

# LES CARNETS DE DUBAÏ

GROUPE  
INTELLIGENCE  
ARTIFICIELLE





# TABLE DES MATIÈRES

Introduction	5
1. Le développement de l'IA dans le monde et en Europe	7
2. Les atouts de la France en IA	9
<i>La France s'appuie sur ses fondations pour s'imposer dans le monde de l'IA</i>	9
<i>Des écosystèmes dédiés à l'IA déjà en place</i>	13
<i>Une destination privilégiée en Europe pour les investissements dans l'IA</i>	17
3. La France, moteur de l'IA	21
<i>Le développement de cas d'usage innovants dans des domaines à fort potentiel</i>	21
<i>Une position de leader dans le développement d'une IA pour le bien commun</i>	37
Et aujourd'hui	43
Le groupe de travail	44



# INTRODUCTION



## Éric Labaye

*Président de l'École polytechnique  
et de l'Institut Polytechnique de Paris*

La France a toujours bâti sur la science pour innover et s'adapter aux grands défis contemporains. En témoigne la position importante et influente qu'elle tient depuis deux siècles dans l'histoire des Expositions Universelles. Je suis heureux que notre groupe de travail puisse s'inscrire dans cette histoire, en apportant sa contribution à l'Expo 2020 de Dubaï. À travers ce rapport, il pourra aider la France à accélérer la démocratisation de son savoir, le partage de ses avancées scientifiques et l'exportation de ses talents.

Parmi les technologies scientifiques qui sont en train de métamorphoser le monde et dans lesquelles notre pays a fait ses preuves, l'Intelligence Artificielle à la fois fascine et soulève de nombreuses questions de la part du grand public. En cette période de profonds changements, qui voit s'accroître la concurrence internationale, maîtriser cette technique complexe qu'est l'IA constitue un véritable avantage compétitif et un atout précieux en matière de résilience.

Ce rapport montre que la France et l'Europe ont clairement tous les moyens à disposition pour s'imposer en tant que leaders sur ce sujet, bénéficiant d'une dynamique entrepreneuriale forte et d'un modèle collaboratif public-privé unique, unissant les entreprises, les startups, les instituts de recherche et d'enseignement, et les pouvoirs publics. Les « Esprits » qui se sont réunis au sein de ce groupe de travail représentent toute la richesse de cet écosystème collaboratif en place, permettant de partager les dernières avancées scientifiques et les usages de l'IA, au service de l'industrie, du consommateur ou du citoyen.

Nos travaux et ce rapport se sont attachés à décrire l'impact actuel et potentiel des innovations dans notre pays, mettant en exergue les ruptures technologiques qui ont permis de nouvelles applications dans les quatre secteurs qui utilisent l'IA à l'échelle : la banque, la sécurité et la défense, les transports et la mobilité, et enfin la santé.

Ce document permet aussi de rappeler que l'Intelligence Artificielle, par définition, doit être à l'image de l'humain et ainsi s'adapter à nos besoins, particulièrement fluctuants dans un monde instable. Il souligne ainsi les moyens existants et dans lesquels investir pour veiller à soutenir un développement économique et social durable, grâce à une IA éthique et non discriminatoire.

Je souhaite à tous les visiteurs physiques ou virtuels de l'Expo 2020 de Dubaï intéressés par ce sujet de non seulement trouver ici les réponses à leurs interrogations, mais aussi d'être inspirés et de devenir eux-mêmes des acteurs de cet écosystème innovant, pour un progrès scientifique au service du bien commun.



# 1. LE DÉVELOPPEMENT DE L'IA DANS LE MONDE ET EN EUROPE

## Pourquoi parle-t-on d'Intelligence Artificielle ?

Par construction, on parle d'Intelligence Artificielle (« IA ») lorsqu'une production humaine fait preuve d'une intelligence semblable ou proche de celle de l'Homme. Mais qu'entend-on par « intelligence » ? Simple capacité d'adaptation ou faculté de répliquer les solutions de problèmes déjà résolus ? Quid de la créativité ? S'il s'agit de comparer la machine à l'Homme, l'IA peut se définir comme la reproduction des processus cognitifs humains. Le développement de cette technologie peut également être l'occasion pour l'Homme

de dépasser ses propres capacités et de profiter de l'écart entre neurologie et électronique. Jouer aux échecs ou au jeu de go sont des exemples d'activités cérébrales où la machine a battu, au cours des dernières années, l'être humain.

Dans ce rapport, l'IA est considérée comme l'ensemble des techniques permettant de simuler certains traits de l'intelligence humaine, via les domaines de la robotique, de l'informatique et des mathématiques.

## Comment le développement de l'IA a-t-il été possible ?

Alan Turing a posé pour la première fois les fondements de l'IA dans les années 1950, avec l'introduction de son fameux test ayant pour objectif de déterminer si le comportement intelligent d'une machine est comparable à celui d'un Homme. Dans ce test, un humain est mis en situation d'échange verbal à l'aveugle avec une machine et un autre humain en parallèle. Si l'humain qui engage les conversations n'est pas capable de distinguer l'Homme de la machine après un temps d'échange déterminé, alors la machine valide le test de Turing. La recherche dans le domaine de l'IA a réellement commencé en 1956, après la conférence de Dartmouth au cours de laquelle des chercheurs avaient estimé à une génération seulement le temps nécessaire pour développer une machine aussi intelligente que l'être humain... alors que, de nos jours, le test de Turing est seulement à peine validé.

Trois facteurs ont longtemps limité l'applicabilité de l'IA : les capacités de calcul disponibles, les algorithmes d'IA, et enfin le volume et la qualité des données disponibles.

### Les capacités de calcul

L'augmentation des capacités des machines est en effet l'un des facteurs clés de succès du développement de l'IA. Dans les années 1960, Gordon E. Moore énonça ses célèbres « lois » prédisant que le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium allait doubler tous les deux ans – atteignant donc un jour des niveaux suffisants au développement de l'IA. Plus récemment, des unités de traitement graphique (GPU) ont permis d'augmenter la puissance de calcul mathématique des machines. Au cours des deux dernières années, la vitesse de formation annuelle des systèmes d'apprentissage en profondeur a ainsi été multipliée par cinq, voire six, grâce aux constants progrès réalisés.

### Le développement de l'apprentissage machine

Outre les puissances de calcul insuffisantes, les algorithmes ont également freiné le développement de l'IA. Jusque dans les années 1990, l'ensemble des algorithmes correspondait à des systèmes experts, qui imitaient le raisonnement d'un spécialiste dans un domaine précis, à l'aide de règles déterministes et de contraintes. L'avènement de l'apprentissage automatique n'est réellement apparu qu'ensuite pour permettre de dépasser les systèmes experts limités. Ceux-ci n'ont alors cessé de se développer pour devenir de plus en plus puissants et accessibles, favorisant leur très large utilisation. À cela s'ajoute une formation en constante amélioration, notamment délivrée par les établissements français les plus prestigieux.

### La digitalisation des industries

Enfin, la digitalisation de l'ensemble des secteurs génère des bases de données de plus en plus volumineuses et complètes auxquelles a accès un nombre croissant de personnes, entraînant la production permanente de nouveaux cas d'usage pour l'IA. Jamais le monde n'a disposé d'autant de données et la dynamique se poursuit alors que de nombreux investissements effectués au cours des dix dernières années, notamment dans les objets connectés (IoT), continuent d'alimenter des bases de données. Les sources de data deviennent ainsi de plus en plus nombreuses ; et qualitativement, la part des données non structurées (vidéos, images, sons, réseaux sociaux, IoT, etc.) dans le volume global des data disponibles a bondi en une décennie, passant de moins de 10% en 2010 à 80% en 2020. À mesure que les capacités de l'IA se sont développées, son utilité s'est accrue dans l'ensemble des secteurs et des métiers. L'IA ne se cantonne ainsi plus à quelques fonctions très expertes mais elle concerne désormais l'ensemble de la chaîne de valeur.

# Perspectives mondiales et enjeux du développement de l'IA en Europe

## Que représente l'IA dans le monde aujourd'hui ?

L'IA représente une opportunité économique considérable, encore en plein essor. Avec près de 40 milliards de dollars d'investissements privés en 2019, un chiffre multiplié par quatre entre 2015 et 2019<sup>1</sup>, l'IA mobilise une part croissante des flux mondiaux de capitaux. Cinq grandes familles d'application de l'IA représentent près de deux tiers des investissements :

- Marketing et création de contenus médias personnalisés (par exemple, publicité ciblée)
- Sécurité, cybersécurité et défense (par exemple, reconnaissance faciale pour caméras de vidéosurveillance)
- Santé et éducation (par exemple, identification de schémas dans la réponse à un traitement médical)
- Mobilité et transports (par exemple, technologies de conduite autonome)
- Secteurs financiers et gestion d'actifs

## L'Europe, challenger face aux États-Unis et à la Chine

L'Europe est engagée dans la course à l'IA et bénéficie dans ce cadre de l'implication de son système éducatif et des pouvoirs publics. 6 millions de développeurs ont déjà été formés, contre 4 millions aux États-Unis<sup>2</sup>. Les institutions se mobilisent, menées par la Commission Européenne, qui a lancé un plan d'investissement de 2,6 milliards d'euros dans l'IA et la robotique.

Cependant, l'Europe part avec un retard à combler sur la Chine et les États-Unis, qui ont été les premiers à investir de manière conséquente dans l'IA, dans un premier temps dans les secteurs B2C<sup>3</sup>, via les GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft) et les BATX (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi). À l'origine de ce décalage, le secteur européen des technologies du numérique (le socle de l'IA), moins développé qu'aux États-Unis. En Europe, il représente moins de 2% du PIB, contre plus de 3% aux États-Unis. Par conséquent, le secteur européen de l'IA n'attire pour le moment que 10% des investissements privés mondiaux en IA, contre respectivement près de 50% et 30% pour les États-Unis et la Chine<sup>4</sup>. Cependant, la dynamique entrepreneuriale laisse désormais entrevoir un effet de rattrapage : plus du quart des startups de l'IA sont européennes, et les investissements dans le secteur du numérique en Europe ont été multipliés par quatre entre 2014 et 2019.

## Des perspectives prometteuses

Bien qu'ayant investi plus tard dans l'IA au service du B2C, l'Europe a de nombreuses forces sur lesquelles miser. Plutôt que de rivaliser frontalement avec les deux grands de l'IA, elle peut se concentrer sur les domaines où elle dispose d'un fort avantage concurrentiel. Elle possède par exemple un nombre croissant de hubs digitaux et un nombre important d'institutions de recherche de classe mondiale.

Le McKinsey Global Institute estime ainsi que l'Europe doit se concentrer sur cinq points clés :

1. Le développement d'un écosystème IA européen de deep-tech et de startups, qui est déjà encouragé par l'accélération de l'action publique en faveur de l'IA, le développement des écosystèmes du numérique et le développement de hubs.
2. L'accélération de la transformation digitale et de l'innovation dans l'IA au sein des entreprises, aujourd'hui deux fois moins nombreuses en Europe qu'aux États-Unis à avoir transformé leur modèle via l'IA.
3. La création d'un véritable marché unique du digital en Europe : d'après le McKinsey Global Institute, l'Europe peut devenir le plus grand marché du digital en valeur, si les obstacles à la coopération entre pays et à la circulation transfrontalière des données sont abolis.
4. Le développement de la recherche et de l'éducation : l'éducation doit rester l'une des forces de l'Europe pour répondre au besoin de talents sur le marché des nouvelles technologies.
5. L'adaptation de la société et du marché de l'emploi, en particulier pour renforcer la formation continue aux technologies numériques.

## 2. LES ATOUTS DE LA FRANCE EN IA

### La mise en place rapide de compétences et d'outils pour accélérer la mise en œuvre de l'IA

La France dispose d'avantages uniques pour accélérer le développement de l'Intelligence Artificielle: un vivier de talents reconnu à l'échelle mondiale, des programmes académiques et de recherche de qualité, des jeux de données largement publiés et l'émergence d'une technologie de pointe. Les trois meilleures communautés de recherche européennes sont françaises (CNRS, Paris-Saclay, Inria)<sup>5</sup>, et les meilleures universités et écoles françaises ont développé des filières d'excellence en Data Science pouvant former plus de 4 000 experts chaque année.<sup>6</sup>

### Le développement d'écosystèmes dédiés à l'IA

De vastes écosystèmes multi-sectoriels se développent pour stimuler l'innovation en France, soutenus par un effort public de grande ampleur dans divers secteurs (santé avec

le Health Data Hub, défense, etc.). Les entreprises aussi se mobilisent, en créant des écosystèmes dédiés à certains domaines clés comme l'agroalimentaire, l'aéronautique, les transports et la mobilité (par ex: Agdatahub, Skywise, Movin'On).

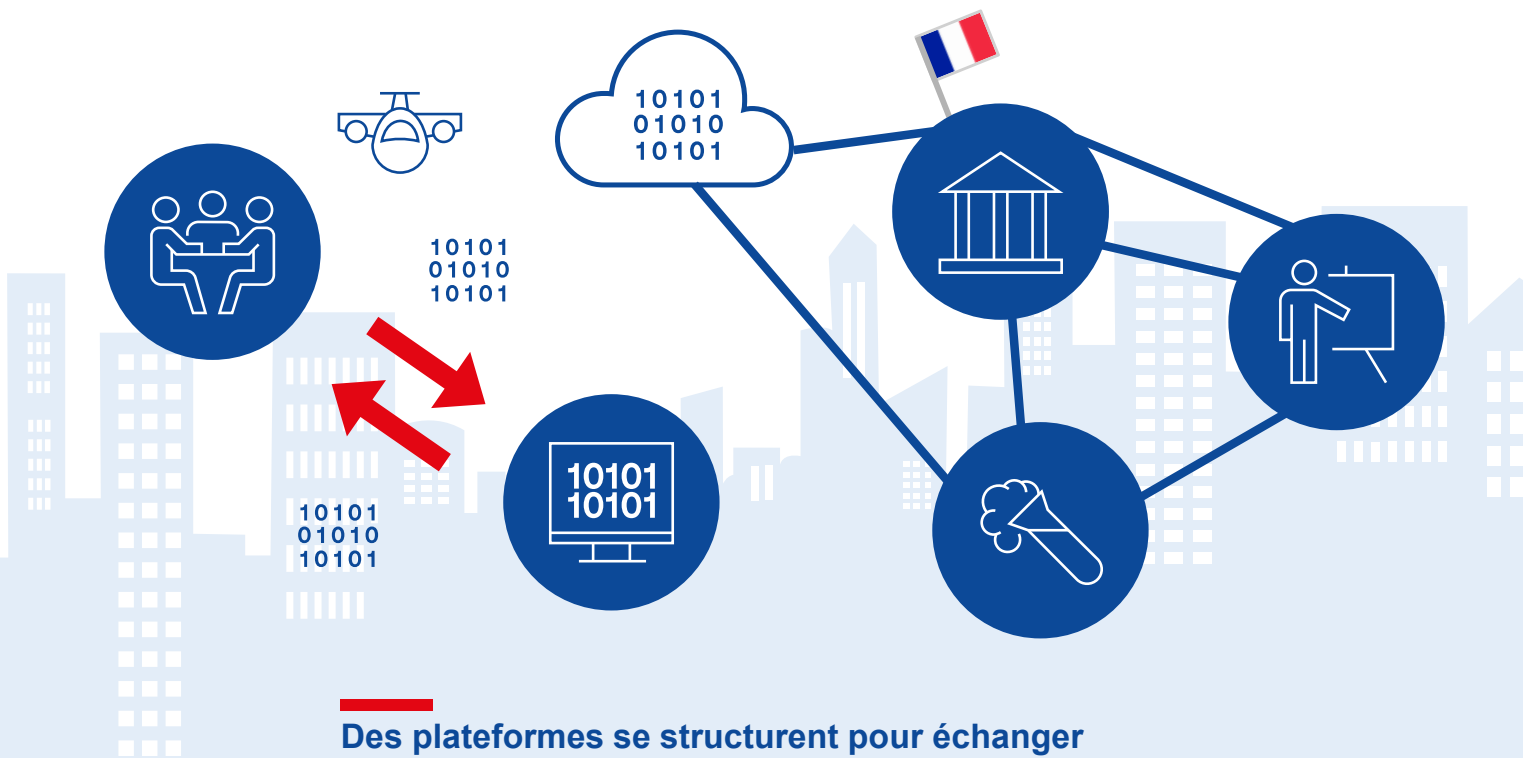
### Une destination privilégiée en Europe pour les investissements dans l'IA

Les activités dans le secteur de l'IA en France sont accélérées par des investissements significatifs, combinant le soutien organisé par les autorités publiques et les investissements d'acteurs mondiaux dans les nouvelles technologies. La France est également attractive en matière de levées de fonds de startups, avec 727 millions d'euros levés en 2019, une tendance qui s'est accélérée ces dernières années: les investissements privés dans les startups françaises ont été multipliés par six ces cinq dernières années.

## La France s'appuie sur ses fondations pour s'imposer dans le monde de l'IA

**Les industriels français développent des écosystèmes sectoriels dédiés à l'IA**

**La France développe des écosystèmes pour favoriser le développement de l'IA**



**Des plateformes se structurent pour échanger des données et lancer des projets collaboratifs**

## La France possède des talents reconnus mondialement

La France a toujours été internationalement réputée pour ses talents en mathématiques et en informatique. Elle est d'ailleurs le deuxième pays en nombre de médailles Fields, talonnant les États-Unis d'une unité. Elle est aussi le premier pays en nombre de lauréats des prestigieux appels de l'European Research Council (ERC) dans le secteur informatique-mathématiques.

Dans les domaines académique ou privé, de nombreux experts de l'IA font rayonner la France.

Du côté académique, nous retrouvons par exemple plusieurs membres de l'Académie des Sciences comme Stéphane Mallat, spécialiste des ondelettes et professeur au Collège de France, ou encore Eric Moulines, professeur à l'École polytechnique ayant fondé l'enseignement en statistiques et Data Science à Télécom ParisTech, ou enfin Francis Bach, chercheur chez Inria et lauréat 2016 de la prestigieuse bourse ERC Consolidator Grant.

De même, Facebook place les talents français au premier plan du secteur privé, avec Yann LeCun (Prix Turing 2019 et professeur à l'Université de New York), directeur de l'IA, et Jérôme Pesenti, vice-président de l'IA.

De nombreux spécialistes français de l'IA servent également le secteur public comme par exemple Henri Verdier, ambassadeur pour le numérique, et Cédric Villani, mathématicien Médaille Fields et auteur du rapport sur l'IA mandaté par le gouvernement français.

## La France possède des instituts de recherche en IA parmi les meilleurs d'Europe

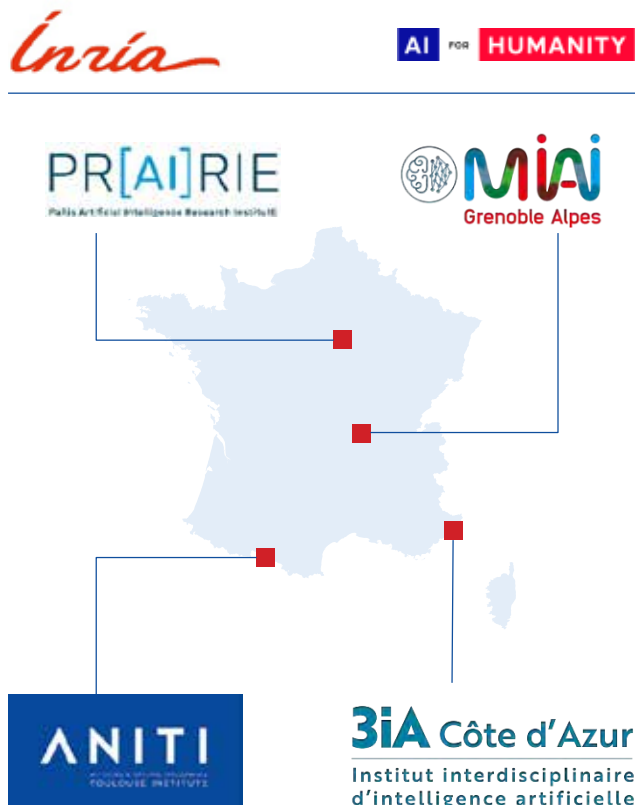
En France, quatrième contingent de chercheurs dans le monde, plus de 3 000 chercheurs mènent des recherches sur l'IA dans près de 70 laboratoires relevant du CNRS<sup>7</sup> ou d'Inria<sup>8</sup> – leaders incontestables en Europe – et au sein d'Universités et Écoles.

Pour relever les différents défis posés par l'IA, la France a lancé la stratégie nationale « AI for Humanity », coordonnée par Inria, comprenant un volet de recherche : le programme national pour la recherche en IA. L'une des mesures phares de ce programme concerne la création de quatre

« Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle », encore appelés « 3IA » : « MIAI@Grenoble-Alpes » à Grenoble, « 3IA Côte d'Azur » à Nice - Sophia Antipolis, « PRAIRIE » à Paris et « ANITI » à Toulouse (illustration 1). L'un des objectifs des 3IA est de développer les interactions de l'IA avec d'autres disciplines. Le robot cognitif et coopératif développé

Illustration 1

## La France dispose d'un programme national de recherche en IA qui s'appuie sur quatre instituts



Dès 2018, la France s'est dotée d'une stratégie nationale en Intelligence Artificielle. Celle-ci repose sur trois piliers :

- Le développement de l'un des meilleurs écosystèmes de talents (lancement de quatre instituts, doublement du nombre d'étudiants formés à l'IA, implication forte du secteur privé)
- La diffusion de l'IA dans les secteurs publics et privés
- La promotion d'une approche éthique de l'IA, centrée sur l'humain

Le premier pilier s'articule autour du programme national pour la recherche en IA, coordonné par Inria, qui mobilise largement la recherche, avec quatre consortiums interdisciplinaires dédiés à la mise en œuvre de cette stratégie nationale :

- ANITI (Toulouse Artificial and Natural Intelligence Institute)
- MIAI (Grenoble Multidisciplinary Institute in AI)
- PRAIRIE (Paris Artificial Intelligence Research Institute)
- 3IA Côte d'Azur (Nice-Sophia Antipolis Technopole, Institut Interdisciplinaire d'Intelligence Artificielle)

par le CNRS au sein d'ANITI (Toulouse Artificial and Natural Intelligence Institute) en est un exemple.

Enfin, l'Institut Polytechnique de Paris et HEC Paris ont créé ensemble Hi! Paris, un centre d'analyse de données et d'Intelligence Artificielle pour la science, les entreprises et la société (illustration 2), avec la collaboration de grands groupes français.

### Les meilleures Écoles et Universités françaises proposent des formations supérieures en IA

De grandes Universités et Écoles françaises proposent des formations d'excellence dans les domaines liés à l'IA. Sur le plateau de Saclay, l'École polytechnique a lancé son programme Graduate degree en IA, en association avec Inria, l'ENSTA ParisTech et Télécom ParisTech. Le master MVA (mathématiques, vision, apprentissage) de l'ENS Paris Saclay forme depuis 1996, en coopération avec plusieurs partenaires académiques, les étudiants aux métiers de Recherche, Développement et Innovation dans le domaine des mathématiques appliquées au traitement des données, des images et des signaux. De plus, le master en Business Analytics de CentraleSupélec et de l'ESSEC se hisse à la quatrième place du QS world ranking dans le domaine.

HEC Paris et l'École polytechnique proposent un Master of Science in Data Science for Business qui apporte aux étudiants un double profil, à la fois de manager et de data scientist, pour qu'ils deviennent les meilleurs data entrepreneurs, data managers ou data consultants de demain.

Les Universités françaises proposent de nombreux Masters à la pointe de la formation en IA, parmi lesquels on peut citer les Masters « MOSIG – Artificial Intelligence and the Web » et « Cognition naturelle et artificielle » à Grenoble.

Enfin, l'Institut Montaigne a récemment lancé une initiative appelée Objectif IA<sup>9</sup>, dont le but est de former gratuitement au moins 500 000 personnes en France aux fondamentaux de l'IA.

### La France a développé une stratégie de gestion de ses données favorisant le développement de l'IA

La France a développé ces dernières années une nouvelle stratégie de gestion de ses données. La politique d'ouverture et de partage des données publiques (« Open Data ») a permis le développement de la plateforme [www.data.gouv.fr](http://www.data.gouv.fr), mettant en libre accès des données publiques de l'État.

Illustration 2

#### Hi! Paris – un institut interdisciplinaire de recherche dédié à l'IA et à la science des données

Hi! Paris est un centre d'analyse de données et d'Intelligence Artificielle pour la science, les entreprises et la société créé en 2020 par l'Institut Polytechnique de Paris (IP Paris) et HEC Paris. Ce centre a été fondé en collaboration avec des leaders du secteur : L'Oréal, Capgemini, TOTAL, Kering et Rexel.

Hi! Paris se concentre sur trois grands domaines :

- La recherche multidisciplinaire, allant de la recherche fondamentale sur les méthodes d'IA et d'analyse de données, aux applications métiers dans tous les secteurs et pour toutes les implications sociétales.
- L'enseignement supérieur, axé sur la recherche et l'industrie pour piloter la croissance des données et des capacités d'IA, ce qui implique un besoin massif de diplômés ayant une expertise en sciences des données et en gestion, répartis dans tous les secteurs de l'économie
- L'innovation orientée « service », pour encourager le développement de start-ups et de projets innovants dans l'IA

Deux domaines principaux à fort potentiel distinctif sont couverts :

- Données et IA pour les entreprises : par exemple, l'industrie 4.0 avec ses capteurs et ses robots, permettra d'optimiser encore plus la productivité via des approches prédictives pour anticiper les pannes et les dysfonctionnements
- Données et IA pour la société : par exemple, la santé où l'IA est déjà largement utilisée dans la recherche de vaccins et de médicaments innovants ou dans l'aide à la décision, notamment par l'analyse d'images médicales ou l'analyse à grande échelle de la réponse aux traitements



Illustration 3

## Une plateforme de référence en machine learning est mise à disposition en open source

Lancé initialement en 2007 par des membres de la communauté scientifique Python, le projet scikit-learn<sup>10</sup> a connu un véritable essor dans le cadre de travaux de recherche sur l'imagerie fonctionnelle du cerveau, menés au sein de l'équipe-projet PARIETAL d'Inria.

Une première version a été rendue publique le 1er février 2010. Scikit-learn est la première solution de *machine learning* en open source alimentée par une communauté de recherche. En fournissant un outil efficace, simple à utiliser et très bien documenté avec des centaines d'exemples, scikit-learn a contribué à la démocratisation de l'apprentissage statistique en tant que principe de base de la révolution de l'IA.

Scikit-learn a permis l'usage de l'apprentissage statistique dans toutes les sciences expérimentales, de la chimie à la physique en passant par la biologie, ainsi que dans de nombreuses applications industrielles.

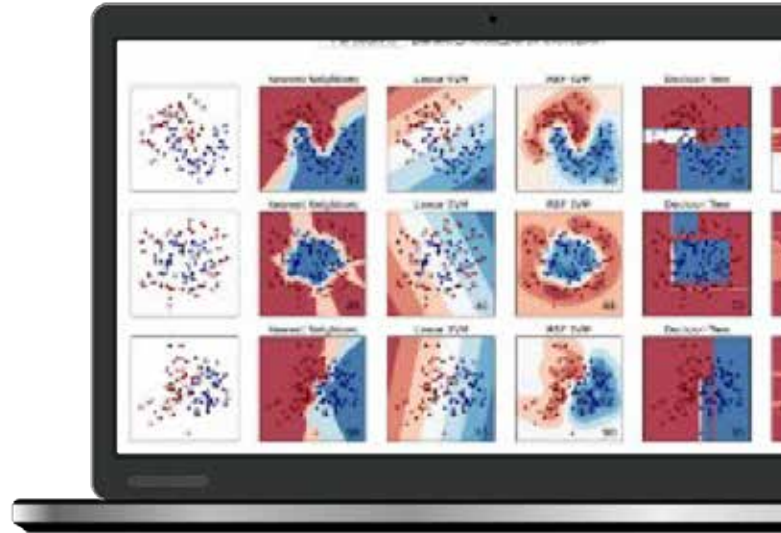


### 180+

Modèles d'apprentissage statistique rassemblés

### 25 000

Citations sur Google scholar depuis 2012 (dont 8200 en 2019 uniquement)



### Les entreprises françaises développent également de nouvelles technologies à la pointe de l'innovation

Nombre de nouvelles technologies à la pointe de l'innovation ont vu le jour en France au cours des dernières années. En effet, si la France apparaît particulièrement avancée sur les sujets relatifs à l'Internet industriel, elle se renforce aussi dans plusieurs domaines émergents comme la cybersécurité. Ainsi, Thales a fait du sujet l'une de ses divisions prioritaires et la startup Sentryo illustre ce dynamisme français avec des logiciels pour la surveillance des réseaux machine-to-machine.

Développée par de nombreux contributeurs, notamment d'Inria, la librairie Python scikit-learn intègre les algorithmes classiques de l'apprentissage automatique. Cette librairie est un grand artisan de l'essor de l'IA, permettant l'accès du machine learning au plus grand nombre en proposant des solutions d'apprentissage simples, efficaces et en open source (illustration 3).

La France repense également ses instances ministérielles pour favoriser le développement de l'IA.

Lancée par le Président de la République en mars 2018, la stratégie nationale en IA est dotée d'un budget de 1,5 milliard d'euros sur cinq ans. Elle a comme objectif de renforcer l'attractivité de la France pour les talents et pour les investissements, de diffuser les technologies d'IA et de proposer un modèle éthique entre innovation et protection des droits. Cette stratégie implique un effort, cohérent au niveau national, sur plusieurs plans. En 2020, le Premier ministre français a nommé Renaud Vedel coordonnateur national pour l'IA, pour assurer la coordination interministérielle de la stratégie nationale en IA.

# Des écosystèmes dédiés à l'IA déjà en place

## La France développe des écosystèmes pour favoriser le développement de l'IA

De nombreuses initiatives publiques et privées ont été mises en place en France pour favoriser le développement de l'IA. Tout d'abord, l'État a joué un rôle fédérateur en définissant une stratégie nationale et en coordonnant la filière française. Ainsi, plusieurs hubs ont été créés à l'instar de HUB France IA et France is AI. HUB France IA comprend huit grands groupes, une quarantaine de PME et startups, des Écoles et des laboratoires de recherche. Autre exemple, Women in AI est une ONG pour une IA plus inclusive.

## Des plateformes se structurent pour échanger des données et lancer des projets collaboratifs

Dans certains secteurs, les acteurs publics et privés collaborent pour créer de vastes plateformes rassemblant des données critiques au développement de projets utilisant l'IA.

Le Health Data Hub (illustration 4), officiellement lancé fin 2019, rassemble de larges bases de données issues des soins et actes médicaux remboursés, pour les mettre à disposition de manière anonymisée et sécurisée aux porteurs de projets d'intérêt général, professionnels de santé et de la recherche, qui peuvent ainsi les exploiter notamment à des fins d'innovation et d'optimisation des soins, pour développer de nouveaux outils. Début 2020, le Health Data Hub a été mandaté par l'Etat pour collecter un large éventail de données relatives à la COVID-19 pour faciliter la recherche

d'intérêt public en lien avec la pandémie actuelle en accompagnant plus d'une dizaine de projets.

Dans le secteur agroalimentaire, Agdatahub a pour projet d'offrir des outils numériques et de proposer des services de conseil aux agriculteurs, pour mieux les accompagner dans l'utilisation du numérique et de l'IA. Lancé en partenariat avec Dassault Systèmes, ainsi que la startup française Dawex et Orange Business Services, Agdatahub facilite le développement de projets digitaux sur des sujets comme la traçabilité, le suivi des rendements, ou les analyses prédictives. Les données de différentes exploitations et opérations en amont de la filière peuvent nourrir des modèles d'IA et des nouveaux services utiles aux producteurs agricoles et aux consommateurs.

De grandes entreprises se mobilisent aussi, comme Airbus, à l'initiative de Skywise (illustration 5), principale plateforme de données ouvertes pour l'industrie aéronautique, rassemblant un écosystème de plus de 100 compagnies aériennes.

Des outils de calcul très puissants, comme ceux du GENCI (Grand Équipement National de Calcul Intensif) peuvent être utilisés pour faciliter le traitement de grandes quantités de données au service de l'innovation. Dès avril 2020, un accès prioritaire à deux supercalculateurs a été fourni à des équipes européennes de recherche travaillant sur des études épidémiologiques concernant la COVID-19.

### Des entreprises à la pointe de l'innovation en IA

### Une stratégie de gestion des données favorisant l'IA

### Des formations d'excellence dédiées à l'IA



Des instituts de recherche en IA parmi les meilleurs d'Europe

Des talents reconnus mondialement

## Illustration 4

**Le Health Data Hub fournit l'opportunité de révolutionner les parcours patient grâce à l'IA**

Le Health Data Hub (HDH)<sup>11</sup> a été créé pour favoriser la croissance rapide des usages de l'IA appliqués à la santé. Autrefois réservées à des objectifs de recherche, les données sont maintenant mises à disposition des porteurs de projets pour leur permettre de développer des solutions de santé personnalisées, de suivis connectés des patients, et d'aide au diagnostic.

Dans le cadre de la lutte contre la pandémie de COVID-19, l'objectif du Health Data Hub est de faciliter les recherches épidémiologiques et le développement d'outils intelligents. Parmi les nombreux projets du Health Data Hub, on peut en citer quatre :

- Frog Covid, un projet utilisant l'IA pour identifier les facteurs de risque et prédire les besoins des personnes recevant des soins intensifs suite à une infection à la COVID-19
- CoviSAS utilise l'IA pour connaître la prévalence des formes sévères de la COVID-19 chez les patients, et identifier les combinaisons de maladies associées au SAOS (Syndrome d'Apnée Obstructive du Sommeil) menant à un taux supérieur de séjours en réanimation ou de décès
- DeepSarc vise à identifier les meilleurs schémas thérapeutiques pour le traitement du sarcome en mobilisant une base française quasi exhaustive
- Daicap travaille sur le développement d'un outil, basé sur l'Intelligence Artificielle, d'aide à l'interprétation de l'IRM prostatique pour la détection et la caractérisation du cancer de la prostate

## Illustration 5

**Skywise est le leader des plateformes de données d'entreprise pour l'industrie aéronautique**

Créée par la vision de connecter l'industrie aéronautique et d'accélérer sa transformation digitale, Skywise est une plateforme de données ouverte qui connecte à la fois les données de vol, d'ingénierie et les données opérationnelles dans un environnement riche en analyses.

Au cœur du système, Skywise permet à ses utilisateurs d'accéder à la bonne information au bon moment. La plateforme exploite une importante quantité de données jusqu'alors

enfermée dans les entreprises et les silos fonctionnels de l'industrie, générant ainsi de la valeur pour tous ses acteurs.



**AIRBUS**  
skywise.

Illustration 6

## L'Agence de l'innovation de défense crée un écosystème pour favoriser le développement des usages de l'IA

Comment l'administration développe une plateforme de confiance, souveraine ? Le projet ARTEMIS (Architecture de Traitement et d'Exploitation Massive de l'Information multi-Sources) vise à doter le ministère des Armées d'un socle technique sécurisé et souverain de traitement massif de données et d'algorithmes d'intelligence artificielle adapté aux besoins défense. Il offrira une architecture maîtrisée et auditable, ouverte sur l'écosystème industriel français et européen.

Cette infrastructure privilégie le recours aux composants open-source, tout en assurant leur sécurisation et le développement des fonctionnalités répondant aux spécificités des besoins du ministère des Armées. De premiers démonstrateurs de cas d'usage métiers, sélectionnés pour leur intérêt opérationnel et leur diversité, sont développés : « l'aide à l'exploitation de données massives, hétérogènes », « le suivi de la santé des militaires », la « maintenance », « le suivi de situation maritime » et la « cybersécurité ».

ARTEMIS sera un environnement de développement support à l'innovation, permettant aux utilisateurs étatiques et partenaires (startup, PME, ESN), de développer et d'intégrer de nouveaux modules et applications de manière outillée et efficace, grâce à un kit de développement et d'intégration.

ARTEMIS est conduit dans le cadre d'une démarche incrémentale via un partenariat d'innovation. Des versions intermédiaires des démonstrateurs d'ARTEMIS, réalisées d'une part par Thales et Sopra-Steria et d'autre part par Atos/Bull associé à Capgemini, sont aujourd'hui testées sur plusieurs déploiements pilotes au sein du ministère des Armées.

« La plateforme que l'on développe inclut des fonctionnalités de sécurisation pour lesquels le secteur de la défense est fer de lance mais dont les avancées pourront irriguer l'ensemble des systèmes à haute sensibilité (secteur public ou privé) » Michaël Krajecki – Directeur de projet IA pour le ministère des Armées.

### Données

- Données réelles provenant du système national de santé
- Coopération des forces armées françaises avec le fonds national de santé pour la création d'un ensemble des données factices afin de qualifier le système
- Coopération entre les concurrents industriels avec les startups pour la création d'un ensemble des données d'entraînement
- Données des ressources humaines impactant la santé provenant des forces armées françaises



### Valeur / produits

- Requêtes simples et rapides
- Visualisation de données adaptée au *Big data* et IA
- Enrichissement des cohortes ou études de chemins
- Tableaux de bord simples et alertes automatiques provenant d'une architecture des données complexes

### Outils

- Gestion de la sécurité et des droits d'accès
- Bases de données
- *Data science* / IA
- Services web
- Cartographie
- *Timelines*
- Vues statistiques

### Innovations

- Possibilité d'ajouter et lier une nouvelle base de données
- Exploitation / construction d'un wiki concernant les données de santé
- *Big data* et IA dans le domaine de santé en tant qu'un outil au quotidien
- Prédiction

## Les industriels français développent des écosystèmes sectoriels dédiés à l'IA

L'IA nécessite à la fois des compétences multiples et une forte capacité d'innovation. Rassembler des acteurs issus d'horizons divers (startups, acteurs de la recherche, industriels) permet de répondre à ces besoins et de favoriser la naissance et le succès de projets innovants.

La stratégie française en IA, avec le programme « AI for Humanity » entend encourager la création d'écosystèmes dédiés. En lien avec cette vision, 16 grands acteurs français de l'industrie et des services ont signé un manifeste en faveur de l'IA, également co-signé par le Ministre de l'Économie. Cette feuille de route ambitieuse comprend notamment le partage de laboratoires de recherche communs entre signataires du manifeste et partenaires académiques, ou encore le soutien des signataires à des cursus académiques.

C'est ainsi que le Ministère des Armées, afin de garantir la supériorité opérationnelle de nos armées et notre souveraineté, a mis en place des programmes d'armement qui doivent pouvoir s'appuyer sur une recherche amont et capter l'innovation au plus tôt.

En effet, l'Intelligence Artificielle est une technologie d'intérêt dual, qui trouve bon nombre d'applications dans les systèmes de défense (navigation autonome, planification, aide à la décision, santé du soldat, etc.). C'est pourquoi, depuis plusieurs années déjà, le ministère des armées développe ses relations avec la communauté scientifique française en IA et soutient des travaux qui pourront être à l'origine de

nouvelles technologies d'intérêt pour la défense. Ainsi, le programme Artemis (illustration 6), implique divers acteurs dans les problématiques rencontrées par l'univers de la Défense. Avec un premier succès : un suivi de santé intelligent pour les forces armées.

Le sommet Movin'On sur la mobilité de demain, créé et inspiré par Michelin, rassemble des leaders de l'industrie et du secteur public qui génèrent des idées et des initiatives liées à l'utilisation de technologies innovantes (avec désormais l'IA à l'agenda) pour résoudre les problèmes relatifs à la mobilité.

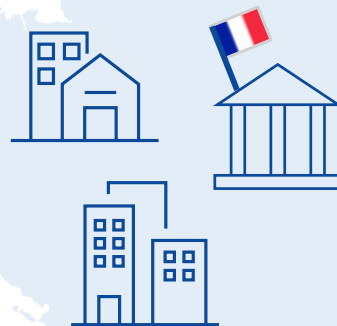
L'innovation émergeant souvent grâce à de jeunes entreprises, les grands acteurs historiques de l'économie française n'hésitent pas à se rapprocher des startups afin de coconstruire des écosystèmes, à l'instar de l'initiative Kamet, lancée par Axa. Cette fabrique de startups lancée dès 2016 a pour objectif d'accompagner des projets entrepreneuriaux autour d'innovations de rupture. L'un des succès de Kamet est le robo-advisor Anorak qui utilise l'IA pour améliorer l'expérience en matière de prévoyance.



**Les leaders mondiaux de la Tech investissent massivement dans l'IA en France**



**Un État accompagnant le développement d'un écosystème IA en France**



**Une accélération des levées de fonds des startups françaises utilisant de l'IA**

# Une destination privilégiée en Europe pour les investissements dans l'IA

## Les leaders mondiaux de la Tech investissent massivement dans l'IA en France

Durant ces dernières années en France, les activités liées à l'Intelligence Artificielle ont connu une forte croissance conduisant à des investissements significatifs réalisés par les grandes sociétés mondiales de la Tech. Ceci a notamment été permis grâce à la mise en place d'instruments publics incitatifs.

Six des plus grandes entreprises mondiales de la Tech (Samsung, Microsoft, Google, IBM, Facebook et Huawei) ont investi dans l'IA en France au cours des deux dernières années. IBM a ainsi décidé, d'ici 2021, de piloter en France son nouveau projet BAI with Watson ayant pour but d'accompagner les entreprises dans l'intégration de son outil, un choix impliquant environ 400 personnes. D'autres entreprises technologiques ont également choisi la France comme pôle de R&D en IA. Criteo a ainsi décidé d'investir 20 millions d'euros dans la création de son centre R&D en IA en 2018. Fujitsu a quant à lui investi 50 millions d'euros pour le développement de l'innovation digitale en France via un partenariat avec Inria. En outre, en marge du sommet Choose France, Mastercard a annoncé le lancement, pour un montant de 15 millions d'euros d'ici 2023, d'un « Digital Country Partnership » avec le gouvernement français dont l'un des piliers est l'Intelligence Artificielle.

## Une accélération des levées de fonds des startups françaises utilisant l'IA

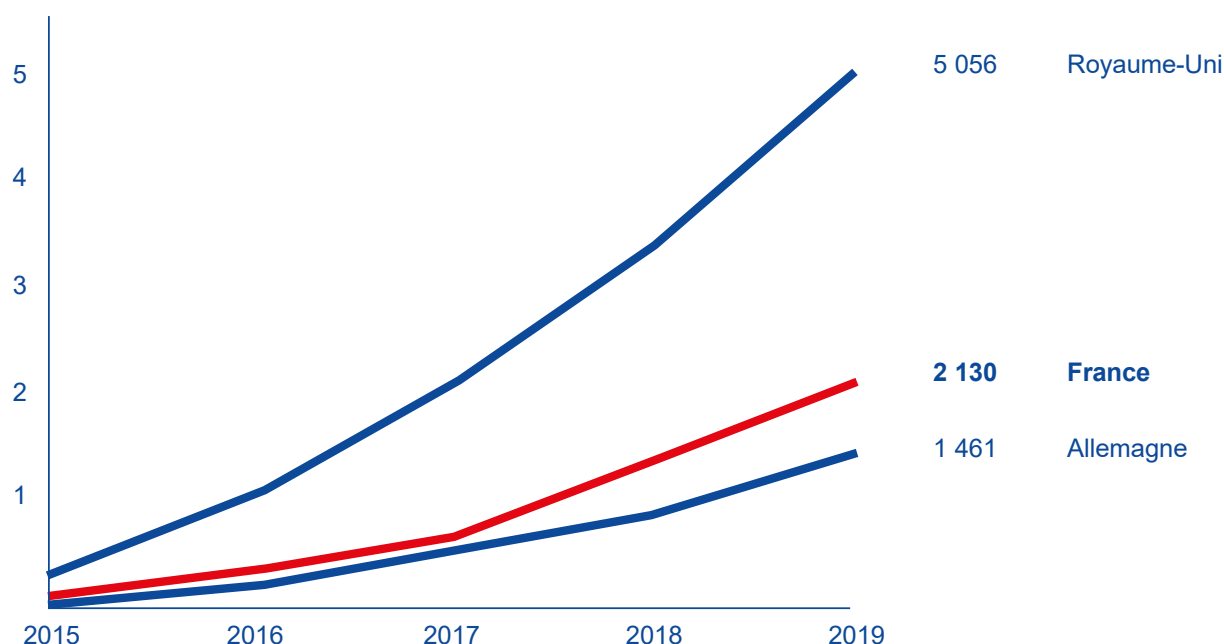
Avec 727 millions de dollars levés en 2019, la France jouit d'une excellente position en termes de levées de fonds de startups. Ainsi, d'après l'étude AI Index produite par la Stanford University en collaboration avec le McKinsey Global Institute (MGI), le pays se situe au sixième rang mondial des pays dont les startups ont reçu le plus d'investissements privés en 2019.

Au niveau européen, la France se classe en deuxième position (2 130 millions de dollars), derrière le Royaume-Uni (5 056 millions de dollars), mais elle bénéficie de la croissance la plus importante sur les cinq dernières années (+534 % contre +436 % pour le Royaume-Uni). Enfin, le nombre de startups bénéficiant de ces investissements en 2019 (108) est le quatrième le plus élevé après les États-Unis (1066), la Chine (348) et le Royaume-Uni (171).

Plus largement, cette attractivité de « l'incubateur » français a permis la croissance de l'écosystème de l'IA, passé de 180 startups en 2016 à plus de 660 startups aujourd'hui. Ainsi, des business models innovants tirant parti de l'Intelligence Artificielle ont été développés initialement en France comme Meero, Wynd, Mirakl, Shift Technology, Dataiku ou encore Criteo.

## Somme des investissements dans les startups en IA au Royaume-Uni, en France et en Allemagne, AI Index par Stanford et le McKinsey Global Institute

Millions de dollars



Dans d'autres secteurs comme celui de la santé, la France a connu une forte croissance des startups dont le modèle d'innovation repose sur l'IA. Par exemple, Owkin, qui a déjà levé plus de 74 millions de dollars, améliore la recherche médicale, la prédiction de l'évolution des cancers et fait avancer la médecine personnalisée grâce à l'IA; Cardiologs, qui a déjà levé plus de 23 millions de dollars, utilise l'IA pour augmenter la précision des diagnostics cardiaques; Therapixel, qui a levé 5 millions d'euros, améliore le dépistage du cancer du sein grâce à l'IA (MammoScreen); mais également, Therapanacea, qui a déjà levé plus de 4 millions de dollars, augmente l'efficacité et la sécurité de la radiothérapie grâce à l'IA.

### **Un État accompagnant le développement d'un écosystème IA en France**

L'attractivité de la France auprès des investisseurs étrangers a été possible notamment grâce aux instruments publics incitatifs mis en place depuis plusieurs années et, récemment, à un accompagnement plus ciblé de la part du gouvernement.

Les investissements des entreprises et des différents types de fonds en IA en France s'appuient tout d'abord sur des instruments publics favorables à la R&D en général.

Le premier d'entre eux est le Crédit d'impôt recherche (CIR) qui représente une réduction d'impôt calculée sur la base des dépenses de R&D engagées par les entreprises. Il leur permet ainsi de défiscaliser 30% de leurs dépenses relatives aux projets de R&D. Ce mécanisme représente un « cadeau fiscal d'environ 6 milliards d'euros ».

Le Crédit d'Impôt Innovation (CII) a, quant à lui, pour objectif de soutenir les PME qui engagent des dépenses spécifiques pour innover. L'initiative la plus récente est la tenue annuelle du sommet « Choose France », visant à promouvoir l'attractivité de la France et à encourager les investissements étrangers au cœur des territoires français. Chaque année, ce sommet est notamment l'occasion pour le gouvernement de renforcer la visibilité et l'attractivité de la French Tech à travers des instruments ciblés (élargissement du French Tech Visa aux startups étrangères implantées en France, régime des bons de souscription pour la création d'entreprises).

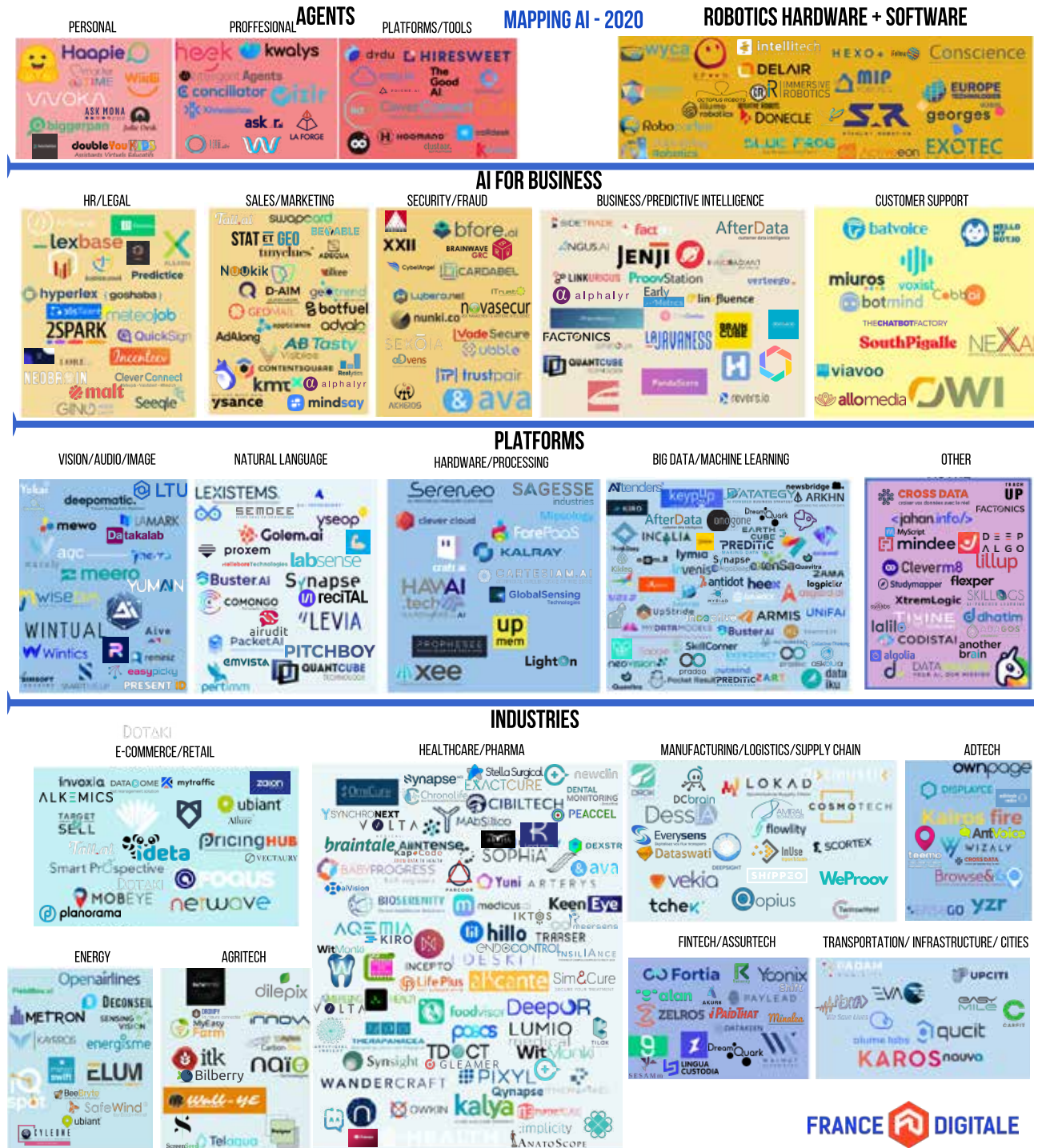
Depuis 2018 et le rapport Villani, des initiatives plus ciblées et soutenues, aux niveaux national et régional, ont été lancées pour accompagner les actions existantes visant à attirer les investissements privés.

Au niveau national, le gouvernement souhaite désormais être moteur dans le développement de l'écosystème de l'IA en France. C'est ainsi qu'un plan national avec la volonté d'attirer et de retenir les meilleurs chercheurs a été mis en place, allouant 1,5 milliard d'euros d'investissement à cet effet d'ici 2022. Par ailleurs, un plan « deep tech » d'un montant de 1,3 milliard d'euros d'ici 2023, dont l'un des pans majeurs est l'IA, a été lancé par Bpifrance. Cette dotation doit, par effet de levier, permettre d'atteindre les 5 milliards d'euros dédiés aux startups.

Le gouvernement est soutenu par les régions dans cet effort d'investissement important pour faire de la France un leader de l'Intelligence Artificielle dans les années à venir. C'est ainsi que la région Grand-Est a par exemple lancé en 2019 un plan numérique de 350 millions d'euros sur 5 ans, dont l'IA est l'un des sujets majeurs. La région Île-de-France a, quant à elle, défini un plan « IA 2021 » doté d'un budget annuel supérieur à 20 millions d'euros.

# Cartographie de l'écosystème français des startups spécialisées en IA par France Digitale

Novembre 2020





## 3. LA FRANCE, MOTEUR DE L'IA

### Le développement de cas d'usage innovants dans des domaines à fort potentiel

Les applications innovantes de l'Intelligence Artificielle émergent en France dans tous les domaines. Toutefois, quatre secteurs sont particulièrement avancés en termes d'utilisations à l'échelle :

- *Sécurité et défense*, avec le développement des applications militaires avancées mais aussi la généralisation des usages de cybersécurité
- *Transports et mobilité*, notamment avec l'accélération des investissements réalisés dans les différents types de véhicules autonomes
- *Santé*, où la médecine personnalisée et le suivi des patients en continu sont en forte augmentation
- *Banque et assurance*, avec l'utilisation croissante de l'Intelligence Artificielle dans les interactions clients mais aussi dans la détection des fraudes

On observe également des enjeux plus transverses concernés par de nombreuses innovations et auxquels l'IA répond. Ceux-ci impactent un large éventail d'industries traditionnelles : les Opérations 4.0, avec des applications qui révolutionnent les modes de production et de distribution chez de nombreux industriels et le Développement durable, pour lequel l'IA propose des gains d'efficacité énergétique et accompagne de nouveaux modes de consommation.

Sur l'ensemble des secteurs, on constate que la France dispose à la fois de projets d'innovation avancés proposant de véritables ruptures, mais aussi de programmes d'utilisation de l'IA qui dépassent le stade de la recherche pour se concrétiser dans des initiatives lancées à l'échelle. Ainsi, les cas d'usage de l'IA se matérialisent à mesure que la recherche avance sur de nouveaux projets, qui seront les applications de demain (schéma ci-après).

#### L'IA en France : un flux continu d'innovations concrètes, soutenu par une recherche constante



##### Innovations en développement

- La réhabilitation neurologique des patients
- Les pneumatiques à empreinte carbone optimisée
- Le pilote automatique étendu
- Le transport autonome de bagages
- La création artistique augmentée
- L'expérience optimisée des opérateurs de production
- La chaîne agroalimentaire repensée du champ à l'assiette



##### Nouvelles applications de rupture

- Le cerveau de l'avion du futur
- Le combat collaboratif dans les armées
- Les essais cliniques réinventés
- Le développement d'un robot collaboratif



##### Usages à grande échelle

- Des systèmes de cybersécurité renforcés et intelligents
- La surveillance proactive des zones maritimes
- L'optimisation des flux dans les transports
- La lutte contre la fraude
- L'amélioration de l'expérience utilisateur
- La personnalisation des offres client
- La détection de dangers dans les transports
- La supply chain optimisée
- La maintenance prédictive des moyens de transport
- L'optimisation de la production et du mix énergétique
- La consommation optimisée des infrastructures

## Sécurité et défense

Le secteur de la Sécurité et défense porte un intérêt grandissant à l'Intelligence Artificielle et les applications militaires se développent pour permettre aux chefs militaires et autres stratèges d'avoir une supériorité opérationnelle notable. Les objectifs sont nombreux et incluent notamment l'amélioration de la reconnaissance et de la détection des cibles et des dangers, mais aussi une optimisation des processus opérationnels, avec une meilleure anticipation des manœuvres de l'adversaire. Les synergies entre IA, robotique, réalité augmentée et Internet des objets sont appelées à jouer un rôle essentiel dans la supériorité opérationnelle des armées de demain.

Les armées ne pouvant passer à côté de tels atouts, le Ministère des Armées a créé un document présentant la stratégie en matière d'Intelligence Artificielle, ainsi qu'une

feuille de route permettant de bénéficier de ces nouvelles technologies. Différents axes de travail comme le combat collaboratif ou la cybersécurité y sont développés.

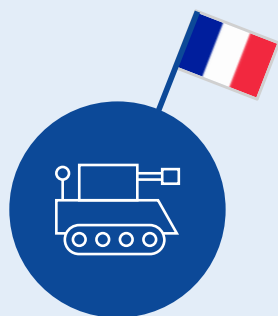
La cybersécurité concerne aussi les acteurs industriels, qui sont confrontés à des attaques à la fois plus nombreuses et plus complexes (DDoS, ransomware). Dans ce contexte, grâce à l'analyse massive des données qu'elle permet, l'IA contribue à réduire drastiquement le temps de détection d'une attaque et d'identification fine de sa source.

### Exemples de bénéfices apportés par l'IA

#### Ministère des armées

L'IA pour renforcer l'efficacité opérationnelle des armées

*Illustration 7*



#### CNRS

Des systèmes de cybersécurité renforcés et intelligents

*Illustration 8*



#### Ministère des armées

Des « incohérences » en mer automatiquement identifiées

*Illustration 9*



Illustration 7

### L'Intelligence Artificielle pour renforcer l'efficacité opérationnelle des forces armées terrestres



L'IA permet de comprendre, décider et agir plus vite que l'ennemi pour mieux s'en protéger. Les modules de combats collaboratifs des forces terrestres sont intégrés dans les véhicules Scorpion. Le volet aérien repose sur une interaction très rapprochée avec un assistant artificiel pour le plan de mission, la gestion des capteurs, etc.

Les capacités reposant sur des organisations en réseaux permettent un partage de l'information plus fiable, plus rapide, et réduisent ainsi le temps entre la détection d'un signal et la neutralisation d'une menace.

Cette solution repose sur une intégration dans les véhicules Scorpion et dans les cockpits d'avions militaires, les informations étant affichées en réalité augmentée.

Illustration 8

### Des systèmes de cybersécurité renforcés et intelligents développés par la recherche



La recherche française développe en continu des solutions de cybersécurité de pointe reposant sur l'IA. Le CNRS développe des innovations, comme la solution « Gorille », pour détecter des menaces informatiques avancées qui visent les infrastructures IT, y compris les objets connectés et les systèmes de contrôle industriels : malwares, ransomwares, ou spywares.

Au cœur du modèle technologique exploré par le CNRS, l'analyse morphologique permet d'extraire les comportements des applications. Ensuite, un moteur IA détecte les comportements menaçants. Une « reverse analysis » peut ainsi être rapidement conduite afin d'identifier les auteurs et détecter des menaces inconnues.

La solution « Gorille » est développée par le CNRS et l'Université de Lorraine grâce au High Security Lab, une plateforme de recherche en cybersécurité unique en son genre. Cette initiative participe également au projet européen Concordia et au CNRS Security Group. Aujourd'hui, « Gorille » est le moteur technique de la startup Cyber-Detect.

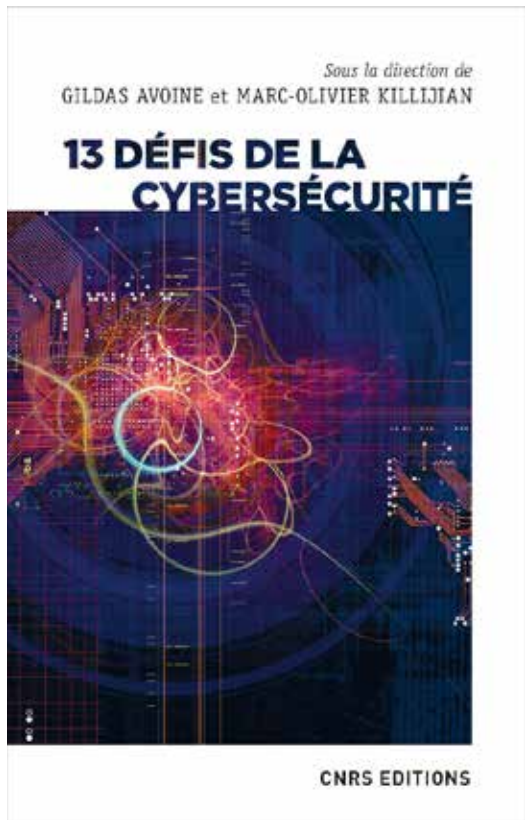
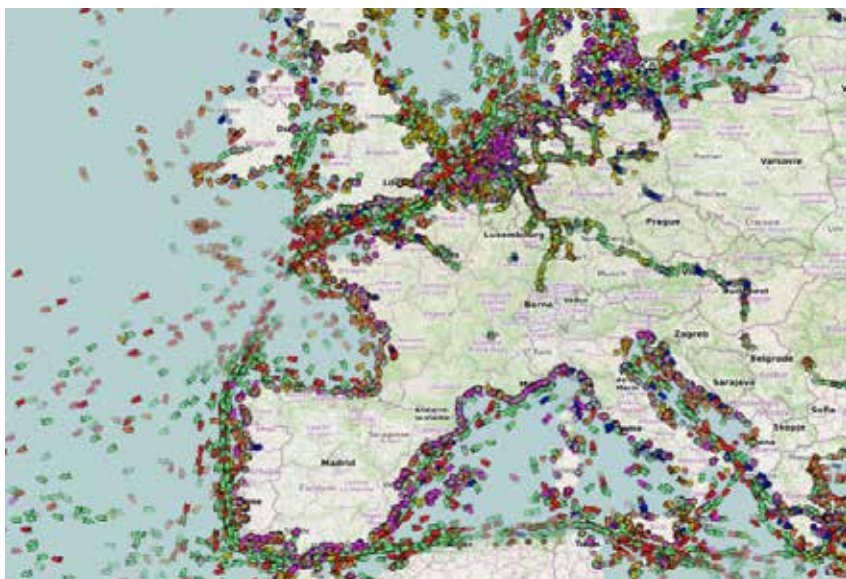


Illustration 9

## Des « incohérences » en mer automatiquement identifiées



ANALyses d'Incohérences en Situations maritimes (ANAIS) est un projet d'État collaboratif et innovant dont le but est de mieux agréger, analyser et partager des données maritimes globales avec une communauté de partenaires (État, industriels, universitaires).

L'objectif est de développer l'IA maritime pour le bénéfice de toute la communauté de partenaires (par ex : environnement, opérations en mer). L'outil permet une grande agilité, une bonne compréhension des besoins des utilisateurs finaux et une maîtrise optimale des coûts.

Le projet a été possible grâce à une équipe internationale et multi-compétente (État, industriels, universitaires).

# Transports et mobilité

Les ambitions pour l'Intelligence Artificielle dans le domaine de la mobilité et des transports ne sont pas des moindres : à l'avenir, celle-ci devrait aider à décongestionner les axes de transport, à améliorer la sécurité des personnes ou encore à optimiser les flux logistiques. Trois champs d'application semblent toutefois concentrer toutes les attentes : les véhicules autonomes au sens large, les modes de transports durables et la réduction de l'empreinte carbone, ainsi que les solutions de mobilité pour lutter contre la congestion.

À titre d'exemple, la région Ile-de-France a prévu un fonds Innovation de 57 millions d'euros pour répondre au « plan anti-bouchons et pour changer la route ». La région participe notamment au financement du centre d'essais pour les véhicules autonomes et connectés déployé par la société UTAC-CERAM. Ce projet permettra à la région d'être à la pointe des équipements au niveau européen dans ce secteur. Enfin, la région a signé un partenariat avec l'Institut VEDECOM et l'Institut pour la Transition Énergétique (ITE), dédié à la recherche sur le véhicule autonome (modélisation des interactions entre les différents usagers de la route, identi-

fication des scénarios sécuritaires, statistiques d'apparition des situations de vie à risque) et connecté (optimisation de la consommation d'énergie, sécurisation des communications entre véhicules et infrastructures, tests de fiabilité des packs de batterie).

L'IA permet également l'optimisation de la gestion des flux. La société Ween propose par exemple d'optimiser la gestion de flottes grâce à sa plateforme d'IA utilisant les plannings des différents conducteurs et une géolocalisation en temps réel. De même, Vinci Autoroutes utilise aujourd'hui des modèles de reconnaissance d'image vidéo par IA qui, combinés aux données de transactions, permettent de détecter les accidents en temps réel et d'anticiper les embouteillages.

## Exemples de bénéfices apportés par l'IA

### Airbus

Le pilote automatique du futur, qui gère l'atterrissage et le décollage

Illustration 12



### Thales

L'IA en co-pilote de l'avion

Illustration 13



### Air France

Le premier véhicule autonome dédié au transport de bagages

Illustration 11



### Michelin

Des pneumatiques plus efficaces grâce au recours à l'IA pour les développer et les tester

Illustration 14



### Orange – Thales

Une vidéosurveillance augmentée par la détection automatique de situations dangereuses

Illustration 10

Illustration 10

## Une vidéosurveillance augmentée par la détection automatique de situations dangereuses

### THALES

Un réseau de neurones artificiels a été testé en laboratoire pour détecter les comportements violents et les distinguer d'autres types de comportements (par exemple une bagarre, par opposition à quelqu'un traversant la foule pour monter dans un train).

L'algorithme utilisé repose sur une analyse en temps réel des images de vidéosurveillance des infrastructures critiques (gares, aéroports) et des transports publics. Un développement est actuellement en cours pour détecter d'autres types de comportements, notamment les rassemblements de foule, ou les objets allant d'une main à une autre.

Cette solution facilite le travail des opérateurs de vidéosurveillance. Lorsqu'un comportement violent est détecté par l'algorithme, la caméra et l'image correspondantes sont affichées sur le mur multi-écrans du centre de contrôle et la situation est signalée pour alerter les opérateurs. L'algorithme utilisé présente un très faible taux de fausses alertes, facteur déterminant dans la crédibilité du système, ce qui assure la garantie que les opérateurs continuent à prêter attention aux alertes.

L'algorithme a été développé dans un laboratoire commun avec le CEA<sup>12</sup>. Il a aussi été créé en collaboration avec la RATP et la SNCF, en particulier pour déterminer ce qui doit être considéré comme un comportement violent.



Illustration 11

## Le premier véhicule autonome dédié au transport de bagages



### AIRFRANCE

À l'aéroport de Toulouse-Blagnac, Air France expérimente le prototype du premier tracteur à bagages autonome au monde, un véhicule sans conducteur qui circule depuis les galeries à bagages jusqu'aux avions de la compagnie. Le test se fait en conditions réelles de trafic et de travail, avec de véritables bagages.

Le tracteur se déplace seul, grâce à l'IA et à de nombreux capteurs (LiDAR, caméras) qui lui permettent de repérer des obstacles à 360° et de dialoguer avec les feux de signalisation. En raison de contraintes réglementaires, un opérateur de sécurité surveille en permanence les mouvements du véhicule et peut reprendre le contrôle en cas d'urgence.

Le véhicule est entièrement électrique et capable de tracter 25 tonnes de bagages. À terme, ce type de véhicules pourrait rendre plus efficaces et plus sûrs les flux logistiques des grands aéroports, notamment en se connectant au système informatique pour savoir où déposer les bagages et calculer le meilleur parcours en fonction des conditions de trafic.

Illustration 12

### Airbus réalise avec succès un vol d'essai entièrement autonome



# AIRBUS

Deux ans après le lancement du projet ATTOL (Autonomous Taxi, Take-off and Landing), Airbus a réalisé une première mondiale en 2020 avec le premier vol d'essai d'un A350 qui a réussi une séquence de roulage-décollage-atterrissage entièrement basée sur des algorithmes de traitement d'images.

Les technologies d'Intelligence Artificielle et notamment les algorithmes d'apprentissage machine ont joué un rôle clé dans la réalisation de cette étape importante.

L'objectif à long terme est d'aider les pilotes à se concentrer davantage sur la prise de décisions stratégiques et la gestion de mission. Ces évolutions contribuent à l'amélioration constante de la sûreté des opérations tout en diminuant la charge de travail des pilotes. Elles permettent à terme d'envisager l'amélioration de la gestion du trafic aérien et l'optimisation des futures opérations avec un seul pilote à bord.

Illustration 13

### L'IA, co-pilote de l'avion du futur

# THALES

PureFlyt est le Flight Management System du futur. Disponible à partir de 2024, il permettra de prendre de meilleures décisions afin d'améliorer la performance et la réactivité de l'avion durant les phases complexes d'atterrissage et de décollage. Il permettra aussi de contrôler et d'adapter en permanence la trajectoire de l'avion, afin d'optimiser les vols, de réduire la consommation de carburant et d'améliorer le confort des passagers.

L'IA prend ses décisions sur la base d'informations plus nombreuses que les décisions traditionnelles, et calcule en temps réel des trajectoires alternatives pour réagir rapidement en cas de contrainte ou de changement de plan.

Parmi les innovations distinctives de PureFlyt, l'IA utilise des données publiques comme les informations météorologiques.

PureFlyt repose sur des capacités technologiques très avancées d'IA et a accumulé une expérience inégalée, grâce à la simulation de 2 milliards de scénarios tests, l'équivalent de 100 millions d'heures de vol.

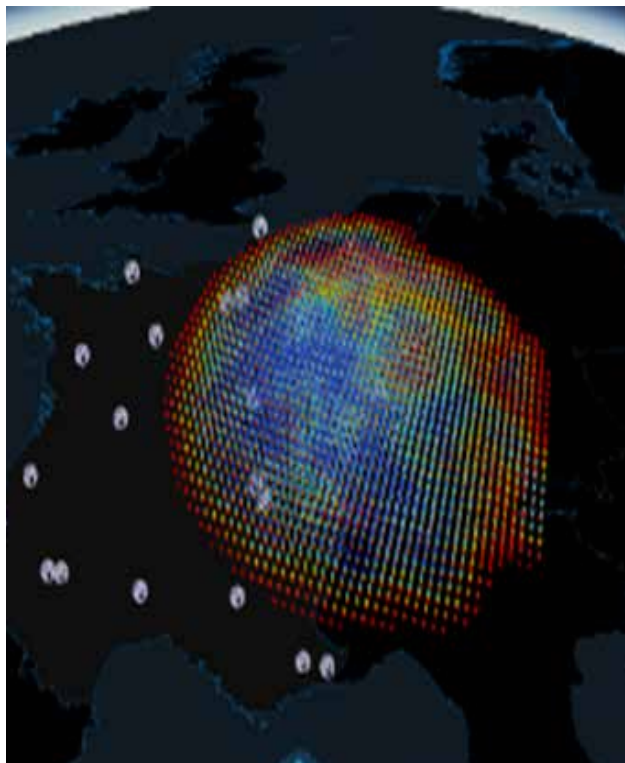


Illustration 14

## Des pneumatiques plus efficaces grâce au recours à l'IA



Le leadership de Michelin repose sur un siècle d'investissements dans la compréhension de la physique des pneumatiques, et dans des tests très poussés de chaque prototype. L'IA est désormais une technologie additionnelle utilisée pour apporter des informations complémentaires plus précises sur la base de données historiques et de tests.

En combinant tests physiques et Data Science pour simuler la performance matérielle, technique ou industrielle des pneumatiques, Michelin vise de multiples bénéfices : optimisation des coûts de R&D, réduction des délais de mise sur le marché des innovations, amélioration de la sécurité des utilisateurs finaux, et réduction de l'empreinte

carbone du produit fini grâce à des qualités encore améliorées (résistance au roulement, durée de vie).

L'emploi de l'IA est rendu possible grâce à la collaboration des équipes R&D internes avec leur écosystème, en particulier la chaire IA de l'ENS Saclay et l'IRT System X.

# Santé

La santé génère un large volume de données en lien avec le nombre de données patients et d'examens passés chaque année. Ce volume important d'informations, à la fois précieuses et sensibles, confère à l'IA un rôle de plus en plus stratégique dans le traitement utile et proportionné des données de santé. Leur exploitation permet d'ajuster les politiques publiques, à l'instar de la gestion de la pandémie de COVID-19, mais également de favoriser l'émergence et l'amélioration des traitements médicaux mis en œuvre par des acteurs privés. Ainsi, que l'on parle de suivi des patients, d'aide au diagnostic ou de prise en charge prédictive, une réelle réorganisation des parcours patients se met en place grâce à l'Intelligence Artificielle. Dans le cadre de la lutte contre la COVID-19, Inria a mis en place dès mars 2020 une mission pour coordonner la mobilisation des ressources de l'institut dans la lutte contre cette maladie. Les équipes d'Inria travaillent par exemple en collaboration avec l'AP-HP pour développer des outils basés sur les techniques d'IA. Ceux-ci visent à assurer un suivi permanent des flux de patients COVID-19 transitant par l'un des 39 hôpitaux de

l'AP-HP. Également, en étroite collaboration avec le CHU de Rennes, ces outils utilisent la réalité virtuelle dans la rééducation des patients atteints de la COVID-19. Inria travaille par ailleurs sur un projet qui utilise l'apprentissage profond pour prédire l'évolution de la maladie à partir des images CT-scan thoraciques et des données cliniques enregistrées à l'admission du patient. Plus généralement, depuis 2007 la France collecte un grand nombre de données venant des régimes d'Assurance Maladie. Cet effort de collecte lui permet aujourd'hui de disposer d'un atout unique dans le développement de l'IA pour la santé. L'ouverture en 2019 du « Health Data Hub » par le Ministère de la Santé en témoigne, avec une plateforme permettant de multiplier les opportunités d'exploitation des données de vie réelle et une mission favorisant clairement le développement de l'IA.

## Exemples de bénéfices apportés par l'IA

### Recherche

- Amélioration et optimisation des essais cliniques
- Identification de signatures génétiques
- Recherche de traitements

#### CNRS / INRIA

Les essais cliniques réinventés et améliorés grâce à l'IA

Illustration 16

### Prévention

- Identification des modes de transmission des maladies, recherche épidémiologique
- Suivi médical intelligent
- Pharmacovigilance en temps réel
- Aide au diagnostic

### Soins

- Médecine personnalisée en fonction des antécédents et du profil patient
- Alertes automatiques en cas de dégradation de l'état de santé

#### INRIA

L'IA au service de la rééducation des patients souffrants d'atteintes neurologiques

Illustration 15

#### Thales / Ministère des armées

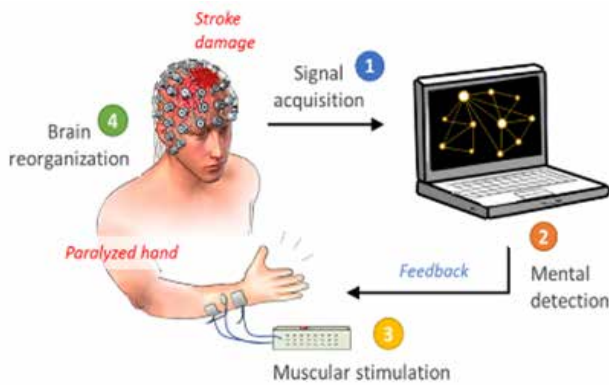
L'IA au service des radiologues pour les aider lors du diagnostic de la COVID-19 des scanners thoraciques

Illustration 17



Illustration 15

## L'IA au service de la rééducation des patients souffrant d'atteintes neurologiques



*Inria*

Le prototype d'interface à destination des patients paralysés bénéficie d'interfaces homme-machine améliorées grâce à de nouveaux outils d'analyse des données cérébrales.

La qualité et la durée du rétablissement peuvent être améliorées, tout en réduisant les coûts socio-économiques, et en permettant de faire progresser la compréhension des mécanismes biologiques de la plasticité neuronale.

Ces avancées reposent sur des plateformes de neuroimagerie avancées, des outils puissants de machine learning, ainsi que sur un effort multidisciplinaire impliquant à la fois des ingénieurs et des neurologues.

Illustration 16

## Les essais cliniques réinventés et améliorés grâce à l'IA

*Inria*



Les technologies avancées d'IA assistent les acteurs pharmaceutiques et biotechnologiques dans le développement d'essais thérapeutiques et dans l'amélioration des chances de cibler les bons patients, en particulier pour les maladies neurodégénératives affectant le cerveau. L'algorithme repose avant tout sur la capacité à simuler la progression de la maladie de manière précise au niveau de chaque patient, et à l'afficher sur des tableaux de bord personnalisés.

La solution permet de suivre et de contrôler l'effet d'un médicament au niveau d'un individu en capitalisant sur de nombreuses fonctionnalités et données comme l'imagerie et les données cliniques. Elle permet de détecter les patients qui bénéficient d'effets plus concluants lors des essais cliniques, révélant les facteurs les plus affectés par les médicaments.

L'algorithme repose sur une communauté open source et sur des innovations mathématiques brevetées. Des contacts prometteurs avec des investisseurs, des industriels et des biotechs ont été établis et ont mené à la conclusion de premiers contrats. De plus, l'équipe bénéficie d'un écosystème académique et industriel très structuré.



Illustration 17

## L'IA au service des radiologues pour l'aide au diagnostic de la COVID-19 à partir des scanners thoraciques

# THALES



Thales, avec l'aide de l'Agence Innovation Défense et en collaboration avec le NEHS Digital, a développé une solution basée sur l'Intelligence Artificielle qui permet aux professionnels de santé d'obtenir un diagnostic préliminaire grâce à une analyse des images pulmonaires du scanner.

La solution vise à améliorer les soins aux patients en permettant aux équipes médicales d'améliorer leur prise en charge et de hiérarchiser les cas en fonction de l'urgence médicale réelle.

Ce projet bénéficie de l'expertise à long terme de Thales en radiologie et en technologies numériques, ainsi que de la solide implantation de NEHS Digital au cœur des hôpitaux français avec des solutions dédiées à la télémedecine.

Ce projet de grande envergure crée véritablement un précédent dans la gestion des pathologies futures, car il est l'une des premières étapes pour soutenir la pratique des radiologues avec l'IA dans le contexte de la COVID-19. Il pourrait être reproduit pour d'autres pathologies dans un proche avenir.

## Banque et assurance

Du front office au back office, tous les métiers de la banque, de la finance et de l'assurance sont impactés par les possibles applications de l'Intelligence Artificielle. Agents conversationnels, logiciels apprenants pour la prise de décision du conseiller ou encore trading automatisé, l'IA se met au service de la connaissance client et de la conformité, socle de la confiance entre une institution financière et ses parties prenantes.

Les systèmes actuels de détection de fraudes et de lutte contre le blanchiment peuvent être améliorés par de l'IA et des algorithmes d'apprentissage qui, bien configurés, montrent des capacités de détection supérieures à l'humain.

Dans les activités de marché, une part importante du trading se fait sous forme d'algorithmes avec des micro-arbitrages à haute fréquence. Sous réserve d'être en phase avec les

régulateurs, une IA embarquée serait également de nature à améliorer le trading algorithmique.

En banque de détail et dans le monde de l'assurance, l'expérience client et la recommandation de produits sont des activités essentielles, nécessitant l'exploitation fine des informations disponibles sur le client. Or, un système IA est en mesure de détecter des événements porteurs de sens sur les comptes bancaires ou dans la vie du client.

### Exemples de bénéfices apportés par l'IA



#### Expérience client

L'IA qui facilite la lisibilité des relevés de compte

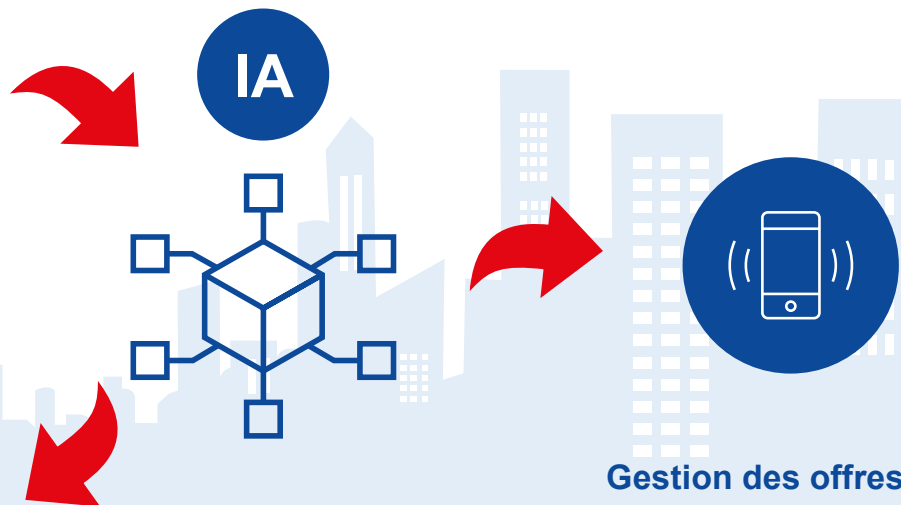
*Illustration 19*



#### Gestion des clients

L'IA pour mieux détecter et contrer les fraudes

*Illustration 18*



#### Gestion des offres

Recommandation personnalisée des produits d'assurance ou bancaires

Détection des clients « fragiles » pouvant résilier leurs contrats

Ciblage intelligent des clients qui pourraient acheter/souscrire des produits additionnels

Illustration 18

### L'IA pour mieux détecter et contrer les fraudes

Initialement créé pour accompagner la détection des fraudes et les enquêtes associées, AXA Sherlock évalue intelligemment les sinistres suspects portés à la connaissance des experts des équipes spécialisées.

La solution a trois usages principaux :

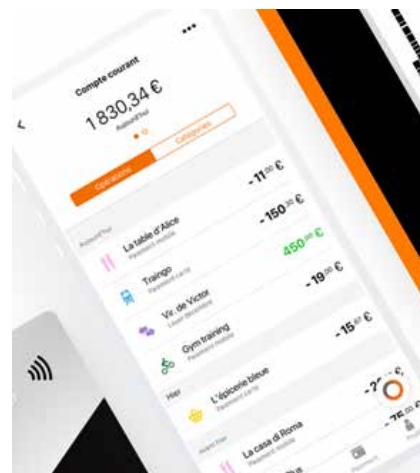
- Détecter les fraudes : repérer des schémas de fraude connus ou nouveaux grâce à l'IA et au machine learning
- Enquêter sur les fraudes : construire et visualiser les réseaux et connexions liés aux fraudes
- Suivre et améliorer : suivre les activités et les économies réalisées

Déjà déployé en France, en Italie et en Chine, Sherlock permet d'améliorer la lutte contre les fraudes, d'optimiser le temps passé par les spécialistes, tout en continuant à s'améliorer en permanence, grâce à un co-développement continu de la solution.



Illustration 19

### L'IA pour faciliter la lisibilité des relevés de compte



Les relevés d'opérations dans les applications bancaires ou dans les espaces clients en ligne sont parfois mal présentés et peu évidents à comprendre.

Orange Bank propose un système utilisant l'IA qui peut enrichir les relevés de transactions avec des informations additionnelles pour une meilleure lisibilité et une expérience utilisateur améliorée. À chaque transaction, le système fait correspondre en temps réel des images, des URL, ou des informations de contact.

La satisfaction client est ainsi améliorée, ce qui assure une plus grande fidélité. Ce système permet par ailleurs d'aider à la détection de tentatives de fraudes.

L'IA de cette solution a recours au *Text Mining* et au *Deep Learning* pour associer à chaque transaction un vendeur précis (restaurant, commerce, etc.).

## Opérations 4.0

Les bénéfices de l'IA appliquée au monde de l'industrie sont multiples : de meilleurs rendements, une automatisation des processus, des usines plus sécurisées.

Basée sur la combinaison de l'IoT (capteurs, caméras, micros) et de l'Intelligence Artificielle, la maintenance prédictive permet de connaître l'état des machines à tout moment. Le but est de pouvoir réussir à déceler les signes de fatigue de certaines pièces afin de les remplacer avant leur rupture, et ainsi d'anticiper et réduire l'arrêt brutal des opérations.

L'optimisation de la chaîne de production est une autre problématique des industriels, notamment en ce qui concerne l'anticipation de la demande, qui suppose d'être capable d'optimiser le formatage des moyens de production au cours du temps.

Il s'agit de l'un des enjeux principaux du fonctionnement de l'usine du futur. Ce gain en agilité est aujourd'hui à portée de main grâce à la mise en place d'écosystèmes ultra-connectés.

Grâce à la détection de signaux faibles, l'Intelligence Artificielle peut estimer la demande client et envoyer l'ordre aux usines d'intensifier ou de diminuer leurs productions. Les dirigeants prennent conscience du potentiel ROI d'une supply chain optimisée, la supply chain devenant un élément de compétitivité à part entière. Grâce à l'IA, il est possible d'éviter de potentielles ruptures de la chaîne de production et d'analyser en temps réel la position et l'état de la marchandise transportée.

Enfin, de nouveaux cas d'usage de l'Intelligence Artificielle en industrie 4.0 sont envisagés par les simulations automatiques via le développement des jumeaux numériques.

### Exemples de bénéfices apportés par l'IA

#### Services et maintenance

La maintenance prédictive de dernière génération, avec jusqu'à 24 000 capteurs par avion

*Illustration 20*



La maintenance des infrastructures facilitée par l'analyse vidéo intelligente

*Illustration 22*



#### Production

L'IA et la réalité augmentée pour aider les opérateurs de production

*Illustration 21*



#### Distribution et logistique

L'IA permet une optimisation intelligente de la chaîne logistique de bout en bout

Illustration 20

### La maintenance prédictive de dernière génération : jusqu'à 24 000 capteurs par avion

La Maintenance prédictive permet d'éviter les opérations de maintenance inutiles, et de planifier les interventions nécessaires de manière optimale pour assurer une meilleure sécurité des avions. Une solution reposant sur l'IA est déjà utilisée par Air France - KLM pour sa flotte ainsi que par d'autres compagnies aériennes.

Cela permet non seulement d'améliorer la fiabilité et la sécurité, mais également de limiter les délais techniques, d'optimiser les coûts de maintenance, et de maximiser le temps disponible de chaque avion.

Un modèle d'IA a été développé en interne. Il repose sur l'analyse de multiples données. Par exemple, pour un Airbus A380, les données sont collectées par 24 000 capteurs, 1,6 Go est généré par vol, puis sont enregistrées à 4 Hz.



Illustration 21

### Le Digital Manufacturing : de nouvelles technologies au service des équipes



Les opérateurs en usine sont au cœur de la transformation digitale de Michelin. Le Groupe mise sur le potentiel des personnes couplé aux technologies numériques pour renforcer la performance de ses usines. Des technologies qui doivent avant tout être au service des personnes.

La digitalisation des usines, dite de « digital manufacturing », s'appuie sur un solide système de production, et sur l'autonomie et la responsabilisation pour créer de la valeur. L'exploitation intelligente de l'ensemble des données de fabrication permet en effet de disposer en temps réel de toute l'information pertinente, de prendre les décisions au plus près des opérateurs et de disposer des outils de partage et d'analyse avancée. Un atout indéniable, car l'ambition est de rendre les équipes autonomes, capables de définir et de trier les informations pertinentes dont elles ont besoin pour prendre les bonnes décisions. Ce plan de transformation digitale se poursuit grâce au déploiement de cas d'usage par les usines elles-mêmes.



Parallèlement, avec FactoLab, un laboratoire commun de recherche public / privé, ce sont les interactions Homme / Machine qui sont étudiées dans toutes leurs dimensions (intellectuelles, physiques ou psychologiques).

Parmi les nombreuses technologies numériques en cours de déploiement, on peut citer l'utilisation de tutoriels en réalité augmentée pour faciliter certaines opérations de maintenance, les bracelets ou montres connectées ou encore le support digitalisé pour le management de la performance au quotidien, visant à permettre aux opérateurs d'anticiper les dérives et d'assurer la performance attendue tout en améliorant l'expérience utilisateur et le pilotage d'ilots.

Illustration 22

## La maintenance des infrastructures facilitée par l'analyse vidéo intelligente



Engie utilise des données vidéos « augmentées » pour améliorer ses services de maintenance et de réparation d'actifs.

Côté utilisateur, la solution se présente sous la forme d'une plateforme de notes audio et vidéo, avec une navigation facilitée par un tableau de bord permettant de naviguer entre les différents contenus.

Techniquement, cette plateforme repose sur l'IA, qui extrait des données opérationnelles pour en faire de vraies informations structurées, exploitables et accessibles aux utilisateurs, de nature à améliorer les processus existants (par ex : remplacement de champs de formulaires manuscrits).

À terme, les opérations de maintenance pourront être encore mieux anticipées (maintenance prédictive) grâce à une intégration encore améliorée dans les systèmes d'entreprise.



# Une position de leader dans le développement d'une IA pour le bien commun

## Les entreprises françaises se sont mobilisées pour développer une IA explicable et responsable

L'un des enjeux actuels majeurs de la recherche en Intelligence Artificielle est de rendre compréhensible le processus de décision par l'IA, en d'autres termes de combattre l'image de « boîte noire » que peuvent avoir bon nombre d'algorithmes. Si l'IA est aujourd'hui surtout présente dans des domaines d'application peu sensibles, elle sera demain présente dans des domaines d'applications plus critiques (véhicules autonomes, robotique, diagnostic médical et protocoles de soins individualisés, finance). Ainsi, elle devra être toujours plus fiable et explicable. Ce souci a été souligné dans la stratégie nationale de 2018 suite au rapport Villani sur l'IA, recommandant d'investir dans trois axes de recherche : la production de modèles plus explicables, la mise en place d'interfaces utilisateurs plus intelligibles et la compréhension des mécanismes cognitifs à l'œuvre. Ainsi, en réponse à cette problématique, le CNRS a développé un package d'interprétation dans le langage de programmation Python (Ethik AI), permettant une meilleure explicabilité des décisions et de la validité des algorithmes d'IA. Inria travaille sur un framework appelé REGALIA<sup>13</sup>, dont l'ambition est de développer une boîte à outils de logiciels de régulation des algorithmes des plateformes numériques à destination des autorités de régulation. L'École polytechnique conduit quant à elle une recherche fondamentale à long terme pour rendre l'IA plus « sûre » en développant des preuves mathématiques, générées automatiquement, du bon comportement des

CPS (nouvelle génération de systèmes embarqués interconnectés). L'archive de codes source de logiciels, Software Heritage<sup>14</sup>, contribue aux objectifs de la Science Ouverte en garantissant la pérennité, la disponibilité et la traçabilité des codes sources sur lesquels s'appuient les travaux de recherche, facilitant ainsi la reproductibilité, la vérifiabilité et la réutilisation des résultats.

En juillet 2019, le gouvernement, les universités, les laboratoires de recherche et les industriels français ont signé un manifeste pour l'Intelligence Artificielle au service de l'industrie, dont l'objectif principal est de faire de l'IA une source de croissance et d'emploi. Tout en se positionnant dans une démarche d'innovation ouverte, les industriels signataires de ce manifeste identifient les thématiques d'intérêt commun suivantes propres à l'utilisation de l'IA dans des environnements industriels : la confiance, l'explicabilité voire la certification de l'IA, les systèmes embarqués, l'IA pour la conception, la simulation, le développement, les tests et la logistique, l'IA appliquée à la maintenance et à l'industrie 4.0, ou encore la problématique de la très haute performance, la fiabilité, la robustesse, et plus généralement l'IA dans les systèmes critiques. La signature de ce manifeste est ouverte à d'autres acteurs (industriels, PME et startups, organismes de recherche) qui en partagent la vision, les besoins et les enjeux stratégiques dans l'objectif de faire de l'IA un moteur de croissance et d'emploi dans l'industrie française.



### École polytechnique

Preuves mathématiques de sûreté et de sécurité pour les systèmes embarqués de dernière génération

Illustration 23

### CNRS

Contrôle de l'équité et du biais pour améliorer les applications d'IA

Illustration 24



### Engie / Orange

Réduction de la consommation d'énergie grâce aux prédictions intelligentes

Illustrations 26 et 27

### AXA

Réduction des biais indésirables pour une IA responsable

Illustration 25

## La France est à l'initiative au niveau mondial du développement d'une IA éthique et non-discriminatoire

Au vu des avancées rapides de l'Intelligence Artificielle au cours des dernières années, il devient essentiel d'aborder le problème du biais dans les processus qui se basent sur l'IA. En effet, l'objectif est d'atteindre des modèles d'IA non biaisés, c'est-à-dire non discriminatoires envers certains groupes de population. Ainsi, l'un des premiers leviers qui semble se dessiner est une diversification des profils clés de l'IA : programmeurs, data scientists. Parce qu'ils sont créés par des humains ayant de possibles biais internes, les modèles d'IA reproduisent ces préjugés et normes sociales. Comme des pages blanches, il tient à leurs créateurs de les façonner de manière neutre. Mais il est aussi important de développer des solutions d'IA en prenant conscience des biais qui peuvent s'opérer. Ainsi, dans le domaine de l'assurance, AXA a développé des modèles d'optimisation dans l'hypothèse de l'existence de biais indésirables. Le CNRS fournit quant à lui une méthodologie, des outils ainsi que des métriques pour détecter, mesurer puis corriger les biais dans les décisions algorithmiques.

Les chercheurs français se focalisent aussi sur la capacité de l'IA à répondre à quelques grands défis planétaires.

Depuis la publication du rapport Villani, un accent accru a été porté sur l'impact social et environnemental du développement de l'IA. L'objectif est de saisir les opportunités présentées par l'Intelligence Artificielle dans la résolution des grands défis sociétaux auxquels la France et le monde sont confrontés : accessibilité, inégalités, environnement, santé, agriculture, handicap.

Dans le secteur de la Sécurité et de la Défense, dans le cadre du projet IA Frugale, Thales a pensé la plateforme Calypso pour une faible consommation en énergie et une diminution de taille. Dans le secteur de l'Énergie, Engie utilise des algorithmes de machine learning basés sur des données satellites pour prédire la production d'énergie à court terme, ce qui permet l'élaboration d'un système de gestion de l'énergie pour les petites collectivités (illustration 26). Enfin, Orange a développé un outil basé sur l'IA qui permet de surveiller la consommation énergétique de son réseau de télécommunications, de la comparer avec les valeurs prévues et de prescrire des actions correctives (illustration 27).

La France et ses partenaires internationaux ont lancé le Partenariat mondial sur l'Intelligence Artificielle (PMIA<sup>15</sup>) en juin 2020. Cette initiative internationale et multipartite a pour objet de guider le développement et l'utilisation responsable de l'IA, dans un esprit de respect des droits de l'Homme, d'inclusion, de diversité, d'innovation et de crois-

Illustration 23

### L'IA apporte des preuves de sûreté et de sécurité pour les systèmes embarqués de dernière génération

L'objectif est de fournir aux entreprises qui produisent des objets communicants intelligents et aux régulateurs des preuves (et non pas seulement des tests) de leur sûreté et de leur sécurité, jusqu'alors jamais apportées à cette échelle avec des mécanismes d'IA complexes. Cela est rendu possible par le développement des preuves mathématiques du bon comportement des CPS (cyber-physical systems, nouvelle génération de systèmes embarqués interconnectés), même en cas d'incertitudes.

Cette recherche rigoureuse vise à améliorer la sécurité, l'efficacité, la fiabilité mais aussi l'explicabilité des CPS, argument clé pour gagner en acceptation sociale (par exemple, pour les voitures autonomes).

La recherche fondamentale à long terme représente une partie importante de cet effort, qui nécessite notamment le recrutement de talents de premier plan en mathématiques et en informatique. De nouvelles méthodes et techniques d'apprentissage, avec des garanties d'IA « sûres » devront ainsi être développées. Il faudra aussi effectuer de véritables tests à l'échelle industrielle, d'où l'importance de relations étroites entre les efforts publics et privés.



Illustration 24

## Introduction du contrôle de l'équité et du biais pour améliorer les applications d'IA

L'objectif est de fournir une méthodologie, des outils et des métriques pour détecter, mesurer puis corriger les biais dans les décisions algorithmiques. En effet, l'apprentissage automatique transforme le biais de données en décisions causales, de sorte que des données déséquilibrées peuvent conduire à des décisions biaisées (et éventuellement injustes ou sans rapport avec le modèle physique ou médical qui est à l'étude).

Qu'il s'agisse d'applications à des fins sociétales (équité et IA éthique) ou d'applications médicales à l'échelle industrielle, les applications sont nombreuses : fusion de bases de données de différents types de cohortes médicales (avec l'Inserm), suppression de l'effet « blue shift » dans les images satellites (Thales), ou encore prévision de la distance d'atterrissage d'un avion (Airbus). Enfin, cela permet aussi de certifier des algorithmes pour des systèmes plus critiques en contrôlant l'effet de biais.

Ce projet a été développé en collaboration avec des ingénieurs de recherche de Thales, Airbus, Renault, IRT ainsi que des ingénieurs de recherche espagnols, allemands et d'autres institutions françaises (IMT et IRIT Toulouse) à l'origine de plusieurs publications en mathématiques et intervenant dans des conférences de machine learning. Il est basé sur plusieurs théories comme le transport optimal, les barycentres de Wasserstein ou encore le Deep Learning.



Illustration 25

## Développement d'outils et de techniques SOA pour une IA responsable

Pour relever les défis éthiques et sociétaux générés par l'IA, il est essentiel de développer de nouveaux outils permettant de réduire les risques liés à l'opacité, à la discrimination et à la fiabilité des résultats produits par les algorithmes de machine learning.

Il est urgent de créer les conditions de systèmes d'IA fiables, celles-ci étant de la plus haute importance pour la protection des consommateurs et pour le respect de la réglementation.

Dans le domaine de l'assurance, AXA a développé et réalisé :

- Une bibliothèque de nouvelles techniques de modèles interprétables de machine learning utilisées par des entités comme AXA Partners & AXA Direct Assurances
- Des modèles d'optimisation tenant compte des biais indésirables avec AXA Direct Assurance
- Un « white paper » sur la réglementation du machine learning pour renforcer les principes et les bonnes pratiques au niveau de chaque entité

Ces projets ont été menés en co-création avec l'Université d'Anvers (Belgique), l'Université de la Sorbonne (France), l'EPFL (Suisse) et en partenariat avec Inria pour promouvoir les outils open source comme scikit-learn.



sance économique. Afin d'atteindre cet objectif, l'initiative vise à jeter des ponts entre la théorie et la pratique. Elle soutient des activités de recherche de pointe ainsi que des activités de mise en application concrète liées aux priorités en matière d'IA.

Le PMIA est l'aboutissement d'une idée développée au sein du G7, sous les présidences canadienne et française. Les 15 membres fondateurs du PMIA sont l'Allemagne, l'Australie, le Canada, la République de Corée, les États-Unis, la France, l'Inde, l'Italie, le Japon, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, le Royaume-Uni, Singapour, la Slovénie, et l'Union Européenne. L'Espagne, les Pays-Bas, la Pologne et le Brésil ont rejoint l'initiative en décembre 2020, portant à 19 le nombre de ses membres. Le Canada a exercé la présidence du PMIA jusqu'à novembre 2020. La France, qui avait été désignée comme vice-présidente "montante", en exerce la présidence depuis cette date.

Le travail du PMIA est présenté chaque année lors d'une plénière multipartite composée d'experts réunissant des représentants de la science, de l'industrie, de la société civile, de syndicats, d'organisations internationales et de gouvernements. Quatre groupes de travail mènent des réflexions sur les thèmes suivants :

1. *L'IA responsable* – groupe co-présidé par Yoshua Bengio et Raja Chatila (avec un sous-groupe sur l'IA et les réponses à la pandémie - co-présidé par Alice Oh et Paul Suetens)
2. *La gouvernance des données* – groupe co-présidé par Maja Bogataj Jančič et Jeni Tennison
3. *L'avenir du travail* – groupe co-présidé par Wilhelm Bauer et Yuko Harayama
4. *L'innovation et la commercialisation* – groupe co-présidé par Jean-François Gagné et Françoise Soulié-Fogelman

Le PMIA est appuyé par un secrétariat, hébergé par l'OCDE à Paris, ainsi que par deux centres d'expertise. Le premier se situe à Paris et est piloté par Inria. Le second est situé à Montréal : il s'agit du Centre d'Expertise International en Intelligence Artificielle (CEIMIA).

Le Centre d'expertise de Paris soutient les travaux des groupes de travail sur l'avenir du travail, et sur l'innovation et la commercialisation. Il apporte également son soutien aux instances de gouvernance du PMIA.

## La France est à la pointe dans l'utilisation de l'IA pour un développement plus durable

Chaque année, notre société consomme de plus en plus d'électricité et de ressources naturelles. Dans son rapport sur l'IA, Cédric Villani estime que la consommation énergétique du numérique est en augmentation de 8,5 % par an et que, d'ici 2030, sa part dans la consommation mondiale d'électricité pourrait atteindre entre 20 et 50 %. L'IA semble en être l'une des causes, mais également l'une des solutions.

Les transitions écologique et énergétique peuvent être accélérées par le développement de l'IA. De nombreuses initiatives la mettent déjà au service de la lutte contre la pollution, de l'efficacité énergétique et de la préservation de l'environnement. En effet, beaucoup de groupes industriels se sont déjà positionnés pour faire la chasse au gaspillage énergétique. La maîtrise des processus industriels peut entraîner des gains énergétiques conséquents, permettant de surcroît un gain financier.

L'intermittence des énergies renouvelables, ou encore plus récemment la prévision de la demande énergétique dans une situation exceptionnelle comme la pandémie de COVID-19 sont deux exemples de la complexité pour les énergéticiens de maîtriser l'équilibre offre-demande. Les grands énergéticiens français travaillent depuis plusieurs années sur l'IA comme solution à ces problématiques, permettant par exemple d'assurer l'autosuffisance énergétique des smart cities (illustration 26). Aujourd'hui, 27 villes de France développent des services intelligents, de l'open data aux smart grids, en passant par les véhicules autonomes.

L'un des autres axes de travail pour rendre l'IA responsable durablement est la diminution de l'énergie nécessaire à son fonctionnement. Thales propose ainsi une solution IA bien moins consommatrice en énergie qu'auparavant, divisant par cent ses besoins.

Enfin, pour que l'IA soit un catalyseur de la transition écologique, l'État français préconise de mettre à disposition des chercheurs les données relatives à ces sujets : climat, météo, transport, biodiversité.

Illustration 26

### L'IA est utilisée pour prédire la génération d'électricité solaire afin d'améliorer l'autonomie et le mix énergétique



La prévision de génération d'électricité à court terme utilise des images satellite et permet de développer un « Energy management system » à destination des petites communautés. Les prévisions comprennent à la fois la production locale d'énergies renouvelables et son stockage. Par ailleurs, l'analyse d'image par IA permet la maintenance prédictive des panneaux photovoltaïques par la détection automatique de défaut. Engie travaille avec la Chaire DSAIDIS de Télécom Paris sur « l'explicabilité » des résultats obtenus avec ces modèles IA.

Premiers résultats: 5 à 10% d'amélioration de la performance, permettant de réduire les déséquilibres.

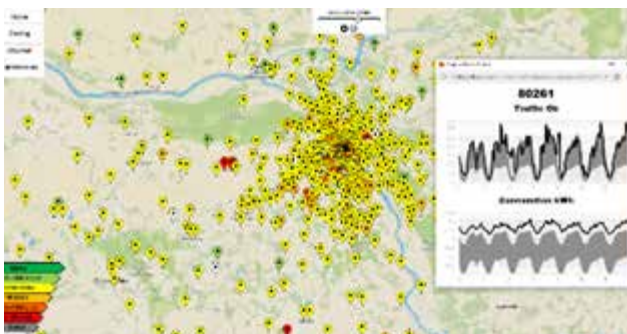
Illustration 27

### L'IA permet de réduire la consommation d'énergie des réseaux télécoms

Un outil utilisant l'IA a été développé pour améliorer l'efficacité énergétique des réseaux de téléphonie mobile (au niveau des stations de transmission de base « BTS »). Cet outil permet de suivre la consommation d'électricité de chaque station, et de la comparer à une consommation prévisionnelle ainsi qu'à la consommation d'autres stations comparables. En cas de surconsommation identifiée, l'IA propose des pistes d'identification du problème et recommande des actions correctrices.



Cette initiative contribue déjà au programme Green ITN 2020 lancé par Orange, ayant permis d'économiser 1 milliard d'euros de dépenses en énergie en dix ans, dont une part significative grâce à l'IA lors des deux dernières années. Orange vise désormais la neutralité carbone à horizon 2040 et pourra s'appuyer sur l'IA pour relever ce défi.





# ET AUJOURD'HUI

La pandémie mondiale de COVID-19 a profondément bouleversé nos modes de vie, nous obligeant à adapter nos interactions sociales et renforçant l'utilisation des canaux digitaux. L'accélération technologique liée à ces changements conduit à une très forte croissance du numérique dans tous les secteurs.

Avec cette crise, les organisations et les gouvernements ont pris toute la mesure de l'importance stratégique du numérique et de l'Intelligence Artificielle, ce qui les a conduits à investir davantage et plus durablement dans ces domaines technologiques. Dans ce contexte, l'Expo 2020 de Dubaï, qui a dû être reportée d'une année et qui a été invitée à se réinventer dans un modèle toujours plus numérique, est à nouveau l'opportunité pour la France de démontrer son leadership en IA au travers de ses Écoles, de sa recherche, de ses startups toujours plus nombreuses et de ses entreprises en pointe dans les principales industries qui sont au cœur du développement sociétal et humain dans le monde.

Les initiatives mises en avant dans Les Carnets de Dubaï couvrent la majorité des grandes thématiques de l'Exposition Universelle et mettent en évidence les impacts concrets des activités de la France en IA : par exemple, l'Éducation et la formation des talents, les Villes et les initiatives lancées sur les nouvelles mobilités, le Climat et la préservation de la planète, la Santé et l'innovation médicale, la gestion des enjeux autour de la Paix et de la Sécurité, ou encore la demande d'une Consommation plus durable.

C'est dans cette optique que le groupe de travail a rédigé un document qui entend refléter à ce jour le potentiel de la France en matière d'IA, une Intelligence Artificielle explicable, transparente et éthique qui peut s'adapter et aider l'humain dans ces différents domaines. Le groupe de travail IA souhaite à tous les visiteurs du pavillon français une très bonne visite à l'Exposition Universelle de Dubaï.

# LE GROUPE DE TRAVAIL

Ce rapport a été réalisé par le groupe de travail dédié à l'Intelligence Artificielle, en préparation de la participation de la France à l'Expo 2020 de Dubaï.



Anne Lange



Erik Linquier



Éric Labaye



Christophe Perignon



Raphaël Alomar



Renaud Vedel



Emmanuel Bacry



Olivier Clatz



Emmanuel Chiva



Michaël Krajecki



Bruno Sportisse



Antoine Petit





Christelle Bourdeu

**AIRBUS**



Frédéric Sutter

**AIRBUS**



Romain Melet

**AIRFRANCE**



Marcin Detyniecki



Gérard Guinamand



Fayçal Boujemaa



Gilles Colas des Francs



Marko Erman

**THALES**



Xavier Cimino

**McKinsey  
& Company**



Pierre Soumoy

**McKinsey  
& Company**

*Le Groupe remercie les équipes de McKinsey & Company pour leur rôle de coordinateurs des échanges entre ses membres et de valorisation de ses travaux.*

# NOTES

- 1 p. 8: Stanford research, 2020
- 2 p. 8: McKinsey Global Institute, *Notes from the AI frontier: tackling Europe's gap in digital and AI*, 2019
- 3 p. 8: « Business to consumer », secteurs où les clients directs sont des particuliers, en tant que consommateurs finaux
- 4 p. 8: Stanford research, 2020
- 5 p. 9: <https://2017.stateofeuropeantech.com/>
- 6 p. 9: Rapport OPIIEC
- 7 p. 10: Centre National de la Recherche Scientifique, principal organisme public de recherche en France
- 8 p. 10: Institut National de Recherche en Sciences et Technologies du numérique, principal organisme public de recherche dédié au numérique en France
- 9 p. 11: <https://www.institutmontaigne.org/initiatives/objectif-ia>
- 10 p. 12: <https://scikit-learn.org/>
- 11 p. 14: <https://www.health-data-hub.fr/>
- 12 p. 26: Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
- 13 p. 37: <https://www.inria.fr/fr/pour-une-regulation-des-algorithmes>
- 14 p. 37: <https://www.softwareheritage.org>
- 15 p. 38: <https://www.gpai.ai/fr/>



*Think tank*  
« Connecter les esprits »

