



PLAN
MARSHALL
4.0



MÉTIERS D'AVENIR

LES MÉTIERS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)

LES MÉTIERS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA), DES MÉTIERS D'AVENIR ?

Santé, mobilité, énergie, marketing, ... l'intelligence artificielle (IA) se déploie dans tous les secteurs. Tantôt source d'inquiétude, tantôt d'enthousiasme, son empreinte sur le marché du travail apparaît comme inévitable. Si tous les métiers sont potentiellement concernés, certains le sont davantage. Réunis ici sous le vocable de « métiers de l'intelligence artificielle », ils contribuent au développement et au déploiement des technologies cognitives¹. Quels sont ces métiers ? Quelles sont les compétences nécessaires, et les défis à relever ?

2019, une année décisive pour l'intelligence artificielle, titrait le journal l'Echo². Il est vrai que les conditions technologiques que sont le big data et la puissance des supercalculateurs lui donnent un nouveau souffle. En outre, moyennant une stratégie d'intégration raisonnée, l'IA pourrait générer d'importants gains de productivité. Face à ce regain d'intérêt, il est légitime de s'interroger sur les besoins en compétences que l'intelligence artificielle (IA) pourrait générer, en particulier dans les métiers au cœur de la production d'intelligence artificielle.

Se projetant dans un avenir proche (trois à cinq ans), la présente étude se focalise sur les besoins générés par l'IA dans le cadre de son intégration en entreprise.

Dans ce cadre, les compétences nécessaires relèveront autant de la maîtrise de méthodes et techniques propres à l'IA ou aux technologies connexes (Internet des objets, informatique distribuée, systèmes cyber-physiques) qu'à la compréhension de ses enjeux et de la plus-value de son intégration dans les processus des entreprises. Cette approche permet également d'inscrire le déploiement de l'IA dans une dynamique pluridisciplinaire, où, aux côtés des *data scientists*³, interviennent d'autres professionnels des TIC (architecte informatique, administrateur système, développeur, etc.) et des professionnels experts de leur métier (avocat, radiologue, traducteur, etc.) capables d'en comprendre les procédés et usages.

Bien que « futur » et « intelligence artificielle » puissent faire davantage référence, au sein du grand public, à la science fiction, l'approche qui a présidé aux travaux prospectifs ici présentés, se veut pragmatique. Les enjeux sont restitués dans un contexte technologique, économique et politique wallon. En outre, l'IA y est présentée comme un complexe technologique (des méthodes, des outils et des applications) qui s'inscrit plus globalement dans la transformation numérique des processus de production de biens et services. Définie comme telle, il s'agit de prendre en

TABLE DES MATIÈRES

LES MÉTIERS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA), DES MÉTIERS D'AVENIR ?	2
Partie 1 - Synthèse des résultats	4
Contexte	4
Infrastructure : disponibilité et coût	4
Technologies connexes	5
Conscience sociale et politique	5
Quelles compétences ?	6
Mise en exploitation	6
Conception et développement	7
Analyse de la demande et cahier des charges	7
LES MÉTIERS DE L'IA	8
Partie 2 - La démarche et les résultats pas à pas	9
1. Le périmètre du métier	10
2. les facteurs les plus importants	18
3. La sélection des facteurs les plus influents	19
4. Les évolutions probables, souhaitables et profil d'évolution	20
5. Les impacts sur les activités et les besoins en compétences	26

¹ Le terme « technologie cognitive » sera parfois utilisé dans le présent document en remplacement de celui d'intelligence artificielle.

² 2019, année décisive pour l'intelligence artificielle, l'Echo, 4 janvier 2019.

³ Voir le rapport prospectif exclusivement consacré au data scientist : Le Forem, *Métier d'avenir, data scientist*, septembre 2017. https://www.leforem.be/Mun-goBlobs/1391437533814/20171011_A2P_data_scientist.pdf.

compte ses conditions de déploiement, ses avantages et inconvénients et d'en comprendre les ressorts et enjeux.

Fidèle à la logique prospective, le scénario d'avenir construit avec les différents experts participants s'appuie autant sur l'anticipation de tendances prévisibles que sur la volonté partagée de construire un avenir favorable au développement des technologies cognitives dans le tissu économique wallon, au bénéfice de ce dernier. C'est que les gains de productivité attendus grâce à ces technologies sont présentés comme particulièrement importants. Par ailleurs, l'Europe souhaite rejoindre les leaders mondiaux que sont les États-Unis et la Chine.

Anticiper les évolutions, l'émergence ou la transformation de métiers constitue un axe majeur de la mission d'analyse et d'information sur le marché du travail du Forem. Une première étude exploratoire réali-

sée en 2013⁴ a permis de dégager les grandes tendances d'évolution des secteurs. En 2016, Le Forem poursuit sa démarche en publiant des rapports sur les effets de la transition numérique sur les secteurs en termes d'activités, métiers et compétences⁵. Des métiers d'avenir sont ainsi identifiés. Ils peuvent être de natures différentes. Il peut s'agir de :

- nouveaux métiers ;
- métiers actuels dont les contenus évoluent ;
- métiers avec un potentiel de croissance en effectifs.

Partant de cette base, une analyse en profondeur, « métier par métier » est mise en œuvre. Elle permet de mieux en cerner les évolutions et d'adapter, après l'analyse de grands domaines de transformation attendus, l'offre de prestation. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent rapport.

Cette analyse prospective se fonde sur la méthode *Abilitic2Perform*. Il s'agit d'une méthode d'anticipation des compétences basée sur l'animation de

groupes d'experts lors d'ateliers successifs. Elle s'inspire des études relatives à la prospective stratégique⁶, dont certains outils sont mobilisés comme l'analyse structurelle ou morphologique. D'abord développée dans le cadre d'un projet européen Interreg IV, elle a ensuite été déployée plus largement dans le cadre des travaux prospectifs du Forem sur plusieurs dizaines de métiers⁷.

Ce rapport comprend deux parties. La première présente une synthèse des résultats reprenant l'ensemble du profil d'évolution et les activités clés pour l'avenir.

La seconde reprend dans le détail l'ensemble du processus d'analyse dans l'ordre chronologique de son déroulement. Le lecteur y retrouvera notamment quelques clarifications concernant des concepts clés dans le domaine de l'intelligence artificielle.

⁴ Le Forem, Métiers d'avenir pour la Wallonie, septembre 2013, téléchargeable sur <https://www.leforem.be/chiffres-et-analyses/prospectives.html>.

⁵ Une série de rapports sectoriels sont publiés dans la rubrique « Métier d'Avenir 4.0 – La transition numérique », téléchargeables sur <https://www.leforem.be/chiffres-et-analyses/metiers-d-avenir-transition-numerique.html>.

⁶ Voir notamment, Godet M., Manuel de Prospective stratégique - Tome 1 : *Une indiscipline intellectuelle*, Paris, Dunod, 2007 et Godet M., Manuel de Prospective stratégique - Tome 2 : *L'art et la méthode*, Paris, Dunod, 2007.

⁷ Chaque analyse par métier a fait l'objet d'un rapport consultable sur le site du Forem via le lien : <https://www.leforem.be/chiffres-et-analyses/metiers-d-avenir-prospectives-abilitic2perform.html>.

Partie 1 - Synthèse des résultats

Brique technologique majeure de la transformation numérique, l'intelligence artificielle fait passer l'informatique de l'ère de la programmation à celle de l'apprentissage automatique. S'il est difficile de mesurer l'ampleur de ce bouleversement tant l'IA est autant sujette à des discours marketing optimistes qu'à des craintes sociales, nul doute qu'elle devrait générer, dans les années à venir, des besoins en compétences, nécessaires tant à sa production qu'à sa compréhension.

L'intelligence artificielle, considérée comme « l'ensemble de technologies visant à réaliser par l'informatique des tâches cognitives traditionnellement effectuées par l'humain », est une discipline déjà ancienne qui connaît, ces derniers temps, un regain d'intérêt majeur. Il est essentiellement dû aux conditions technologiques qui permettent son exploitation optimale : volume de données important (big data), puissance de calcul élevée des processeurs (voire à plus long terme des ordinateurs quantiques), rapidité de connexion, informatique distribuée, ...

Dans un contexte de concurrence internationale, le déploiement de solutions IA constitue un enjeu pour l'économie wallonne. Cet enjeu dépasse les frontières de la Région puisque c'est toute l'Europe qui semble accuser un retard face aux leaders que sont les États-Unis et la Chine.

L'IA n'est toutefois pas absente du territoire wallon avec une cinquantaine d'entreprises qui proposent

des technologies cognitives⁸. De plus, l'emploi en lien avec l'IA ne pourrait se limiter à ces entreprises. En effet, l'intelligence artificielle connaît un grand nombre d'applications – agents conversationnels (chat bots, assistants personnels), traducteurs automatiques, recommandations publicitaires ciblées, véhicules autonomes – et se déploie dans de nombreux secteurs tels que la santé, le transport, l'industrie, ou encore le marketing.

L'IA concerne donc un grand nombre de secteurs mais aussi une diversité d'acteurs au niveau de compétence variable. Outre les compétences nécessaires au développement et à l'intégration de solutions d'IA, de nombreux professionnels seront amenés à devoir les comprendre et les exploiter.

Le défi majeur pour le déploiement de l'IA à court et moyen terme réside dans l'acquisition de compétences par différents professionnels. C'est pourquoi, plutôt que de porter sur un seul métier spécifique, la présente analyse porte sur une gamme d'activités liées au développement et l'intégration d'un projet IA, les compétences nécessaires à leur réalisation et les profils professionnels concernés.

Avant d'aborder les besoins en compétences, nous passerons en revue les grands facteurs d'évolution qui devraient influencer l'avenir de l'IA, en Wallonie, dans les trois à cinq ans. Ceux-ci couvrent trois grands domaines : l'infrastructure, les technologies telles que l'internet des objets (IoT) ou les systèmes cyber-phy-

siques et le contexte politique et social. Tout en restant réalistes, certaines de ces hypothèses reposent sur le souhait des experts à voir une série de conditions préalables remplies endéans les trois ou cinq ans à venir : les collaborations aux niveaux européen et wallon, la disponibilité des données, les progrès en cybersécurité ou encore le déploiement de standards dans le domaine de l'IoT.

CONTEXTE

Infrastructure : disponibilité et coût

La question de l'infrastructure est arrivée très tôt dans les débats : « *s'il n'y a pas de supercalculateur ni de données en Wallonie, on ne sait pas faire de l'IA* ». Selon les experts, l'infrastructure actuelle⁹ s'avère insuffisante pour développer davantage de solutions IA.

La **disponibilité des data centers, de bande passante et de processeurs à haute performance** constitue donc une des premières préoccupations d'avenir. Les experts s'attendent à ce que l'offre en infrastructure progresse et bénéficie d'interconnexions à très haut débit au niveau mondial. L'évolution de l'offre en infrastructure serait essentiellement du ressort des grands acteurs internationaux qui formeraient un oligopole.

⁸ Selon la plateforme Digital Wallonia <https://www.digitalwallonia.be/fr/tags/intelligence-artificielle>.

⁹ On compte en Wallonie un supercalculateur Tier1 géré par le CENAERO Centre d'Excellence en Recherche Aéronautique, et cinq *data centers* gérés respectivement par Google (Saint-Ghislain) Engie (Gembloux), Win (Villers le Bouillet), NRB (Liège) et IBM (Bastogne).

Outre leur trop faible accessibilité, **les infrastructures ont un coût** non négligeable pour les entreprises utilisatrices. Le coût d'utilisation des *data centers* et supercalculateurs devrait se démocratiser sous l'effet d'un recours accru aux technologies cloud et la généralisation de réseaux haut débit. Les processeurs spécialisés et puces dédiées seraient utilisés via des interfaces et appareils classiques (ex. : smartphone). Les processeurs au graphène et les ordinateurs quantiques ne devraient pas encore rentrer dans les usages courants.

Conjointement au développement et à l'accessibilité de l'infrastructure, devrait se développer des **services IA hébergés sur des plateformes (AlaaS¹⁰)**. Si aujourd'hui ces plateformes sont développées par les géants du secteur¹¹, les experts appellent de leur vœux une plateforme européenne basée sur un partenariat entre différents acteurs du continent dont des acteurs wallons.

Technologies connexes

L'internet des objets (IoT, pour Internet of Things) et les systèmes cyber-physiques sont intimement liés à l'intelligence artificielle.

Dans l'industrie, le développement de **systèmes cyber-physiques** devrait pouvoir s'appuyer sur un écosystème wallon, articulés autour de bassins locaux et d'entreprises internationales. Le succès de ces écosystèmes, qui restent à construire, pourrait faire des solutions IA un produit d'exportation.

L'**internet des objets**, qui **génère** une augmentation du volume de données, devrait dans trois à cinq ans atteindre un niveau de maturité élevé dans l'industrie, dans le domaine privé et public. Son développement dans la sphère publique est toutefois tributaire de la prise de conscience par les autorités du potentiel de l'IoT, de l'ouverture des données (open data) et du financement de solutions dans l'espace public (smart city) grâce à des partenariats publics-privés.

De manière générale, l'ouverture des données, combinée à un degré élevé de sécurité et la généralisation de standards dans le domaine de l'IoT constituent les conditions de réalisation de ce scénario.

Conscience sociale et politique

Le développement de l'IA en Wallonie ne dépend donc pas uniquement de facteurs technologiques mais également de la conscience et de l'intérêt qu'y porteront les dirigeants politiques, les industriels et les citoyens. Dans les années à venir, les autorités européennes et nationales devraient consentir d'importants investissements dans l'intelligence artificielle. Des partenariats publics-privés devraient voir le jour. Cette prise de conscience devrait permettre la mise à disposition de larges corpus de données et transformer les processus en entreprise.

De cette prise de conscience « générale », devrait émerger la capacité à **utiliser l'IA pour faire face à des problèmes complexes**, par exemple liés à l'environnement, la mobilité, l'énergie, etc. L'utilisation de l'IA de-

vrait être courante dans l'industrie et évoluer favorablement dans la sphère privée. C'est dans la sphère publique que l'utilisation de l'IA pour résoudre des problèmes complexes progressera le plus lentement, essentiellement pour des raisons budgétaires.

Sur le plan régional, l'IA devrait bénéficier **d'une politique proactive visant à son déploiement dans tous les secteurs**. Cette stratégie wallonne reposerait notamment sur le financement de doctorats dans le domaine de l'IA, l'intégration d'un volet « IA » dans les projets des Pôles de compétitivité, la généralisation de l'ouverture des données publiques et l'intégration de la Wallonie dans les programmes européens en faveur de l'IA. En outre, l'IA bénéficiera de financements via des fonds d'investissements spécialisés dans le financement de startups numériques en général.

Malgré cette proactivité sur le plan politique, **le cadre légal et éthique** devrait rester en mode réactif, se contentant de régler les problèmes au fur et à mesure qu'ils se posent. La législation dans le domaine de l'IA en Wallonie et en Belgique se bornerait à la transposition progressive de réglementations européennes. Ce manque d'anticipation au niveau légal pourrait conduire à rater des opportunités économiques ou rendre difficiles certaines transitions notamment sur le marché du travail.

¹⁰ On parle de AlaaS, pour Artificial Intelligence as a Service.

¹¹ Les géants américains du Web ont presque tous développé des plateformes proposant des services d'intelligence artificielle, dont des API, des bots, et du machine learning : Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud, et IBM Watson. Les géants asiatiques (les BATX: Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi) offrent également ce type de services.

QUELLES COMPÉTENCES ?

Quel est l'impact de ce scénario d'avenir sur les compétences nécessaires au développement de l'IA ?

Dans trois à cinq ans, plusieurs domaines de compétences devraient être particulièrement concernés, dont (par ordre d'importance) :

- La mise en exploitation, l'intégration et l'optimisation de l'IA.
- La conception et développement d'applications et de bases de données.
- L'analyse des besoins du client, la traduction en cahier des charges puis en analyse technique.

Mise en exploitation

Les activités de mise en exploitation, mise en production et intégration seront particulièrement touchées, notamment au regard du développement de l'internet des objets.

Des besoins importants devraient apparaître en **sécurité et architecture informatique**. Le principal défi en la matière résidera dans la capacité à concilier sécurité et disponibilité d'une part et agilité d'autre part. Les spécialistes en sécurité informatique et les administrateurs système, devraient être particulièrement

concernés. Consolider et coordonner des flux de données issus de différents systèmes nécessitera de maîtriser les principes d'architecture distribuée¹² et les standards et protocoles pour les faire communiquer entre eux. Les *Chiefs Data Officer* devraient être particulièrement sollicités pour leur connaissance des différentes sources de données ; l'*analyste business* ou l'*ingénieur process* pour leur connaissance « métier » ; et les architectes informatiques et administrateurs système pour leur connaissance du système d'information.

Toujours au niveau de l'exploitation, assurer la **maintenance et la mise à jour** des objets connectés devrait à l'avenir nécessiter des compétences techniques. Si des profils de types électriciens de maintenance pourraient suffire pour toute une série d'interventions, ils pourraient ne pas convenir pour réaliser des activités de maintenance à distance ou de vérification de la qualité des données. Dans cette optique, des techniciens de maintenance en industrie ou métrologues semblent davantage convenir. Enfin, le technicien pourrait également offrir un service additionnel en même temps que la maintenance, comme de l'analyse de données et des conseils ou recommandations au client.

La mise en exploitation sera également confrontée aux difficultés liées à la complexité des contraintes

auxquelles les solution IA doivent répondre. Globalement, cela nécessitera un travail **d'accompagnement des « experts métier »** (professionnels dans un domaine particulier) par un *analyste business* qui pourrait agir comme un facilitateur grâce à sa connaissance du métier cible et de l'IA. En outre, il devra pouvoir s'intégrer dans une équipe et dialoguer avec les spécialistes en solutions IA d'une part et avec le client d'autre part.

Cet *analyste business* pourrait contribuer à **intégrer les changements d'ordre juridique** liés par exemple aux données à caractère personnel.

De manière générale, il appartiendra à l'ensemble des professionnels qualifiés **d'intégrer des compétences IA** pour faire face à un environnement complexe et changeant : chercheurs, radiologues, avocats, ...

La disponibilité des ressources (*data centers*, GPU, ...) influence également les compétences nécessaires à la mise en production des solution IA. Il revient dans ce contexte à l'architecte informatique et à l'administrateur système **d'assurer la résilience et la robustesse du système** pour garantir la disponibilité des données et de la puissance de calcul. Parmi les compétences à maîtriser, notons la connaissance des principes « *d'Edge computing* »¹³ et de « *cloud computing* »¹⁴, la maîtrise des technologies de type « *containers* » ou *clusters* de serveurs de type « *Kubernetes* »¹⁵. Avec

¹² L'architecture distribuée ou l'informatique distribuée désigne un système d'information ou un réseau pour lequel l'ensemble des ressources disponibles ne se trouvent pas au même endroit ou sur la même machine.

¹³ Le *Edge Computing* est une forme d'architecture informatique faisant office d'alternative au *Cloud Computing*. Plutôt que de transférer les données générées par des appareils connectés (IoT) vers le *Cloud* ou un *Data Center*, il s'agit de traiter les données en périphérie du réseau directement là où elles sont générées.

¹⁴ Le *cloud computing*, en français l'informatique en nuage, consiste à exploiter la puissance de calcul ou de stockage de serveurs informatiques distants par l'intermédiaire d'un réseau, généralement Internet.

¹⁵ *Kubernetes* est une plateforme *open source* d'orchestration de containers créée par Google. Les containers concernent une méthode de virtualisation de système d'exploitation permettant de lancer une application et ses dépendances à travers un ensemble de processus isolés du reste du système. Cette méthode permet d'assurer le déploiement rapide et stable des applications

l'apparition de services « cloud », le degré de maîtrise des compétences en architecture est néanmoins sujet à débat, puisque ces questions pourraient être externalisées. Dans ce cas, il appartiendra à un analyste informatique de **comprendre, négocier et rédiger les contrats de sous-traitance et les SLA** (Service Level Agreement) en matière de disponibilité. Le choix d'internaliser ou d'externaliser la gestion de l'architecture sera guidé par le coût du service, le type de données manipulées (à caractère personnel / sensibles ou pas), ou encore la taille de l'entreprise.

Au vu des différents **choix technologiques** à opérer en matière d'architecture, notamment externaliser ou internaliser, les entreprises pourraient avoir recours à des *analystes business* ou consultants spécialisés dans ces domaines.

Conception et développement

Au niveau de la conception, différents métiers devraient être impactés par les évolutions à venir, en particulier celles liées aux objets connectés.

Le professionnel au cœur de la conception et du développement des applications et bases de données dans des projets IA est le *data scientist* pour qui l'enjeu majeur dans un contexte d'Internet des objets sera l'**intégration de flux externes**. Une précédente analyse consacrée exclusivement au *data scientist*¹⁶ avait déjà

mis en exergue la nécessité de comprendre l'internet des objets pour identifier les données à extraire, maîtriser les méthodes pour accéder aux données, les extraire et les exploiter.

L'exploitation de flux externes implique souvent une **contractualisation ou SLA** dont les contraintes devront être intégrées lors du développement. Ce type de compétences est en général du ressort de l'analyste informatique.

Dans le cadre d'une informatique distribuée et de la gestion de flux de données captés par des objets connectés, les **interfaces de programmation applicatives**, plus connues par leur acronyme anglo-saxon API¹⁷, permettent de pouvoir communiquer avec les différentes composantes du système. Créer et gérer ces interfaces échoient au développeur, qui devra connaître les différentes API sur le marché, leurs finalités, qualités, limites et mesurer leur impact sur le jeu de données, en réalisant si nécessaire des prétests. Dans le cas d'utilisation de services IA, il devra pouvoir être à même de comprendre si la solution proposée répond à ses besoins. Cela nécessite donc une bonne connaissance générale relative aux méthodes en usage dans le domaine de l'intelligence artificielle. Il devra connaître les **langages de programmation utilisés en intelligence artificielle**, comme Python, R ou SAS pour ne citer que les plus connus à l'heure actuelle, mais également les **langages utilisés dans les entreprises**

« **clientes** », comme Java par exemple. Il devra comprendre l'informatique distribuée, le cloud computing et pouvoir s'adapter à un environnement changeant où les algorithmes évoluent constamment. De manière générale, le développeur devra s'habituer à ne plus évoluer dans un environnement maîtrisé et stable.

L'IA étant par nature évolutive, une attention particulière sera portée **au monitoring** de la solution développée. Il s'agira de vérifier la performance et l'exactitude du modèle, veiller à l'alimenter en nouvelles données ainsi qu'à en vérifier la pertinence en continu. Au-delà du développement, de l'intégration et de l'exploitation, les solutions IA nécessitent donc d'être suivies par un *data scientist*, un développeur si des API sont impliquées ainsi qu'un chef de projet, responsable de la continuité du service.

Analyse de la demande et cahier des charges

Face à des problématiques de plus en plus complexes et à l'important potentiel à retirer des grands volumes de données générés par les objets connectés, les entreprises devraient éprouver le besoin d'être guidées dans le choix des solutions IA à mettre en œuvre.

Ce rôle de « facilitateur en intégration d'IA » pourrait être exercé par des *analystes business*, internes aux

dans n'importe quel environnement informatique. Cette nouvelle approche a créé le besoin de nouveaux outils « d'orchestration de containers » pour automatiser le déploiement, le management, le *networking*, le *scaling* et la disponibilité des applications basées sur les containers.

¹⁶ Le Forem, *Métier d'avenir, data scientist*, septembre 2017. https://www.leforem.be/MungoBlobs/1391437533814/20171011_A2P_data_scientist.pdf.

¹⁷ *Application programming interface*, En informatique, une interface de programmation applicative (API) est un ensemble normalisé de classes, de méthodes ou de fonctions qui sert de façade par laquelle un logiciel offre des services à d'autres logiciels. La programmation se fait en réutilisant des briques de fonctionnalités fournies par des logiciels tiers. Cette construction par assemblage nécessite pour le programmeur de connaître la manière d'interagir avec les autres logiciels, qui dépend de leur interface de programmation. Par exemple, une API permet, sur le Web, à un site de comparateur de vols de communiquer avec les différents sites des compagnies aériennes.

entreprises ou agissant à titre de consultants (auprès des PME notamment). Ces *analystes business*, sans forcément être des spécialistes de l'IA, devraient toutefois en connaître les méthodes et outils pour pouvoir conseiller les entrepreneurs et chefs d'entreprises dans ce domaine. Leur spécificité réside dans la capacité à pouvoir dialoguer à la fois avec les experts du business du client et avec les experts en intelligence artificielle.

À l'analyse des besoins s'ajoutera également une première analyse des données du client, pour laquelle interviendra le *data scientist*. Pour l'analyse des besoins et des données, l'*analyste business* et le *data scientist* doivent connaître et être capables d'utiliser les modèles standards de processus de *data mining* comme CRISP-DM¹⁸.

Outre l'analyse des besoins, l'*analyste business* participera à la rédaction du cahier des charges et des spécifications techniques des besoins.

LES MÉTIERS DE L'IA

Comme le pointait le consultant Gartner dans un récent rapport¹⁹, le succès d'un projet d'IA repose sur une équipe pluridisciplinaire.

Au cœur de cette équipe, se trouve bien sûr le spécialiste de l'IA, le *data scientist*, dont les évolutions relatives aux besoins en compétences ont fait l'objet d'un rapport antérieur²⁰.

En amont du projet, tout comme au moment de l'intégration, un professionnel capable de faire le lien entre les experts business et les experts IA s'impose. Cet *analyste business* orienté IA apparaît comme essentiel dans un contexte où ces technologies et leurs bénéfices semblent peu connus des entreprises probablement déroutées par les discours discordants en la matière. Ces professionnels pourraient jouer un rôle de premier plan en matière d'acculturation.

Quant aux professionnels des TIC, la majorité sera amenée à s'adapter à un environnement informatique marqué par son caractère distribué, flexible et dynamique. Analystes, architectes, administrateurs, experts en cybersécurité ; tous devront fondamentalement adapter leur manière de travailler. Il en va de même pour les développeurs qui, en outre, verront un domaine d'activité gagner en importance à l'avenir : celui des API.

Enfin, il apparaît que la plupart des métiers devraient être impactés par l'IA, radiologues, chercheurs, avocats, traducteurs, ... Plutôt que de les remplacer, l'IA devrait les « augmenter », leur permettre d'être plus performants dans leur travail moyennant une adaptation des pratiques et une compréhension des usages et du fonctionnement de l'IA. Il apparaît souhaitable que les méthodes d'IA leur soient enseignées comme une discipline semblable à la statistique, qui ne constitue par leur spécialité mais dont ils doivent avoir une compréhension.

Grâce à la connaissance de leur business, ces professionnels pourraient également jouer le rôle « d'entraîneur de données », en fournissant des jeux de données, vérifiant la qualité des résultats du modèle ou encore en les corrigeant. Ce rôle d'entraîneur de données n'est pas apparu lors de l'analyse d'impact des hypothèses d'évolution sur le référentiel d'activités. Néanmoins il avait été cité à l'entame des travaux. Certaines entreprises embauchent en effet des travailleurs peu qualifiés pour entraîner « la machine ». Il semble que le type d'acteur à qui est attribué ce rôle d'entraîneur de données varie en fonction du modèle d'affaire : expert business, travailleur peu qualifié voire travailleur à la tâche²¹, ou encore clients et utilisateurs²².

¹⁸ CRISP-DM, qui signifie Cross-Industry Standard Process for Data Mining, est un modèle de processus de cycle d'analyse de données.

¹⁹ Gartner, *Artificial Intelligence Hype : Managing Business Leadership*, June 2018 <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-5AMVKR4&ct=180803&st=sb>.

²⁰ Voir le rapport prospectif exclusivement consacré au *data scientist* : Le Forem, *Métier d'avenir, data scientist*, septembre 2017. https://www.leforem.be/Mun-goBlobs/1391437533814/20171011_A2P_data_scientist.pdf.

²¹ Via des plateformes de *crowdsourcing* comme Amazon Mechanical Turk (<https://www.mturk.com/>) où des micro tâches sont proposées en l'échange de rémunérations peu élevées.

²² Le cas des « reCaptcha » illustre le phénomène : en reconnaissant une image, des lettres, etc. ; l'utilisateur, en plus de prouver qu'il est un être humain (l'objectif affiché) entraîne l'intelligence artificielle de Google.

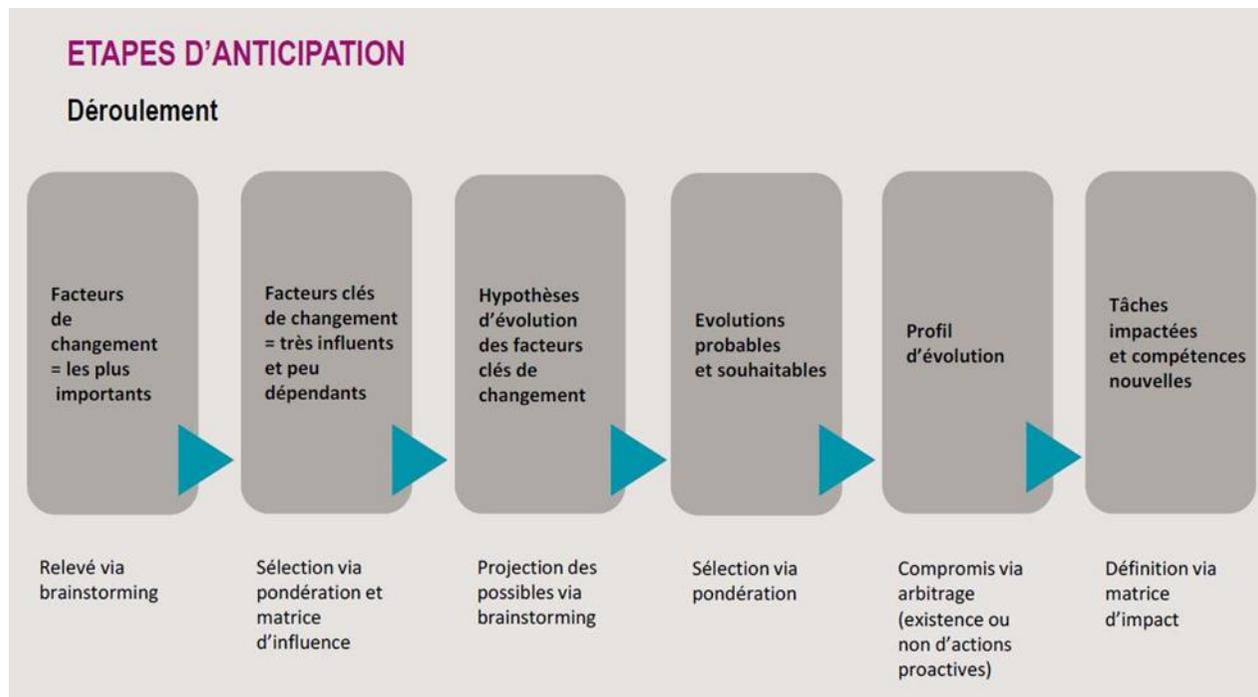
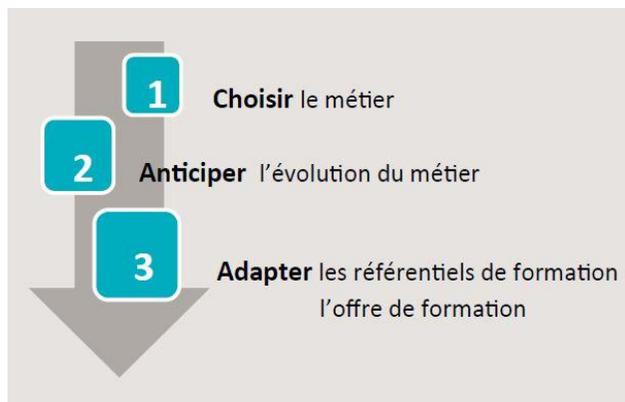
Partie 2 - La démarche et les résultats pas à pas

Cette partie du document décrit l'ensemble du processus suivi dans le cadre du déploiement de la méthode *Abilitic2Perform* appliquée aux métiers de l'intelligence artificielle.

La démarche se base sur la participation d'un panel d'experts à une série d'ateliers encadrés par un animateur qui conduit les réunions.

La méthode alterne, d'une part, des phases de réflexions créatives et collectives de type brainstorming et, d'autre part, des phases individuelles destinées à noter la pertinence ou l'impact des idées précédemment émises. Le traitement de ces notes par l'animateur permet d'objectiver les éléments récoltés. Les résultats obtenus au terme de chaque phase servent de matière première à la phase suivante.

Trois grandes étapes doivent être parcourues : choisir un métier, anticiper les évolutions et leurs impacts sur le métier, puis adapter les prestations. Le présent rapport se focalise essentiellement sur la deuxième phase consacrée à l'anticipation.



Les ateliers ont rassemblé une dizaine de personnes issues de différents milieux : universités, services publics, entreprises privées de services informatiques ou de consultance, centres de compétence et Le Forem (cf. le colophon).

L'étape préalable, le choix du métier, s'est avérée complexe compte tenu du caractère encore relativement émergent de l'intelligence artificielle. Malgré la difficulté à tracer un périmètre clair, il a pourtant semblé essentiel de pouvoir anticiper les besoins générés par cet ensemble de technologies qui devraient bouleverser fondamentalement la production et la fourniture de biens et de services, et en conséquence le marché du travail.

La suite du document reprend étape par étape, la procédure d'analyse :

1. Le périmètre du métier
2. Les facteurs les plus importants
3. La sélection des facteurs les plus influents
4. Les évolutions probables et souhaitables et profil d'évolution
5. Les impacts sur les activités et les besoins en compétences

1. LE PÉRIMÈTRE DU MÉTIER

Avant de se projeter dans l'avenir et d'anticiper les besoins en compétence, il convient de définir l'objet de cette étude avec le groupe d'experts : le « professionnel de l'IA ». Cela nécessite deux détours préalables : le premier, définir ce qu'est l'intelligence artificielle et la situer dans le contexte économique ; le deuxième, identifier les professionnels de l'IA.

L'intelligence artificielle : concepts et importance économique

Origines

Le concept d'intelligence artificielle n'est pas neuf puisqu'en 1956 une première conférence y était consacrée²³, et qu'Alan Turing avait déjà postulé du caractère plausible de son existence quelques années auparavant²⁴.

Hier comme aujourd'hui, la définition de l'intelligence artificielle butte sur la notion d'intelligence. Parmi les définitions proposées lors du premier atelier, celles qui conféraient à l'intelligence artificielle la capacité de simuler ou imiter le raisonnement humain ont systématiquement suscité la controverse. Le débat n'est pas seulement conceptuel, il se situe au cœur de la

question qui secoue le marché du travail : L'intelligence artificielle va-t-elle remplacer l'intelligence humaine ? L'IA va-t-elle remplacer les hommes par des machines ?

Un contexte technologique propice à l'IA

Si l'IA n'est pas neuve, pourquoi cette question occupe aujourd'hui une telle place dans l'actualité ? Probablement car l'intelligence artificielle bénéficie de conditions technologiques optimales à son développement : le big data (la collecte, le stockage et le traitement de gros volumes de données) et des processeurs dotés d'une grande puissance de calcul. Ce substrat technologique nécessaire à l'IA devrait encore se développer à l'avenir avec d'une part l'essor des objets connectés, qui généreront davantage de données et d'autre part une puissance de calcul qui pourrait être démultipliée. Sur ce dernier point, les possibilités offertes par les ordinateurs quantiques pourraient marquer un progrès fondamental. Si leur utilisation ne devrait pas se généraliser dans un avenir proche, le déploiement commercial est quant à lui bien à l'ordre du jour de plusieurs géants technologiques²⁵. Parmi les conditions technologiques propices à l'IA, citons encore les connexions Internet haut débit et le *cloud*

computing qui permettent d'utiliser les ressources de stockage et de calcul à distance. Il convient donc de considérer l'IA dans un mouvement de digitalisation plus global, comme « *une brique technologique de la transformation numérique* »²⁶.

Définition

La définition proposée et acceptée par le groupe décrit l'IA comme « **L'ensemble des technologies visant à réaliser par l'informatique des tâches cognitives traditionnellement effectuées par l'humain** »²⁷. Ces tâches cognitives sont essentiellement :

- La reconnaissance de formes : la reconnaissance de texte, d'image, de son, ...
- La capacité à prendre des décisions basées sur des éléments rationnels.
- L'apprentissage : par expérience ou inférence statistique.

Apprendre à des machines

Cette notion d'apprentissage constitue une distinction fondamentale d'avec la « programmation » traditionnelle.

²³ Conférence dite de Dartmouth de 1956 organisée par Marvin Minsky et John Mc Carthy, considérés comme les pionniers de l'intelligence artificielle.

²⁴ Dans l'article *Computing machinery and intelligence de 1950*, Alan Turing stipule que l'idée d'une machine pensante est plausible dès lors qu'elle peut se faire passer pour un humain dans le cadre d'un test particulier, en particulier le "jeu de l'imitation".

²⁵ Outre IBM, qui a présenté au dernier CES de Las Vegas, l'IBM Q system One, comme le « premier ordinateur quantique commercial » (<https://trustmyscience.com/ibm-devoile-premier-ordinateur-quantique-commercial-fonctionnel/>), Google et Microsoft ont également annoncé récemment être en capacité de développer des ordinateurs quantiques.

²⁶ Benhamou S., Janon L., Intelligence artificielle et travail, France Stratégie, Mars 2018, p11.

²⁷ *Ibid.* p.7.

Deux approches d'apprentissage sont couramment citées :

- Les systèmes experts : basés sur une modélisation (sous forme d'arbre de décision par exemple) du raisonnement d'un expert.
- Les méthodes probabilistes : basées sur les statistiques (analyse factorielle, régression, etc.). C'est à cette approche que correspond l'apprentissage automatique (machine learning).

Classiquement, le *machine learning* comprend deux phases : une première d'apprentissage ou d'entraînement durant laquelle un jeu de données d'exemples est fourni à la machine pour qu'elle s'en fasse une représentation interne. Après plusieurs itérations et corrections ou ajustements, le modèle gagne en performance (la part d'erreur diminue). Une fois le niveau de performance attendu atteint, intervient la deuxième phase : le déploiement, durant laquelle l'apprentissage peut éventuellement continuer.

On distingue en général trois types d'apprentissage :

- Supervisés : le système apprend à classer selon un mode prédéterminé grâce à un échantillon de données libellées ;
- Non supervisés : le système classe les éléments selon leur similitude ou distinction en créant des catégories par lui-même (*clustering*) ;

- Et par renforcement : le système apprend à évoluer dans son environnement grâce à l'expérience, corrigeant ses actions ultérieures en fonction des récompenses (résultats positifs) obtenues précédemment.

Le *deep learning* est une sous-catégorie de l'apprentissage automatique, dont la particularité est de s'inspirer du fonctionnement des réseaux de neurones. Ce type d'apprentissage est particulièrement populaire actuellement et souvent utilisé pour les reconnaissances d'images, de sons, les traductions automatiques, etc. Il se caractérise par un fonctionnement en couches successives qui, si elles permettent d'aborder des problèmes complexes, rendent difficiles la compréhension du processus et l'explication du résultat obtenu. La transparence des processus menant aux décisions constitue un des enjeux éthiques de l'intelligence artificielle.

L'IA partout, pour tout (ou presque)

Les applications d'intelligence artificielle sont nombreuses et variées : traduction automatique, agent conversationnel (*chatbot*), recommandations publicitaires, voitures autonomes, ... Dans un récent rapport, Deloitte²⁸ soulignait à quel point les technologies basées sur l'IA étaient présentes dans la vie quotidienne, particulièrement via les téléphones mobiles : proposition de trajets, traduction, saisie intuitive, *text to speech*, ... Quasiment tous les secteurs d'activité économique sont concernés : le droit (analyse automatique de contrats), la traduction (traitement automatique du langage), la finance (analyse de risques et de

conformité) , la santé (analyse d'images en radiologie), le commerce (recommandations personnalisées), les ressources humaines (étiquetage automatique des compétences et recommandations de postes ou formations), secteur public (soumission de formulaires, de déclarations ou demande d'attestations via des interfaces conversationnelles), l'énergie (maintenance préventive des éoliennes), l'industrie (la gestion des données captées par les différents senseurs en vue d'atteindre l'excellence opérationnelle), le divertissement (jeux vidéo) ou encore le transport (véhicules autonomes).

L'intelligence artificielle se retrouve donc dans une grande variété d'applications et de secteurs. La plupart de ces solutions IA sont « spécialisées » dans une tâche (reconnaître un type d'image, proposer des produits ou services sur base des choix précédents, traduire un texte d'une langue vers une autre) pour laquelle elles ont été programmées et entraînées. Il s'agit d'IA dites « faibles », qui donnent l'illusion de raisonner comme un humain. Si elle est dite faible, ce type d'IA dépasse néanmoins souvent les capacités humaines dans leur domaine de spécialisation. C'est le cas notamment de la capacité de calcul, de la mémorisation ou de la classification.

IA : forte ou faible ?

Malgré cette puissance, l'intelligence artificielle est dite faible en opposition au concept d'intelligence artificielle forte, soit une intelligence artificielle qui comme l'humain pourrait véritablement analyser, percevoir, résoudre des problèmes variés et surtout

²⁸ Deloitte Consulting, *Technology, Media & telecommunication predictions*, 2018.

« être dotée d'une conscience ». Cette intelligence artificielle « forte » relève encore du domaine de la recherche. Le développement d'une telle IA permettrait de lever un obstacle majeur au développement de l'IA d'aujourd'hui : la capacité d'adaptation. Deux exemples permettent d'illustrer les limites de l'intelligence artificielle d'aujourd'hui. Un autocollant sur un panneau de signalisation routière rend le panneau méconnaissable pour un véhicule autonome. Récemment, Facebook concédait que 70 % des interventions de l'agent conversationnel de Messenger reposait sur une intervention humaine. Cette limite de l'IA, Amazon l'assume pleinement avec sa plateforme Amazon Mechanical Turk²⁹, qui offre la possibilité de mettre sur le marché des micro-tâches appelées Hits, pour Human Intelligence Tasks, que peuvent réaliser des travailleurs en échange d'une rémunération à la pièce. Ces tâches consistent par exemple en la traduction d'extraits de texte, en la transcription d'un extrait audio, en la reconnaissance d'image, etc. Le résultat de ces tâches viendra alimenter l'apprentissage supervisé d'une IA ou pallier ses manquements. Derrière l'IA se cache parfois une IAA, une intelligence artificielle, artificielle !

Sur le plan économique, l'enjeu ne réside toutefois dans le passage de l'IA faible à l'IA forte. L'enjeu principal se situe dans le déploiement de solutions.

IA : Qu'en faire et comment ?

Dans un récent rapport³⁰, le bureau d'étude Gartner pointait la difficulté qu'éprouvaient les dirigeants d'entreprises à comprendre et choisir la bonne solution IA dans un contexte où ces dernières sont au cœur de discours parfois trop optimistes de la part des industries de logiciels ou de technologie IT et de la presse. Gartner propose un cadre structurant afin d'aider les entreprises à opérer les bons choix de technologies et de ressources humaines pour mettre en place des solutions adaptées à leur besoin. Dans le même ordre d'idée, le magazine Harvard Business Review³¹ invitait les entreprises à ne pas « *viser la lune trop vite* » en matière d'IA, en privilégiant des projets modestes (dans un premier temps) dans une dynamique incrémentielle, plutôt que transformationnelle. L'incompréhension des managers par rapport aux technologies cognitives figure également parmi les freins à leur déploiement après la difficulté de les intégrer au processus existant et au coût des technologies et de l'expertise dans le domaine. Tout comme Gartner, ils suggèrent que l'entreprise s'interroge sur ses besoins

plutôt que sur les technologies. Les auteurs de l'article en identifient trois et observent leurs conséquences sur l'emploi des entreprises interrogées :

- L'automatisation (RPA³²) : il s'agit d'un cas d'utilisation le plus fréquent dans l'échantillon interrogé, essentiellement dans le domaine de la finance ou de l'administration. Ce sont des processus peu onéreux et qui ont de plus assez peu d'effets sur l'emploi interne car ils automatisent des tâches habituellement sous-traitées.
- L'insight cognitif (*data analytics*) : les analyses produites via l'IA s'avèrent plus détaillées que celles utilisées classiquement. Les technologies IA sont particulièrement adaptées à l'appariement probabiliste entre base de données, et dans le développement de modèles basés sur des sous-ensembles de données. Ces solutions remplacent en général des tâches déjà réalisées par des machines.
- L'engagement (l'interaction) : Il s'agit ici d'utiliser l'IA pour interagir avec des clients ou des employés (le plus souvent) via notamment des agents intelligents et *chatbots*. Ces solutions

²⁹ <https://www.mturk.com/> De manière assez ironique, Amazon fait ici référence à une supercherie de la fin du 18ème siècle : Un automate habillé en « Turc » était présenté comme capable de jouer aux échecs. Cet automate construit pour impressionner l'archiduchesse Marie Thérèse d'Autriche, n'avait en fait rien « d'intelligent » ; il était activé par un opérateur caché sous la table de jeu qui soi-disant abritait le mécanisme. L'exploit sera néanmoins réalisé deux siècles plus tard : la victoire de l'ordinateur Deep Blue sur le champion du monde Kasparov en 1997.

³⁰ Gartner, *Artificial Intelligence Hype : Managing Business Leadership*, June 2018. Dans ce rapport, Gartner propose un cadre de référence reprenant et organisant les différentes applications et méthodes d'intelligence artificielle. Pour chacune des dimensions de ce cadre de référence, le consultant identifie les différents métiers impliqués. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-5AMVKR4&ct=180803&st=sb>.

³¹ « *L'intelligence artificielle dans le monde réel, Ne visez pas la lune trop vite* », Harvard Business Review, juin-juillet 2018.

³² Le Robotic Automatisation Process permet aux entreprises d'automatiser des processus métiers en entreprises.

s'avèrent aujourd'hui peu performantes, et consistent essentiellement à assurer une communication simple, les cas les plus complexes étant encore à charge d'humains.

Malgré ces recommandations invitant à la prudence, les différents auteurs maintiennent l'intérêt d'investir dans les technologies cognitives afin de se différencier de la concurrence par l'innovation dont l'IA est un des vecteurs les plus importants actuellement.

L'IA, quelle place dans l'économie mondiale et wallonne ?

Au niveau mondial, le marché de l'intelligence artificielle est en pleine expansion et pourrait atteindre 11,1 milliards de dollars en 2024 contre 200 millions en 2015³³. En Europe, le chiffre d'affaires du marché des applications d'IA pourrait passer de 93 millions d'euros en 2016 à 7.876 millions en 2025³⁴.

Fin 2018, l'Union Européenne présentait un plan favorisant le développement et l'utilisation de l'IA et annonçait son intention de dégager plus de 20 milliards d'investissements publics et privés (avec les États

Membres) d'ici 2020. L'Europe ambitionne ainsi de rejoindre les deux leaders mondiaux que sont les États-Unis et la Chine, lesquels ont l'avantage de pouvoir s'appuyer sur plusieurs géants technologiques du domaine que sont les GAFAM et BATX³⁵.

Au-delà de ces acteurs majeurs, le développement de l'IA repose également sur un écosystème de startups. Avec près de 1.400 startups, les États-Unis dépassent l'Europe (769). Malgré cette deuxième place devant la Chine (383), l'Europe souffre, par rapport à ces concurrents, d'un écosystème fragmenté et d'un manque de stratégie claire. À l'intérieur de l'Europe même, le développement varie fortement entre d'une part les quatre pays leaders (Grande-Bretagne, France, Allemagne et Espagne), les « étoiles montantes » (Pays scandinaves et baltes, plus les Pays-Bas, la Suisse et la Slovénie) et le reste des pays, dont la Belgique³⁶. Néanmoins, un récent rapport³⁷ publié fin 2018 attribuait à la Belgique une situation favorable en matière d'IA par rapport aux autres pays Européens. En termes d'investissements, la Belgique occupe la septième place, certes derrière le trio de leaders que sont la France, l'Allemagne et la Grande Bretagne mais devant plusieurs autres pays. En outre, les directions

d'entreprises belges interrogées dans le cadre de cette étude se distinguent de leurs homologues européens par une attention accrue accordée à l'IA (90 % des directions belges contre 71 % ailleurs en Europe). Les trois quarts d'entre eux affirment avoir mis en place des projets pilotes en IA ou l'avoir intégrée dans des processus de manière sélective, sans toutefois avoir atteint un stade de développement d'utilisation intensive et avancée qui reste l'apanage d'une petite minorité (4 %). La maturité en matière d'IA des entreprises belges se situeraient dans la moyenne européenne.

Tant au niveau belge que wallon, les autorités politiques semblent prendre la mesure de l'enjeu que représente l'IA. Au niveau fédéral, le ministre de « l'Agenda numérique » a récemment mandaté un groupe d'experts afin d'identifier les secteurs de niche dans lesquels la Belgique pourrait occuper une place de leader mondial³⁸ tandis que le ministre régional wallon du numérique annonçait accorder une place importante à l'IA dans le plan Digital Wallonia 2019-2024³⁹.

Fin 2018, à l'initiative d'entrepreneurs actifs dans l'intelligence artificielle, le « réseau IA » a vu le jour et

³³ « Les 5 chiffres à absolument connaître sur l'IA », <https://experiences.microsoft.fr/business/intelligence-artificielle-ia-business/ia-chiffres-cles/> consulté le 23/01/2019.

³⁴ « L'intelligence artificielle, secteur en plein essor en Europe », <https://fr.statista.com/infographie/8618/lintelligence-artificielle-secteur-en-plein-essor-en-europe/> consulté le 23/01/2019.

³⁵ L'acronyme GAFAM fait référence aux entreprises américaines Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft ; et BATX aux entreprises chinoises, Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi.

³⁶ France IA, Roland Berger, *Joining the dots – A map of Europe's AI ecosystem*, 2018.

³⁷ « La Belgique parmi les premiers pays européens en matière d'investissement dans l'Intelligence Artificielle » article publié le 31/10/2018 sur le site <http://www.peoplesphere.be/fr/belgique-parmi-premiers-pays-europeens-matiere-dinvestissement-lintelligence-artificielle/>. L'étude compète : EY, Microsoft, *Artificial intelligence in Europe, Belgium and Luxembourg, Outlook for 2019 and beyond*, octobre 2018, téléchargeable sur https://info.microsoft.com/WE-DIGTRNS-CNTNT-FY19-09Sep-27-ArtificialIntelligenceinBelgium-MGC0003166_01Registration-Formin-Body.html?wt.mc_id=AID732606_QSG_BLOG_278540.

³⁸ http://www.feb.be/en/business-issues/economics--business-cycle/economie-numerique/la-digital-platform-de-la-feb-soutient-la-digitalisation-des-entreprises_2018-10-17/.

³⁹ Pierre-Yves Jeholet : « L'IA nous fera passer d'un paradigme économique à un autre », Trends Tendances, 16 décembre 2018. <https://trends.levif.be/economie/high-tech/numerik/pierre-yves-jeholet-l-ia-nous-fera-passer-d-un-paradigme-economique-a-un-autre/article-normal-1062911.html>.

viser la création d'un écosystème IA, d'abord wallon puis éventuellement étendu au-delà de la Région ou connecté à d'autres réseaux en Europe.

Si la Wallonie est aujourd'hui discrète sur la carte de l'IA mondiale, dominée par les États-Unis et la Chine, investissements, conscience politique et écosystème pourraient amener la Région à profiter de la croissance que les technologies cognitives peuvent représenter.

L'IA n'étant ni un métier, ni un secteur, il est difficile de mesurer l'emploi dans le domaine. L'Agence du Numérique recense parmi les entreprises reprises sur leur plateforme⁴⁰, 47 entreprises actives dans l'IA : traduction automatique, *chatbots*, apprentissage automatique, *machine learning*, *deep learning*, etc. Si ce nombre d'entreprises peut apparaître comme peu élevé, il faut garder à l'esprit qu'elles ne sont pas les seules à employer des professionnels de l'IA.

Une recherche dans les offres reçues par Le Forem pour des emplois à pourvoir en Wallonie en 2018 a permis d'en identifier une quarantaine faisant mention de compétences en « intelligence artificielle » ou machine learning. Les recrutements concernent des domaines variés : services TIC, finance, recherche, commercial, ... ainsi que différents métiers dont les plus fréquents sont *data scientist* et développeur. Il convient de relativiser ce faible volume d'offres pour deux raisons : la première concerne le mode d'identification des offres concernées au travers de ces deux seuls mots clés ; la deuxième raison, la plus importante, a trait au fait que le service public de l'emploi

ne dispose que d'une vue partielle du marché, en particulier sur le segment de marché des métiers de l'informatique.

Les métiers de l'intelligence artificielle

Tous concernés

Animé par la volonté d'identifier les compétences nécessaires sur le marché de l'emploi dans le cadre du développement de l'IA, la première question de recherche posée était la suivante : quels sont les métiers concernés ? Un premier tour d'horizon de la littérature sur le sujet a permis d'apporter rapidement une réponse simple : potentiellement tous, ou presque, mais à des degrés divers. En effet, tous les métiers n'entretiennent pas une relation semblable avec les technologies cognitives. Globalement on peut distinguer, les métiers selon qu'ils sont au cœur de la production d'intelligence artificielle ou en périphérie, subissant ou bénéficiant des effets du développement de ces technologies. Une première représentation schématique a été proposée au groupe et a permis de centrer le propos sur les métiers au cours de la production de l'IA, excluant des débats les questions relatives à un éventuel remplacement de certains métiers par l'IA.



Schéma utilisé lors de l'atelier 1 pour encadrer les débats quant au choix du périmètre. Ce schéma distingue des catégories de métiers selon la relation qu'ils entretiennent avec les technologies IA.

Au cœur de la production d'intelligence artificielle, on retrouve traditionnellement le métier de *data scientist*, qui a fait l'objet en 2017 d'une étude prospective sur les besoins en compétences⁴¹.

En deçà d'ingénieurs et docteurs, pas d'emploi dans l'IA ?

Le profil de *data scientist* est réputé hautement qualifié (Ingénieur ou docteur), donnant à l'intelligence artificielle une dimension « inaccessible ». Or, comme l'écrivait dans un rapport de mission parlementaire⁴²,

⁴⁰ <https://www.digitalwallonia.be/fr/tags/intelligence-artificielle>

⁴¹ Voir le rapport prospectif exclusivement consacré au *data scientist* : Le Forem, *Métier d'avenir, data scientist*, septembre 2017. https://www.leforem.be/Mun-goBlobs/1391437533814/20171011_A2P_data_scientist.pdf.

⁴² Villani C., « Donner un sens à l'intelligence artificielle, pour une stratégie nationale et européenne » Mars 2018.

le député et mathématicien français, Cédric Villani, des profils moins qualifiés s'avèreront nécessaires en phase d'industrialisation de l'IA, notamment au stade de l'intégration.

« Enfin, au-delà des formations de haut niveau de type master ou doctorat, un besoin de plus en plus important émerge en matière de professionnels de l'IA à niveau qui pourrait être en fin de licence (Bac +3 voire en sortie de filière professionnalisante). L'objectif est de former des étudiants sur des métiers beaucoup plus techniques de l'IA sur lesquels une connaissance très fine de l'IA n'est pas nécessaire mais qui seraient directement activables par les entreprises. On peut penser à quelques exemples comme l'industrialisation de technique d'IA, la production d'analyses et de visualisations de données, l'intégration et l'adaptation de composants d'IA, etc. Ce besoin n'est aujourd'hui pas du tout couvert par l'offre de formation et va croître exponentiellement avec la diffusion de l'IA dans les entreprises. »⁴³

Parmi les métiers peu qualifiés impliqués dans la production d'IA, figure l'entraîneur de données à qui reviennent les tâches de nettoyer les données, tester le modèle, entraîner la machine, ... Si l'entraînement de

la machine (cf. supra) est un passage obligé de la production d'une solution IA, le profil de la personne qui en a la charge peut varier selon l'organisation de l'entreprise, le domaine d'application ou encore le type d'apprentissage. Le plus souvent, l'entraînement ne nécessite pas de connaissances pointues en IA et peut donc être réalisé par des personnes relativement peu qualifiées. Néanmoins l'entraînement peut requérir des connaissances relatives au domaine d'application. Dans ce cas, cette étape devra être réalisée par un professionnel dont l'expertise « métier » permettra d'entraîner l'IA.

À noter que des besoins en compétences aigues en IA et en algorithmie sont peu pertinentes dans le cadre d'utilisation de services d'intelligence artificielle hébergés sur des plateformes.⁴⁴

Le métier de développeur a également fait l'objet de débat en atelier. Se centrer sur le développeur est apparu à plusieurs experts comme peu pertinent tant la programmation apparaît comme antinomique à l'intelligence artificielle. Traditionnellement, le développeur « programme » la machine pour qu'elle suive une série d'instructions, tandis qu'en IA moderne, la machine apprend et s'adapte en fonction de ses acquis. De manière un peu radicale, on peut dire que « l'IA c'est d'abord la fin du code. Nous passons d'un monde de programmation à un monde d'apprentissage »⁴⁵

Enfin, faute de consensus sur un métier spécifique et dans l'optique d'aborder un niveau de qualification moyen, le groupe s'est accordé sur un profil provisoire de « technicien en IA ». Il se définit comme la personne qui « élabore, agence, intègre des solutions IA, basées sur le traitement (nettoyage, structuration, analyse, modélisation, ...) de grandes quantités de données et qui peuvent répondre à des problèmes complexes. »⁴⁶. Le concept de technicien IA sera ultérieurement abandonné au profit de l'ensemble des métiers potentiellement concernés par l'élaboration et l'intégration de solutions IA.

Une combinaison de métiers au service de l'IA

En effet, plutôt que de faire émerger un seul profil professionnel, les discussions autour des métiers de l'IA ont permis de mettre en exergue la nécessité de combiner différents intervenants. Dans un projet de taille importante, par exemple, plusieurs métiers pourraient être impliqués : classiquement on retrouve l'administrateur système, le *data engineer* (qui place l'IA dans le système), le *data analyst* (qui procède à une analyse descriptive des données), le *data scientist* (qui gère l'architecture de l'IA, les modèles prédictifs, etc.), ... Il existe par ailleurs des modélisations standard de processus de « data science »⁴⁷ qui permettent de visualiser les différents rôles impliqués.

⁴³ *Idem*, p120.

⁴⁴ On parle de *AlaaS*, pour Artificial Intelligence as a Service. Les géants du Web ont presque tous développer des plateformes proposant des services d'intelligence artificielle, dont des API, des *bots*, et du *machine learning* : Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud, and IBM Cloud.

⁴⁵ Citation de J-P Desbiolles, IBM Watson France dans Hubreport Institute, Future of artificial intelligence, 2018. [Hubinstitute.com](https://hubinstitute.com).

⁴⁶ Définition inspirée de celle de l'ingénieur en intelligence artificielle sur le site d'orientation : <https://www.orientation.com/metiers/ingenieur-en-intelligence-artificielle.html>.

⁴⁷ L'un des plus courants est le *Team Data Science Process lifecycle* <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/team-data-science-process/overview>.

C'est lors du troisième atelier que l'idée d'identifier un seul métier sera définitivement abandonnée au profit d'une exploration des différents métiers concernés, notamment sur base du cadre de référence proposé par Gartner⁴⁸. Ce cadre souligne par ailleurs l'interdisciplinarité nécessaire au développement de solution IA.

Référentiel d'activité

La méthode Abilitic2perform préconise l'utilisation d'une grille d'activités permettant d'identifier les domaines où des besoins en compétences pourraient émerger. En raison des difficultés rencontrées pour cerner en amont de l'analyse, un métier spécifique, il

a été convenu de travailler sur base d'une grille d'activités relativement généraliste, retraçant les grandes étapes et activités d'un projet d'application informatique, de la phase d'étude à son intégration adaptée à la production de solution IA. Cette grille s'inspire de la fiche du référentiel métier Rome V3 « M1805 - Études et développement informatique ».

Référentiel d'activités inspiré du référentiel opérationnel des métiers français ROME V3 M1805 - Études et développement informatique (savoir-faire) *	
1. Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des besoins du client / <i>Analyse des données du client</i> • Établir un cahier des charges • <i>Transposer le cahier des charges en analyse technique</i>/Rédiger une Spécification Technique de Besoin (STB) • <i>Optimiser l'architecture : cloud, XGPU, No SQL, ...</i>
2. Prototype	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un prototype
3. Développement	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir et développer les programmes et applications informatiques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Concevoir les bases de données relationnelles</i> ▪ <i>Élaborer le code de nouveaux développements informatiques</i> ▪ <i>Commenter le code et rédiger la documentation technique</i> • <i>Nettoyage des données</i>
4. Test corrections	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les phases et procédures de tests techniques et fonctionnels • Analyser les problèmes techniques • Déterminer des mesures correctives
5. Déploiement	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mise en exploitation / production (intégration)</i>

⁴⁸ Gartner, *Artificial Intelligence Hype : Managing Business Leadership*, June 2018. Dans ce rapport, Gartner propose un cadre de référence reprenant et organisant les différentes applications et méthodes d'intelligence artificielle. Pour chacune des dimensions de ce cadre de référence, le consultant identifie les différents métiers impliqués. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-5AMVKR4&ct=180803&st=sb>.

6. Maintenances correctives/évolutives	<ul style="list-style-type: none"> ● Réaliser des supports techniques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assurer la maintenance des programmes informatiques (upgrades, updates, ...) ▪ Commenter le code et rédiger la documentation technique ▪ Assurer le support aux utilisateurs ● <i>Monitoring et enrichissement (entraîner le système, test de performance)</i>
Autre	<ul style="list-style-type: none"> ● Traiter l'information (collecter, classer et mettre à jour)
<p><i>En italique noir : https://www.leforem.be/Horizonemploi/rome/32321.html</i></p> <p><i>En italique Fushia : éléments ajoutés par les experts présents</i></p>	

Tableau 1 : Référentiel d'activités inspiré du référentiel opérationnel des métiers français ROME V3.

2. LES FACTEURS LES PLUS IMPORTANTS

L'anticipation des facteurs de changement s'effectue, selon la méthodologie Abilitic2Perform, en deux étapes : d'abord, le recensement le plus large possible des facteurs de changement puis la sélection des plus importants d'entre eux par le biais de votes pondérés.

Concrètement, les experts ont répondu en atelier à la question suivante : Quels sont, dans un horizon de trois à cinq ans, les facteurs qui détermineront/influenceront les activités du *professionnel de l'IA* ?

Après un temps de réflexion individuelle, suivi d'une présentation à l'ensemble du groupe, les experts ont proposé une trentaine de facteurs. Les 20 plus importants, sélectionnés sur base d'un vote pondéré, sont repris ci-après.

A1	Veille et conscience des enjeux de l'IA par les dirigeants politiques, industriels et les citoyens, ...
A2	Banalisation / acceptation de l'IA.
A3	Développement de l'IoT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité.
A4	Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, ...).
A5	Développement / structuration d'un tissu économique comprenant les industries, les PME et les Universités autour de l'IA (notamment R&D).
A6	Anonymisation des données (médical, ...).
A7	Disponibilité des ressources : <i>data centers</i> , bande passante et de GPU.
A8	Évolution du rôle de la plateforme wallonne "Big data".
A9	Pression concurrentielle.
A10	Coût global pour l'utilisateur des <i>data centers</i> et des GPU.
A11	Privacy (RGPD, réglementations "étrangères", ...).
A12	Évolution des cursus d'études liés à l'IA (Data, statistique, code, IoT, Cloud, appli IA, STEM).
A13	Politique proactive pour favoriser l'émergence de l'IA dans tous les secteurs.
A14	Transformation numérique des entreprises.

A15	Démocratisation et diversification de l'apprentissage dans le domaine IA : universités, Hautes écoles, MOOC, formations professionnelles, ...
A16	Technologie disruptive dans certains secteurs (transport, ...).
A17	IA as a service / plateforme cloud proposant des solutions IA.
A18	Développement des systèmes cyber-physiques ⁴⁹ : Robotique (Cobot et exosquelette), drones, réalité virtuelle et industrie 4.0.
A19	Culture du partage et de collaboration entre entités (états, entreprises, ...).
A20	Développement de la maintenance prédictive / prescriptive.

Tableau 2 : Les 20 facteurs de changement importants.

⁴⁹ Caractérise un système où des éléments informatiques collaborent pour le contrôle et la commande d'entités physiques.

3. LA SÉLECTION DES FACTEURS LES PLUS INFLUENTS

Durant l'étape suivante, les experts ont évalué l'influence que ces 20 facteurs « importants » exerçaient les uns sur les autres. Entre le premier et le second atelier, les experts ont été invités à compléter une matrice en y notant l'influence des 20 facteurs en ligne sur les mêmes 20 facteurs en colonne (0 : aucune influence ; 1 : influence faible ; 2 : influence moyenne ; 3 : influence forte).

La compilation des matrices des experts est visualisée dans le graphique 1 qui représente les positions d'influence / dépendance relatives des 20 facteurs.

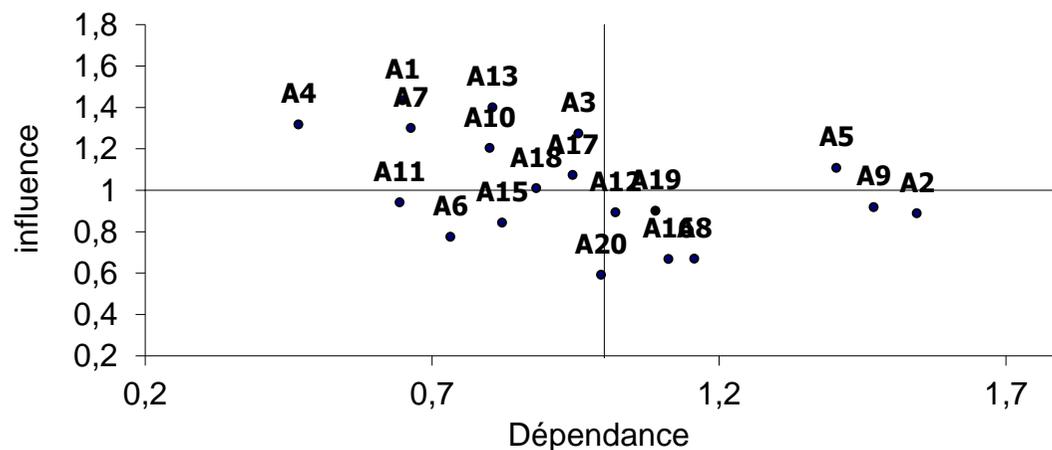
La méthode préconise de sélectionner les facteurs les plus « dominants » et les « moins influencés » repris dans le cadre supérieur gauche. Il s'agit ici des facteurs suivants :

1. Veille et conscience des enjeux de l'IA par les dirigeants politiques, industriels et les citoyens, ... (A1)
2. Développement de l'IoT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité. (A3)
3. Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, ...). (A4)
4. Disponibilité des ressources : *data centers*, bande passante et de GPU. (A7)
5. Coût global pour l'utilisateur des *data centers* et des GPU. (A10)
6. Politique proactive pour favoriser l'émergence de l'IA dans tous les secteurs. (A13)

7. IA as a Service / plateforme cloud proposant des solutions IA. (A17)
8. Développement des systèmes cyber-physiques : Robotique (Cobot et exosquelette), drones, réalité virtuelle et industrie 4.0. (A18)

À ces huit facteurs, les experts ont souhaité en ajouter deux d'influence moindre : « l'anonymisation des données » (A6) et les réglementations relatives au « Privacy (RGPD, réglementations "étrangères", ...) » (A11). Ces facteurs sont fusionnés en un seul et reformulé comme suit :

9. Cadre légal et éthique relatif à l'anonymisation et aux réglementations de protection de la vie privée.



Graphique 1 : Compilation des matrices des votes d'influence des experts.

4. LES ÉVOLUTIONS PROBABLES, SOUHAITABLES ET PROFIL D'ÉVOLUTION

Une fois ces facteurs déterminés, il s'agissait d'envisager les évolutions possibles. Pour chacun des facteurs, les experts ont proposé différentes hypothèses. Chacune a été débattue et reformulée en séance, afin qu'elle soit validée par le groupe.

Elles ont ensuite été soumises au vote des experts qui étaient invités à sélectionner l'hypothèse à retenir afin de constituer le scénario d'évolution, appelé aussi profil d'évolution.

Pour être retenue, une hypothèse d'évolution devait être jugée soit hautement probable ou hautement

souhaitable. Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses formulées pour chacun des facteurs, celles retenues apparaissent en caractère gras.

	Facteurs sélectionnés (importants)	Hypothèse basse	Hypothèse moyenne	Hypothèse haute	Autre hypothèse
1	Veille et conscience des enjeux de l'IA par les dirigeants politiques, industriels et les citoyens, ...	La prise de conscience des autorités politiques, de l'industrie et des citoyens est passive. Bien que conscients des enjeux de l'IA, autorités et industriels investissent peu. Les données (matière première de l'IA) sont trop peu disponibles. Les différents acteurs peinent à s'organiser en un écosystème autour des technologies IA.	<i>La prise de conscience des enjeux de l'IA est active. Conscients de l'intérêt de l'IA, autorités et industries s'organisent en un écosystème wallon centré sur les technologies IA dans lesquels ils investissent massivement. Toutefois la maturité des technologies IA est encore faible, celles-ci s'intègrent essentiellement dans des processus existants. De plus la disponibilité des data est encore trop faible.</i>	<u>La prise de conscience est active tant au niveau national qu'eupéen et se traduit par d'importants investissements dans le domaine. Des partenaires publics et privés se structurent en écosystème à l'échelle du continent. Les corpus de données sont de plus en plus disponibles et font l'objet de traitements. Signe de la maturité des technologies : l'IA modifie les modèles de process de production.</u>	
3	Développement de l'loT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité.	loT industriel (IIoT) L'loT est développée et le traitement des données générées est mature dans le domaine industriel notamment grâce à l'absence de	loT industriel et privé L'loT est développée et le traitement des données générées est mature dans le domaine industriel et pour	<u>loT pour l'industrie, le privé et le public</u> <u>L'loT est développé et le traitement des données générées est mature dans le domaine industriel, privé et</u>	<i>Tant dans le domaine industriel, que public ou privé, le développement l'loT est freiné par l'absence de standards et des problèmes de sécurité.</i>

		contraintes légales liées à la protection des données à caractère personnel. À l'inverse ce genre de contraintes ralentit le développement des objets connectés privés ou public. Le manque de standards et de sécurité contribue également à freiner leur développement dans les sphères privées et publiques.	des usages privés. Au niveau public, cela reste limité par la législation relative à la protection des données et un manque de conscience de l'intérêt par les autorités publiques.	<u>public grâce à une prise de conscience des autorités de l'intérêt d'exploiter et d'ouvrir les données.</u> <u>L'émergence de standards et l'élévation du niveau de sécurité ont facilité une adoption de masse de l'IA. Par ailleurs, des dispositions légales, imposant notamment l'ouverture des données publiques, et des investissements publics et privés favorisent le déploiement de solution IA dans l'espace public (équipement type smart city).</u>	
4	Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, ...).	Déléguer à « une machine » la résolution de problèmes complexes (ex. : voiture autonome, ...) est encore peu accepté socialement.	<i>La gestion de problème complexe grâce à l'IA est courante dans l'industrie et évolue favorablement dans les usages personnels comme, par exemple, la gestion de la consommation d'énergie.</i> <i>Dans le domaine public, la résolution de problèmes complexes par l'IA, comme par exemple la gestion de la mobilité, butte encore sur des freins budgétaires. Certaines solutions commencent toutefois à être mises en place.</i>	<u>L'IA est utilisée pour résoudre les problèmes complexes tels que la gestion de l'énergie (au niveau privé et collectif), la mobilité, l'environnement, etc. La généralisation de résolution de problèmes complexes par l'IA dans l'ensemble des secteurs soulève toutefois des questions éthiques.</u>	

7	Disponibilité des ressources/infrastructures : data centers, bande passante et GPU.	Le marché évolue peu : l'infrastructure nécessaire au développement de l'IA reste insuffisante et se limite à quelques outils locaux. Les data centers locaux coexistent au côté de gros acteurs internationaux.	<u>Le marché évolue de manière importante de sorte que de plus en plus de ressources sont disponibles. Le développement de l'infrastructure permet le développement de marchés de niche pour des acteurs locaux tandis que les grands acteurs continuent de progresser.</u>	<i>L'infrastructure nécessaire au développement de l'IA se développe fortement, avec notamment des interconnexions mondiales à très haut débit. Ce sont essentiellement les grands acteurs internationaux qui en profitent et forment un oligopole.</i>	
10	Coût global pour l'utilisateur des data centers et des GPU.	Le coût d'utilisation diminue. Le recours au cloud continue donc de progresser au rythme observé les années précédentes.	<i>Le recours aux technologies cloud s'intensifie et s'accélère. L'accès aux data centers est facilité par la généralisation du réseau haut débit. L'utilisation de processeurs spécialisés et puces dédiées se fait via des devices classiques (smartphone, etc.).</i>	<u>Les évolutions technologiques, telles que l'informatique quantique, processeur graphène, puce optimisée pour réaliser des calculs matriciels, ... permettent de développer de nouveaux processus.</u>	
6 et 11	Cadres légal et éthique. ⁵⁰	L'absence d'un cadre légal relatif aux technologies IA conduit au risque de violer des règles éthiques et de manquer des opportunités économiques.	<i>Le législateur adopte une attitude réactive par rapport aux technologies liées à l'IA et intervient seulement quand un problème apparaît. Le cadre légal en la matière en Wallonie et en Belgique se borne à la transposition progressive</i>	<u>Le législateur fait preuve d'une attitude proactive vis-à-vis des technologies IA et anticipe les risques (par exemple : la reconversion professionnelle de personnes dont le métier est menacé par l'IA) et opportunités (par exemple : adapter le code de la route pour permettre la</u>	

⁵⁰ Fusion des facteurs « Anonymisation » et « réglementation privacy ».

			de réglementations européennes.	<u>circulation de véhicules autonomes⁵¹) en développant en amont un cadre légal adapté.</u>	
13	Politique proactive pour favoriser l'émergence de l'IA dans tous les secteurs.	La Région ne développe pas de stratégie propre en matière d'IA. La politique de développement de l'IA se limite essentiellement à suivre les initiatives européennes.	<i>Le développement de l'IA en Wallonie s'appuie sur une stratégie régionale bien établie⁵² depuis plusieurs années. Cette stratégie repose notamment sur le financement de doctorats dans le domaine de l'IA, l'intégration d'un volet « IA » dans les projets des Pôles de compétitivité, la généralisation de l'ouverture des données publiques et l'intégration de la Wallonie dans les programmations européennes en faveur de l'IA. En outre, l'IA bénéficie de financements via des fonds d'investissements spécialisés dans le financement de startups numériques en général.</i>	<u>Acculturation à l'IA gagne toutes les sphères de la société : la sphère politique (décideurs et législateurs), économique (entreprises et investisseurs tant publics que privés), sociétale (utilisateurs particuliers) et scolaire. Des fonds publics-privés sont dédiés de manière spécifique au développement de l'IA.</u>	
17	IA as a Service / plateforme cloud proposant des solutions IA.	Les plateformes existent mais sont peu connues. Les entreprises ne parviennent pas à développer des produits à valeur ajoutée avec les outils proposés par les	<i>Les plateformes des grands acteurs gagnent en notoriété notamment grâce aux Hackathons. Cela promeut des usages courants qui fa-</i>	<u>Des acteurs Wallons / européens (Wallons dans un partenariat européen) mettent en place leur propres plateformes IA.</u>	

⁵¹ Nonobstant ici les enjeux en termes d'équipements de voirie adaptés aux véhicules autonomes.

⁵² Plan « Digital Wallonia 2 » dans sa partie « Intelligence artificielle ».

		plateformes, notamment car elles ne sont pas conscientes des bénéfices qu'elles pourraient en tirer.	<i>vorisent une certaine acculturation mais favorise peu la création.</i>	<u>Cette dynamique est encouragée par des investissements européens.</u>	
18	Développement des systèmes cyber-physiques : Robotique (Cobot et exosquelette), drones, réalité virtuelle et industrie 4.0.	Les moyens et technologies se concentrent aux mains de certains gros acteurs (élites industrielles). Les entreprises wallonnes sont dans une posture de consommateur.	<i>Développement de la recherche et développement par les bassins locaux. Les collaborations entre acteurs wallons sont ponctuelles et concernent des marchés de niche et ne constituent pas encore un réel écosystème.</i>	<u>Les entreprises wallonnes actives dans l'IA s'organisent en écosystème. Leur nombre croît et atteint une « masse critique ». Ces écosystèmes se construisent à partir des bassins locaux et d'entreprises internationales. La Wallonie exporte ses solutions IA.</u>	

Hypothèse probable = italique bleu

Hypothèse souhaitable = souligné jaune

Hypothèse retenue = gras

Tableau 3 : Les hypothèses d'évolution pour chaque facteur de changement clé.

Lors du choix de l'hypothèse à conserver pour la suite des travaux, les experts devaient opter soit pour la plus probable soit pour la plus souhaitable s'ils pensaient qu'elle pourrait être atteinte moyennant certaines conditions. Cela a été le cas pour plusieurs facteurs d'évolution. Les éléments qui ont présidé à ces choix méritent d'être brièvement développés.

- « Veille et conscience des enjeux de l'IA par les dirigeants politiques, industriels et les citoyens, ... » Si l'hypothèse choisie n'est pas la plus probable, elle repose néanmoins sur des dynamiques enclenchées récemment en matière d'investissement ou d'écosystème par exemple. Il reste toutefois des progrès à réa-

liser dans ces domaines pour atteindre la situation décrite, notamment dans les modifications de processus.

- « Développement de l'IoT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité ». Le scénario retenu repose sur une amélioration de la sécurité, une généralisation de standards et une plus grande ouverture des données. Ces trois domaines progressent actuellement. Néanmoins, les experts insistent sur l'importance de maintenir les efforts en la matière pour que l'IoT se développe dans le domaine industriel, privé et public. Au regard de l'avis des experts concernant la complexité des problèmes à résoudre (facteur 4), il apparaît que le développement

de solution IA dans la sphère publique soit plus lente que dans la sphère industrielle ou privée.

- IA as a Service / plateforme cloud proposant des solutions IA. Si l'utilisation de plateformes proposées par les GAFAM constitue une réelle opportunité business, le développement de plateforme « made in Europe » constitue un enjeu géopolitique et faciliterait notamment des activités de recherche et développement sur le territoire.
- Développement des systèmes cyber-physiques. Le développement de l'IA dans l'industrie va de pair avec celui de systèmes cyber-physiques et l'évolution des modes de

production selon les principes de l'industrie 4.0⁵³. L'un de ces principes réside dans la collaboration. La construction d'un écosystème, éventuellement dans le cadre des politiques des Pôles de compétitivité ou d'initiatives

comme celles du réseau IA concourent à cette dynamique collaborative. Toutefois un réel écosystème industriel centré sur l'exploitation de systèmes cyber-physiques à

l'échelle de la Wallonie reste encore à construire selon les participants.

⁵³ La quatrième révolution industrielle introduit un nouveau modèle de compétitivité qui repose sur le développement, l'interopérabilité, le partenariat et l'intelligence. Voir notamment : Kohler, D., Weisz, J-D, *Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, La documentation française, 2016.

5. LES IMPACTS SUR LES ACTIVITÉS ET LES BESOINS EN COMPÉTENCES

La dernière étape du travail réalisé avec les experts a porté sur l'identification des compétences que les professionnels de l'intelligence artificielle devraient maintenir ou développer d'ici 2022-2025. L'objectif de ce recensement est d'éclairer les futurs besoins en compétences.

Dans un premier temps le groupe a évalué l'impact des différents facteurs en fonction de leur évolution sur les activités des professionnels de l'Intelligence artificielle. Une première lecture des résultats de ces évaluations a permis d'identifier d'une part les facteurs les plus influents et d'autre part les activités les plus impactées.

Les facteurs qui semblent influencer le plus les activités des professionnels de l'IA sont :

1. Le développement de l'IoT qui génère de nouveaux types de données et une augmentation de leur quantité.

2. Les contraintes de plus en plus sophistiquées/complexes (environnement, mobilité, énergie, ...).
3. La disponibilité des ressources/infrastructures : data centers, bande passante et GPU.
4. Le coût global pour l'utilisateur des data centers et des GPU.
5. Le développement de systèmes cyber-physiques.

Les activités les plus impactées sont :

1. Mise en exploitation/production (intégration).
2. Conception et développement des programmes et applications informatiques, y compris le développement de bases de données.
3. Analyse des besoins du client/Analyse des données du client (cf. CRISP-DM).
4. Optimisation de l'architecture : cloud, XGPU, No SQL, ...

5. Transposition du cahier des charges en analyse technique/Rédiger une Spécification Technique de Besoin (STB).
6. Établissement du cahier des charges.
7. Monitoring et enrichissement (entraîner le système, test de régression).

Pour les activités les plus impactées et en fonction des évolutions qu'elles subiront, les compétences nécessaires à leur réalisation et le métier des personnes qui les réaliseront ont été listés. Ces éléments sont repris dans le tableau ci-après.

Pour rappel, les activités sont issues de la liste des savoir-faire de la grappe de métiers du référentiel Rome « M1805 - Études et développement informatique ». S'agissant d'une grappe de métiers, plusieurs métiers peuvent donc être concernés. Les participants ont pu s'inspirer du cadre de référence proposé par Gartner⁵⁴ présenté en début d'atelier. Ce cadre recense les métiers à mobiliser pour le développement et l'intégration de solutions IA.

⁵⁴ Gartner, *Artificial Intelligence Hype : Managing Business Leadership*, June 2018. Dans ce rapport, Gartner propose un cadre de référence reprenant et organisant les différentes applications et méthodes d'intelligence artificielle. Pour chacune des dimensions de ce cadre de référence, le consultant identifie les différents métiers impliqués. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-5AMVKR4&ct=180803&st=sb>.

Tâches impactées (pour...)	Facteur d'évolution impactant (dans un contexte où...)	Ressources (compétences) (il faut...)	Acteurs (qui ?)
Mise en exploitation / production / intégration.	Développement de l'IoT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité.	Sécurité et architecture : <ul style="list-style-type: none"> Assurer la sécurité et le chiffrement des données. Faire preuve d'ouverture et d'agilité dans l'administration des systèmes, leur disponibilité et sécurité. Coordonner, consolider des données issues de sources différentes, de systèmes différents, des données de flux internes et externes. Connaître et maîtriser les standards et protocoles de communication entre les systèmes. Maîtriser les architectures distribuées. 	<ul style="list-style-type: none"> Spécialiste en sécurité informatique. Administrateur système. <i>Chief data officer</i> et administrateur système ; Analyste business et ingénieur process. Architecte informatique, administrateur système.
		Maintenance : <ul style="list-style-type: none"> Assurer la maintenance des objets connectés. Assurer les mises à jour des objets et la gestion des objets connectés ou parc d'objets connectés. Combiner la maintenance à un service de gestion et d'analyse des données pour offrir une plus-value (conseiller le client sur des modifications à réaliser par exemple). Vérifier si la donnée collectée est de qualité, bien consolidée. Assurer la maintenance prédictive. 	<ul style="list-style-type: none"> Électricien de maintenance pour les capteurs les moins spécialisés⁵⁵. Technicien spécialisés IoT, métrologue, technicien de maintenance industrielle.
	Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, ...).	Faire face aux évolutions juridiques : <ul style="list-style-type: none"> Comprendre, connaître et pouvoir s'adapter aux évolutions juridiques (comme celles relatives à la protection des données à caractère personnel). 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Analyste business</i>.
		Accompagner les professionnels qui vont intégrer les prototypes IA : <ul style="list-style-type: none"> Capacité à dialoguer (comprendre et communiquer) tant avec des experts « métiers » et des experts « IA ». S'intégrer dans une équipe projet IA. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Analyste business</i>.

⁵⁵ Selon les experts, l'utilisation de purs techniciens, type électriciens, n'est pas sans poser de problème pour l'utilisation d'objets connectés. L'exercice ne peut se limiter à un geste technique de câblage.

		<p>Intégrer l'IA dans la pratique professionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connaître le potentiel des solutions IA. • Choisir, sur base de son expérience métier, les éléments à introduire lors de l'apprentissage de la machine. 	<ul style="list-style-type: none"> • Chercheurs, statisticiens. • Professionnels impactés par l'IA (radiologues, avocat, ...).
	Disponibilité des ressources/infrastructures : data centers, bande passante et GPU.	<p>Assurer la résilience et robustesse du système, assurer la disponibilité des données, de la puissance de calcul, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connaître les principes du « edge computing⁵⁶ » et du « cloud computing ». • Maîtriser les outils et méthodes d'architecture des SI qui ont recours aux technologies de type « containers » et clusters de serveurs de type Kubernetes⁵⁷. • Choisir, aider à choisir, l'architecture appropriée, et guider au choix entre internaliser ou externaliser l'architecture. 	<ul style="list-style-type: none"> • Architecte système⁵⁸, administrateur système. • <i>Business analyst</i>, consultant pour PME.
		<p>Maîtriser les aspects juridiques liés à la sous-traitance.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprendre, négocier, rédiger des Service Level Agreement (SLA) et contrats de sous-traitance afin de s'assurer de la continuité du service reçu. • Intégrer et s'adapter aux contraintes reprises dans les SLA et contrats de sous-traitance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyste informatique.
Conception et développement des programmes et applications informatiques,	Développement de l'IoT qui génère de nouvelles données et une augmentation de leur quantité.	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer les flux externes. • Réaliser une « preuve de concept » (POC)⁵⁹. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Data scientist</i>.

⁵⁶ Le *Edge Computing* est une forme d'architecture informatique faisant office d'alternative au *Cloud Computing*. Plutôt que de transférer les données générées par des appareils connectés (IoT) vers le *Cloud* ou un *Data Center*, il s'agit de traiter les données en périphérie du réseau directement là où elles sont générées.

⁵⁷ *Kubernetes* est une plateforme *open source* d'orchestration de containers créé par Google. Les containers sont une méthode de virtualisation de système d'exploitation permettant de lancer une application et ses dépendances à travers un ensemble de processus isolés du reste du système.

⁵⁸ La complexité des architectures des SI et le développement de « solution cloud » (IaaS, PaaS, XaaS) posent la question de l'intérêt d'internaliser ou d'externaliser la fonction d'architecte SI.

⁵⁹ Au départ d'un projet IA, le Proof Of Concept (POC) ou preuve de concept en français, permet de voir si la solution est réalisable et souhaitable. Il s'agit d'un aperçu de la solution envisagée.

<p>y compris le développement de bases de données.</p>		<p>API :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connaître les différentes API, leurs finalités, leurs qualités. • Être capable de veiller, analyser et comparer les différentes API sur le marché, les différents fournisseurs de services IA. • Évaluer la qualité du service IA : le service répond-t-il à mon besoin ? • Réaliser un pré-test. • Être capable d'évaluer l'impact de l'utilisation d'une API sur un jeu de données propre. <p>Connaissance des méthodes, solutions et environnements de l'IA :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprendre et connaître les méthodologies d'IA. • Comprendre et connaître l'informatique distribuée, le cloud computing, ... • S'adapter à un environnement en évolution continue (à l'inverse d'évoluer dans un environnement maîtrisé), à des algorithmes en évolution. • Connaître les langages de programmation utilisés dans le cadre de développement IA et suivre les tendances : <ul style="list-style-type: none"> ○ Aujourd'hui : Python, R, SAS, ... • Connaître le langage et outils utilisés dans les entreprises clientes (Java par exemple). 	<ul style="list-style-type: none"> • Développeur.
<p>Analyse des besoins du client / Analyse des données du client.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'IoT qui génère de nouveaux types de données et une augmentation de leur quantité. • Contraintes de plus en plus sophistiquées/complexes (environnement, mobilité, énergie, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer et s'adapter aux contraintes reprises dans les SLA et contrats de sous-traitance. • Connaître les outils et techniques IA, et leurs forces et faiblesses. • Être capable de conseiller les entrepreneurs, les responsables d'entreprises. • Être l'interface entre l'expert business et l'expert en IA, jouer un rôle de facilitateur. • Analyser les données du client, notamment à l'aide de méthodologie standardisée comme CRISP-DM⁶⁰. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyste informatique. • Analyste business, consultant pour PME, facilitateur en intégration de l'IA. • Data scientist.

⁶⁰ CRISP-DM, qui signifie Cross-Industry Standard Process for Data Mining, est un modèle de processus d'analyse de données.

Optimisation de l'architecture : cloud, XGPU, No SQL, ...	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'IoT qui génère de nouveaux types de données et une augmentation de leur quantité. • Disponibilité des ressources/infrastructures : data centers, bande passante et GPU. • Coût global pour l'utilisateur des data centers et des GPU. 	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître les principes du « edge computing ». • Assurer la résilience du système, assurer la disponibilité des données, de la puissance de calcul, ... • Comprendre et connaître l'informatique distribuée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Développeur. • Architecte informatique.
Transposition du cahier des charges en analyse technique/Rédiger une Spécification Technique de Besoin (STB).	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'IoT qui génère de nouveaux types de données et une augmentation de leur quantité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître les outils et techniques IA, et leurs forces et faiblesses. • Être capable de conseiller les entrepreneurs, les responsables d'entreprises. • Être l'interface entre l'expert business et l'expert en IA, jouer un rôle de facilitateur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyste business, consultant pour PME, facilitateur en intégration de l'IA.
Établissement du cahier des charges.	<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, etc.). 		
Monitoring et enrichissement (entraîner le système, test de performance).	<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes de plus en plus sophistiquées / complexes (environnement, mobilité, énergie, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la performance de l'IA, l'exactitude du modèle prédictif. • Alimenter l'IA en nouvelles données. • Suivi et analyse de la continuité de la pertinence ; fondamental dans un projet IA car l'IA est évolutive. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data scientist. • Développeur (si API). • Chef de projet informatique.

Tableau 4 : Compétences majeures.

Au terme de cette analyse, il apparaît que les compétences nécessaires à la compréhension de l'IA s'avèrent au moins aussi importantes que celles nécessaires à sa « production ». En dépendent, le développement de solutions IA et leur intégration dans différents secteurs de l'économie ainsi qu'un usage éthique, responsable et conscient.

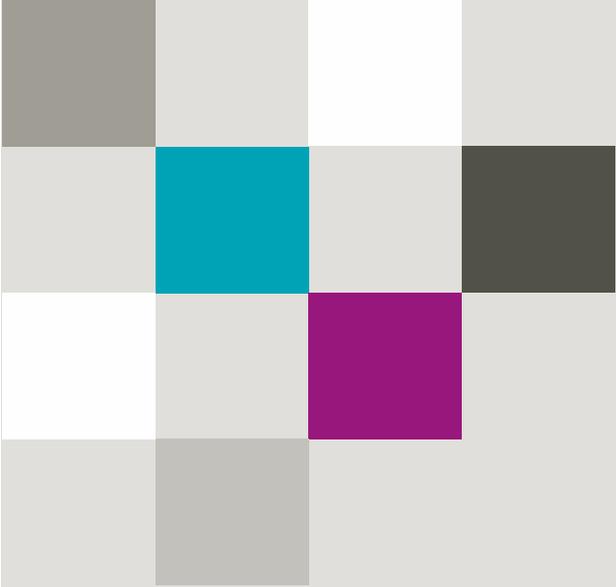
L'IA pourrait être envisagée comme une discipline qui emprunte à l'algorithmie, à la statistique (inférentielle et prédictive) et à d'autres disciplines comme la linguistique, l'image, le son, ... selon les domaines d'application. Au même titre que des cours en statistiques appliquées aux sciences sociales ou à la physique, les

étudiants de diverses facultés pourraient assister à des cours d'intelligence artificielle appliquée à leur domaine.

À plus court terme, pour permettre la diffusion de solutions d'intelligence artificielle et une meilleure compréhension de leur potentiel, former des analystes business spécialisés en intelligence artificielle semble s'imposer.

Enfin, le développement de solution IA repose sur un complexe technologique qui nécessite également un ajout de compétences dans différents métiers de l'informatique : le « edge » et le « cloud » computing

pour les architectes informatiques, les analystes informatiques, les administrateurs systèmes ; la maîtrise des API pour les développeurs et enfin la maintenance d'objets connectés par des techniciens dûment formés.



NOUS REMERCIONS POUR LEUR PARTICIPATION AU PROCESSUS EN QUALITÉ D'EXPERTS

Brice CORNET, Simple CRM
Renaud DELHAYE, Agence du Numérique
Olivier DEROO, Acapela
Kevin DECUYPER, Technobel
Hervé DOCQ, Technobel
Joachim GANSEMAN, Smals Research
Mathieu GOEMINNE, CETIC
Pierre MANNEBACK, UMon
Christophe MONTOISY, Thelis, Réseau IA
Joyce PROOT, TechnocITé
Richard ROUCOUR, TechnocITé
Michel VERSTREPEN, Le Forem

ENCADREMENT MÉTHODOLOGIQUE DE LA DÉMARCHE ET RÉDACTION DU RAPPORT FINAL

Le Forem - Veille, analyse et prospective du marché de l'emploi :
Jean-Claude CHALON, Coordination générale
William WATELET, Animation et rédaction
Ida DEKEYZER, Animation et back office
Cynthia CACCIATORE, Support administratif

ÉDITEUR RESPONSABLE

Marie-Kristine VANBOCKESTAL, Administratrice générale, Le Forem