produit par Le hub agence et Chronos, Dactact, La gazette des communes, mai 2014

¹¹ <http://www.opalproject.org>

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET PROTECTION DE LA VIE PRIVÉE : comment identifier et résoudre les problèmes

Yves-Alexandre de Montjoye^a, Ali Farzanehfar^a, Julien Hendrickx^b, Luc Rocher^b

^a Imperial College London, Data Science Institute and Dept. of Computing

^b Université catholique de Louvain, ICTEAM Institute



We are unlikely to see any 'general AI'—machines that could learn the way we do and successfully perform a large range of task—anytime soon

Yves-Alexandre de Montjoye est professeur à l'Imperial College London, où il dirige le Computational Privacy Group et le directeur de l'Algorithmic Society Lab.

Julien M. Hendrickx est professeur d'ingénierie mathématique à l'Université catholique de Louvain (Ecole Polytechnique de Louvain) depuis 2010 et directeur du département d'ingénierie mathématique.

Luc Rocher est doctorant au département d'ingénierie mathématique à l'Université de Louvain et chercheur au F.R.S.-FNRS.

Ali Farzanehfar est doctorant à l'Imperial College London (Computational Privacy Group).

MOTS CLÉS

- VIE PRIVÉE
- ANONYMISATION DES DONNÉES
- PSEUDONYMISATION
- DÉSIDENTIFICATION
- VASTES JEUX DE DONNÉES
- IDENTITÉ
- K-ANONYMAT
- UNICITÉ

L'intelligence artificielle (IA) a le potentiel de modifier en profondeur nos manières de travailler, de vivre et d'interagir. Il n'existe pourtant pas d'IA générale et la précision des modèles d'apprentissage automatique actuels dépend largement des données avec lesquelles ils ont été formés. Dans les décennies à venir, le développement de l'IA sera conditionné par l'accès à des ensembles de données médicales et comportementales plus vastes et plus riches. Nous avons aujourd'hui des preuves solides du fait que l'outil que nous avons utilisé par le passé pour établir un équilibre entre l'utilisation des données agrégées et la protection de la vie privée des personnes, la désidentification, ne fonctionne pas avec de vastes ensembles de données. Le développement et le déploiement des « technologies renforçant la protection de la vie privée » (PET), permettant aux contrôleurs de données de rendre les données disponibles de manière sûre et transparente, seront essentiels pour que puisse s'exprimer tout le potentiel de l'IA.

INTRODUCTION

Un monde qui était une simple vision il y a quelques années devient aujourd'hui réalité. Les voitures apprennent à conduire seules, l'analyse prédictive transforme les soins médicaux et la recherche, et le monde de la finance utilise des algorithmes pour identifier les fraudeurs. Les sociétés de carte bancaire collectent et surveillent déjà toutes les transactions¹ pour détecter la fraude en temps réel. Les voitures autonomes vont transformer les espaces de stationnement, les habitudes liées au trajet domicile-travail, et devraient fortement réduire les accidents de la circulation. En médecine, on commence à utiliser des algorithmes pour identifier les molécules à fort impact dans le développement pharmaceutique, et pour accélérer le diagnostic du cancer de la peau avec une exactitude au moins égale à celle des experts en dermatologie². De quelle manière ces changements vont-ils affecter nos sociétés ? Un récent rapport McKinsey indique que 45 % de

1 Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017), Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542 (7639); 115-118.

2 McKenna, F. (2017), 11 Companies That Teach Machines To Detect Fraud, Frankonfraud.com, <http://frankonfraud.com/fraud-products/10-companies-that-use-machine-learning-to-solve-financial-fraud>.

toutes les activités professionnelles pourraient prochainement être automatisées avec l'intelligence artificielle (IA)³. L'intelligence artificielle change notre économie à une vitesse sans précédent, avec un impact radical sur notre façon de vivre, d'interagir, de produire des biens et des services. Développer des solutions permettant aux algorithmes d'IA d'apprendre à partir de jeux de données à grande échelle, souvent sensibles, tout en préservant la vie privée des personnes, est l'un des grands défis auxquels nous sommes aujourd'hui confrontés.

³ McKinsey Global Institute (2016), *The age of analytics: Competing in a data-driven world*, McKinsey.

Cependant, malgré ce que la presse populaire voudrait nous faire croire, l'IA ressemble très peu à l'intelligence humaine. Les experts de sa branche la plus populaire, l'apprentissage automatique (machine learning en anglais), ont passé des décennies à entraîner un grand écosystème de modèles statistiques, conçus pour des tâches spécifiques comme l'inférence des émotions humaines à partir de messages textuels ou la détection et la classification des lésions cutanées sur photographie. Ces modèles sont très spécifiques à leur domaine, et contrairement aux humains, ils ont rarement la capacité à transférer les connaissances d'un domaine à l'autre. Un modèle entraîné sur les messages de téléphone portable ne fera probablement pas mieux sur des messages Facebook que le modèle entraîné directement sur ce lot de données. Nous avons peu de chances de voir dans les prochaines décennies un type quelconque de ce que les experts appellent l'IA générale : des machines qui réussiraient toute sorte de tâches intellectuelles⁴.

En revanche, un récent progrès de l'IA concerne autant la mise au point de nouveaux algorithmes que l'accès à une grande quantité de données. Les techniques telles que l'apprentissage profond (deep learning en anglais), c'est-à-dire au moyen de réseaux neuronaux profonds, ne sont pas nouvelles. Le concept de réseaux neuronaux date des années 1950, et un grand nombre des révolutions algorithmiques ont eu lieu dans les années 1980 et 1990. Mais ce sont les gigantesques stocks de données qui existent aujourd'hui et l'énorme puissance de calcul dont nous disposons⁵ qui nous permettent d'enfin exploiter tout le potentiel de cette technologie. Des corpus de millions d'enregistrements de la parole, d'images haute résolution et de métadonnées humaines ont conduit à la révolution de l'IA.

Par exemple, pour la première fois, la collecte de données à cette échelle a été cruciale pour modéliser finement les opinions politiques, ce qui a constitué un outil déterminant pour les dernières élections aux États-Unis. En 2017, la société Cambridge Analytica⁶ a pu dresser le profil de plus de 220 millions de citoyens américains et construire un portrait psychométrique intime des électeurs, afin de trouver et de cibler leurs déclencheurs émotionnels. Elle a utilisé les Likes sur Facebook, une masse de données librement accessibles, pour identifier le genre, l'orientation sexuelle, les croyances politiques et la personnalité des

⁴ Etzioni, O. (2016). No, the Experts Don't Think Superintelligent AI is a Threat to Humanity, *MIT Technology Review*.

⁵ Roger Parloff (2016), Why Deep Learning is Suddenly Changing Your Life, *Fortune*, <http://fortune.com/ai-artificial-intelligence-deep-machine-learning>.

⁶ Green, J. and Issenberg, S. (2017), Trump's Data Team Saw a Different America—and They Were Right, *Bloomberg*, bloom.bg/2eEwfe0.

“DÉVELOPPER DES SOLUTIONS PERMETTANT AUX ALGORITHMES D'IA D'APPRENDRE À PARTIR DE JEUX DE DONNÉES À GRANDE ÉCHELLE, SOUVENT SENSIBLES, TOUT EN PRÉSERVANT LA VIE PRIVÉE DES PERSONNES, EST L'UN DES GRANDS DÉFIS AUXQUELS NOUS SOMMES AUJOURD'HUI CONFRONTÉS.”

individus, exploitant ainsi le pouvoir que donne l'accès en temps réel à des données personnelles par millions⁷.

Toutefois, alors que les données alimentent des progrès fantastiques en IA, leur utilisation soulève des questions profondes sur la vie privée et la propriété des données. La plupart de ces données sont produites par des individus dans leur quotidien : des métadonnées téléphoniques sont créées par les appels et l'envoi de messages, les enregistrements médicaux par la surveillance des patients suivis en hôpital ou en clinique, les statistiques d'encombrement routier par les traces GPS des conducteurs. Ces données contiennent des informations détaillées et souvent sensibles sur le comportement des personnes, leur état de santé, leurs habitudes de déplacement et leur style de vie, qui peuvent être utilisées pour glaner d'autres connaissances comme les croyances religieuses et l'adhésion à un syndicat.

L'IA possède véritablement un potentiel immense, mais la construction d'une meilleure IA nécessite des bases de données à grande échelle ; leur constitution et l'accès à ces informations personnelles et privées exigent des solutions qui protègent la vie privée. C'est un des grands défis auxquels nous faisons face actuellement.

Historiquement, l'équilibre entre l'utilisation des données et la protection de la vie privée reposait sur l'anonymisation des données. Du point de vue pratique et législatif, aux États-Unis, en Europe et dans le monde, l'anonymisation était le moyen de permettre l'utilisation des données en garantissant le respect de la vie privée. En effet, si les données ne peuvent pas être associées à l'individu dont elles proviennent, alors les informations qu'elles contiennent ne peuvent pas lui nuire.

En pratique, les jeux de données sont anonymisés par une combinaison de pseudonymisation et de dé-identification. La pseudonymisation consiste à remplacer un identifiant clair, comme le nom, par un pseudonyme. Historiquement, c'est la première ligne de défense. Mais la simple utilisation de pseudonymes pour la protection de la vie privée a été remise en question à la fin des années 1990, lorsque la Group

⁷ Thompson-Fields, D. (2017), Did artificial intelligence influence Brexit and Trump win?, *Access AI*, <http://access-ai.com/news/21/artificial-intelligence-influence-brexit-trump-win>.

Insurance Commission (GIC) du Massachusetts a diffusé des données « anonymisées » concernant toutes les visites hospitalières des agents de l'État. Le gouverneur du Massachusetts de l'époque, William Weld, a garanti que la GIC avait protégé la vie privée des patients en effaçant les identifiants. Mais alors, au moyen de la liste électorale de la ville de Cambridge, publique, l'étudiante au MIT Latanya Sweeney a pu révéler le dossier médical du gouverneur à partir de sa date de naissance, de son sexe et de son code postal. Elle a ensuite démontré que 87 % des Étatsuniens pourraient être identifiés de manière unique par la combinaison de ces trois données⁸. Cet incident a mis en évidence les limites de l'anonymat obtenu par la simple utilisation de pseudonymes.

La deuxième ligne de défense, la dé-identification, a ensuite été développée pour prévenir la réidentification (restauration du lien entre les données et les personnes réelles), ce qui a permis d'utiliser à nouveau les données tout en protégeant la vie privée. La première solution contre la réidentification, le k-anonymat⁹, a été proposée juste après l'attaque de Latanya Sweeney. Une base de données est dite k-anonyme si toute combinaison d'informations (par exemple l'année de naissance, le sexe et le code postal) peut être trouvée chez au moins k individus. Il est alors impossible d'identifier une personne spécifique dans la base de données, car toute information collectée conduit à un groupe d'au moins k individus. De nombreux algorithmes basés sur les principes de généralisation et de suppression ont été proposés pour k-anonymiser les bases de données. Un attribut peut être généralisé en dégradant la résolution de son information (par exemple en remplaçant l'âge exact par une tranche d'âge). La valeur d'un attribut peut être supprimée parce qu'elle donne trop d'informations sur l'identité d'une personne. Des extensions du k-anonymat ont été développées, comme la l-diversité¹⁰ et la t-proximité¹¹, qui protègent contre des attaques par inférence plus complexes.

Cette combinaison de pseudonymisation et de dé-identification a très bien fonctionné depuis que le k-anonymat a été proposé en 1995. Cependant, les jeux de données modernes, et en particulier ceux utilisés par l'IA, sont très différents de ceux de la moitié des années 1990. Aujourd'hui, la plupart des données possèdent un grand nombre de dimensions et sont même longitudinales : pour chaque individu, il existe des dizaines, des centaines ou des milliers

d'éléments d'information différents. Par exemple, chaque personne est associée à des milliers de points visités via les métadonnées de téléphonie mobile, à des milliers de clics et de sites via les données de navigation web, et les jeux de données génétiques contiennent souvent plus d'informations par personne que de personnes.

Ce changement fondamental dans nos données se traduit dans les capacités de nos techniques d'anonymisation à protéger la vie privée. En 2013, le concept d'unicité a été introduit pour évaluer l'efficacité de l'anonymisation dans les jeux de données modernes possédant un grand nombre de dimensions. L'unicité quantifie le nombre de personnes identifiées de manière unique au moyen d'un nombre p d'informations aléatoirement choisies et auxquelles l'adversaire pourrait avoir accès. Une étude basée sur les métadonnées de téléphonie mobile d'1,5 million de personnes montre que 4 points (approximatifs dans le temps et l'espace) suffisent à identifier de manière unique 95 % des personnes¹². Cela signifie qu'il suffit de connaître où et quand un individu interagit avec le réseau de téléphonie mobile, seulement 4 fois sur 15 mois, en moyenne, pour le réidentifier dans un jeu de données téléphoniques simplement anonymisé, et donc révéler tout l'historique de ses trajets.

Ces résultats, initialement obtenus dans un pays européen, ont été reproduits avec un jeu de données d'un million de personnes en Amérique latine¹³ et avec les données d'un demi-million de personnes dans un autre pays non nommé¹⁴. En 2015, la même méthodologie a été appliquée à des données de transactions bancaires. Cette étude publiée dans le magazine Science conclut que 4 points (date et lieu d'un achat) suffisent à identifier de manière unique 90 % des personnes parmi un million d'utilisateurs de carte bancaire¹⁵.

Mais est-il possible de brouiller à nouveau les pistes ? Peut-on à nouveau généraliser les données, ou leur ajouter du bruit ? Malheureusement, la réponse est non pour les données de téléphonie mobile et pour celles des cartes bancaires. Les études ci-dessus montrent que l'ajout de bruit ou la dégradation de la résolution spatiale ou temporelle des données provoque une augmentation marginale de la difficulté d'identification. En effet, même dans un jeu de métadonnées téléphoniques de très basse résolution (dégradées d'un facteur 15 pour la date et pour le lieu), 10 points suffisent à trouver une personne dans 50 % des cas¹⁶. Il peut être surprenant de constater que, dans l'étude des données bancaires, la connaissance d'à peine 10 visites d'un individu dans l'un des 350 magasins sur deux semaines permet une réidentification correcte dans 80 % des cas¹⁷. Considérés ensemble, ces résultats suggèrent que d'autres grands jeux de données possédant un grand nombre de dimensions et utilisés par l'IA présentent probablement un haut niveau d'unicité, facilitant la réidentification.

Aujourd'hui, non seulement les jeux de données modernes sont extrêmement difficiles à anonymiser, mais leur richesse accentue leur sensibilité. Autrefois, un aperçu des données suffisait à évaluer le préjudice potentiel d'une réidentification (par exemple selon qu'il s'agissait d'un dossier médical ou de données assez anodines). Parfois,

8 Sweeney, L., 2000. Simple demographics often identify people uniquely. *Health (San Francisco)*, 671, pp.1-34.

9 Sweeney, L. (2002). k-anonymity: A model for protecting privacy. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(05), 557-570.

10 Machanavajjhala, A., Gehrke, J., Kifer, D., & Venkatasubramanian, M. (2006, April). l-diversity: Privacy beyond k-anonymity. In *Data Engineering, 2006. ICDE'06. Proceedings of the 22nd International Conference on* (pp. 24-24). IEEE.

11 Li, N., Li, T., & Venkatasubramanian, S. (2007, April). t-closeness: Privacy beyond k-anonymity and l-diversity. In *Data Engineering, 2007. ICDE 2007. IEEE 23rd International Conference on* (pp. 106-115). IEEE.

12 De Montjoye, Y. A., Hidalgo, C. A., Verleysen, M., & Blondel, V. D. (2013). Unique in the crowd: The privacy bounds of human mobility. *Scientific reports*, 3, 1376.

13 U.N. Global Pulse. Mapping the risk-utility landscape of mobile phone data for sustainable development & humanitarian action, 2015.

14 Yi Song, Daniel Dahlmeier, and Stephane Bressan. Not so unique in the crowd: a simple and effective algorithm for anonymizing location data. ACM PIR, 2014.

15 De Montjoye, Y. A., Radaelli, L., & Singh, V. K. (2015). Unique in the shopping mall: On the reidentifiability of credit card metadata. *Science*, 347(6221), 536-539.

16 De Montjoye, Y. A., Hidalgo, C. A., Verleysen, M., & Blondel, V. D. (2013). Unique in the crowd: The privacy bounds of human mobility. *Scientific reports*, 3, 1376.

17 De Montjoye, Y. A., Radaelli, L., & Singh, V. K. (2015). Unique in the shopping mall: On the reidentifiability of credit card metadata. *Science*, 347(6221), 536-539.

l'information sensible pouvait même être retirée pour que les données deviennent non sensibles (par exemple le fait qu'une personne ait vu certains films). Cela est devenu impossible avec les jeux de données modernes possédant un grand nombre de dimensions. La raison est que, pour évaluer la sensibilité des données, il faut prendre en considération non seulement ce qui est visible directement, mais aussi ce qu'un algorithme pourrait inférer à partir des données, aujourd'hui ou demain. Par exemple, il a été démontré que les traits de personnalité¹⁸, les données démographiques¹⁹, la situation socio-économique^{20 21} ou même le taux de remboursement des emprunts²² peuvent tous être prédits à partir de données de téléphonie mobile, apparemment anodines. Ce « risque de l'inférence » dans les grands volumes de données rend l'évaluation complète des risques incroyablement difficile, certains diraient impossible.

Si l'anonymisation est défailante sur les grands jeux de données possédant un grand nombre de dimensions, quelle solution permet d'avancer ? Dans les années 1990, lorsque le transfert de données était très coûteux, l'anonymisation était la seule solution pour diffuser les données à un coût minimal. Ce n'est plus le cas, et de nouvelles solutions existent. Les contrôleurs de données peuvent facilement autoriser un accès distant à une partie des données, pour analyse, au lieu de publier les enregistrements bruts : on rapproche les algorithmes des données et non l'inverse.

Le projet OPAL (Open Algorithms)²³ par exemple, récemment créé, est basé sur ce principe. Mené sur le plan technique par le Computational Privacy Lab de l'Imperial College London, en partenariat avec le MIT et les sociétés de télécommunication Telefonica et Orange, Data-Pop Alliance, MIT, WEF, OPAL permet à des tiers d'utiliser en toute sécurité les données de géolocalisation collectées par les sociétés de télécommunication, selon un modèle de questions-réponses. En résumé, la plateforme autorise des tiers tels que des chercheurs et des médecins à soumettre des requêtes (par exemple combien de personnes se sont-elles déplacées du point A au point B dans une journée donnée). À partir des sources de données disponibles dans cet environnement fiable, la plateforme valide le code, calcule les résultats du modèle et renvoie uniquement des résultats agrégés, ce qui garantit qu'aucun individu ne peut être identifié ou profilé. La totalité des interactions est enregistrée dans un registre non falsifiable, afin de permettre les audits et les vérifications. La combinaison des mécanismes de contrôle d'accès, de bac à sable pour le code et de l'agrégation nous permet de garantir que les données sont utilisées de manière anonyme, y compris par les algorithmes d'apprentissage automatique et même si les données sont seulement pseudonymisées.

Il existe de nombreux cas d'utilisation de tels outils de partage des données. Dans les pays en voie de développement où les statistiques nationales détaillées sont soit périmées, soit totalement inexistantes, les données de téléphonie mobile peuvent contribuer à guider les politiques publiques, en fournissant des statistiques à jour et fiables pour

l'allocation de ressources en temps réel en cas de catastrophe²⁴, pour chiffrer avec exactitude la densité de population²⁵ en temps réel, ou pour construire des modèles de propagation d'une épidémie. C'est dans cet esprit que le lancement d'OPAL aura lieu en Colombie et au Sénégal, en collaboration étroite avec les gouvernements locaux et les bureaux de statistiques.

OPAL n'est pas la seule plateforme de partage des données qui se soucie de la vie privée. En France, le centre d'accès sécurisé aux données (CASD)²⁶ est une autre expression de cette technologie. Il fournit aux chercheurs un accès distant, au moyen de cartes à puce, à un ordinateur où les enquêtes publiques et les recensements nationaux peuvent être analysés. DeepMind de Google est aussi engagé dans la mise au point d'un système auditable pour utiliser les données médicales individuelles du système de santé (NHS)²⁷ du Royaume-Uni. Un « Verifiable Data Audit » garantit que toute interaction avec les données est l'objet d'un enregistrement accessible, afin de modérer le risque d'acte illicite.

Le potentiel de l'intelligence artificielle dépend de manière cruciale de la qualité des données sur lesquelles les algorithmes sont entraînés. Cependant les jeux de données apparemment anodines et anonymisées permettent à des tiers d'inférer une quantité surprenante d'informations sensibles sur les individus concernés, et les techniques d'anonymisation sont inefficaces car un petit nombre d'informations externes suffit à identifier les individus. L'avenir de l'IA nous impose de repenser notre approche de la protection des données. Des solutions comme OPAL sont à la pointe de cet effort, et forment le socle du partage des données personnelles et privées pour le bien public. Un objectif auquel nous pouvons tous adhérer.

24 Wilson, R., zu Erbach-Schoenberg, E., Albert, M., Power, D., Tudge, S., Gonzalez, M., et al. (2016). Rapid and near real-time assessments of population displacement using mobile phone data following disasters: the 2015 Nepal Earthquake. *PLoS currents*, 8.

25 Deville, P., Linard, C., Martin, S., Gilbert, M., Stevens, F. R., et al. (2014). Dynamic population mapping using mobile phone data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(45), 15888-15893.

26 Centre d'accès Sécurisé aux Données, CASD, <https://casd.eu/en>.

27 Suleyman, M., Laurie, B. (2017). Trust, confidence and Verifiable Data Audit. *DeepMind Blog*, <https://deepmind.com/blog/trust-confidence-verifiable-data-audit>.

18 de Montjoye, Y. A., Quoidbach, J., Robic, F., & Pentland, A. (2013, April). Predicting Personality Using Novel Mobile Phone-Based Metrics. In *SBP* (pp. 48-55).

19 Felbo, B., Sundsøy, P., Pentland, A. S., Lehmann, S., & de Montjoye, Y. A. (2015). Using deep learning to predict demographics from mobile phone metadata. *arXiv preprint arXiv:1511.06660*.

20 Jahani, E., Sundsøy, P., Bjelland, J., Bengtsson, L., & de Montjoye, Y. A. (2017). Improving official statistics in emerging markets using machine learning and mobile phone data. *EPJ Data Science*, 6(1), 3.

21 de Montjoye, Y. A., Rocher, L., & Pentland, A. S. (2016). Bandicoot: a python toolbox for mobile phone metadata. *Journal of Machine Learning Research*, 17(175), 1-5.

22 Bjorkregren, D., & Grissen, D. (2015). Behavior revealed in mobile phone usage predicts loan repayment.

23 Open Algorithms (2017). OPAL, www.opalproject.org/.

“LA COMBINAISON DE MÉCANISMES DE CONTRÔLE D'ACCÈS, DE SANDBOX POUR LE CODE ET DE L'AGRÉGATION PERMET À OPAL DE GARANTIR QUE LES DONNÉES SONT UTILISÉES DE MANIÈRE ANONYME, Y COMPRIS PAR LES ALGORITHMES D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE ET MÊME SI LES DONNÉES SONT SEULEMENT PSEUDONYMISÉES.”

LA GÉOPOLITIQUE DE L'IA ET DE LA ROBOTIQUE

Interview de Laurent Alexandre
par Nicolas Miaillhe

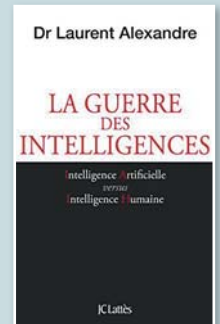


Laurent Alexandre est chirurgien-urologue, cofondateur du site Web Doctissimo. Il s'intéresse de près aux problématiques de l'intelligence artificielle, de la robotique et du transhumanisme. Il vient de publier *La Guerre des Intelligences* (JC Lattes, 2017). Il a auparavant publié *Les robots font-ils l'amour ? : le transhumanisme en 12 questions* (Dunod, 2016), et *La Mort de la Mort* (JC Lattes, 2011).

MOTS CLÉS

- INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
- ROBOTIQUE
- GÉOPOLITIQUE
- NEURO-TECHNOLOGIE
- INTELLIGENCE AUGMENTÉE
- ÉDUCATION
- EUGÉNISME
- TRANSHUMANISME
- GAFAMI
- BATX
- STRATÉGIE INDUSTRIELLE

Dans cette interview, Laurent Alexandre revient sur les enjeux géopolitiques de la montée en puissance de l'IA et de la Robotique. Il formule un diagnostic sévère vis-à-vis du retard des Européens en la matière et dépeint le tableau de conflits d'un nouveau genre.



Nicolas Mialhe : on parle beaucoup d'une révolution de l'Intelligence Artificielle. De quoi s'agit-il?

Laurent Alexandre : La conjonction d'immenses bases de données, d'une puissance informatique croissante et d'algorithmes d'apprentissage automatique, réunis principalement chez les géants du numérique américains et chinois, a accéléré la progression de l'Intelligence Artificielle surprenant même ses promoteurs : les dirigeants des GAFAMI (Nota : Google, Apple, Amazon, Facebook, Microsoft, IBM) notamment de Google et de Facebook ne l'avaient pas vu venir. Les premières révolutions industrielles ont remis en cause notre force physique, l'IA s'attaque à nos neurones.

N. M. : Quels sont les enjeux de pouvoir liés à cette grande révolution ?

L. A. : L'industrialisation de l'intelligence, qu'elle soit biologique ou artificielle, bouleverse les fondements même de l'organisation politique et sociale. La fabrication d'intelligence sera demain la source de tous les pouvoirs. La bataille pour maîtriser une IA semi-forte deviendra un enjeu essentiel. Elle permettra de gagner les batailles industrielles : il n'y a plus aucune branche qui ne dépende pas d'elle. L'industrie automobile avec le self-driving car n'est qu'un tout premier exemple. La médecine est en passe d'être révolutionnée, le médecin devenant un supplétif de l'ordinateur. Il en va de même pour la banque ou l'agriculture ! Une IA semi-forte permettra aussi de paralyser l'adversaire en immobilisant son économie et son armée. Or, nous ne savons pas encadrer nos concurrences géopolitiques qui nous pousseront à utiliser l'IA pour prendre le leadership, quels que soient les risques. La régulation des IA deviendra un enjeu fondamental du droit international et bousculera les stratégies géopolitiques.

N. M. : La machine deviendra-t-elle plus intelligente que l'homme ?

L. A. : L'intelligence artificielle est un sujet majeur pour l'avenir de l'humanité et pourtant lorsqu'on interroge les cent meilleurs spécialistes, les opinions divergent grandement ! Dans l'histoire de la technologie, il n'y a jamais eu une telle absence de consensus parmi les experts.



“CE QUI VA RADICALEMENT ACCÉLÉRER LE TSUNAMI DE L'IA DANS LES 20 PROCHAINES ANNÉES, C'EST LE DÉVELOPPEMENT D'INTERFACES CERVEAU-ORDINATEUR. UN SUJET CRUCIAL DUQUEL S'EST EMPARÉ LA SILICON VALLEY ET NOTAMMENT ELON MUSK EN LANÇANT SA NOUVELLE START-UP NEURALINK.”

Elon Musk, le créateur de Tesla et de Space X, a une vision pessimiste et inquiète, comme le Chinois Jack Ma, fondateur du site de commerce en ligne Alibaba. À l'opposé, Tim Cook, le patron d'Apple, ou Mark Zuckerberg, de Facebook, n'évoquent jamais les risques de l'intelligence artificielle. Les dirigeants d'IBM se montrent aussi rassurants et démentent qu'elle puisse acquérir des capacités humaines.

N. M. : Quelle est la « nouvelle frontière » de la montée en puissance de l'IA ?

L. A. : Ce qui va radicalement accélérer le tsunami de l'IA dans les 20 prochaines années, c'est le développement d'interfaces cerveau-ordinateur. Un sujet crucial dont s'est emparée la Silicon Valley, et notamment Elon Musk en lançant sa nouvelle start-up Neuralink. L'idée est de faire passer les dispositifs par les vaisseaux du cou, de manière à ne pas ouvrir la boîte crânienne. Ces dispositifs sont destinés à aller se coller entre les neurones et les vaisseaux de façon à doper les neurones, et à permettre l'accès à des bases de données ou au cloud. Pour gagner la bataille des voitures autonomes, Elon Musk doit faire de l'intelligence artificielle. Pour lui, le scénario de fusion entre l'homme et la machine est la seule solution. Il pense qu'il n'y a pas d'issue avec un cerveau neuronal : seul un cerveau mixte pourra survivre.

N. M. : Avec quelles conséquences géopolitiques ?

L. A. : À terme, nous allons découvrir une nouvelle géopolitique de ce nouveau complexe neuro-technologique. Et les bons sentiments risquent de nous faire perdre cette bataille. Une variante du slogan « aux robots les jobs, à nous la vie » propose la spécialisation des tâches. Les métiers techniques seraient réservés à l'Intelligence Artificielle tandis que les humains gèreraient les activités nécessitant de l'empathie, du soin, de la bienveillance : « à eux le tsunami de data, à nous l'amour » semble une proposition de bon sens. Ne pouvant lutter sur la capacité de calcul, nous nous recentrons sur la gestion des émotions. En médecine cela signifierait, par exemple, que nous laisserions

l'IA traiter les milliards de milliards de milliards d'informations biologiques notamment génétiques pour soigner les enfants leucémiques tandis que les gentilles infirmières développeraient plus encore qu'aujourd'hui leurs qualités relationnelles.

C'est l'équivalent, entre l'IA et nous, de la loi de spécialisation Ricardienne – appelée loi des avantages comparatifs – théorisée en 1817 par David Ricardo à partir de l'exemple du commerce du vin et des textiles entre le Portugal et l'Angleterre. Se concentrer sur ce qu'on fait le mieux est micro-économiquement rationnel mais dangereux si on est spécialisé sur un créneau fragile ou conduisant à la baisse de son rapport de force technologique et donc géopolitique. Tenir la main des enfants malades est bien sûr fondamental mais cela ne doit pas nous éloigner de l'autre bataille : le combat pour le pouvoir neurotechnologique.

N. M. : À quoi va donc ressembler la géopolitique du 21^e siècle à l'heure de l'IA et de la robotique ?

L. A. : La géopolitique ne sera plus à terme territoriale, Chine contre Californie, Inde contre Chine... – elle sera principalement à l'intérieur du complexe neuro-technologique. Il faut se préparer à d'immenses conflits de pouvoir à l'intérieur du vaste complexe qui unira nos cerveaux et les IA nichées dans le réseau Internet. Il y aura des complots, des prises de pouvoirs, des sécessions, des manipulations, des traîtres, des malveillances à côté desquelles les virus Wannacry et Petya du printemps 2017 sembleront bien anodins. L'IA est aujourd'hui nulle et inexistante en termes psychologique et émotionnel mais ce n'est que temporaire et cela ne doit pas nous conduire à spécialiser les cerveaux humains dans le « Care » en abandonnant le champ de bataille neurotechnologique aux cerveaux de silicium : ce serait aussi suicidaire que de spécialiser son industrie de défense dans la fabrication de pétards à l'ère de la bombe atomique.

Aussi choquant que cela apparaisse à ma génération, la bataille à l'intérieur du complexe neuro-technologique va devenir un enjeu essentiel pour notre survie en tant qu'espèce biologique. La gentillesse des infirmières pédiatriques est, bien sûr, essentielle ; il serait suicidaire que l'Humanité tout entière se spécialise dans le registre émotionnel. Il est, en effet, peu probable que les IA restent éternellement alignées avec nous et imprégnées de morale judéo-chrétienne. Nous devons être bienveillants ; c'est la base de notre Humanité, mais pas seulement. Le « Game of Thrones » du complexe neurotechnologique ne sera pas moins violent que sa version télévisuelle : y garder une place pour notre Humanité biologique suppose de savoir faire autre chose que de caresser la joue des enfants qui souffrent. Et aucune ligne Maginot numérique ne nous protégera durablement si nous sommes faibles. Ricardo avait raison en 1817 ; il a dramatiquement tort en 2017.



La cohésion de l'Humanité autour de valeurs commune et d'un progrès partagé et le refus de tout confier aux cerveaux de silicium sont notre assurance vie contre l'émergence dans 20 ans, 200 ans ou 2 000 ans d'IA hostiles et malveillantes.

N. M. : Revenons à des problématiques moins vertigineuses. Peut-on véritablement encadrer le développement de l'IA ?

L. A. : La concurrence entre entreprises et entre États exclut qu'on arrête les recherches sur l'intelligence artificielle. Cela rend la perspective d'une régulation extrêmement complexe. Elon Musk a récemment lancé un cri d'alarme et réclamé une régulation américaine forte, mais l'administration Trump ne semble pas vraiment concernée par la question préférant tout miser sur la croissance et l'emploi. Mais surtout, plusieurs dirigeants de la Silicon Valley ont immédiatement rétorqué que les États-Unis laisseraient ainsi le champ libre à la Chine pour devenir la première puissance mondiale.

N. M. : Mais nos sociétés ne semblent pas vraiment préparées à vivre cette révolution...

L. A. : Il y a un début de débat autour du chômage et des emplois sur le mode : l'IA et les robots vont remplacer les hommes. Cette crainte n'est pas rationnelle à court-terme, pour deux raisons au moins. La première, c'est qu'elle suppose qu'on va tout de suite avoir des robots polyvalents, ce qui ne sera pas massivement le cas avant au moins 2030. Les emplois répétitifs industriels sont en effet menacés mais il va falloir encore pas mal d'années pour voir se démocratiser les robots polyvalents capables de remplacer une femme de ménage. Au contraire de la trajectoire d'évolution de l'IA qui peut apparaître explosive du fait de la poursuite de la loi de Moore poussée par les progrès continus de la nanoélectronique, la trajectoire de progrès de la robotique est pour l'instant plus linéaire. La seconde raison est qu'on se leurre, comme d'habitude, en supposant que l'automatisation va entraîner la fin du travail : il y a une somme formidable de nouveaux métiers à inventer. En 1930, le Maire de Palo Alto, en Californie, a écrit président Herbert Hoover une lettre l'implorant de prendre des mesures pour réguler la technologie qui allait détruire la société Américaine et les emplois. On connaît la suite : Palo Alto est devenu l'épicentre de la Silicon Valley et donc de l'économie mondiale.

N. M. : Avec l'IA, peut-on donc avoir espoir dans une nouvelle vague de « destruction créatrice » qui créera plus d'emplois qu'elle n'en détruira ?

L. A. : Comme pour les précédentes révolutions industrielles, nous avons une idée des métiers qui vont disparaître, chauffeurs par exemple. Mais nous ne connaissons pas les métiers de demain. Il existe une foison d'exemple de métiers d'aujourd'hui qu'on n'aurait même pas pu imaginer il y a trente ans : le marketing digital, les webmasters, ceux qui développent des applis... Par définition, nous ne connaissons pas les métiers du futur. Si c'était le cas, les entrepreneurs auraient déjà sauté sur l'occasion ! Par ailleurs, nos sociétés raisonnent « à mission constante » sans voir qu'avec l'IA nous pourrions faire de nouvelles choses dans les décennies puis les siècles à venir : conquérir le cosmos, retarder la mort, augmenter notre cerveau...

N. M. : Peut s'attendre à une explosion des inégalités ?

L. A. : Comme l'IA va être bon marché alors que l'intelligence humaine est chère, les gens les moins doués et les moins innovants risquent de rester sur le carreau. Réduire les inégalités passe donc par la réduction des inégalités intellectuelles. Et ça passe en priorité par les méthodes traditionnelles que sont l'éducation et la formation. Mais cela ne suffira pas. Je suis convaincu qu'on va s'appuyer sur la technologie pour augmenter nos capacités intellectuelles. La démocratie ne survivra pas si les écarts actuels de quotient intellectuel et de capacités intellectuelles se maintiennent. Dans une société où l'IA est quasi gratuite, il y a de la place pour les gens polyvalents, entreprenants et créatifs. Or, tout le monde ne l'est pas ! Ça n'est pas politiquement correct de le dire mais c'est une réalité. Les gens les moins doués vont être en grande difficulté et il faudra les aider.

N. M. : La domination que sont en train d'acquérir Chinois et Américains dans la course à l'IA doit-elle inquiéter les Européens ?

L. A. : La France et l'Europe sont devenues une colonie numérique des États-Unis et demain de la Chine. Il ne faut pas se voiler la face. Nous exportons les meilleurs cerveaux aux États-Unis – comme Yann Le Cun, le directeur de l'IA de Facebook qui est Français et a été formé en France –, et nous importons de l'IA via nos smartphones chaque fois que nous utilisons nos apps préférées ! Nous ne progresserons pas si nous continuons à être mauvais, à geindre et à avoir une législation ultra protectrice pour le consommateur mais hostile aux industriels. Il faut regarder la réalité bien en face : si nous sommes des crapauds numériques, ce n'est ni à cause d'un complot mondial ni à cause des GAFAMI qui tricheraient. C'est parce que ces GAFAMI sont excellents et que nous sommes nuls. Cela fait trente ans que nous Européens ne voyons pas arriver la révolution de l'Internet et de l'IA. Vingt ans qu'on a des gouvernants et des autorités administratives du type CNIL qui ne comprennent pas la grande révolution qui est en train de se jouer. Alors qu'en face, nos concurrents Américains et Chinois l'ont bien compris et déploient un modèle cohérent. Ils sont très déterminés. Nous, nous avons 28 législations particulières, 28 CNIL. Nous avons toujours mis en priorité la protection du consommateur au détriment de la constitution d'une base industrielle capable de nous propulser dans la révolution numérique. Si on empêche les firmes Européennes de constituer, manipuler et monétiser de grandes bases de données à l'échelle industrielle, on ne pourra jamais avoir des acteurs puissants de l'IA puisque ce sont les données qui permettent aux machines d'apprendre. Et l'IA et la robotique sont quand même profondément liées. Il ne faut pas se leurrer.

N. M. : Comment l'Europe peut-elle rattraper son retard ?

L. A. : Je suis convaincu qu'un renouvellement générationnel est indispensable. Tout du moins, il faut arrêter d'avoir des responsables politiques qui ne comprennent rien à la technologie et à l'économie des données. Jean-Claude Juncker, le président de la Commission européenne, s'est vanté plus tôt cette année de ne pas avoir de smartphone. Franchement, comment voulez-vous qu'on avance avec ça ? Tant que l'Europe n'aura pas à sa tête un geek, on ne risque pas d'avoir un modèle de gouvernance adéquat. Il faut sortir de la posture de déni dans laquelle nous nous sommes enfermés, faire un bon diagnostic et se mettre au travail. Sinon on va couler !

N. M. : A-t-on un modèle législatif trop contraignant ?

L. A. : Les Français et les Européens ont raisonné comme si l'IA allait être produite par des sociétés de services et d'ingénierie en informatique (SSII) que c'était une question de code. Nous n'avons jamais compris qu'il fallait en fait des grandes plateformes tournées vers le consommateur et qui récoltent des masses de données. Or, nous n'en avons pas. Nous avons certes de bonnes SSII comme Atos, mais elles restent très éloignées du consommateur final et ne récoltent donc pas la masse de données nécessaire. Si l'Europe veut faire de l'IA, il faut qu'elle donne les moyens à ses acteurs industriels de récolter et de manipuler des milliards de données. Elle ne s'est occupé que de la protection du consommateur et du droit de la concurrence et n'a jamais vraiment cherché à créer un grand marché unique de la data.

N. M. : Donc votre recette se résume en deux axes : d'une part libéraliser le marché des données, et de l'autre changer en profondeur nos modèles d'éducation et de formation ?

L. A. : Exactement, à l'échelle de l'Europe. Elle est en déclin relatif alors que c'était le centre du monde en matière de telecom il y a quinze ans ! Elle peine à comprendre qu'elle est en train de sortir de l'histoire et que le pouvoir lui échappe. En France, quand on débat de Google et de son omnipotence, on se demande surtout où la société paie ses impôts. Le vrai défi, c'est d'avoir des GAFAMI européens. Les réponses protectionnistes ne sont pas les bonnes.

LA GOUVERNANCE ALGORITHMIQUE EN EXPANSION : quand la loi devient code

Samer Hassan

Professeur auxiliaire de l'Universidad Complutense de Madrid
Chercheur associé au Berkman Klein Center de l'Université de Harvard

Primavera De Filippi

Chercheuse CERSA/CNRS
Chercheuse associée au Berkman-Klein Center de l'Université de Harvard



Samer Hassan est activiste et chercheur, chercheur associé au Berkman Klein Center for Internet & Society (Université de Harvard) et Professeur associé à l'Universidad Complutense de Madrid. Axé sur la collaboration décentralisée, il a reçu une subvention de 1,5 M€ de la part du Conseil européen de la recherche pour construire des organisations basées sur la technologie blockchain destinées à l'économie collaborative. Dans le projet P2Pvalue, Samer a coordonné la création d'outils web décentralisés pour les communautés collaboratives et les mouvements sociaux, tels que SwellRT et Jetpad. Engagé dans des projets gratuits / open source, il a co-fondé Comunes Nonprofit et le projet d'outil web Move Commons. Pour suivre Samer sur Twitter : @samerP2P

Primavera De Filippi est chercheuse au CERSA (unité mixte du CNRS et de l'Université Paris II), chercheuse associée au Berkman Center for Internet & Society (Université de Harvard) et Visiting Fellow du Centre Robert Schuman d'études avancées de l'Institut Universitaire Européen. Elle est membre du Global Future Council on Blockchain Technologies au Forum économique Mondial (WEF) et fondatrice de la Coalition Dynamique sur les technologies blockchain (COALA) au sein du Forum International sur la Gouvernance d'Internet (IGF). Son livre, « Blockchain and the Law » (coécrit avec Aaron Wright) sera publié en 2018 par la Harvard University Press.

MOTS CLÉS

- LE CODE FAIT LOI
- RGU
- BLOCKCHAIN
- PARTI PRIS
- SYSTÈME JURIDIQUE
- BITCOIN
- CONTRATS INTELLIGENTS
- CRYPTO-MONNAIE
- PROTOCOLES AUTONOMES

« Le code fait loi » est une forme de réglementation dans laquelle la technologie est utilisée pour appliquer les règles existantes. Avec l'avènement de la technologie blockchain et de l'apprentissage automatique, nous assistons à une nouvelle tendance par laquelle la technologie prend peu à peu la main sur ces règles.

INTRODUCTION

Nous consacrons une part grandissante de nos vies à interagir sur des plateformes dont le nombre d'utilisateurs dépasse de loin le nombre de citoyens de certaines nations. Pourtant, leur gouvernance est très éloignée des valeurs prônées par les pays démocratiques. Elle s'exerce à travers des logiciels et des algorithmes qui régissent nos interactions. Comme l'a établi Lessig, « Le code fait loi », dans une forme de réglementation où les acteurs privés pourraient imposer leurs valeurs en les intégrant à des artefacts technologiques, contraignant effectivement nos actions. Aujourd'hui, le code est aussi utilisé par le secteur public comme un mécanisme de réglementation. Cela s'accompagne de certains avantages, principalement liés à la possibilité d'automatiser la loi et de garantir a priori, c'est-à-dire en amont de toute action, la bonne application des règles et procédures. Cependant, les inconvénients de la réglementation-code ne sont pas moins significatifs et risquent même, à terme, de porter atteinte à certains principes fondamentaux du droit. La technologie blockchain s'accompagne de toutes nouvelles opportunités visant à transformer la loi en code. En transposant des dispositions légales et contractuelles sous la forme de « contrats intelligents » basés sur la technologie blockchain dotés d'une « garantie d'exécution », on s'assure de la bonne application automatique de ce type de règles, dont l'exécution se déroulera donc toujours comme prévu, indépendamment de la volonté des parties. Cette situation induit de nouveaux problèmes, dus au fait qu'aucune partie agissant seule ne peut intervenir sur l'exécution de ce code. Avec l'adoption de plus en plus répandue de l'apprentissage automatique, il est possible de contourner certaines limites de la réglementation par le code. L'apprentissage automatique permet d'introduire des règles à base de code caractérisées par leur dynamisme et leur adaptabilité, reproduisant certaines propriétés des règles de droit traditionnelles, marquées par la souplesse et l'ambiguïté propres au langage naturel. Toutefois, l'utilisation de l'apprentissage automatique dans le contexte de la réglementation n'est pas sans inconvénient. On a déjà pu

démontrer le parti pris implicite des processus de prise de décision basés sur l'exploitation des données, qui font preuve de discrimination vis-à-vis des minorités, et des lois formulées par l'exploitation des données, qui proposent des résultats que l'on peut considérer comme racistes ou sexistes.

LA TRANSITION D'UN SYSTÈME OÙ LE CODE FAIT LOI À UN SYSTÈME OÙ LA LOI S'ÉCRIT EN CODE

Nous consacrons une partie de plus en plus importante de nos vies à interagir au sein de plateformes dont le nombre d'utilisateurs dépasse de loin le nombre de citoyens appartenant à tel ou tel État-nation : citons pour exemple Facebook, dont le nombre d'utilisateurs dépasse les 2 milliards, Youtube et son milliard d'utilisateurs ou encore Instagram, utilisé par 700 millions de personnes. Malgré leur poids démographique, la gouvernance de ces plateformes est très éloignée des valeurs qui inspirent celle de pays démocratiques. Elle s'exerce à travers des logiciels et des algorithmes régissant nos interactions et communications en ligne, fondés sur d'obscures règles écrites en code source dont les auteurs sont une poignée d'acteurs privés.

L'environnement numérique ouvre une brèche propice à une nouvelle forme de réglementation, aux mains d'acteurs privés, qui pourraient être tentés d'imposer leurs propres valeurs en les incorporant à des artefacts technologiques. Comme l'a établi Lessig (1999), "Le code fait loi". L'architecture d'Internet est construite de code. Ce code peut donc imposer des contraintes technologiques aux actions de ses usagers.

Le nombre d'interactions humaines réglées par des logiciels ne cessant de croître, nous avons de plus en plus recours à la technologie comme garant direct de la bonne application des règles. De fait, alors que les règles juridiques traditionnelles se contentent d'énoncer ce qui est licite et ce qui ne l'est pas, les règles techniques définissent a priori ce qui est faisable et ce qui ne l'est pas. Ainsi, la nécessité de faire intervenir a posteriori une autorité tierce garantissant le respect de la loi aux moyens de sanctions imposées aux contrevenants, disparaît-elle. En fin de compte, bien plus souvent que le droit applicable – et sans doute aussi de manière bien plus efficace –, ce sont les logiciels qui finissent par dicter quelles sont les actions possibles et impossibles.

Les systèmes de gestion des droits numériques (DRM) en sont une illustration exemplaire, car, en fournissant sous forme de dispositifs technologiques de protection (Rosenblatt *et alii* 2002) un équivalent aux dispositions législatives sur le droit d'auteur, ils limitent l'usage possible d'œuvres protégées par le droit d'auteur (en définissant par exemple le nombre maximum de copies autorisées d'une chanson numérisée). L'avantage de ce type de *réglementation-code* est que le respect des règles s'impose *a priori*, étant donné qu'il est d'emblée très difficile de les transgresser, et qu'elle dispense du recours à des entités tierces dont l'autorité s'exerce *a posteriori* (tribunaux ou police, par exemple). De plus, à l'inverse des règles de droit traditionnelles marquées par une souplesse et une ambiguïté inhérentes, les règles techniques sont d'un formalisme poussé dont la tolérance pour l'ambiguïté est très faible, voire inexistante, ce qui met fin à la nécessité de l'arbitrage.

De nos jours, la réglementation-code est un mécanisme régulateur de plus en plus reconnu par le secteur privé, mais aussi par le secteur public. Ainsi, gouvernements et administrations publiques utilisent-ils de plus en plus des algorithmes de logiciels et autres outils technologiques pour établir des règles fondées sur du code, lesquelles feront l'objet d'une

exécution (ou d'une vérification) automatique par la technologie sous-jacente. C'est ce qui se passe, par exemple, avec la *No Fly List* aux États-Unis, dont les évaluations prédictives de menaces potentielles pour la sécurité nationale se nourrissent d'exploration de données (Citron 2007). Autre exemple, celui de l'usage d'algorithmes informatiques en appui aux décisions prises notamment par les juges de l'application des peines (O'Neil 2016).

Faire appel à la technologie et à des règles fondées sur du code comme instruments de régulation sociale présente toutes sortes d'avantages, principalement liés à la possibilité d'automatiser la loi et de garantir *a priori*, c'est-à-dire en amont de toute action, la bonne application des règles et procédures. Cependant, les inconvénients de la réglementation-code ne sont pas moins significatifs et risquent même, à terme, de porter atteinte à certains principes fondamentaux du droit.

D'une part, les règles fondées sur du code s'expriment avec toute la rigidité et le formalisme propres aux langages de programmation, dépourvus de la souplesse et de l'ambiguïté qui caractérisent le langage naturel, alors que les règles de droit traditionnelles doivent être interprétées par un juge qui les applique au cas par cas. D'autre part, l'architecture de plateformes en ligne résulte au premier chef de choix spécifiques faits par les opérateurs de plateformes et par les ingénieurs logiciels, en fonction du type d'action qu'il s'agit d'encourager ou d'empêcher. Un code, comme tout autre artefact technologique, n'est pas neutre, mais politique par nature. Son empreinte sociétale est significative, à la mesure de sa capacité à renforcer certaines structures politiques ou à privilégier certaines actions ou comportements par rapport à d'autres (Winner 1980).

LA "LOI COMME CODE" FACE À DE NOUVEAUX DÉFIS : BLOCKCHAINS ET APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

La *blockchain* – qui sous-tend Bitcoin – est une technologie émergente qui va de pair avec un grand nombre de possibilités nouvelles de transformer la loi en

"DE FAIT, ALORS QUE LES RÈGLES JURIDIQUES TRADITIONNELLES SE CONTENTENT D'ÉNONCER CE QUI EST LICITE ET CE QUI NE L'EST PAS, LES RÈGLES TECHNIQUES DÉFINISSENT A PRIORI CE QUI EST FAISABLE ET CE QUI NE L'EST PAS. AINSI, LA NÉCESSITÉ DE FAIRE INTERVENIR A POSTERIORI UNE AUTORITÉ TIERCE GARANTISSANT LE RESPECT DE LA LOI AUX MOYENS DE SANCTIONS IMPOSÉES AUX CONTREVENANTS, DISPARAÎT-ELLE?"

code (De Filippi et Hassan 2016). Grâce à l'invention de contrats intelligents (un *smart contract* est un logiciel déployé sur un réseau constitué par une *blockchain*, comme Bitcoin, et dont l'exécution est distribuée au sein d'un réseau distribué de pairs) la technologie de la *blockchain* a le potentiel de révolutionner la manière dont les usagers se coordonnent et prennent part à de nombreuses transactions économiques et interactions sociales (Tapscott et Tapscott 2016). De fait, donner à des dispositions légales et contractuelles la forme de contrats intelligents peut faire naître un nouvel ensemble de règles à base de code dotées d'une "garantie d'exécution". Le réseau sous-jacent de *blockchain* garantit la bonne application automatique de ce type de règles, dont l'exécution se déroulera donc toujours comme prévu, indépendamment de la volonté des parties.

Un contrat intelligent peut être conçu de façon à permettre une interaction entre parties multiples, qu'il s'agisse d'humains ou de machines. Les interactions passent par une application de la *blockchain*, sous le contrôle exclusif d'un ensemble de règles immuables et incorruptibles inscrites dans son code source. Grâce à leurs propriétés, les contrats intelligents augmentent le potentiel d'application de la *réglementation par code*. Ils permettent en effet de conférer à des clauses contractuelles et à des transactions économiques le formalisme d'un ensemble prédéterminé de règles à base de code dont l'exécution et la bonne application sont automatiques. De plus, dans la mesure où les réseaux à base de *blockchain* et les contrats intelligents qui leur sont associés ne dépendent pas d'un serveur central, aucune partie n'est capable à elle seule d'en provoquer arbitrairement la clôture – à moins que cela ne soit spécifiquement prévu dans le code. Cette contrainte ne fait qu'exacerber le problème lié à la rigidité et au formalisme de la réglementation par code, étant donné la difficulté accrue pour toute partie agissant seule d'améliorer le code ou même simplement d'avoir un effet sur son exécution.

L'apprentissage automatique (*machine learning* ou ML) permet à un logiciel d'utiliser des sources externes pour acquérir des connaissances et d'apprendre ou d'agir au-delà de ce pour quoi il est explicitement programmé. L'apprentissage automatique a été largement adopté par un certain nombre de plateformes en ligne, en raison de la disponibilité

d'une quantité croissante de données ("*big data*" ou mégadonnées), ainsi que de progrès récents dans le domaine des réseaux de neurones artificiels et des techniques d'exploration de données (*data mining*). Grâce au ML, certaines des limites qui vont habituellement de pair avec la *réglementation par code* peuvent être évitées. Alors que les plateformes sont encore dans une large mesure régies par un ensemble de règles à base de code rigides et formalistes, le ML permet d'implanter des règles à base de code caractérisées par leur dynamisme et leur adaptativité. Ainsi, certaines propriétés des règles de droit traditionnelles, marquées par la souplesse et l'ambiguïté propres au langage naturel, se trouvent-elles reproduites. En effet, dans la mesure où ces systèmes peuvent apprendre au moyen de données fournies ou extraites, ils sont capables d'évoluer par l'amélioration constante de leurs règles visant à mieux définir les circonstances particulières dans lesquelles celles-ci doivent s'appliquer.

Pour ce qui est de la régulation, l'utilisation de l'apprentissage automatique n'est cependant pas sans inconvénient. On a déjà pu démontrer le biais implicite de processus de prise de décision basé sur l'exploitation des données et l'injustice qui en découle (Hardt 2014). Des algorithmes qui se prétendent "neutres" sont de par leurs généralisations systématiquement discriminatoires envers des minorités et proposent des résultats que l'on peut considérer, par exemple, comme racistes ou sexistes (Guarino 2016).

Par ailleurs, le dynamisme de ce type de règles pourrait saper les principes d'universalité (« tous sont égaux devant la loi ») et de non-discrimination si elles venaient à exprimer des règles de droit. L'incorporation de lois à un système de règles informatiques qui évoluent dynamiquement au fur et à mesure que de nouvelles données lui parviennent peut non seulement générer une difficulté de compréhension de la part de la population, mais au-delà mener à une mise en question de la légitimité de règles ayant un impact quotidien sur la vie des individus. Enfin, la personnalisation potentielle d'un nombre croissant de ces règles et leur adaptation au profil particulier de chaque usager pourraient entraîner la perte définitive des principes fondamentaux d'universalité et de non-discrimination qui prévalent actuellement dans nos lois.

RÉFÉRENCES

Citron, D. K. (2007). Technological due process. *Wash. UL Rev.*, 85, 1249.

De Filippi, P., & Hassan, S. (2016). Blockchain technology as a regulatory technology: From code is law to law is code. *First Monday*, 21(12).

O'Neil, C. (2016). Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy. Crown Publishing Group (NY).

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. Penguin

V. Buterin, "Ethereum: A next-generation cryptocurrency and decentralized application platform," 2014.

Langdon Winner, 1980. "Do artifacts have politics?" *Daedalus*, volume 109, number 1, pp. 121–136.

Lawrence Lessig, 1999. Code and other laws of cyberspace. New York: Basic Books.

Bill Rosenblatt, William Trippe and Stephen Mooney, 2002. Digital rights management: Business and technology. New York : M&T Books.

Moritz Hardt, How big data is unfair: Understanding unintended sources of unfairness in data driven decision making. Medium, 2014. <https://medium.com/@mrtz/how-big-data-is-unfair-9aa544d739de>

Ben Guarino. Google faulted for racial bias in image search results for black teenagers. (2016). Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2016/06/10/google-faulted-for-racial-bias-in-image-search-results-for-black-teenagers/>

“L'INTÉGRATION DE LOIS À UN SYSTÈME BASÉ SUR LE CODE QUI ÉVOLUE DE FAÇON DYNAMIQUE À MESURE QUE DE NOUVELLES DONNÉES LUI PARVIENNENT PEUT NON SEULEMENT GÉNÉRER UNE DIFFICULTÉ DE COMPRÉHENSION DE LA PART DE LA POPULATION, MAIS AUSSI SOULEVER LA QUESTION DE LA LÉGITIMITÉ DE RÈGLES AYANT UN IMPACT SUR LA VIE QUOTIDIENNE.”

VÉHICULES AUTONOMES : PROMESSES ET OBSTACLES

Interview d'Andy Palanisamy
Solutions Deployment Lead, Ford Mobility

Par Nicolas Mialhe



Andy Palanisamy est un professionnel de la technologie, des politiques publiques et de la stratégie, fort de plus de seize ans d'expérience dans divers secteurs. Après plus de dix ans à la tête des initiatives de recherches du Département américain des transports, Andy occupe un poste de direction chez Ford Smart Mobility. Il apporte à cette fonction sa compréhension approfondie des questions techniques et de politique publique associées aux initiatives technologiques de pointe en matière de transports et de mobilité, comme les véhicules autonomes/connectés (autrement dit, tout ce que recouvre la notion de « systèmes de transports intelligents »). Andy est également très impliqué dans le développement et le mentorat de la prochaine génération de leaders du transport, dans le cadre de ses fonctions chez Young Professionals in Transportation et de Directeur de la mobilité de The Future Society de la Harvard Kennedy School. Andy est titulaire d'un Bachelor of Engineering (Civil) obtenu en Inde avant son arrivée aux États-Unis en 1997, en vue de suivre un cursus de Master à la West Virginia University. Il a récemment reçu le Master en Administration publique de la Harvard Kennedy School.

MOTS CLÉS

- VOITURES SANS CHAUFFEUR
- SYSTÈMES DE TRANSPORTS PUBLICS
- VÉHICULES AUTONOMES

Dans son interview, Andy Palanisamy nous présente la dynamique et les écueils associés à l'essor des véhicules autonomes. Il aborde aussi la question des limites de cette technologie face aux impératifs mondiaux du XIX^e siècle en matière de mobilité.

Nicolas Mialhe : À quel horizon voyez-vous l'essor des véhicules autonomes (VA) et leur déploiement à grande échelle ? Quelles sont les principales difficultés (la robotique destinée aux véhicules paraissant nettement plus mature que celle des humanoïdes) ? On cite souvent l'année 2022 comme un seuil critique : qu'en pensez-vous ?

Andy Palanisamy : Pour commencer, je vous invite à la plus grande prudence quant à ces prévisions, parce qu'il y a des aspects complexes en jeu. L'un est l'évolution de la technologie, l'autre est la politique. La technologie semble mûrir bien plus rapidement que la politique. Le développement des technologies des véhicules autonomes (VA) affiche un grand dynamisme, aussi bien dans la Silicon Valley que chez les constructeurs historiques dans le monde entier, comme ici à Détroit, ou encore à Munich. Mais il y a sans doute un excès d'enthousiasme quant à leurs capacités et au développement de leur autonomie, de niveau 1 à 5 (ce dernier niveau correspondant à l'autonomie complète). En revanche, sur le plan industriel, 2020 correspond presque à demain : en effet, les fabricants planifient déjà la production des modèles qui seront commercialisés en 2018. Je pense qu'il y a donc un décalage entre ce qu'annoncent les médias et la réalité !

La généralisation des véhicules autonomes prendra plus de temps. Et l'on ne verra certainement pas sur le marché grand public des véhicules de niveau 4 et 5 dès le début, plutôt en 2025 ou en 2030. Il y a très peu d'acteurs opérant sur le secteur des véhicules de niveau 4 et 5, qui implique la maîtrise d'un écosystème informatique complet, en plus du véhicule lui-même (ex. : Waymo). Les médias ont tendance à flouter la limite entre le stade de la recherche et celui de la certification pour un déploiement sur la route à grande échelle, mais elle existe bien. Et n'oublions pas que la volonté du secteur de l'assurance à s'adapter à ce nouveau paradigme sera également un aspect essentiel du rythme de pénétration sur le marché. En effet, comment sera effectué le transfert de responsabilité (configuration, prix) qui n'incombera plus aux conducteurs ? De nombreuses questions restent à résoudre sur le sujet de la responsabilité et il y a une grande différence entre obtenir un feu vert pour un déploiement pilote ou de quelques milliers de véhicules et la standardisation du marché, qui concernerait des centaines de millions de véhicules ! C'est pourquoi nous devons rester prudents.

Je pense que nous assisterons plutôt une introduction progressive de ces véhicules avec différents niveaux d'autonomie, en commençant par les segments de marché qui offrent les conditions les plus favorables. Le premier pourrait être celui du fret et du transit urbains, où le volume et la gestion des flottes par des entreprises faciliteront ces investissements risqués et cette transition complexe, ce qui sera plus difficile pour les véhicules individuels.

N. M. : Il se dit de plus en plus que le meilleur argument (notamment du point de vue économique) pour une diffusion massive des VA est la voiture individuelle en ville (où covoiturage et auto-conduite se rejoignent pour permettre la « mobilité en tant que service ») en dépit des difficultés que cela pose en termes d'intelligence artificielle (densité et diversité du trafic). Êtes-vous d'accord ? Si oui, pourquoi ?

A. P. : Hé bien, je suis en partie d'accord, en partie pas d'accord. Je suis d'accord avec votre hypothèse selon laquelle les villes, avec leur densité, leur manque d'espace (notamment en matière de stationnement) et de plasticité (y compris dans les habitudes de consommation de leurs citoyens) offrent un environnement idéal en termes d'« économies d'échelle ». Cet environnement pourrait offrir le bon équilibre entre les véhicules autonomes et le covoiturage pour que se produise une chute brutale du coût du kilomètre parcouru. Cependant, l'une des hypothèses de départ de la « mobilité en tant que service », ou MaaS, est l'automatisation alimentée par l'IA et la robotique. Cela comprend les trajets, mais aussi la planification, l'acheminement et le paiement. Et c'est un vrai challenge. Unifier les systèmes de paiement et de partage des données, par exemple, ne sera pas chose facile, en raison de la concurrence. Y parvenir nécessitera probablement une harmonisation au niveau national ou régional. Même chose pour la création des mesures incitatives et de réglementations favorables, par lesquelles le bon écosystème émergera, en permettant à plusieurs fournisseurs de fonctionner en parallèle, pour éviter la nocivité des monopoles.

N. M. : Quels sont les principaux défis ? Nous entendons souvent parler de la difficulté à réunir l'ensemble des acteurs et des parties prenantes autour de standards communs, notamment pour le partage des données. Quels sont les principaux obstacles à la mise en place de données communes ? L'opacité provenant du fait que la plupart des sociétés de covoiturage ne sont pas listées ?

A. P. : La capacité des parties prenantes à créer des données communes – un protocole standardisé visant à partager les données publiques et privées – jouera effectivement un rôle clé dans cette équation. Et ce ne sera pas facile. Du moins dans le contexte des États-Unis ! Unifier les systèmes de paiement est déjà un défi, alors je vous laisse imaginer la difficulté à orchestrer une collaboration significative entre tous les grands acteurs. Et ne sous-estimons pas les disparités en termes de compétences entre les grandes métropoles et les petites villes face au traitement de ces questions. Les partenariats public-privé peuvent contribuer à financer et accélérer la construction de capacité nécessaire à la modernisation et à la numérisation des agences de transit, en tirant parti des marchés financiers et de l'argent du contribuable. Selon moi, le plus important sera de placer l'expérience client au cœur du système, car dès que le client perçoit des frictions, il revient vers ce qui lui facilite la vie, c'est-à-dire conduire sa propre voiture, ce qu'il fait depuis si longtemps !

N. M. : Dans quelle mesure l'essor des véhicules autonomes et de la « mobilité en tant que service » soutient la transition écologique et contribue à réduire les émissions de carbone ?

A. P. : Il y a deux écoles de pensées sur la question environnementale. L'une dit que quand les véhicules autonomes arriveront à maturité, nous serons en mesure de faire fonctionner les systèmes de transport de manière bien plus efficace, de limiter les embouteillages et de réduire les émissions de

carbone. L'autre école dit qu'avec la baisse du coût des transports, les gens voyageront plus. C'est pourquoi il est important que la transition vers les VA et la MaaS coïncide avec la transition vers des plateformes moins polluantes, comme les véhicules électriques, afin d'accompagner l'essor des sources d'énergie renouvelable. Mais cela implique des investissements de la part des municipalités, qui devront adapter leurs infrastructures, notamment pour les paiements, faute de quoi la transition sera lente.

N. M. : Qu'en est-il des autres activités (hors transport individuel) nécessitant une main-d'œuvre abondante, où les municipalités pourraient réaliser des économies, comme la collecte des déchets, la livraison par des drones, mais aussi, dans une certaine mesure, les ambulances, voire les pompiers ?

A. P. : Dans le secteur médical, certaines communautés expérimentent actuellement le recours à des drones pour la livraison entre hôpitaux, par exemple des échantillons de fluides. En Islande, des drones autonomes sont déjà utilisés pour la livraison de fret car il est parfois plus direct de passer au-dessus de l'eau que par la route. Les systèmes de transport adaptés pour les situations non urgentes sont d'autres applications intéressantes des véhicules autonomes, pour réduire les coûts et faciliter l'accès aux services des personnes handicapées.

N. M. : Les États-Unis sont très en avance par rapport au reste du monde en matière d'IA, pourtant, de nombreuses municipalités y souffrent d'un manque ou d'une obsolescence chronique des systèmes de transports en commun : pensez-vous que, malgré ce paradoxe, les villes américaines sont bien placées pour mener la révolution des véhicules autonomes ?

A. P. : Les systèmes et agences de transport public aux États-Unis souffrent en effet d'un sous-financement chronique. C'est notamment le cas de New York. Et la plupart des innovations dans les transports aux États-Unis sont toujours menées par des entreprises privées répondant aux besoins des véhicules à occupant unique. Si vous voulez mon avis, on ne peut pas dire que l'on a innové sur le front des transports publics. Parce que nous n'investissons pas ! Il faut rééquilibrer cette situation et ce sera difficile. Prélever des impôts aux États-Unis n'est pas chose facile.

N. M. : Pour relever ce défi, comment faudrait-il répartir les rôles et les compétences entre les villes, les régions métropolitaines, les états et même le gouvernement fédéral (notamment pour le financement de la R&D, la standardisation des produits / solutions mais aussi les subventions des grands projets) ?

A. P. : C'est une question importante et il est vrai que notre système fédéral induit une certaine fragmentation qui ne facilite pas toujours la standardisation et le passage à la vitesse supérieure de solutions viables. Il est essentiel en effet de mieux articuler la contribution et les responsabilités des différentes parties prenantes, du niveau local au niveau national. Soulignons qu'il existe aux États-Unis une tradition de réussite de projets pour lesquels le gouvernement fédéral a su mobiliser du capital à la fois patient et très risqué sur le long terme, dans la R&D disruptive. La sécurité nationale y a souvent contribué. La success story de la DARPA (Defense Advanced Research Agency) en particulier est devenue un modèle de coopération productive, équilibrée entre le gouvernement fédéral, le secteur universitaire et le secteur privé. D'autres pays essaient de s'en inspirer aujourd'hui, dans le but de dynamiser

l'innovation disruptive. J'ai entendu dire que le Président Macron proposait de créer l'équivalent pour l'Union européenne ! Avec la DARPA, l'argent public a été utilisé pour contribuer à certaines percées technoscientifiques et domaines industriels, dont les véhicules autonomes. Les « Urban Grand Challenges » qui se sont tenus en 2004, 2005 et 2007 (les équipes devaient construire un véhicule autonome capable de conduire avec de la circulation, d'effectuer des manœuvres complexes comme s'insérer dans la circulation, dépasser, stationner et négocier les intersections) sont largement reconnus comme des temps forts de l'essor des véhicules autonomes. Ils ont alimenté la concurrence entre les meilleurs au monde, rapproché certaines des meilleures universités du pays et des constructeurs automobiles. Ces efforts réunis ont considérablement accéléré les cycles du développement des technologies des véhicules autonomes. En 2015 et 2016, le Département américain des transports a, d'une certaine manière, emprunté le concept du « Grand Challenge » à la DARPA pour proposer le « Smart City Challenge ». L'objectif : galvaniser le secteur mais aussi motiver les villes à aller plus loin, à former des consortiums avec des entreprises privées et des établissements universitaires en vue de développer et tester des systèmes de transports urbains disruptifs, parmi lesquels les véhicules autonomes et connectés, établissant le lien entre véhicules et infrastructure. Le Challenge a clairement ouvert la voie à de nouvelles formes de collaborations privées public-privé. Cela a été un grand succès, assez emblématique d'une bonne répartition entre les responsabilités au niveau national et local, entre le privé et le public, dans le but de transformer les systèmes des transports en utilisant les toutes dernières technologies. Sur les 78 villes inscrites, sept ont été retenues comme finalistes et ont travaillé d'arrache-pied avec le Département américain des transports pour affiner leur projet. La ville de Columbus, dans l'Ohio, a remporté le concours : elle recevra jusqu'à 40 millions de dollars de la part du Département des transports et jusqu'à 10 millions de dollars de la part de Vulcan Inc., de Paul G. Allen, pour compléter les 90 millions de dollars déjà levés par la ville auprès d'autres partenaires privés.

N. M. : J'ai été assez choqué d'apprendre la disparition de Bridj (une startup de Boston spécialisée dans les solutions de micro-transit, reposant sur un modèle innovant de partenariat public-privé) qui a simplement mis la clé sous la porte, sans être racheté ni recapitalisé. Étant donné le buzz qui avait entouré la création de ce modèle innovant, quel message faut-il retenir ? Quelles sont les leçons à retirer de la promesse initiale de Bridj et de son échec ? Pour réussir à grande échelle, le micro-transit a-t-il besoin des véhicules autonomes ?

A. P. : Bridj a tenté de rester à flot et a cherché des possibilités de rachat de la part, je crois, de Toyota. Cet

échec a fait du bruit dans le secteur car il s'agissait d'un modèle de partenariat public-privé très prometteur. Cette mésaventure a probablement découragé d'autres idées pleines de promesses. Cela nous renvoie aussi à notre manière de travailler aux États-Unis. Si l'on demande aux gens de se passer de leur voiture et d'utiliser les transports, alors il faut leur fournir un niveau équivalent de service et de confort. À ce que j'ai compris, malheureusement, Bridj n'a pas réussi à convaincre les utilisateurs sur ce point et manquait également de volume. Il était alors difficile d'être rentable. Le timing, concomitant avec la chute du prix de l'essence aux États-Unis, n'a sans doute rien arrangé.

N. M. : Si l'on s'intéresse aux besoins en matière de mobilité mondiale dans les 10-20 prochaines années, particulièrement dans les pays émergents comme l'Inde ou sur le continent africain, pensez-vous que les véhicules sans chauffeur sont la solution ? Ou plutôt : dans quelle mesure font-ils partie de la solution ?

A. P. : La réalité est simple et nous ne pouvons l'ignorer : le potentiel d'efficacité du transport routier a ses limites, par rapport au train, qui peut déplacer des milliers de personnes en même temps, ou des bus, qui peuvent en déplacer des centaines. Au bout du compte, le fait de miser massivement sur les véhicules autonomes contribuera à mettre plus de voitures sur les routes et à construire plus de routes, ce qui n'est sans doute pas la meilleure solution. Il est donc très important de ne pas nous tromper sur la valeur ajoutée des voitures autonomes par rapport à d'autres solutions, comme les transports en commun ou le train. Quand le volume est important, un aspect à prendre en compte au vu de l'évolution démographique, alors les transports en commun offrent un potentiel bien plus élevé en termes de coûts consolidés, mais aussi d'émissions de carbone ! Si notre XIX^e siècle doit être celui de l'explosion urbaine, alors les véhicules autonomes ne sont pas la « killer app » qui répondra aux besoins de mobilité massive dans les pays émergents, comme en Asie du Sud ou en Afrique. Pour fonctionner efficacement, les VA ont besoin d'infrastructures routières de premier ordre, ce qui n'est pas toujours le cas aujourd'hui dans les pays émergents. Sans oublier que le facteur culturel a aussi son importance. Aux États-Unis, nous avons du mal à nous affranchir du modèle de la voiture individuelle du XX^e siècle pour aller vers l'utilisation partagée. Dans beaucoup de pays émergents, la transition se fera dans l'autre sens (la voiture comme symbole de réussite sociale) et ce n'est pas forcément une bonne chose, car le bus, le métro et le tramway offrent un meilleur potentiel d'efficacité.

N. M. : Nous pourrions même dire que la représentation erronée du véritable potentiel des véhicules autonomes pourrait déboucher sur une cannibalisation ou un report d'autres projets de transports en commun, comme de nouvelles lignes de métro, qui nécessitent de gros investissements et presque systématiquement des efforts budgétaires et des subventions du gouvernement... En d'autres termes, en gonflant de façon excessive le potentiel des voitures sans chauffeur, ne courons-nous pas le risque de démotiver l'investissement public et les efforts budgétaires ?

A. P. : Je suis entièrement d'accord. Le fait d'exagérer le potentiel des véhicules autonomes peut avoir un coût social et être contre-productif, surtout à long terme. Il est très important que les gouvernements du monde entier investissent davantage sur les transports publics, quel que soit le potentiel des véhicules autonomes. En résumé, un écosystème de mobilité basé sur les VA sera surtout efficace s'il est associé à une offre de transports publics solide, au moins dans les villes. Ces véhicules seront un complément utile, par exemple pour couvrir le ou les dernier(s) kilomètre(s) mais ne peuvent pas être la colonne vertébrale des systèmes de mobilité. Singapour est un excellent exemple. Là-bas, les VA sont vraiment considérés comme un complément. Singapour est indissociable de son système de transport public. Idem pour Hong Kong et Paris. Et cela devrait être la même chose pour New Delhi, Dhaka, Lagos et les métropoles en plein développement.

N. M. : C'est un point très important, étant donné le « soft power » et l'influence des États-Unis dans le monde, notamment dans la diffusion de la révolution de l'IA et de la robotique et leurs modèles organisationnels, business models et imaginaires collectifs associés. Le « modèle motorisé de la classe moyenne » (associé à l'étalement urbain et suburbain) exporté des États-Unis dans de nombreux pays d'Europe et aujourd'hui de Chine, d'Inde et d'Afrique, n'est tout simplement pas durable, même avec des voitures électriques. Nous le savons ! Ne sommes-nous pas en train de promouvoir cet ancien modèle, relooké par l'IA et la robotique ?

A. P. : Hé bien... C'est parfois l'impression que j'ai quand je regarde une entreprise comme Tesla et l'imaginaire sociotechnique qu'ils avancent de façon aussi brillante... Ils sont devenus représentatifs de la transition du moteur à combustion vers le moteur électrique ; pourtant, leur raisonnement est profondément enraciné dans le modèle de la voiture individuelle, qui n'est pas durable pour les raisons que nous avons évoquées auparavant. Il est très important de sensibiliser le grand public aux difficultés et aux possibilités qu'offrent ces technologies. Nous avons également besoin de davantage de politiques publiques pour que les transports en commun deviennent un mode de vie et permettent de s'affranchir du symbole de réussite sociale que représente la voiture. Ce changement s'est déjà produit dans un certain nombre de villes, notamment à Paris. La mise en pratique de ce changement n'est pas facile, et prend du temps. La solution peut venir de l'association de différents facteurs sur le long terme : sensibilisation du grand public, fiscalité et incitations commerciales.

LES VILLES FACE À L'UBÉRISATION

Interview de Roland Ries,
Maire de Strasbourg

Par Nicolas Mialhe



Initiateur du retour du tramway à Strasbourg dès le début des années 1990, Roland Ries s'est spécialisé dans les questions de transports et de déplacements urbains.

Élu Maire de Strasbourg en 2008 et réélu en 2014, il y met en œuvre une politique de renforcement et de diversification des moyens de déplacements alternatifs à la voiture individuelle.

À plus long terme, il porte la vision d'une agglomération à l'urbanisme plus compact, mixte et mieux en lien avec la ville voisine de Kehl, à la faveur d'une ligne de tramway qui franchira le Rhin en 2017.

Roland Ries est également 1^{er} Vice-président de l'Eurométropole de Strasbourg, en charge des transports, des mobilités et déplacements ainsi que du Groupement des Autorités Responsables de Transports (GART).

Sénateur de 2004 à 2014, il est considéré comme l'un des meilleurs spécialistes des mobilités en Europe. Il est président de Cités-Unies France.

MOTS CLÉS

- UBERISATION
- ÉCONOMIE DU PARTAGE
- RÉVOLUTION NUMÉRIQUE
- MUTUALISATION

Les maires doivent composer avec
« l'ubérisation » des villes.

INTRODUCTION

Dans cet entretien, Roland Ries, Maire de Strasbourg partage sa vision des défis et des opportunités de la diffusion rapide de plateformes digitales qui fonctionnent à l'aide d'algorithmes d'appariement. Il propose aux dirigeants politiques d'accueillir ce changement de manière réfléchie en maximisant ses bénéfices et minimisant ses effets néfastes.

Nicolas Mialhe : A l'échelle des grandes collectivités, l'ubérisation vous apparaît-elle comme un poison absolu ?

Roland Ries : Il va de soi que j'ai parfaitement conscience des périls de l'ubérisation avec son cortège de conséquences sur le marché de l'emploi, et des risques de dérégulation qu'elle fait peser sur des secteurs entiers de l'économie marchande. Mais ces craintes, qui correspondent à une réalité, ne doivent pas nous conduire à diaboliser une évolution qui ne saurait être vue qu'en pourvoyeuse de destruction d'emplois. Ces mutations de consommation qui nous font peur correspondent aussi à un mouvement inéluctable de nos sociétés. Qu'on se le dise une bonne fois : les batailles pour leur faire barrage sont perdues d'avance ! Il faut savoir les accueillir avec suffisamment de stoïcisme pour mieux les contrôler, et surtout pour mieux en tirer parti, car elles répondent à des besoins. Avec une conviction : les logiques de spécialisation des services ne sont plus forcément des logiques d'avenir !

N.M. : C'est-à-dire ?

R. R. : Prenez l'exemple des mobilités : on raisonne toujours – ou en tout cas trop souvent – en termes d'offre classique – bus, tram, métro – comme si ces moyens de transport pouvaient aller partout, ce qui suppose le recours à des infrastructures complexes, coûteuses, dévoreuses d'espace et longues à mettre en œuvre, alors que nous pourrions réfléchir des réseaux beaucoup plus souples répondant à un éventail de demandes beaucoup plus diversifiées. Nous devons comprendre qu'il nous est possible, avec un peu d'imagination, d'accéder à un immense potentiel de services inutilisés. Une voiture ne sert que pendant 8 % de sa durée de vie parce qu'on en a un usage strictement individuel. Une utilisation plus partagée répondrait beaucoup mieux aux objectifs de développement durable de la planète. Bien évidemment, cela suppose de trouver un bon équilibre avec l'appareil productif pour ne pas provoquer des effondrements industriels qui ne sont pas souhaitables...

“QU'ON SE LE DISE UNE BONNE FOIS : LES BATAILLES POUR LEUR FAIRE BARRAGE SONT PERDUES D'AVANCE ! IL FAUT SAVOIR LES ACCUEILLIR AVEC SUFFISAMMENT DE STOÏCISME POUR MIEUX LES CONTRÔLER, ET SURTOUT POUR MIEUX EN TIRER PARTI, CAR ELLES RÉPONDENT À DES BESOINS. AVEC UNE CONVICTION : LES LOGIQUES DE SPÉCIALISATION DES SERVICES NE SONT PLUS FORCÉMENT DES LOGIQUES D'AVENIR !”

N.M. : Les vertus de l'économie collaborative justifient-elles l'absence de volonté politique pour encadrer l'activité des plateformes ?

R. R. : La difficulté, c'est la confusion entre la nouvelle économie de l'échange et de la mutualisation des biens et des services d'un côté – dont l'impact est très positif pour combattre les fléaux des villes que sont les embouteillages et la pollution de l'air – et l'économie des plateformes, qui offre des services professionnels en fonctionnant sur un principe libéral et concurrentiel aveugle. En vérité, il faut trouver un chemin entre deux extrêmes : la réglementation tatillonne qui empêche l'émergence de toute nouvelle souplesse, et la déréglementation sauvage, synonyme de jungle pour les travailleurs, où seuls les plus forts survivent. Mais je suis convaincu qu'on peut trouver des solutions pour éviter les distorsions de tarifs qui ouvrent la voie à une concurrence déloyale. Je continue de croire à la fonction régulatrice de la puissance publique...

N. M. : En France, le législateur reste pourtant très timide, comme s'il ne voulait pas vraiment s'en mêler...

R. R. : À Londres, la municipalité a supprimé l'agrément d'Uber, pourtant présent dans les 300 plus grandes villes du monde... C'est un pouvoir dont ne dispose pas une collectivité française. Ici, c'est le préfet qui, seul, peut décider une telle mesure. Et il ne peut agir arbitrairement : il est contraint de respecter la loi qui, pour le moment, se contente de pacifier les relations entre taxis et VTC. Quant à la Commission européenne, qui pourrait harmoniser les dispositifs à l'échelle de l'Union, elle reste délibérément timide. Il est permis, effectivement, de rêver à une démarche plus ambitieuse et plus volontariste. En attendant, les collectivités, peuvent jouer un rôle dans l'animation d'une véritable économie sociale et solidaire.

N. M. : Quelles mesures incitatives peut-on imaginer pour favoriser des boucles vertueuses entre les acteurs de cette économie de partage et les plateformes ?

R. R. : Dans différents ouvrages, dont *Dans la nuée* (Actes Sud, 2015), le philosophe allemand Byung-chul Han démontre de manière très convaincante que derrière les possibilités de l'interconnexion numérique sans médiation se cachent de nouvelles pratiques d'aliénation qui rendent possible « une exploitation sans domination ». Tout se passe alors comme si l'ubérisation augmentait un peu plus la précarité du monde et la solitude de chacun. Je ne suis pas d'avis que ce scénario soit inéluctable. Nous avons des moyens pour agir, notamment à l'échelle des villes et des territoires. C'est notre devoir d'élu local de réfléchir à ce nouveau paradigme et d'inventer, avec nos concitoyens, une économie véritablement solidaire, verte et collaborative qui crée du lien social, permet de stimuler l'intelligence collective et place le concept de justice et d'humanité au centre de ses préoccupations. Une étape indispensable est de reconnaître l'importance de cette problématique et les enjeux immenses qu'elle contient. Il ne s'agit pas de traiter seulement des symptômes. Là encore, il nous revient à nous, maires et élus de terrain, de mettre en place les conditions pour que cette prise de conscience citoyenne puisse avoir lieu. Ce qui est en jeu, ce n'est ni plus, ni moins que l'organisation démocratique de notre vie en société et que l'exercice de notre libre-arbitre.



Tram pont Kehl - ©Jérôme Dorkel / Strasbourg Eurométropole

Il faut partir d'un constat concret : les acteurs de l'économie sociale et solidaire souhaitent garder leurs distances avec des plateformes qui structurellement ne leur semblent pas vertueuses à l'image d'Uber ou Deliveroo. Soyons clairs : il y a là une sorte de conflit de philosophies qui met en opposition des modèles sociaux antagonistes. On ne le dépassera pas à coup de bonne volonté... En revanche des partenariats existent déjà avec des entreprises « classiques » et ils fonctionnent généralement bien. De notre côté, forts du label « territoire de commerce équitable », nous nous efforçons d'être exemplaires dans nos politiques de commande publique pour inciter les acteurs de l'« ESS » à répondre aux appels d'offres. Nous encourageons systématiquement les croisements collaboratifs, à travers notamment notre soutien aux « Fabs labs » et aux « Makers fair ». Et bien sûr, nous faisons de la pédagogie grand public pour que le citoyen soit en mesure de distinguer les différentes formes d'économies.

professionnalisation accélérée d'Airbnb qui a des effets sur l'augmentation des loyers et du foncier, notamment dans les hyper-centres dont certains finissent par se dépeupler... Le problème auquel nous sommes confrontés, c'est l'absence des données synthétiques qui nous permettraient de mettre en place des stratégies municipales ciblées prenant en compte à la fois l'offre d'hébergement attractive, que nous devons à nos visiteurs, et la préservation de l'harmonie dans nos cœurs de villes. La mise en place d'un « observatoire » m'apparaît comme un préalable indispensable pour être vraiment efficace.

N. M. : Dans l'immédiat, comment peut-on gérer les effets inquiétants de l'airbnbisation des villes françaises ?

R. R. : Il faut être vigilant sans être fermé... Lors des débats de la Cop 21, j'avais été impressionné par une statistique concernant le succès exponentiel des Airbnb. En l'espace de trois ans, entre 2012 et 2015, on a exploité deux ou trois fois plus de m² dans l'existant que l'industrie hôtelière n'en avait produits en 30 ou 40 ans ! Ce constat, à lui seul, met en évidence une dimension écologique souvent sous-estimée : l'ère de la mutualisation concurrence désormais le réflexe du toujours plus ! Le côté négatif, c'est la

**“L'ÈRE DE LA MUTUALISATION
CONCURRENCE DÉSORMAIS LE RÉFLEXE
DU TOUJOURS PLUS ! LE CÔTÉ NÉGATIF,
C'EST LA PROFESSIONNALISATION
ACCÉLÉRÉE D'AIRBNB QUI A DES EFFETS
SUR L'AUGMENTATION DES LOYERS ET DU
FONCIER, NOTAMMENT DANS LES HYPER-
CENTRES DONT CERTAINS FINISSENT
PAR SE DÉPEUPLER...”**

“ Les progrès et les convergences de l'apprentissage automatique et des neurosciences, combinés à la disponibilité de vastes jeux de données et à la diffusion du super-calcul sur le cloud, nous propulsent dans une nouvelle ère de l'intelligence artificielle et de la robotique. Avec la vague d'urbanisation extrême que traverse le monde, les villes seront amenées à jouer un rôle majeur dans la réalisation du potentiel de ces technologies. La promesse de ces évolutions, pour « faire plus avec moins » et à améliorer la qualité de vie pour tous, est immense, tout comme les défis et les risques qui en découlent, notamment en termes de contrôle, de protection de la vie privée et de sécurité. ”

Nicolas MIALHE

Co-fondateur et président
de « The Future Society »

Publié par l'Institut Veolia
30, rue Madeleine Vionnet - 93300 Aubervilliers - France
www.institut.veolia.org/en

www.factsreports.org

INSTITUT
 VEOLIA