

LOISIRS
& CULTURE

Énergie,
MOBILITÉ,
NUMÉRIQUE

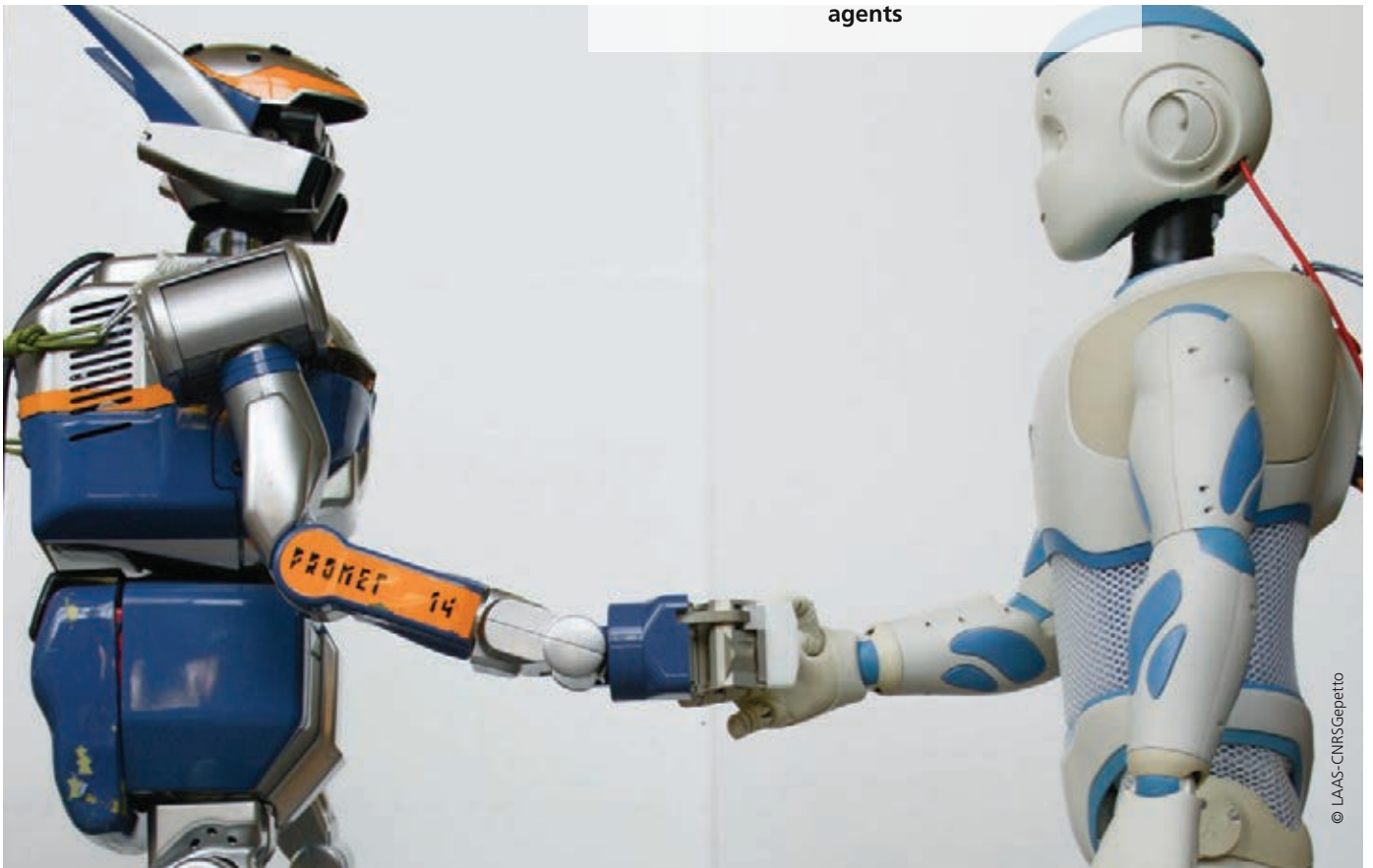
Environnement, Habitat,
SANTÉ ET BIEN-ÊTRE, SÉCURITÉ

Alimentation

➤ **Correspond à
une technologie clé 2015**

MOTS CLÉS

Apprentissage automatique;
Reconnaissance vocale et gestuelle;
Robotique de service; Aide à la prise de
décision ; Perception, Systèmes multi-
agents



Définition et périmètre

Définition

L'intelligence artificielle (IA) a pour objectif la construction d'entités « douées » d'intelligence. L'intelligence peut être décomposée en briques élémentaires pouvant être reproduites par une machine : l'IA tente donc de recréer ou « imiter » certaines aptitudes de l'intelligence humaine, comme la mémoire, le raisonnement, la prise de décision et la résolution de problèmes ou la perception. L'approche peut être empirique, en se basant sur le domaine interdisciplinaire des sciences cognitives, ou rationnelle, en combinant des outils mathématiques et informatiques pour modéliser le processus de la pensée et du comportement humain¹.

Sous-domaines de l'IA

Face à la diversité des facultés de l'intelligence humaine que l'IA est amenée à reproduire, il existe plusieurs sous-domaines :

- **Représentation des connaissances et raisonnement automatique.** Il s'agit de représenter des données qui peuvent être incomplètes, incertaines, ou incohérentes et de mettre en œuvre un raisonnement.
- **Résolution de problèmes généraux.** L'objectif est de créer des algorithmes généraux (recherche

heuristique) pour résoudre des problèmes concrets comme la résolution d'un jeu d'échecs par exemple. Ce sous-domaine fait notamment appel à la théorie des jeux, à la théorie des graphes, etc.

- **Traitement du langage naturel.** Ce sous-domaine vise à la compréhension, la traduction, ou la production du langage (écrit ou parlé).

- **Vision artificielle.** Le but est de créer des systèmes capables de comprendre les images et les vidéos pour reconnaître des objets, des véhicules, des personnes, des visages ou des chiffres par exemple.

- **Apprentissage automatique.** Cette branche de l'IA s'attache à concevoir des programmes capables de s'auto-modifier en fonction de leur expérience.

- **Les systèmes multi-agents.** Il s'agit de systèmes dans lesquels des agents artificiels opèrent collectivement et de façon décentralisée pour accomplir une tâche.

Il existe des liens très forts entre ces disciplines mais aussi avec la psychologie, les neurosciences, les sciences cognitives, la linguistique et l'économie. L'IA repose sur de très nombreux principes : la logique floue, la logique booléenne, le test de Turing, les algorithmes, les réseaux neuronaux, le pathfinding,

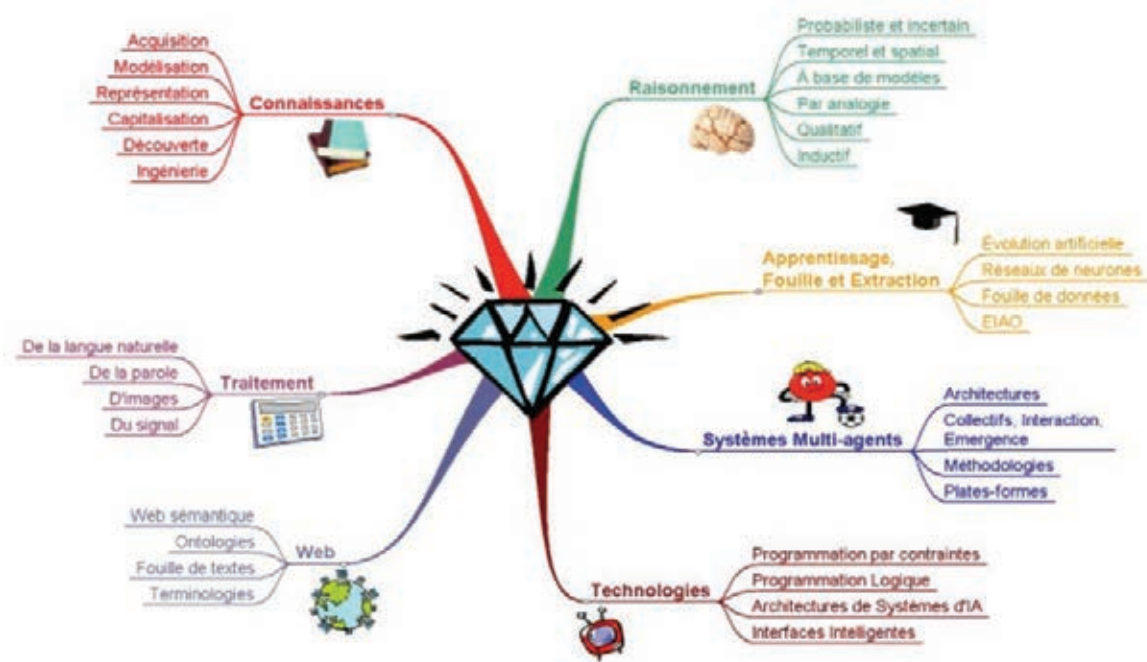


Figure 1 : Ramifications de l'IA selon l'AFIA IA et aide à la prise de décision

IA et aide à la prise de décision

Les IA actuelles fonctionnent en trois étapes : perception de l'environnement, décision qui fait appel au raisonnement et à l'apprentissage, action tournée vers l'environnement. Elles procurent souvent des éléments clés d'aide à la décision dans le diagnostic médical² ou la prise de décision comme sur les marchés financiers où les algorithmes du trading à haute fréquence (THF) génèrent seuls, sans intervention humaine, une bonne partie (40 %) des transactions sur les marchés boursiers. Cette aide à la prise de décision se retrouve dans le secteur de la robotique de service avec Nao et Pepper de la compagnie Aldebaran ou la famille de robots de l'entreprise française HAAPIE qui regroupe une série de compagnons domestiques polyvalents et interactifs, sociaux et cognitifs, capables d'apprendre et de comprendre les préférences des utilisateurs afin d'agir en fonction de leurs habitudes. Ils sont également utilisés dans le monde professionnel, afin de faciliter la recherche d'information et fournir une aide à la décision grâce à leur capacité à ingérer des grandes quantités de données. À titre d'exemple, l'algorithme VITAL est membre du conseil d'administration de DEEP KNOWLEDGE VENTURES et participe aux décisions d'investissement en analysant les bilans comptables des entreprises potentiellement intéressantes, la propriété intellectuelle...

Pourquoi cette technologie est-elle clé ?

Il y a un réel renouveau des recherches sur l'IA dû à la démocratisation de moyens de calculs puissants, à l'accès à des données massives (*Big Data*) et aux progrès enregistrés dans la conception et la fabrication de puces électroniques qui imitent le fonctionnement du cerveau³... On assiste également à une prise de conscience du besoin de confronter les systèmes IA au monde physique avec le domaine de la robotique⁴.

1 – TSCHIRHART F., 2009 ; *Réseaux de neurones formels appliqués à l'IA et au jeu, Mémoire de recherche, Paris, École Supérieure de Génie Informatique*, 90 p.

2 – Paristech review. Systèmes experts: jusqu'où peut-on automatiser l'intelligence? [en ligne]. <<http://www.paristechreview.com/2014/04/29/systemes-experts/>> [12 juin 2015].

3 – USINE DIGITALE. Deep learning, big data, réseaux de neurones... pourquoi l'IA revient-elle maintenant. [en ligne]. <<http://www.usine-digitale.fr/editorial/deep-learning-big-data-reseaux-de-neurones-pourquoi-l-intelligence-artificielle-revient-elle-maintenant.N327758>> [12 juin 2015].

4 – Industries & Technologies. Homme-robot ; les outils d'une relation réussie [en ligne]. <<http://www.industrie-techno.com/homme-robot-les-outils-d-une-relation-reussie.33087>> [12 juin 2015].

L'ANR estime que son aide sur le sujet s'élève, depuis sa création en 2005, à plus de 100 M€, ce qui correspond à un volume de recherche de l'ordre de 250 M€⁵.



Le déploiement de l'analyse prédictive grâce au Big Data et à l'IA

L'apparition de nouvelles technologies d'apprentissage automatique (machine learning) rend possible l'analyse et la corrélation de données massives par les machines capables d'en tirer des conclusions. Le «Deep Learning» a été classé parmi les dix technologies d'avenir en 2013 par le MIT (Massachusetts Institute of Technology)⁶. L'IA, associée au Big Data, amorce le déploiement de l'analyse prédictive, qui consiste à anticiper les phénomènes politiques, économiques et sociaux et répond à des enjeux de sécurité forts. Skynet, l'algorithme « intelligent » de surveillance de la NSA, utilise les données mobiles pour identifier de potentiels terroristes. Au-delà de cette application controversée, la recherche applique l'IA à la prédiction et l'amélioration de la gestion de catastrophes humaines, naturelles et technologiques comme les séismes⁷, les feux de forêts⁸, les déraillements de train, ... La National Science Foundation, la Japan Science et la Technology Agency financent d'ailleurs un programme

5 – ANR. [en ligne]. Les cahiers de l'ANR n°4. IA et robotique «Confluences de l'Homme et des STIC». <http://pages.isir.upmc.fr/~gas/pam/img_auth.php/4/4c/1340774899_Cahier-ANR-4-Intelligence-Artificielle.pdf> [12 juin 2015].

6 – La revue européenne des médias et du numérique. IA et machine learning [en ligne]. <<http://la-rem.eu/2014/09/02/intelligence-artificielle-et-machine-learning/>> [12 juin 2015].

7 – Azam, F., Sharif, M., Yasmin, M., Mohsin, S. (2014). *Artificial intelligence based techniques for earthquake prediction: a review*. Science International Lahore, vol. 4, 1495-1502.

8 – Castelli, M., Vanneschi, L., & Popovic, A. (2015). *Predicting burned areas of forestry fires: an artificial intelligence approach*. Fire Ecology, vol 11(1), 106-118.

de recherche dédié à l'amélioration de l'analyse du Big Data pour le management des catastrophes. Le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT) a d'ailleurs fait appel à IBM pour construire un réseau de supercalculateurs et de stockage consacré à la prévision météorologique. Les météorologues pourront ainsi offrir de nouvelles prévisions plus précises. Les techniques du marketing et de la publicité ciblée sont également visées puisque l'IA permettra d'anticiper avec une précision sans précédent les comportements des acheteurs potentiels.

Un intérêt européen fort vis-à-vis de l'IA

Le projet Human Brain Project, porté par l'EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) témoigne de l'intérêt fort de l'Union Européenne (UE) pour l'IA. Human Brain Project⁹ (HBP) est un projet scientifique lancé fin 2013 qui vise à réaliser une simulation numérique complète du fonctionnement d'un cerveau humain grâce à des superordinateurs. Ce projet, doté de 1,2 milliard d'euros sur dix ans, est l'un des deux FET Flagships («programmes phares de recherche») de l'UE et couvre à la fois des problématiques relatives aux neurosciences, à la médecine (thérapies pour les

maladies neurodégénératives) et aux technologies de l'information (conception d'ordinateurs fonctionnant sur le modèle des connexions neuronales). Le projet HBP trouve ses origines dans le projet suisse Blue Brain¹⁰ qui a débuté en 2005 avec pour objectif la construction d'un cerveau virtuel à l'aide d'un supercalculateur afin de générer des modèles qui serviront de « briques » pour la construction d'un cerveau virtuel complet. Porté par l'EPFL, le projet s'appuie sur BlueGene, un supercalculateur fourni par IBM pour construire ce cerveau virtuel. La puissance de calcul nécessaire est colossale: la simulation d'un neurone nécessite l'équivalent d'un ordinateur portable, sachant qu'un cerveau humain contient deux millions de colonnes corticales, avec environ 100 000 neurones chacune.

Des chercheurs français sollicités par des groupes internationaux

Facebook a ouvert en juin 2015 son premier laboratoire hors du territoire américain et a choisi de l'implanter à Paris sous la direction du Français Yann LeCun¹¹. Ce choix s'explique en raison de l'existence d'un « domaine d'excellence en France en matière

Liens avec d'autres technologies clés

Les technologies clés qui influencent l'intelligence artificielle sont :

2	Capteurs
3	Valorisation et intelligence des données massives
4	Modélisation, simulation et ingénierie numérique
5	Internet des objets
6	Infrastructures de 5 ^{ème} génération
7	Systèmes embarqués et distribués, sécurisés et sûrs
10	Cobotique et humain augmenté
12	Robotique autonome

9 – European Commission. Human Brain Project [En ligne] <<https://www.human-brainproject.eu/discover/the-project/overview;jsessionid=qzwwcl7o5hu0v96vu6jv7j5>> [30 juin 2015].

Les technologies influencées par l'intelligence artificielle sont :

2	Capteurs
3	Valorisation et intelligence des données massives
4	Modélisation, simulation et ingénierie numérique
5	Internet des objets
6	Infrastructures de 5 ^{ème} génération
10	Cobotique et humain augmenté
12	Robotique autonome
13	Communications sécurisées

10 – EPFL. L'Institut des Neurosciences & le projet Blue Brain. [En ligne] <<http://sv.epfl.ch/neurosciences>> [30 juin 2015].

11 – Sciences & Avenir. IA ; Facebook ouvre un labo à Paris [en ligne]. <<http://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/20150602.OBS0017/a-paris-un-laboratoire-de-facebook-sur-l-intelligence-artificielle.html>> [12 juin 2015].

de vision par ordinateur». De son côté, MICROSOFT RESEARCH a noué un partenariat de recherche avec l'INRIA. Un défi pour l'avenir de cette technologie consistera notamment à limiter la « fuite » des ingénieurs IA. Par ailleurs, la maîtrise de ces technologies est indispensable pour rester un acteur qui compte

Les technologies clés qui influencent l'intelligence artificielle sont :

13 Communications sécurisées

14 Technologies immersives

19 Analyse comportementale

20 Nouvelles intégrations matériel-logiciel

21 Supercalculateurs

33 Exploitation numérique des données de santé

46 Nanoélectronique

sur le secteur des jeux vidéo. 1^{er} marché mondial des industries culturelles, le chiffre d'affaires du secteur des jeux vidéo représente en 2014 environ 66 milliards d'euros au niveau mondial et 2,9 milliards d'euros pour la France¹².

Les technologies influencées par l'intelligence artificielle sont :

14 Technologies immersives

19 Analyse comportementale

20 Nouvelles intégrations matériel-logiciel

21 Supercalculateurs

46 Nanoélectronique

47 Technologies de conception de contenus et d'expériences

Les marchés

Exemples d'applications de l'IA

Plusieurs applications de l'IA sont d'ores et déjà omniprésentes dans la vie quotidienne. En voici quelques exemples :

■ **Les assistants personnels numériques présents dans les smartphones** dotés d'une interface vocale et capables d'anticiper les besoins de l'utilisateur grâce à son intelligence artificielle couplée à un accès direct aux données personnelles de l'utilisateur (messages, emails, carnet d'adresses, calendrier, localisation...)

■ **Les agents conversationnels qui sont de plus en plus présents dans** les domaines du support client et du télémarketing sous la forme de fenêtre de chat sur un site web ou de serveur vocal. Ces « chatterbots » permettent de répondre aux questions les plus simples grâce à l'utilisation du langage naturel et l'accès à de vastes bases de données.

■ **La reconnaissance faciale** issue de la vision artificielle est utilisée dans les appareils photos pour détecter automatiquement les visages ou sur Facebook pour reconnaître les personnes présentes sur les photos.

■ **La recherche par le contenu** (visuel, multimédia...).

■ **Les caméras intelligentes** (smart sensors).

■ **Les moteurs de recherche** qui sont basés sur des systèmes intelligents d'extraction, d'analyse et de classification de données pour produire un résultat pertinent à la requête de l'utilisateur.

■ **Les moteurs de recommandation** sont des technologies prédictives qui s'appuient sur les données issues de la navigation et des achats d'un utilisateur pour lui conseiller des produits similaires.

■ **La traduction automatique** qui repose sur des algorithmes de modélisation statistique du langage naturel en intégrant les règles de construction de chaque langue.

■ **Les véhicules autonomes.** Des briques d'intelligences artificielles sont déjà intégrées dans les voitures capables de se garer toutes seules, de freiner par anticipation, et bientôt de rouler en autonomie dans certaines conditions de circulation¹³. L'IA est aussi

12 – SNJV : Baromètre 2014 du marché du jeu vidéo

13 – Industries & Technologies. Inspiration Truck ; le premier camion autonome autorisé à rouler dans le Nevada [en ligne]. <<http://www.industrie-techno.com/inspiration-truck-le-premier-camion-autonome-autorise-a-rouler-dans-le-nevada.38140>> [12 juin 2015].

présente dans le pilotage automatique des avions et la gestion de trajectoire des véhicules spatiaux. Comme le soulignait Philippe Crist, économiste au Forum International des Transports, lors du sommet 2015 de l'organisation, les données seront le carburant de la mobilité urbaine du 21^{ème} siècle.

■ **Les jeux vidéo** où l'IA concerne entre autres les prises de décision des personnages non joueurs gérés par le jeu qui doivent être capables d'avoir un comportement crédible lorsqu'ils s'adaptent à des situations non prévues. Au-delà du rôle de l'IA dans l'expérience joueur, elle participe à la conception des contenus, elle permet aux *game designers* de tester la pertinence des réglages du système en jouant un nombre astronomique de parties pour mettre en avant des déséquilibres ou des stratégies dominantes.

■ **L'entraînement et la formation.**

■ **La robotique**

Au-delà du secteur loisirs et culture, l'intelligence artificielle est présente dans les secteurs de l'énergie, de la santé, de l'urbanisation...

Quelques chiffres sur le marché de l'IA

Le marché global de l'IA a été chiffré à 900 millions de dollars en 2013 par Research and Markets. Le marché mondial des outils et des applications basés sur l'IA croît rapidement et devrait passer de 700 millions d'euros en 2013 à 27 milliards d'euros en 2015 selon une étude du *Business Innovation Observatory* de la Commission européenne. Les évaluations de l'étude de Tractica prévoient que le marché mondial des systèmes basés sur l'IA dédiés aux applications de l'entreprise, passera de 202,5 millions de dollars en 2015 à 11,1 milliards de dollars en 2024¹⁴. Dans une étude publiée en mai 2014, BCC Research évalue le marché mondial des machines intelligentes à 15,3 milliards de dollars d'ici à 2019¹⁵. Ces chiffres englobent les systèmes experts, les robots autonomes, les systèmes d'assistance numériques, les systèmes embarqués intelligents et les systèmes neuro-naux. Les systèmes experts représentent la plus grosse

14 – Tractica. Artificial Intelligence for Enterprise Applications to Reach \$11.1 Billion in Market Value by 2024. [En ligne]. <<https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-for-enterprise-applications-to-reach-11-1-billion-in-market-value-by-2024/>> [30 juin 2015].

15 – BCC RESEARCH. Global Market for Smart Machines Expected to Reach \$15.3 Billion in 2019; Autonomous Robots Moving at 22.8 % CAGR.[En ligne] <[http://www.bccresearch.com/pressroom/ias/global-market-smart-machines-expected-reach-\\$15.3-billion-2019](http://www.bccresearch.com/pressroom/ias/global-market-smart-machines-expected-reach-$15.3-billion-2019)> [30 juin 2015].

part de marché suivis par les robots autonomes qui devraient passer devant d'ici à 2024.

Le marché de l'IA devrait croître notamment grâce à l'apprentissage automatique appliqué à l'industrie pour réduire les coûts de production, grâce aux systèmes d'assistance numériques et aux systèmes experts. Les systèmes dits «experts», capables de reproduire la capacité de prise de décision humaine pour une opération spécifique, sont de plus en plus utilisés dans l'aviation (simulateur de vol), la défense (cyberdéfense, téléguidage d'avions et de missiles) et la finance. Les secteurs les plus porteurs devraient être la finance, le divertissement, la défense, les transports, la santé, l'industrie et l'éducation¹⁶. On assiste à une tendance forte d'acquisition de la part des grandes entreprises pour renforcer leur positionnement sur le secteur de l'IA.

Selon une étude de *Transparency Market Research*, le marché des logiciels d'analyse prédictive représentait 2 milliards de dollars en 2012 mais devrait représenter 6.5 milliards de dollars en 2019. Une étude Gartner prédit qu'au moins 10 % des activités mettant en danger la vie des personnes seront prises en charge par des systèmes intelligents d'ici à 2024. À titre d'exemple, les systèmes avancés d'assistance à la conduite représenteront 16 milliards d'euros en 2019¹⁷, et les systèmes d'assistance à l'autonomie à domicile pour les personnes âgées représentent déjà un marché d'1 milliard de dollars¹⁸.

Les défis technologiques à relever

Les défis et les segments porteurs selon l'ANR¹⁹ concernent :

■ **L'évolution indispensable vers le Web sémantique** soulève des défis de représentation de

16 – TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. Artificial Intelligence Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2014 – 2022. [En ligne]. <<http://www.transparencymarketresearch.com/artificial-intelligence-market.html>> [30 juin 2015].

17 – STRATEGY ANALYTICS. Advanced Driver Assistance Systems Euro NCAP gives \$2.8 Billion Boost to Demand. [En ligne].<[https://www.strategyanalytics.com/access-services/automotive/powertrain-body-chassis-and-safety/reports/report-detail/advanced-driver-assistance-systems-euro-ncap-gives-\\$2-8-billion-boost-to-demand?Related#.VZYUuUZ7vNk](https://www.strategyanalytics.com/access-services/automotive/powertrain-body-chassis-and-safety/reports/report-detail/advanced-driver-assistance-systems-euro-ncap-gives-$2-8-billion-boost-to-demand?Related#.VZYUuUZ7vNk)> [30 juin 2015]

18 – SIEMENS. Facts and Forecasts: Boom for Learning Systems. [En ligne]. <<http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software/artificial-intelligence-facts-and-forecasts.html>> [30 juin 2015]

19 – ANR. Les cahiers de l'ANR n°4. IA et robotique «Confluences de l'Homme et des STIC». [En ligne]. <http://pages.isir.upmc.fr/~gas/pam/img_auth.php/4/4c/1340774899_Cahier-ANR-4-Intelligence-Artificielle.pdf> [12 juin 2015].

l'information et des connaissances, de langages pour exprimer ces connaissances et les traitements à effectuer, de manipulation et de visualisation de réseaux liant les concepts sémantiques et de développement des ontologies, modèles partagés de représentation d'un domaine.

■ **La quantité d'information sur Internet** ne cesse d'augmenter. Selon IBM, la production de données numériques en 2014 se mesure en exaoctets, soit 10^{18} octets et on estime que tous les deux ans, il se crée autant de données que depuis le début de l'humanité, ce qui amène les prévisionnistes à parler de 40 zettaoctets (10^{21}) pour 2020²⁰. Ce «data déluge» selon le terme consacré, pose des défis de performance et de passage à l'échelle des outils et méthodes, de prise en compte de structures et formats spécifiques, d'hétérogénéité des contenus et l'absence de référentiel commun, de répartition sur des serveurs distants. **La fouille des données, non structurées et non homogènes, sur les réseaux sociaux constitue un challenge d'intérêt économique** qui nécessite de concevoir des algorithmes adaptés... Au niveau national, EXALEAD/DASSAULT SYSTEMES sont fortement impliqués sur ces sujets à travers des programmes comme QUAERO ou KXEN.

■ La possibilité de concevoir un système capable de faire face à toutes les situations qu'il rencontrera au cours de son existence a été abandonnée tant la diversité des situations est importante et imprévisible. Il est donc devenu essentiel de **concevoir des systèmes capables de s'auto-adapter. Cette faculté d'adaptation peut être obtenue grâce à des techniques d'apprentissage automatique**, soit à partir d'un ensemble de données représentatif des situations possibles que connaîtra le système, soit dynamiquement à partir de données captées lors de son fonctionnement. Cet apprentissage peut être supervisé ou non.

■ **La répartition des fonctions et des connaissances sur un ensemble de systèmes mis en réseau** peut fournir une réponse adaptée aux défis de complexité et de taille des applications. Les défis des systèmes intelligents distribués, multi-agents, sont nombreux: définition du rôle de chaque sous-système et structuration en sous-groupes, répartition

des connaissances, optimisation des communications, définition des vocabulaires et langages utilisés pour la communication, planification et synchronisation des actions communes, prise en compte des plans et intentions des autres agents, etc. L'ingénierie et la mise au point de plates-formes d'exécution de ces systèmes distribués posent également des défis méthodologiques et pratiques importants.

■ **Les systèmes intelligents d'aujourd'hui se doivent d'être capables de raisonner dans le temps et dans l'espace.** Des formalismes de représentation du temps et de l'espace ont été établis par les chercheurs mais il s'agit maintenant de raisonner efficacement sur ces représentations, la problématique du raisonnement étant évidemment bien plus complexe que pour des grandeurs scalaires ou symboliques, en raison du caractère dynamique et distribué spatialement de l'information.

■ Par ailleurs, l'intégration de la physique quantique dans l'informatique révolutionnerait l'IA en permettant la résolution d'algorithmes qui actuellement nécessiteraient plusieurs dizaines d'années mais des verrous technologiques majeurs restent à lever comme celui de l'architecture de l'ordinateur quantique.

Les défis commerciaux et d'usages à relever

Le développement de la robotique personnelle passe par la réponse à un besoin

La recherche ne cesse de développer de nouvelles techniques d'IA et le défi consiste à trouver des applications commerciales répondant à un réel besoin. À titre d'exemple, le robot compagnon Pepper de la société Aldebaran Robotics a ainsi trouvé son application dans l'accueil des clients en boutique. En ce qui concerne le marché de la robotique personnelle et de services, il est nécessaire de travailler sur l'acceptabilité vis-à-vis du robot compagnon qui devrait être facilitée par la proposition d'une nouvelle expérience utilisateur, de nouveaux usages grâce à l'IA. Les premières applications devraient être avant tout ludiques, informatives ou formatrices afin de créer le lien indispensable entre la personne et le robot. Ensuite il sera possible de développer des applications plus réglementées ou complexes dans la mesure où l'utilisateur aura su donner une place au robot domestique. L'adaptabilité réciproque sera primordiale pour l'interaction robot – humain.

20 – IBM. Guide du Big Data. [en ligne]. <http://www.bigdataparis.com/guide/Guide_du_Big_Data_2013_2014.pdf> [12 juin 2015].

Les freins à l'adoption de l'IA par les entreprises

L'adoption massive de l'IA par les entreprises est entravée par le montant des investissements à long terme, la compréhension limitée du potentiel des données générées par l'entreprise et l'hésitation à se tourner vers des technologies potentiellement perturbatrices selon une étude du *Business Innovation Observatory* de la Commission Européenne. Les entreprises qui ont un intérêt pour des technologies d'IA ont tendance à reporter leur projet d'investissement en raison de ROI trop longs et de la nouveauté des technologies qui rend difficile l'analyse coûts/bénéfices. Les avantages de l'IA pour l'analyse de données massives ne sont pas évidents pour les entreprises qui manquent de visibilité sur la quantité de données qu'elles génèrent et l'usage qu'elles peuvent en faire. Par ailleurs, l'introduction de solutions IA dans une entreprise peut être synonyme d'une refonte des structures et des processus, susceptible de décourager les entreprises. Enfin, l'adoption d'une solution IA nécessite la prise en compte d'un risque technologique fort en cas de dysfonctionnement. L'enjeu pour les développeurs de solutions IA est de rendre la « technologie accessible simplement en gardant en toile de fond les impératifs métier et [le] manque de temps pour se former à de nouveaux outils » comme l'explique Jean Rauscher, PDG d'Yseop, une entreprise française qui propose des solutions IA dédiées aux entreprises. C'est également une des voies de valorisation choisies par IBM pour son supercalculateur Watson.

L'intégration de l'IA, une condition *sine qua non* pour perdurer dans l'univers du jeu vidéo

Enfin, appliquer les concepts de l'IA au jeu vidéo est un biais indispensable pour renforcer la crédibilité des personnages virtuels et surtout proposer une expérience nouvelle au joueur. Maîtriser l'intégration des technologies de l'IA dans les jeux vidéo est une condition *sine qua non* pour les acteurs français déjà implantés sur les jeux vidéo pour conserver leur position de « leader ». Il leur appartient donc de parfaitement maîtriser cette technologie de l'IA et ses évolutions pour séduire toujours davantage les joueurs, leur proposer de nouvelles expériences utilisateur dans un univers de plus en plus réel.

Les enjeux réglementaires

Plusieurs problèmes d'ordre éthique sont soulevés par les progrès rapides de l'IA. Parmi ses détracteurs, on

peut citer le fondateur de Microsoft Bill Gates, Elon Musk le dirigeant de Tesla ou encore le physicien Stephen Hawking qui s'inquiète de la capacité des machines à évoluer plus rapidement que « les humains, limités par une lente évolution biologique, [qui] ne pourraient pas rivaliser et seraient dépassés ²¹ ». L'intelligence artificielle est assimilée par certains acteurs à une rupture technologique qui engendrerait une croissance exponentielle de la connaissance jusqu'à un point au-delà duquel il ne serait plus possible de l'appréhender selon le concept de la singularité technologique. L'AAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) a d'ailleurs réalisé une étude en 2009 sur les impacts sociétaux de l'explosion de l'intelligence artificielle sur le long terme. Au-delà de ces considérations qui contribuent à alimenter la réflexion quant à la nécessité d'un encadrement des recherches sur l'IA, les deux principaux risques sont les bugs et les cyber-attaques qui impliquent une démarche de certification de la qualité de logiciels. Les capacités de l'IA associées à la collecte d'informations et au Big Data posent également des problèmes de confidentialité et d'utilisation des données personnelles d'un point de vue réglementaire. La généralisation d'applications militaires comme les drones, de plus en plus autonomes, souligne la nécessité de poser un certain nombre de limites à ce qu'on accepte qu'une machine fasse, dont la prise de décision comme l'autorisation de tirer sur un être humain. Elon Musk a d'ailleurs fait un don de 10 millions de dollars au *Future of Life Institute*, « pour financer un programme mondial de recherche visant à garder l'IA bénéfique pour l'humanité » en évaluant notamment son impact sur la société. Dans le cadre du Flagship HBP, l'un des douze sous-projets s'intitule « éthique et société ». Ses objectifs sont d'explorer les implications sociales, éthiques et philosophiques du projet, promouvoir l'engagement avec les décideurs et le grand public, favoriser la recherche et l'innovation responsables par la sensibilisation sociale et éthique des participants au projet, et veiller à ce que le projet soit conforme aux normes juridiques et éthiques pertinentes.

Dans le cas de la robotique de loisirs, il existe peu de contraintes réglementaires, facilitant ainsi un accès au marché plus rapide. Les règles qui s'appliquent sont

21 – LE MONDE. Hawking ; « L'IA pourrait mettre fin à l'humanité » [En ligne] <http://www.lemonde.fr/pixels/article/2014/12/03/hawking-l-intelligence-artificielle-pourrait-mettre-fin-a-l-humanite_4533135_4408996.html> [30 juin 2015]

celles autour du contenu et de leur adaptabilité à l'âge de l'utilisateur. Au même titre que pour le jeu vidéo qui dispose d'une réglementation européenne (PEGI) et de pictogrammes sur les boîtes de jeux de consoles, Il sera sûrement utile de définir quelques règles autour des contenus qui seront disponibles pour les robots de loisirs. Bien évidemment, il sera toujours délicat d'être derrière chaque enfant ou adolescent et la solution passera comme toujours par un travail pédagogique des parents autour du contenu et de l'usage de ces nouveaux outils.

En ce qui concerne la mise en service des voitures autonomes, cela dépendra certes des développements technologiques mais surtout des exigences juridiques associées. Pour l'instant, le code de la route international s'appuie sur la Convention de Vienne (1968) qui prévoit que le conducteur est responsable de son véhicule et doit avoir les deux mains sur le volant. Selon François Peyret, directeur de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar), « tant qu'on

reste dans la «délégation de conduite» où le conducteur peut reprendre à tout instant la main sur le véhicule », la réglementation actuelle suffit. Mais des vides juridiques vont apparaître avec le développement de véhicules de plus en plus autonomes, notamment en ce qui concerne la responsabilité en cas d'accident : est-ce qu'il faut incriminer le propriétaire du véhicule autonome, l'autre conducteur impliqué, le développeur qui a conçu l'algorithme, le constructeur... L'intégration d'une « boîte noire » dans les véhicules devrait permettre d'apporter des éléments de réponse. La question de la présence d'un conducteur pour reprendre les commandes en cas de défaillance du système nécessitera une révision des réglementations en profondeur. Le Forum International des Transports (organisation internationale liée à l'OCDE) plaide pour une approche commune de l'encadrement réglementaire du véhicule autonome entre pays voisins, comme l'a rappelé son secrétaire général, M. Viegas, lors du sommet annuel 2015 de l'organisation.

Analyse AFOM

ATOUS

Centres de R&D de référence sur le sujet
Foisonnement de start-ups
Plan Robotique efficace, Plans «Logiciel et Systèmes embarqués » ; « Big Data » et « supercalculateur »

FAIBLESSES

Peu de leaders affirmés dans le secteur « Loisirs et Culture » mais des acteurs clés dans les secteurs des environnements supercalculateurs et des logiciels embarqués
Approche des nouveaux usages freinée par l'appréhension des dérives possibles. Le jeu vidéo est moins concerné par ces inquiétudes.

OPPORTUNITÉS

Développement des usages liés à la robotique personnelle et de services
Marché mondial du jeu vidéo en progression
Logique de « gamification » dans beaucoup de secteurs
Marché de la conduite assistée
Croissance du marché de l'analyse prédictive associée à l'augmentation des données massives (finance, sécurité,...)

MENACES

La plupart des grands acteurs sont américains

Facteurs clés de succès et recommandations

Le développement de l'IA va conduire à une augmentation de la demande en main-d'œuvre qualifiée, en particulier pour les informaticiens et les mathématiciens mais aussi en neuroscience. Ce développement en Europe comporte un certain nombre de moteurs parmi lesquels une main-d'œuvre hautement qualifiée, la flexibilité des solutions développées et les programmes publics français et européens de soutien à l'innovation (FUI, PIA, Horizon 2020, COSME,...). Mais ce développement fait face à de nombreux obstacles à savoir la difficulté d'attirer des fonds pour l'entreprise à la fois lors de sa création et lors du désinvestissement financier, la lourdeur des démarches administratives ainsi qu'un environnement fiscal défavorable. L'étude du *Business Innovation Observatory* de la Commission Européenne souligne un manque de soutien de la part des gouvernements européens pour la promotion des entreprises positionnées sur l'IA. Cependant, des avancées significatives récentes ont déjà été constatées, pour améliorer l'accès aux financements et les systèmes fiscaux, pour promouvoir l'innovation, la réglementation de l'emploi, la politique d'immigration et pour encourager l'interaction université-industrie...

L'intégration de l'IA soulève également la question de son impact sur l'économie et l'emploi. Les machines intelligentes devraient s'intégrer massivement dans les entreprises au cours des prochaines décennies et bouleverser certains métiers. On peut citer l'exemple du journalisme où des algorithmes comme celui de Syllabs interviennent de plus en plus en support aux journalistes pour chercher et analyser l'information mais aussi rédiger les articles. Des robots rédacteurs ont ainsi rédigé pour Le Monde des articles locaux sur les résultats des élections départementales de 2015 pour 34 000 communes et 2 000 cantons. Libéré des contraintes de recherche d'informations fastidieuses, le métier de journaliste est voué à muter pour se concentrer sur des articles à plus forte valeur ajoutée avec davantage d'analyse pendant que les robots agrégateurs voire rédacteurs permettent de couvrir davantage d'événements en temps réel. Ces évolutions supposent aussi de la

part des rédactions le recrutement de plus en plus de développeurs pour concevoir les algorithmes, les adapter au style et à la ligne éditoriale du journal... Une réflexion est donc nécessaire comme le souligne une étude Gartner pour sensibiliser les entreprises à ces changements et les accompagner dans la redéfinition des postes concernés.

Pour les entreprises susceptibles de bénéficier de l'IA, il sera indispensable d'avoir une bonne connaissance et une bonne compréhension des données disponibles afin d'accélérer l'acceptation de l'IA. L'IA porte la promesse d'une productivité améliorée de l'entreprise et des individus grâce à des moteurs de recherche plus performants (capitalisation des connaissances, relation client) et aux assistants virtuels personnels (gestion automatisée de l'agenda, réservation de moyens de transports, d'hôtels, de salles de réunion).

L'utilisation de moteurs de recherche plus performants suppose cependant de mieux appréhender la compréhension automatique des contenus c'est-à-dire le passage de la langue naturelle aux représentations logiques pour alimenter divers types de moteurs d'inférences pouvant être appliqués à différents usages (recherche intelligente, diagnostic, simulation, ...). L'ambition des acteurs français dans ce domaine reste limitée alors que les acteurs comme Google, Facebook ou Microsoft en ont fait leur priorité. Le développement de la compréhension automatique des contenus suppose notamment la transcription des contenus audiovisuels en texte en amont. Cela implique de produire (ou favoriser l'émergence d'acteurs et de services à même de produire) des ressources linguistiques (thésaurus, grammaires, frames, taxonomies) et des corpus documentaires annotés en particulier pour le français. Cela implique également de faciliter l'accès par les acteurs technologiques du marché aux contenus de la connaissance (livres, presse, vidéos, TV ou émissions radio à caractère pédagogique) pour exploiter économiquement ces ressources.

Pour les trois marchés principaux concernés que sont la robotique de loisirs et de services, les jeux vidéo et la conduite assistée qui s'appuient sur des

sous-domaines de l'IA sur lesquels la France est bien positionnée, l'IA est perçue comme une aide à la prise de décision. Il s'agit donc de faire l'apprentissage d'un comportement, de comprendre l'activité d'un humain c'est-à-dire son métier. Nous sommes au cœur d'un environnement dynamique dans lequel on perçoit l'environnement.

Les technologies existent souvent et il est primordial de favoriser l'effort d'intégration. Il faut donc accompagner les start-ups dans cette volonté de faire, et d'en forcer l'usage. Au sein des SATT qui sont en proximité des pôles de compétitivité (Cap Digital, Systematic, Aerospace Valley

et Imaginove) et également dans les structures de valorisation des laboratoires, il est impératif de favoriser les transferts de technologies vers le marché, d'aider à la création d'applications marché avec une volonté claire d'associer plus rapidement l'innovation et le business modèle.

L'utilisateur final sera au cœur de cette réflexion avec la nécessaire « discrétion » de la technologie au service de nouveaux usages et de nouveaux contenus à inventer pour alimenter le quotidien en matière d'information ou de divertissement. À ce titre, le plan France Robot Initiative est un appui précieux pour le développement de ces usages.

Acteurs clés

Entreprises	Airbus, Alcatel-Lucent, Dassault Systemes, 3DEXPERIENCE Platform - Dassault système, Dynamixyz, Orange Labs, PSA Peugeot Citroën, Sagem, Schneider Electric, Smart me up, Snips, Spirops, Technicolor, Tellmeplus, Thales Communications & Security, Yseop...
IRT, ITE, IHU	B-COM, SystemX ...
Instituts Carnot	ARTS, CEA LIST, LAAS CNRS, TSN...
Autres centres de recherches	CMLA, CPE Lyon, GREYC, ISIR, LIP6 (UPMC), LITIS - INSA ROUEN, LTCI...
Pôles de compétitivité	CapDigital, Images et Réseaux, Imaginove, Systematic...
Autres (clusters, associations, fédération professionnelles, réseaux d'entreprises)	AFIA CITIA, PARIS ACM SIGGRAPH...

Position des acteurs français

Position des entreprises françaises dans la compétition mondiale	
En position de leadership	
Dans la moyenne	●
En retard	

Position des acteurs académiques français dans la compétition mondiale	
En position de leadership	●
Dans la moyenne	
Dans la moyenne	