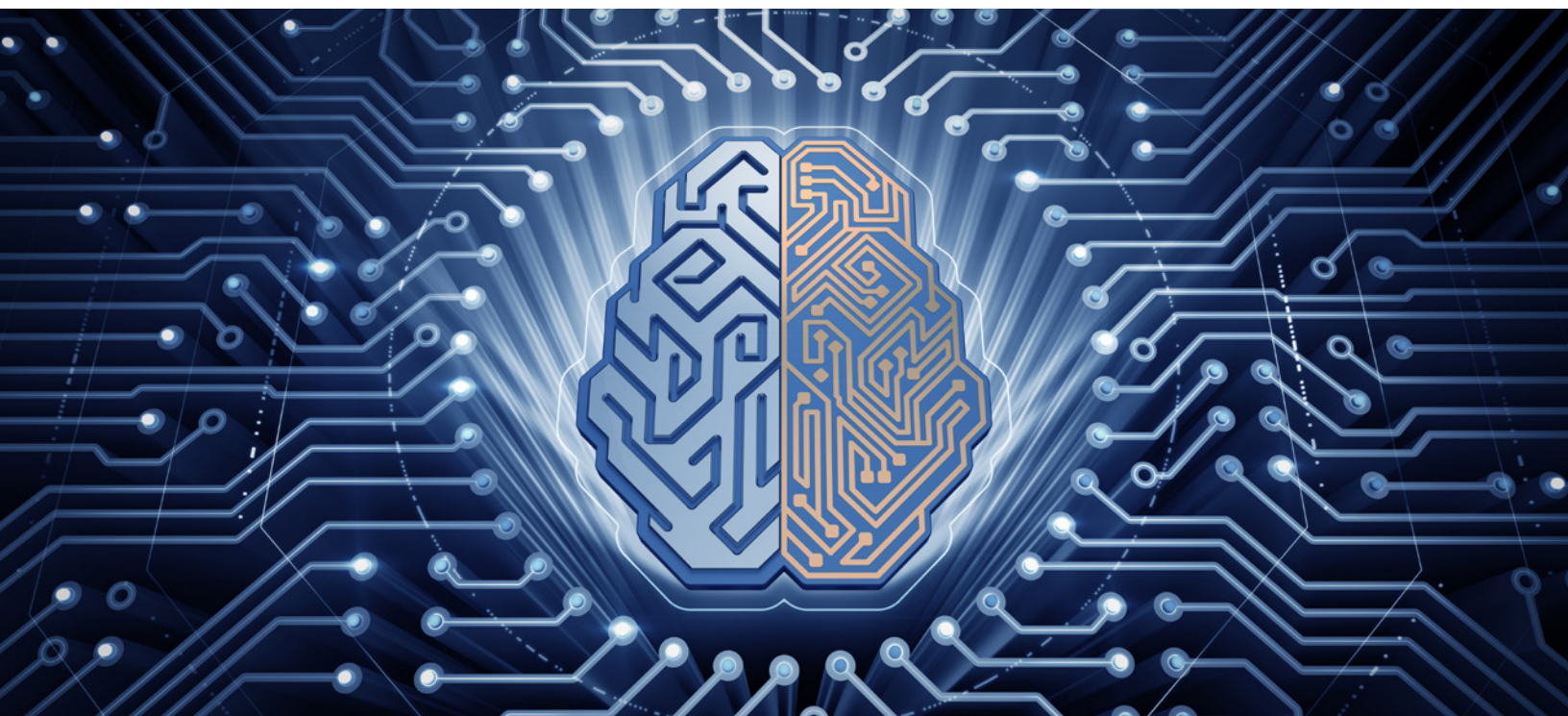


# Introduction d'un CPA à l'IA : Ce que vous devez savoir, des algorithmes à l'apprentissage profond



**AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ**

Le présent document, préparé par Comptables professionnels agréés du Canada (CPA Canada) et l'American Institute of Certified Public Accountants (AICPA), fournit des indications ne faisant pas autorité.

CPA Canada et l'AICPA déclinent toute responsabilité ou obligation pouvant découler, directement ou indirectement, de l'utilisation de cette publication.

© 2019 Comptables professionnels agréés du Canada

Tous droits réservés. Cette publication est protégée par des droits d'auteur et ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche documentaire ou transmise de quelque manière que ce soit (électroniquement, mécaniquement, par photocopie, enregistrement ou toute autre méthode) sans autorisation écrite préalable.

Pour savoir comment obtenir cette autorisation, veuillez écrire à [permissions@cpacanada.ca](mailto:permissions@cpacanada.ca).

## Sommaire

L'intelligence artificielle (IA) existe depuis les années 1950, même si le grand public ne l'a pas toujours remarquée. Les avancées en IA se sont toutefois accélérées au cours de la dernière décennie en raison de l'augmentation de la puissance informatique, de la disponibilité des données et de l'amélioration des algorithmes d'apprentissage machine. Par conséquent, les capacités de l'IA ont commencé à s'infiltrer dans notre vie quotidienne, certaines plus que d'autres. Comme un nombre croissant de consommateurs et d'entreprises adoptent l'IA, il est important que les CPA comprennent les fondements de l'IA et son incidence potentielle sur leurs organisations, leurs clients et eux-mêmes.

Les CPA ont l'occasion d'utiliser l'IA pour favoriser l'innovation et accroître la productivité. En mettant à profit l'IA, les CPA peuvent effectuer un travail de meilleure qualité, de façon plus efficace. Pour ce faire, les CPA doivent toutefois bien comprendre comment fonctionne l'IA avant de pouvoir repérer ces possibilités. Par exemple, l'automatisation des processus par la robotique peut accroître la productivité et semble fonctionner comme l'IA, mais est-ce bien le cas? De même, comment s'intègrent l'apprentissage machine et l'apprentissage profond dans l'univers de l'IA?

Cette publication a été rédigée par Comptables professionnels agréés du Canada (CPA Canada) et l'American Institute of Certified Public Accountants (AICPA) en vue de servir de ressource fondamentale. Elle explique les mots à la mode et certains termes que vous avez probablement déjà entendus, aborde l'évolution des données, de l'IA et de la puissance informatique, et vous aide à entamer une réflexion concernant l'IA et l'incidence qu'elle pourrait avoir sur votre travail. Des publications futures consacrées à l'IA feront référence à cette ressource, car il s'agit de la première d'une série prévue de publications visant à explorer l'IA et son incidence sur la profession de CPA.

CPA Canada et l'AICPA encouragent tous les CPA à continuer de lire sur le sujet, de collaborer avec leurs collègues et de s'instruire au sujet de l'IA et des autres technologies susceptibles d'avoir une incidence sur les activités des CPA. Nous sommes tous engagés ensemble dans ce périple numérique.

## Introduction

Alors que vous lisez ces lignes, une application pour téléphone intelligent appelée Climate Basic indique aux fermiers où planter leurs semences. L'application divise les terres en lots et effectue des recherches dans des données agricoles telles que la température locale, l'érosion, les précipitations prévues et la qualité des sols, afin de déterminer comment maximiser les récoltes.

Ailleurs, une personne est assise sur son canapé, en train de faire défiler distraitement les recommandations de Netflix, parfaitement inconsciente du fait qu'elles ont été générées exclusivement pour elle par un algorithme qui compare ses habitudes individuelles d'écoute de la télévision à celles de millions d'utilisateurs disséminés dans 190 pays.

Au sein de la profession comptable, nous constatons que l'automatisation des comptes créditeurs a fait en sorte que des tâches manuelles sont maintenant exécutées par des systèmes qui accomplissent tout, de l'appariement des bons de commande jusqu'au signalement des factures à payer. De plus, grâce à la reconnaissance optique de caractères et à l'apprentissage machine, les algorithmes peuvent lire ces factures et classer automatiquement les types de dépenses ou de comptes avec un niveau de précision très élevé.

Bienvenue dans l'univers de l'IA. Assistant virtuel Siri, application de navigation Waze, voitures autonomes, robots humanoïdes servant d'ambassadeurs de banques et de réceptionnistes à l'hôpital, prise de rendez-vous chez le coiffeur grâce à l'Assistant Google : l'IA change la manière dont nous vivons et travaillons. L'IA est partout et nous n'en sommes encore qu'à découvrir son incidence sur notre quotidien.

## Mais qu'est-ce que l'IA, en réalité?

La réponse brève et la définition élargie : **l'IA est la science qui consiste à apprendre aux programmes et aux machines à exécuter des tâches qui font normalement appel à l'intelligence humaine.**

### La nouvelle course vers l'espace : initiatives mondiales pour remporter la course à l'IA

- Des 15,2 milliards de dollars investis à l'échelle mondiale en 2017 dans des entreprises d'IA en démarrage, 48 % ont été injectés en Chine et 38 %, aux États-Unis, selon CBInsights<sup>1</sup>. Cela témoigne de la course mondiale pour le rôle de chef de file en IA. Dans une publication du Conseil d'État, le **gouvernement chinois** a exposé sa stratégie en vue de devenir une plaque tournante mondiale en IA d'ici 2030.
- Par ailleurs, aux **États-Unis**, l'agence DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) a annoncé en septembre 2018 le lancement d'une campagne de 2 milliards de dollars pour le développement de la prochaine vague de technologies IA axées sur les capacités de raisonnement contextuel<sup>2</sup>.
- En avril 2018, **l'Union européenne (UE)** a injecté 1,8 milliard de dollars pour la recherche en IA dans le fonds Horizon 2020 de l'UE<sup>3</sup>.
- La **France** a annoncé la mise en place d'une politique d'investissement de 1,8 milliard de dollars jusqu'en 2022 ciblant l'IA et le partage de données<sup>4</sup>.
- En avril 2018, le gouvernement **du Royaume-Uni** a fait l'annonce d'un investissement de 300 millions de livres, et 50 entreprises de premier plan du Royaume-Uni se sont réunies pour conclure une entente de 1 milliard de livres en matière d'IA<sup>5</sup>.
- Le gouvernement du **Canada** est également de la partie. En 2017, il a donné à l'Institut canadien de recherches avancées le mandat d'élaborer une stratégie de 125 millions de dollars en IA<sup>6</sup>. Le gouvernement canadien investit également 950 millions de dollars dans l'initiative des supergrappes d'innovation, ce qui comprend SCALE.AI (Supply Chains and Logistics Excellence.AI), un consortium dirigé par le secteur qui bâtira une nouvelle plateforme mondiale de chaîne d'approvisionnement reposant sur l'IA<sup>7</sup>.

1 [www.technologyreview.com/the-download/610271/chinas-ai-startups-scored-more-funding-than-americas-last-year/](http://www.technologyreview.com/the-download/610271/chinas-ai-startups-scored-more-funding-than-americas-last-year/)

2 [www.darpa.mil/news-events/2018-09-07](http://www.darpa.mil/news-events/2018-09-07)

3 [www.forbes.com/sites/amyguttman/2018/09/28/three-innovative-european-startups-to-watch/#507861316f37](http://www.forbes.com/sites/amyguttman/2018/09/28/three-innovative-european-startups-to-watch/#507861316f37)

4 [www.reuters.com/article/us-france-tech/france-to-spend-1-8-billion-on-ai-to-compete-with-u-s-china-idUSKBN1H51XP](http://www.reuters.com/article/us-france-tech/france-to-spend-1-8-billion-on-ai-to-compete-with-u-s-china-idUSKBN1H51XP)

5 <https://tech.newstatesman.com/business/uk-government-ai-research>

6 [www.newswire.ca/news-releases/canada-funds-125-million-pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-616876434.html](http://www.newswire.ca/news-releases/canada-funds-125-million-pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-616876434.html)

7 [www.ic.gc.ca/eic/site/093.nsf/fra/accueil](http://www.ic.gc.ca/eic/site/093.nsf/fra/accueil)

## Pourquoi est-il important que les CPA se tiennent au fait des développements au chapitre de l'IA?

En termes simples, l'IA est susceptible d'avoir une incidence considérable sur les emplois et les entreprises dans le domaine de la comptabilité et de la certification dans un avenir rapproché, si ce n'est pas déjà fait. Les tâches transactionnelles sont de plus en plus automatisées. Les algorithmes ont la capacité de repérer des indices subtils dans les ensembles de données pour détecter une fraude ou identifier de nouvelles possibilités, comme des économies, une amélioration de l'efficacité et de nouvelles occasions sur le marché. Tout cela est effectué en exploitant et en déchiffrant un grand volume d'informations provenant de multiples sources, ce qu'on appelle couramment les mégadonnées.

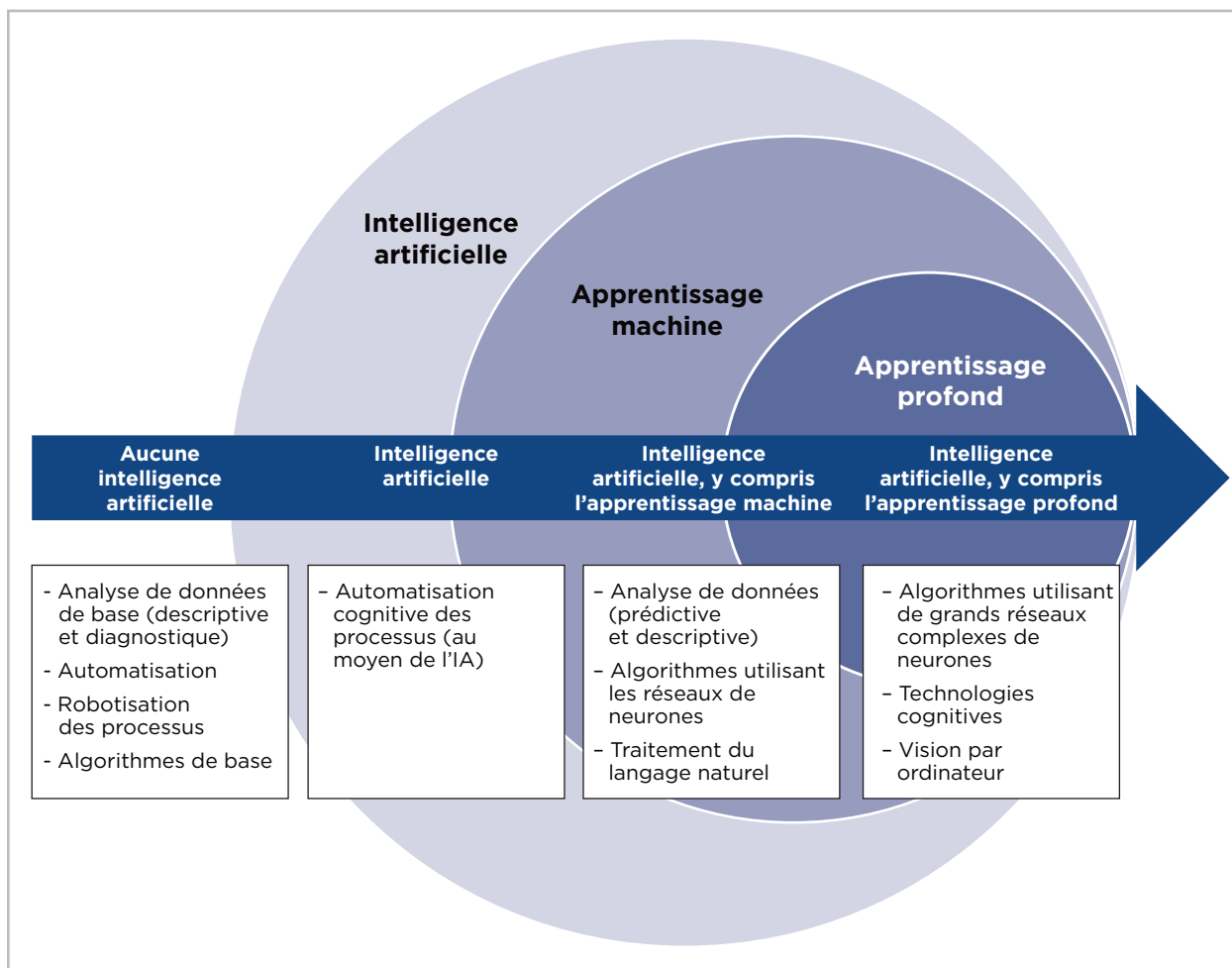
Chacun a évidemment sa propre opinion au sujet de l'IA. Certains se concentrent sur les aspects positifs et la manière dont elle peut tout améliorer, du transport aux diagnostics médicaux. D'autres voient des problèmes et des préoccupations éthiques : élimination potentielle d'emplois, violation de la vie privée... Aussi, où doit s'arrêter l'autonomie des systèmes d'IA? Par exemple, comment l'IA règle-t-elle le dilemme d'une voiture autonome qui doit choisir entre emboutir une voiture qui arrive en sens inverse ou heurter un piéton lorsqu'un accident est inévitable? La question de la transparence des décisions se pose également. Tous les systèmes d'IA seraient-ils en mesure d'expliquer dans un langage compréhensible les raisons motivant leurs décisions?

Les CPA ont l'occasion de miser sur l'IA en tant que moteur d'innovation et de gains de productivité. Songez à l'application Climate Basic qui vient en aide aux fermiers. Selon le ministère de l'Agriculture des États-Unis, cette utilisation de l'IA dans tout le secteur a donné lieu aux plus grosses récoltes de l'histoire du pays. Et Netflix affirme que son moteur de recommandations sophistiqué lui permet d'économiser 1 milliard de dollars en abonnements perdus<sup>8</sup>. Les CPA ont la possibilité d'améliorer l'efficacité et la qualité de leur travail quotidien grâce à une IA qui lit des contrats et exécute des tâches automatisées comme l'identification et la comptabilisation exactes des dépenses ou encore la détection d'opérations risquées en temps réel.

**Infos en rafale :** L'incidence potentielle de l'IA alimente également les investissements et la recherche. Selon les prévisions de l'International Data Corporation (IDC), les investissements liés à l'IA passeront de 12 milliards de dollars en 2017 à 57,6 milliards de dollars en 2021. Depuis 2013, l'IA fondée sur l'apprentissage machine constitue la troisième catégorie qui connaît la croissance la plus rapide pour ce qui est des dépôts de brevets. Au chapitre de l'emploi, le moteur de recherche d'emploi Indeed rapporte que le nombre d'emplois demandant des compétences en IA au Canada et aux États-Unis a considérablement augmenté depuis 2013.

8 [www.businessinsider.com/netflix-recommendation-engine-worth-1-billion-per-year-2016-6](http://www.businessinsider.com/netflix-recommendation-engine-worth-1-billion-per-year-2016-6)

Cette publication a été rédigée par Comptables professionnels agréés du Canada (CPA Canada) et l'American Institute of Certified Public Accountants (AICPA) en vue de servir de ressource fondamentale. Elle explique les mots à la mode et certains termes que vous avez probablement déjà entendus, aborde l'évolution des données, de l'IA et de la puissance informatique, et vous aide à en apprendre davantage sur l'IA et à entamer une réflexion sur l'incidence qu'elle pourrait avoir sur votre travail. CPA Canada fera également référence à cette publication dans de futures parutions consacrées à l'IA, car il s'agit de la première d'une série visant à explorer l'IA et son incidence sur la profession de CPA. Le diagramme ci-dessous offre un survol de la terminologie contenue dans cette publication et offre une représentation visuelle de la place qu'occupent ces technologies les unes par rapport aux autres.





## Comment en sommes-nous arrivés là?

Les **données** sont le point de départ. Les sociétés ont toujours utilisé les données pour améliorer la performance de leurs affaires (sondages de rétroaction des clients, planification de l'allocation des ressources selon la méthode du chemin critique, etc.). La collecte de données était toutefois un exercice explicite, et ceux qui l'accomplissaient n'avaient peut-être pas fait de démarches pour vérifier si les données recueillies représentaient vraiment la réalité. Par exemple, il aurait été difficile de déterminer si les répondants au sondage représentaient vraiment l'ensemble de la clientèle ou si leurs habitudes d'achat étaient très différentes de celles des clients plus typiques.

Qui dit apprentissage machine dit données.

Grâce à Internet et au virage numérique, l'acquisition de données est passée d'un exercice explicite et souvent manuel à une activité continue, automatisée et passive. Les sites Web, les applications et les médias sociaux peuvent tout surveiller, de vos habitudes d'achat jusqu'à votre fréquence cardiaque. Bon nombre de processus d'affaires peuvent être numérisés, ce qui permet de rassembler des informations qui contribuent à réduire les coûts. Données réelles en temps réel. Aucun sondage à remplir par un utilisateur, aucun biais dans les réponses : uniquement des faits.

## Passage de l'informatique répartie à l'infonuagique

Toutes ces collectes de données passives ont rendu les ensembles de données si énormes et si complexes que les logiciels traditionnels de traitement des données ne peuvent tout simplement pas suivre le rythme. Des sociétés comme Google, dont les activités reposent sur les données, se sont mises à chercher une manière d'accroître la puissance informatique afin de traiter les mégadonnées. La réponse? **L'informatique répartie**. Plutôt que d'être traitées par un seul ordinateur sophistiqué, les données sont divisées et envoyées à des centaines, voire des milliers d'ordinateurs standards qui travaillent de concert, mais de manière indépendante, pour ainsi diminuer le temps de traitement global.

Cette solution a réglé le problème pour les grandes sociétés technologiques, mais les petites organisations ne disposaient toujours pas d'une façon d'accéder à de grands volumes de données ni de les traiter efficacement. Arrive **l'infonuagique**, un réseau de serveurs distants hébergés sur Internet et pouvant être loué en vue de la conservation, de la gestion et du traitement des données. L'extensibilité de l'infonuagique a éliminé la nécessité d'acheter et de maintenir d'onéreux systèmes informatiques. Toutes les organisations, même les plus petites, ont ainsi accès à davantage de ressources sur demande et à une puissance de traitement supérieure. Par conséquent, chacune d'entre elles peut maintenant profiter des mégadonnées.



### Un mot sur les entrepôts de données, les lacs de données et les marécages de données

Comment sont conservées toutes ces données? Habituellement, elles sont maintenues dans un **entrepôt de données** ou un **lac de données**. Un entrepôt de données est conçu pour stocker des données et offrir aux entreprises un répertoire central pour intégrer, gérer et analyser les données à de multiples niveaux. Les données peuvent provenir de sources internes et/ou externes et sont largement structurées. Un lac de données permet à la fois d'organiser d'énormes volumes de données des plus diverses, parfois structurées, mais plus souvent non structurées, et de les stocker. Lorsqu'un lac de données devient ingérable, il se transforme alors en **marécage de données**.

## La rencontre entre les mégadonnées et l'IA

Le principe fondamental de l'IA consiste à laisser une machine effectuer l'analyse statistique de toutes les données recueillies afin d'en tirer des informations beaucoup plus rapidement et plus précisément que cela ne serait possible autrement. Par exemple, plutôt que de programmer un ordinateur à l'aide d'une simple règle comme « plus de 12 heures de clarté = été; moins de 12 heures de clarté = hiver », l'IA analyse les paramètres de nombreux jours d'été. À l'aide de modèles algorithmiques, elle déterminera alors quels sont les paramètres, et les niveaux de ces paramètres, qui constituent un jour d'été (température supérieure à 18 degrés, pourcentage d'humidité, etc.). Elle mettra ensuite à profit cette compréhension et déterminera, en fonction des probabilités, si un jour donné est un jour d'été ou non en vérifiant tous ces paramètres pertinents par rapport à son « apprentissage » de ce qu'est une journée d'été typique.

Croissance  
multipliée par 50  
de 2010 à 2020<sup>9</sup>!

Les experts conviennent maintenant que l'IA a évolué à un point tel qu'elle a désormais une valeur pratique réelle. La raison? La **convergence de quatre tendances**. La croissance explosive des données est rendue possible par ce qui suit.

1. La numérisation des processus d'affaires, les téléphones intelligents, l'Internet des objets (IdO) et les médias sociaux / le Web 2.0.
2. Les avancées (et la disponibilité) de la puissance de traitement pour le stockage et le calcul des données.

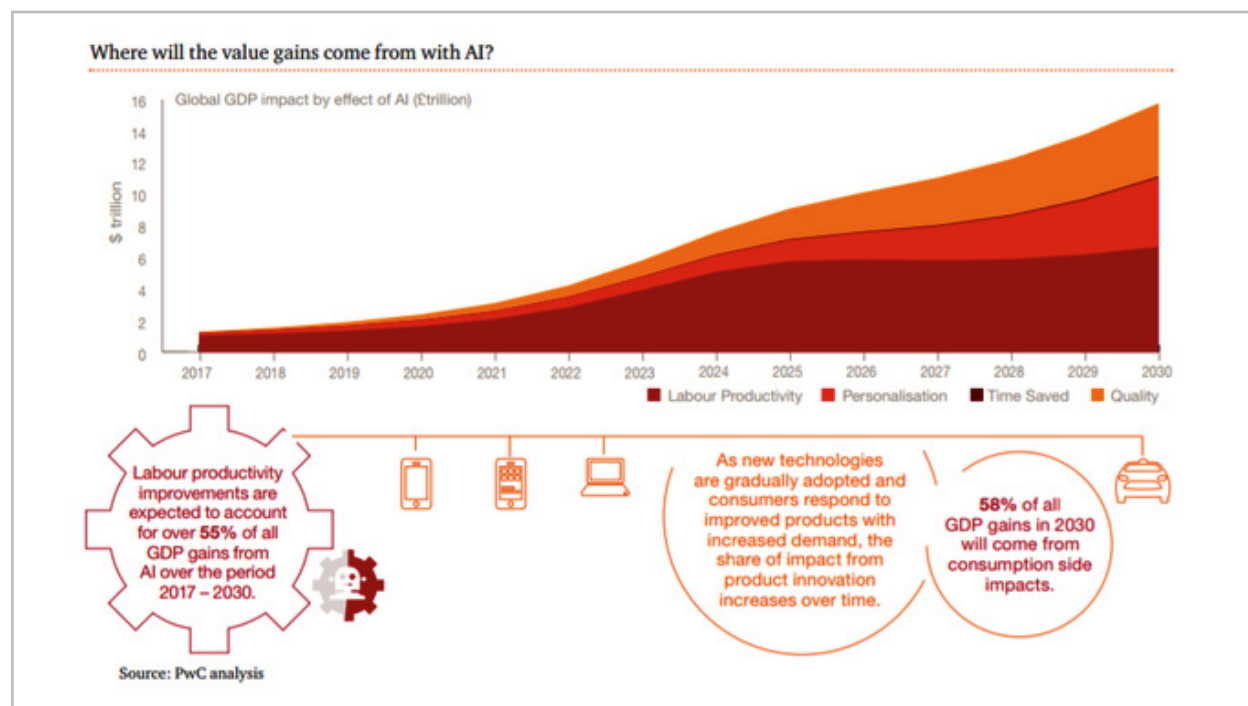
9 [www.slideshare.net/sfamilian/working-with-big-data-jan-2016-part-1/7-CONTEXT\\_WHATS\\_BIG\\_DATA\\_BIG\\_IN](http://www.slideshare.net/sfamilian/working-with-big-data-jan-2016-part-1/7-CONTEXT_WHATS_BIG_DATA_BIG_IN)

3. La maturité des algorithmes et des modèles d'IA.
4. La montée en flèche des investissements dans l'IA.

### Qu'est-ce que tout cela signifie pour les entreprises aujourd'hui?

Deux concepts : gains de productivité et innovation. Ceux-ci comprennent la simplification et l'automatisation de tâches en vue de libérer les employés afin qu'ils se consacrent à des tâches plus stimulantes et à forte valeur ajoutée. De plus, de nouveaux modèles d'affaires innovateurs ont été établis grâce à l'IA, notamment des assistants virtuels comme Alexa, l'Assistant Google ou x.ai. Ces derniers constituent maintenant un secteur de plusieurs milliards de dollars au centre du marché de la domotique, alors qu'ils ne jouissaient d'aucune popularité avant l'avènement de l'IA.

Les secteurs hautement capitalistiques comme la fabrication et le transport sont susceptibles de connaître les plus importants gains de productivité grâce à l'IA, étant donné qu'une multitude de leurs processus opérationnels répétitifs sont prêts pour une automatisation reposant sur l'IA<sup>10</sup>. Les robots dotés d'IA ont déjà pris la relève dans des entrepôts partout dans le monde. L'IA est également sur le point d'ouvrir la porte à des gains d'efficacité dans des services professionnels où les données jouent un rôle central, comme les services juridiques, les ressources humaines, la comptabilité et l'audit.



En anglais seulement

10 [www.slideshare.net/sfamilian/working-with-big-data-jan-2016-part-1/7-CONTEXT\\_WHATS\\_BIG\\_DATA\\_BIG\\_IN](http://www.slideshare.net/sfamilian/working-with-big-data-jan-2016-part-1/7-CONTEXT_WHATS_BIG_DATA_BIG_IN)

Les cabinets comptables et d'audit mondiaux ont tous entamé des travaux en vue de prendre les devants et de tirer parti du nouveau paradigme qui émerge en raison de l'IA.

- BDO a testé avec succès *BDOLexi*, son application de traduction qui emploie la technologie des réseaux neuronaux pour gérer l'information dans de multiples langues pendant des missions mondiales d'audit.
- Deloitte a lancé Omnia AI, une pratique multidisciplinaire axée sur la prestation de services et de solutions en IA.
- EY intègre l'IA d'un bout à l'autre de son processus d'audit, notamment en intégrant l'apprentissage machine dans EY Helix et EY Optix pour les analyses prédictives, en ayant recours à des drones pour l'observation de la prise d'inventaire physique des stocks et en développant des outils de lecture et d'interprétation de documents d'affaires.
- KPMG a lancé une boîte à outils en IA appelée Ignite et travaille en collaboration avec IBM/Watson.
- PwC a investi dans des plateformes de données afin de pouvoir saisir, organiser et faciliter l'analyse de données de façon sécuritaire. Le cabinet collabore avec un chef de file de la Silicon Valley, H2O.ai, en vue de mettre sur pied Audit.ai, qui permettra de rehausser ses capacités de fournir des services de certification.

## Types d'IA

Il existe essentiellement deux types d'IA : l'**IA étroite** et l'**IA générale**. Comme son nom le suggère, l'IA étroite, également appelée « IA faible », est constituée de systèmes spécifiquement intelligents pouvant surpasser les humains dans des tâches précises, comme jouer aux échecs ou poser un diagnostic médical. Ces capacités spécifiques ne sont pas transférables (c.-à-d. qu'une IA qui joue aux échecs ne peut pas être utilisée pour accomplir une autre tâche, comme poser un diagnostic médical).

L'IA générale, ou « IA forte », se rapporte à une intelligence de niveau humain ayant la capacité de transférer des connaissances entre différents domaines. Alors que l'IA étroite est omniprésente, par exemple dans les systèmes de reconnaissance vocale et visuelle et les moteurs de recommandation, l'IA générale s'apparente pour l'instant à de la science-fiction.

## Comment fonctionne l'IA

Les différentes méthodes de création de logiciels ont la capacité de déterminer différents résultats, un élément indispensable pour permettre aux programmes d'IA de négocier les complexités de diverses situations.

L'approche fondée sur la **logique et les règles** utilise des instructions conditionnelles et des règles définies pour l'accomplissement d'une tâche ou la résolution d'un problème, par exemple « si ceci se produit, effectuer cela ». Cette approche a longtemps été mise en pratique et a constitué le principe sous-jacent de l'IA jusqu'aux récentes avancées en apprentissage machine et en apprentissage profond, qui sont des techniques en IA.

Par exemple, pour créer des systèmes de calcul des taxes au moyen d'un processus de prise de décision numérisé, l'approche fondée sur la logique et les règles a recours à une série d'instructions informatiques détaillées, par exemple « si/alors/sinon » ou « probabilités/pondérations ». Ces séries d'instructions détaillées sont au cœur de tout système d'IA et sont connues sous le nom d'**algorithmes**.

L'**apprentissage machine** est, en IA, l'approche la plus répandue à utiliser des algorithmes pour orienter ses prédictions. Son nom est dérivé de la capacité des algorithmes à « apprendre » de l'expérience (c. à-d. à utiliser des ensembles de données) plutôt qu'à se fier à un système fondé sur des règles. Les algorithmes créent des modèles informatiques qui traitent de grands ensembles de données pour prédire des résultats et faire des déductions. Une plus grande quantité de données se traduit par un nombre plus élevé d'exemples, ce qui permet à l'algorithme d'affiner encore plus ses résultats au fil du temps. Ainsi, l'algorithme s'ajuste, ou « apprend », par essais et erreurs. Chaque nouvel exemple est une occasion pour l'algorithme de tirer une conclusion exacte ou erronée et d'apprendre de ses erreurs, ce qui lui donne habituellement des connaissances plus justes. Ces connaissances sont ensuite réintroduites pour peaufiner les modèles algorithmiques et ainsi accroître leur précision avec le temps. L'apprentissage machine est utilisé dans les filtres de pourriels, les systèmes de reconnaissance de textes, d'images et de voix, le classement des résultats de recherche, la vérification de l'orthographe et bien d'autres applications.

## Coup d'œil sur l'apprentissage machine

Les modèles d'apprentissage machine peuvent être regroupés sommairement en deux types de problèmes : la régression et la classification.

Les **problèmes de régression** impliquent la prédiction d'une quantité ou d'une valeur (p. ex., le prix de la course en taxi pour se rendre de Santa Monica au centre-ville de Los Angeles pendant l'heure de pointe un vendredi matin).

Les **problèmes de classification** comprennent le classement de données (p. ex., déterminer si une transaction est typique ou anormale).

Les trois techniques différentes qui suivent sont les plus couramment utilisées pour qu'une machine « apprenne » le problème et devienne apte à fournir des réponses intelligentes.

- **L'apprentissage supervisé** est une méthode d'apprentissage par l'exemple pour les systèmes d'IA. Les systèmes se voient fournir de nombreux points de données. Chacun de ces points est lié aux résultats prévus, afin que le système commence à développer une compréhension du lien entre les données et le résultat prévu. Une fois « formés », les systèmes peuvent alors assimiler les points de données et produire un résultat qui est aligné sur le modèle appris.

Prenons l'exemple d'un problème de classification. Dans le cas de l'évaluation de la solvabilité de demandeurs de prêt, le système reçoit des données sur des milliers de demandes de prêt déjà soumises, chaque demande contenant des informations détaillées sur l'emprunteur potentiel (pointage de crédit, revenu, état matrimonial, etc.). Comme il s'agit de données historiques, le système d'IA reçoit également des informations sur les prêts en souffrance et les prêts remboursés intégralement. Le système utilise alors des techniques statistiques pour établir un ensemble de règles visant à déterminer les cas où un prêt semble être devenu irrécouvrable ou non.

Ces règles peuvent maintenant être appliquées pour évaluer la probabilité qu'un prêt visé par une nouvelle demande soit totalement remboursé ou non. Les données d'entrée et de sortie utilisées pour l'apprentissage sont étiquetées afin que le système d'IA, une fois formé, puisse appliquer ce qu'il a appris à de nouvelles données. Ce processus démontre que les décisions ne sont pas fondées sur une précision de 100 %, mais plutôt sur les probabilités. La présence de Watson d'IBM à l'émission télévisée *Jeopardy* en est un bon exemple. Au moment de répondre aux questions, Watson calculait les probabilités associées à différentes réponses et donnait celle avec la probabilité la plus élevée. Cette approche se nomme « apprentissage supervisé », car un ensemble de données d'apprentissage correctement classifiées est utilisé pour superviser le processus d'apprentissage.

- **L'apprentissage non supervisé** est une technique dans le cadre de laquelle on indique au système quels sont les prêts qui ont été remboursés intégralement et ceux qui ne l'ont pas été, et on lui demande d'identifier les tendances ayant la plus forte incidence sur les résultats. Si on recherche uniquement des informations brutes concernant les données, on demande à l'ordinateur de trouver des informations efficacement grâce à l'apprentissage non supervisé.

Par exemple, Netflix peut demander à ses systèmes de trouver des clients ayant des habitudes d'écoute similaires aux vôtres. Il peut ensuite utiliser ces résultats pour recommander des films que ces clients similaires ont aimés. Il n'y a pas ici d'ensembles de données d'apprentissage portant l'étiquette « mauvais prêts » ou « bons prêts ». Il s'agit simplement d'examiner les données pour trouver des grappes de clients qui sont « similaires », même si le client humain n'a pas spécifié ce qu'il entendait par « similaire ». La détection de fraudes et d'anomalies dans les transactions entre souvent dans cette catégorie, parce qu'on recherche principalement des transactions « atypiques ».

- **L'apprentissage par renforcement** est une technique selon laquelle un système d'IA apprend sous sa propre supervision, sans avoir recours à des ensembles de données d'apprentissage. Il fait des prédictions, valide ces prédictions en fonction de la réalité et s'ajuste continuellement pour produire de meilleurs résultats de fois en fois. Il s'inspire de la psychologie comportementale et se rapporte à des algorithmes axés sur les objectifs ou les récompenses.

Les algorithmes sont formés pour exécuter des tâches en maximisant les récompenses ou les points pour le résultat favorable prévu, et ils continuent d'explorer de nouvelles possibilités, essentiellement par essais et erreurs, jusqu'à ce que la récompense maximisée soit obtenue. Par exemple, des récompenses pourraient être liées à des valeurs plus élevées de titres sélectionnés, à l'évaluation des stratégies de négociation, à des points dans un jeu de simulation ou à une victoire contre un adversaire dans un jeu.

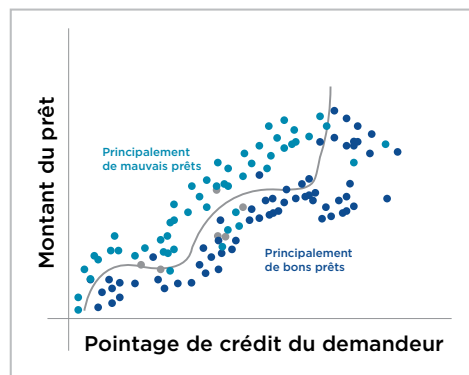
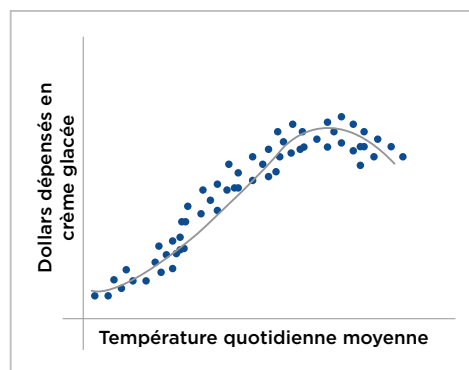
De plus, le système AlphaGo Zero de DeepMind a appris à jouer simplement en jouant des parties contre lui-même, en commençant par des jeux complètement aléatoires. Il a rapidement surpassé le niveau humain de jeu et a battu la version précédente d'AlphaGo en gagnant par 100 jeux à 0<sup>11</sup>.

Les problèmes de régression sont le plus souvent résolus grâce à l'apprentissage supervisé et par renforcement, alors que les problèmes de classification peuvent être réglés par le recours à n'importe laquelle des trois techniques d'apprentissage, selon les caractéristiques spécifiques.

## Algorithmes de l'IA

Différentes stratégies sont utilisées pour mettre en œuvre les trois techniques décrites plus haut. Ces stratégies sont au cœur de ce qui permet au système d'IA d'« apprendre » des données. À titre de CPA, vous n'utiliserez peut-être jamais la technologie à ce niveau, mais vous pouvez tout de même avoir un aperçu de ce que peuvent faire les algorithmes en IA.

Prenons un exemple très rudimentaire. Supposons que vous disposiez de données sur les ventes quotidiennes d'une crèmerie en fonction de la température moyenne de la journée. Un système d'IA pourrait identifier l'équation de régression qui est la mieux adaptée à l'ensemble de données fourni et l'utiliser pour prévoir les ventes de la semaine suivante à l'aide des températures prévues.



Source : Analyses PWC

11 <https://preview.thenewsmarket.com/Previews/PWC/DocumentAssets/476830.pdf>

D'un point de vue mathématique, le problème consiste maintenant à trouver une courbe qui correspond à la géométrie de la corrélation illustrée ci-dessus. Si le système d'IA trouve les paramètres qui définissent la courbe, il peut prédire toutes les valeurs Y (\$) pour une valeur X (température) donnée.

Dans le cas de problèmes de classification, la courbe séparerait normalement deux catégories (p. ex., bons prêts et mauvais prêts).

Les algorithmes en IA sont essentiellement tous conçus pour trouver les paramètres qui définissent la courbe.

Ces courbes simples sont évidemment basées sur une ou deux dimensions. Plus la tâche est complexe et multidimensionnelle, plus le degré de complexité de l'algorithme en IA est élevé.

### Quelle est la boîte noire de l'IA<sup>12</sup>?

- À mesure que les algorithmes deviennent plus complexes, le comment ou le pourquoi d'une décision prise par le système d'IA n'est pas toujours clair.
- Aux yeux des utilisateurs humains du système d'IA, le manque d'intelligibilité et de transparence des résultats pourrait entraîner une perte de confiance dans ce système.

## L'IA et le cerveau humain : une plongée technique au cœur de l'apprentissage profond

L'**apprentissage profond** (aussi connu sous le nom d'« apprentissage hiérarchique ») est un sous-ensemble de l'apprentissage machine. Il s'agit d'une forme émergente et prometteuse d'IA capable d'identifier des relations et des liens dans d'immenses quantités de données impossibles à traiter par un être humain, et de les appliquer dans des situations similaires. Bien que nous en soyons toujours aux premières étapes de développement, l'apprentissage profond a le potentiel d'amener l'automatisation vers de nouveaux sommets d'efficacité et d'améliorer la prise de décisions. Comment? En utilisant des algorithmes qui correspondent grosso modo aux structures et aux fonctions du cerveau humain.

L'apprentissage profond correspond tout simplement à la superposition d'algorithmes (modèles supervisés et modèles non supervisés) les uns par-dessus les autres en couches multiples. Cette superposition permet de créer des modèles d'entrée et de sortie extrêmement sophistiqués et perfectionnés.

12 [www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf](http://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf)

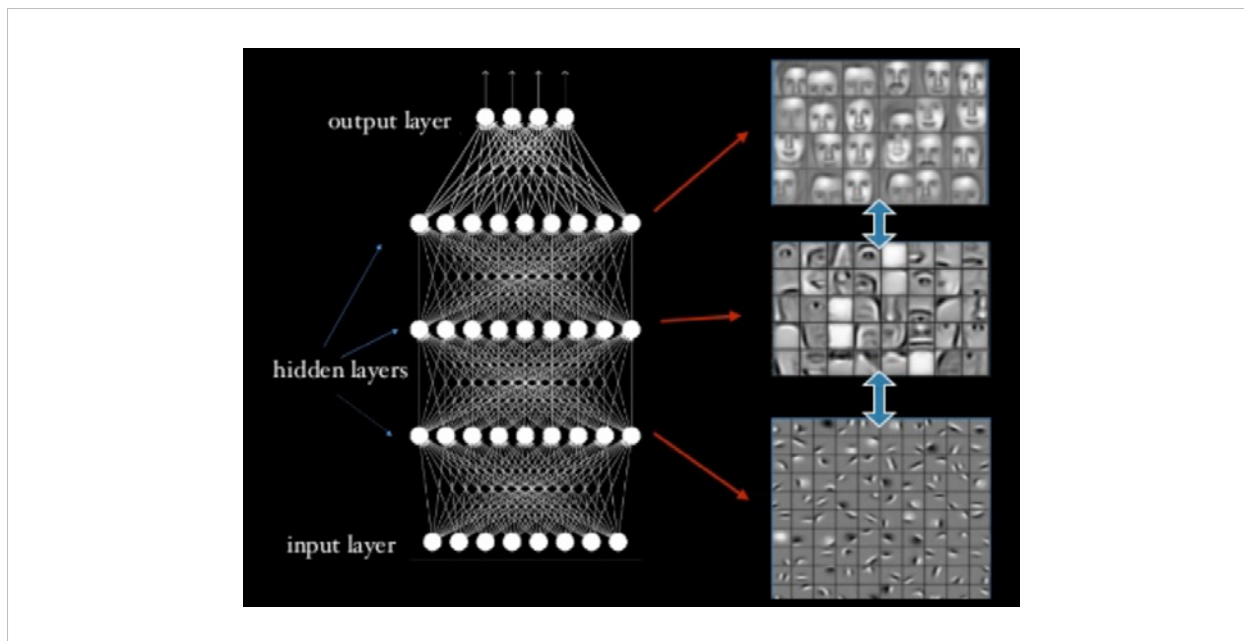


L'idée consiste à créer des algorithmes pouvant simuler toute une gamme de neurones dans un **réseau de neurones** artificiels qui apprend à partir de vastes sources de données. Les couches interreliées de nodules ou de neurones fournissent des données à chaque couche successive, comme une hiérarchie imbriquée de notions ayant plusieurs couches. Les connexions entre ces neurones virtuels sont représentées par un nombre ou une pondération. Cette pondération reflète l'importance attribuée aux données d'entrée : plus la pondération est élevée, plus la donnée est importante dans le cadre de l'exécution de la tâche souhaitée.

Au cours de la formation des réseaux de neurones, les pondérations varient, et elles sont ajustées jusqu'à ce que le résultat souhaité soit obtenu. Par exemple, comme le montre l'illustration ci-dessous, lorsque le réseau de neurones traite des milliers d'images de visages humains, il reconnaît les objets en fonction d'une hiérarchie d'éléments fondamentaux plus simples :

1. des lignes droites et des lignes courbes, au niveau de base;
2. puis les yeux, les bouches et les nez;
3. ensuite les visages entiers;
4. finalement, les traits spécifiques des visages.

Une fois que le premier niveau apprend les caractéristiques primitives, ces données alimentent la couche suivante, qui s'entraîne à reconnaître des caractéristiques plus complexes. Le processus est répété pour les couches successives jusqu'à ce que le système puisse reconnaître de manière fiable un nez ou une cicatrice. Pour former ces systèmes d'apprentissage profond, il faut des quantités énormes de données. Toutefois, les apprentissages de ces systèmes peuvent parfois servir dans d'autres situations. Par exemple, un réseau de neurones formé pour reconnaître les traits du visage peut être reproduit dans de multiples situations, notamment dans des systèmes de sécurité.



Un réseau de neurones est un système informatique qui s'inspire du cerveau humain. Source : [www.slideshare.net/roelofp/python-for-image-understanding-deep-learning-with-convolutional-neural-nets](http://www.slideshare.net/roelofp/python-for-image-understanding-deep-learning-with-convolutional-neural-nets). En anglais seulement.

En plus de reconnaître les images et les tendances, l'apprentissage profond semble prometteur pour ce qui est de relever des défis complexes comme la compréhension de la parole, la conversation homme-machine, la traduction de langues et la navigation de véhicules.

## Comment l'IA est utilisée

Les applications les plus prometteuses et les plus avancées de l'IA se trouvent dans les domaines de la vision par ordinateur, du traitement et de la génération du langage naturel et du traitement de l'audio.

### Vision par ordinateur

Les voitures autonomes et les drones sont devenus réalité principalement grâce à la vision par ordinateur. La détection de schémas fondée sur l'IA extrait les informations pertinentes d'une image ou d'un ensemble d'images pour les regrouper et les analyser en profondeur. Outre les voitures autonomes et les drones, la vision par ordinateur est utilisée dans la vente au détail (p. ex., le magasin Amazon Go), l'agriculture (p. ex., suivi des cultures et des sols), les diagnostics médicaux et la surveillance.

## Traitement du langage naturel (NLP)

Le traitement du langage naturel est omniprésent. Il se présente sous forme d'autocorrection dans nos téléphones cellulaires, de vérifications orthographiques et de détection d'erreurs grammaticales, et dans les recherches sur Google. Il s'agit essentiellement de la capacité d'un système ou d'un dispositif informatique à comprendre le langage naturel parlé ou écrit en vue de fournir une gamme d'informations ou de réponses.

## Génération du langage naturel (NLG)

La génération du langage naturel transforme des données visualisées sous forme de tableaux ou de graphiques, par exemple, en un langage compréhensible. Le logiciel Quill de Narrative Science illustre bien la manière dont la génération du langage naturel peut transformer des connaissances au niveau des données en rapports précis, faciles à lire et intelligents<sup>13</sup>. Les avancées dans le NLP et la NLG ont également donné naissance à une ère de **robots conversationnels**, ou *chatbots* en anglais, des programmes fondés sur l'IA capables de tenir de véritables conversations. Les robots conversationnels nous permettent de converser avec des assistants virtuels comme Siri et Alexa. Ils sont de plus en plus répandus sur les sites Web de sociétés, et ils sont utilisés pour le marketing conversationnel, le service à la clientèle et le service après-vente.

## Analyse des mégadonnées

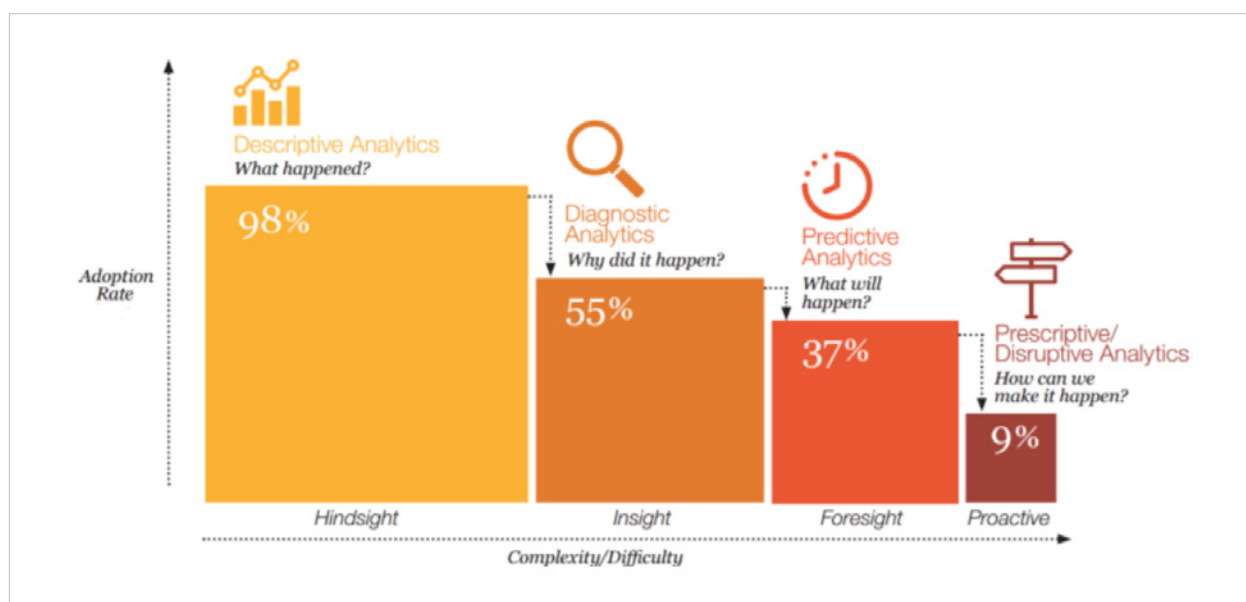
Grâce à l'Internet des objets, aux médias sociaux ainsi qu'à la puissance et à la portée de l'infonuagique et de l'informatique mobile, on assiste à une explosion de la quantité de données produites, et celle-ci va sans cesse en croissant. Selon l'IDC, d'ici 2020, 44 zettaoctets (ou environ 44 milliards de téraoctets) de données seront créés dans le monde. Les organisations misent sur le recours à des techniques d'analyse de plus en plus sophistiquées pour se rapprocher des clients, élaborer des stratégies, innover et croître.

Il existe quatre grandes catégories d'analyses :

1. L'**analyse descriptive** fournit des informations concernant des événements passés. Les organisations peuvent utiliser cette technique pour évaluer leur performance annuelle et rassembler des informations.
2. L'**analyse diagnostique** examine les données pour déterminer pourquoi un résultat s'est produit. Elle est caractérisée par des techniques comme le zoom avant, la découverte de données et les corrélations.

13 <http://mentalfloss.com/article/51543/what-ibm-watson-7-videos-jeopardy-era>

3. L'**analyse prédictive** jette un regard dans l'avenir pour prévoir des résultats, par exemple, les prévisions de la demande pour le fonctionnement d'une chaîne logistique. Dans ce cas, les données existantes sont utilisées pour former les modèles d'apprentissage machine en vue de prévoir ce qui est susceptible de se produire.
4. L'**analyse prescriptive** va encore plus loin en offrant des solutions possibles en fonction des résultats afin de transformer les prédictions en actions, par exemple en générant des façons d'optimiser la production ou les stocks. Par exemple, lors de la fabrication d'un produit, le système peut détecter qu'il manquera du matériel pour remplir la commande. L'analyse prescriptive analysera les intrants nécessaires et passera une commande ou lancera un cycle de production pour tout matériel manquant, en vue d'exécuter la fabrication des biens commandés.



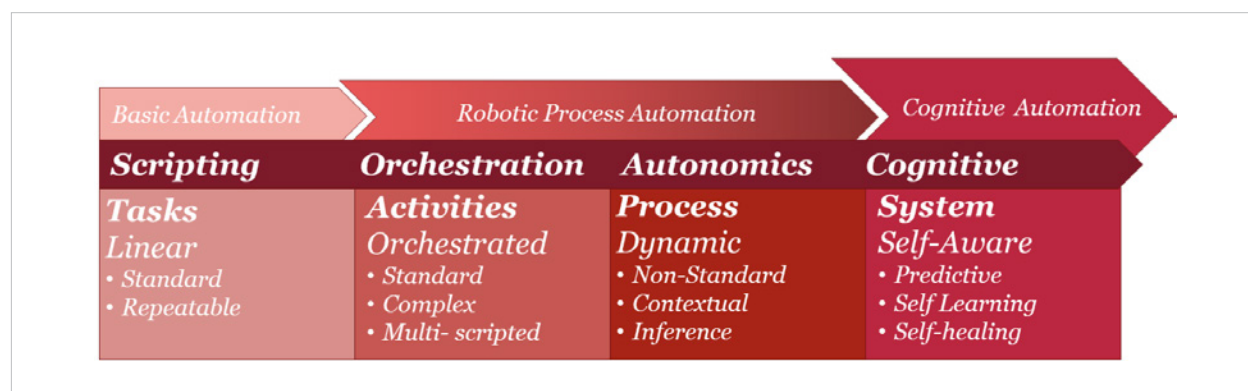
Source : PwC Analysis: Increasing Sophistication of Data & Analytics, Rao 2017. Modified from: Think big: learning contexts, algorithms and data science. Baldassarre, 2016 University of Bari, Italy. En anglais seulement.

Évidemment, l'IA a besoin des mégadonnées tout comme les mégadonnées ont besoin de l'IA, car comme nous l'avons vu, l'IA a besoin de beaucoup de données pour apprendre.

## Pourquoi la robotisation des processus n'est pas de l'IA

La **robotisation des processus**, ou RPA, est un ensemble de capacités d'automatisation logicielle pouvant traiter un grand volume de tâches répétitives comme répondre à des questions, faire des calculs, tenir des comptes et enregistrer des opérations. Ce sont toutes des tâches qui devaient auparavant être exécutées par des humains. La robotisation des processus peut reproduire les tâches exécutées par des humains et automatiser ces tâches numériquement. Les systèmes de robotisation des processus peuvent facilement être programmés et modifiés par des travailleurs n'occupant pas de poste technique. Toutefois, la mise en place de douzaines de robots de processus exige beaucoup de travail de la part de spécialistes techniques humains. La robotisation des processus constitue une étape de l'aventure de l'automatisation organisationnelle qui a débuté par la rédaction de scripts de base. Par exemple, l'automatisation de base peut correspondre à un robot sur une chaîne de montage qui exécute une action simple et répétitive. Une activité d'orchestration de la robotisation des processus peut consister à télécharger un fichier, extraire des chiffres clés de ce fichier, les transférer dans un autre fichier et sauvegarder le document. Toutes ces tâches sont des actions exécutées à l'aide d'instructions préprogrammées. Aucune décision additionnelle ne doit être prise et l'exécution de la tâche ne donne lieu à aucun apprentissage. Par conséquent, il est important de souligner que la robotisation des processus n'est pas à elle seule de l'IA. (Consultez la liste des ressources plus loin, qui inclut des ressources additionnelles en robotisation des processus.)

Au fil de la progression de la technologie, les systèmes de robotisation des processus sont jumelés à des algorithmes pour fonctionner avec des données non structurées relatives à la vision, aux images et au traitement du langage naturel en vue de travailler à des activités nécessitant un plus grand degré de jugement. Par exemple, un robot dans une équipe de recrutement des ressources humaines pourrait aider à exécuter les vérifications d'antécédents à partir de multiples systèmes, notamment les enregistrements de véhicules, les agences de crédit et les vérifications policières. L'automatisation cognitive, qui se rapporte aux techniques d'IA appliquées à l'automatisation de processus spécifiques, génère de plus grandes capacités. Par exemple, les sociétés utilisent l'automatisation cognitive pour exécuter la vérification de signatures (à l'aide du traitement d'images numériques) pour certifier les contrats chez les opérateurs de télécommunications.



Source : Institute of Robotic Process Automation and Artificial Intelligence. En anglais seulement.

## Quelle est la prochaine étape?

Si l'IA vous impressionne, attendez qu'elle soit alimentée par l'**informatique quantique**. Contrairement aux ordinateurs classiques qui s'appuient sur des circuits ou des bits dont l'état est soit 0 soit 1 pour l'exécution de calculs et dont la puissance informatique correspond à deux fois le nombre de bits, les ordinateurs quantiques reposent sur la mécanique quantique et se servent de bits quantiques (ou qubits). Ces qubits ont la capacité d'être simultanément à 0 et à 1. Résultat : l'informatique basée sur les qubits est de nature parallèle (c.-à-d. que tous les résultats possibles d'un calcul peuvent être calculés en même temps). Ce parallélisme inhérent signifie que des ordinateurs quantiques d'une taille suffisante pourraient très rapidement prendre en compte une grande quantité de données et manipuler d'énormes ensembles de données pour détecter des tendances subtiles, une exigence de base pour la création d'un système d'IA puissant. Imaginez les possibilités de l'apprentissage machine lorsqu'elle sera alimentée par l'informatique quantique! Chose certaine, les chercheurs s'y mettent.

Bien que la science de l'IA et son potentiel soient intéressants, plus les entreprises explorent et adoptent l'IA, plus elles prennent conscience des défis qu'elle pose. Un sondage mené en 2017 par PwC a révélé que 76 % des chefs de l'exploitation étaient préoccupés par les biais potentiels et le manque de transparence des systèmes d'IA<sup>14</sup>. Pour surmonter les biais, les organisations devront élaborer une démarche d'IA responsable. Elles devront mettre sur pied des équipes et des processus pour rechercher les biais dans les données et les modèles et surveiller étroitement les manières dont des acteurs malveillants pourraient « duper » les algorithmes. Par ailleurs, quelle sera l'incidence de la boîte noire de l'IA sur le travail des professionnels en certification? Ils ne doivent pas uniquement s'inquiéter des biais et des acteurs malveillants; ils doivent également songer à la protection de la vie privée. Quelles sont les répercussions sur la vie privée des cas où un algorithme d'IA suggère un produit à un consommateur en fonction de ses préférences et de ses habitudes d'achat? Et quelles pourraient être les conséquences de situations où des personnes sont catégorisées pour l'approbation d'un prêt hypothécaire ou repérées aux contrôles de sécurité d'un aéroport? Ces questions et ces préoccupations se font de plus en plus nombreuses alors que s'accroît notre utilisation de l'IA au quotidien.

CPA Canada et l'AICPA se sont engagés à explorer les répercussions de l'IA. Des publications complémentaires futures traiteront de l'incidence de l'IA sur les CPA, des CPA en entreprise aux professionnels en certification. La présente publication n'est qu'un point de départ. Il est important pour vous de continuer de lire sur le sujet, de collaborer avec vos collègues et de vous instruire au sujet de l'IA et des autres technologies susceptibles d'avoir une incidence sur vous à titre de CPA. Nous sommes tous engagés ensemble dans ce périple numérique.

14 <https://deepmind.com/blog/alphago-zero-learning-scratch/>

Le monde de l'IA est vaste et en croissance exponentielle. Pour en savoir davantage au sujet d'autres technologies émergentes ou pour approfondir les concepts que vous avez lus ici, communiquez avec CPA Canada ([yhakimpour@cpacanada.ca](mailto:yhakimpour@cpacanada.ca)) ou avec l'AICPA ([erin.mackler@aicpa-cima.com](mailto:erin.mackler@aicpa-cima.com)).

Pour de plus amples informations concernant l'IA, veuillez consulter les ressources suivantes (en anglais) :

- [McKinsey Analytics - An executive's guide to AI](#)
- [McKinsey Analytics - Applying AI: Where and how to put Artificial Intelligence to work](#)
- [PwC - Global AI Study - Sizing the prize](#)
- [2017 Deloitte State of Cognitive Survey](#)
- [Deloitte - Internal Controls Over Financial Reporting Considerations for Developing and Implementing Bots](#)
- [EY - Assurance in the age of AI](#)
- [The Economist - The workplace of the future](#)
- [Article de l'ICAS - How is the accounting and finance world using Artificial Intelligence?](#)
- [Article du CPA Journal - The coming disruption of drones, robots and bots](#)
- [Rise of the Robots \(livre\)](#)
- [The Second Machine Age \(livre\)](#)
- [The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology \(livre\)](#)
- [Superintelligence: Paths, Dangers, Strategie \(livre\)](#)

## Au sujet des auteurs

CPA Canada et l'AICPA souhaitent souligner la contribution précieuse des professionnels suivants à la présente publication : Asif Qayyum, Hrishikesh Bhagwat et Michael Paterson, CPA, CA de PwC s.r.l./S.E.N.C.R.L., et Yasmine Hakimpour, CPA, CA de CPA Canada.

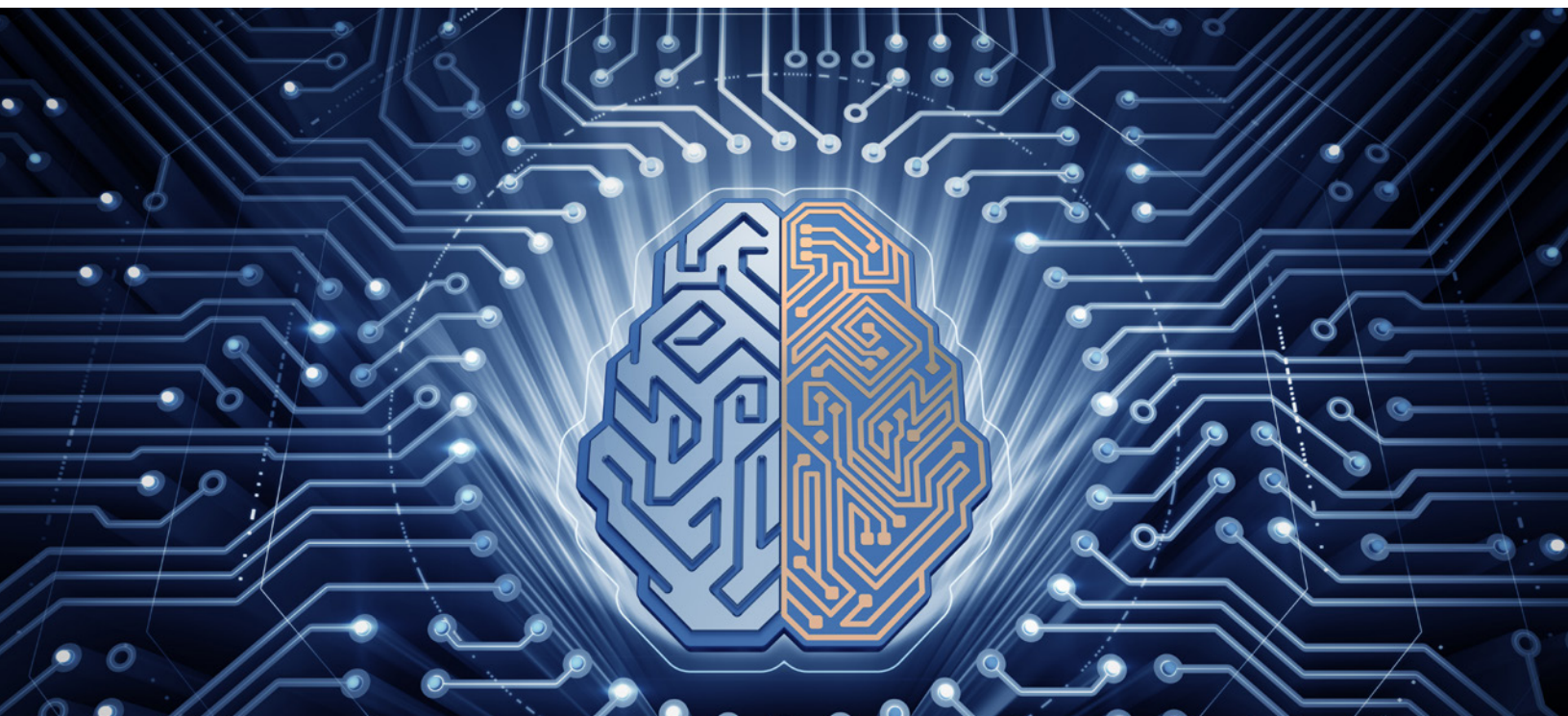
CPA Canada et l'AICPA souhaitent également souligner la contribution précieuse du [Comité sur les technologies en audit et en certification de CPA Canada](#) et de l'[Assurance Services Executive Committee de l'AICPA](#), qui leur ont prêté assistance dans la rédaction et la revue de la présente publication.



## Glossaire

Terme	Définition
Algorithmes	Séries détaillées d'instructions informatiques, par exemple « si/alors/sinon » ou « probabilités/pondérations », pour l'exécution d'une opération ou la résolution d'un problème.
Apprentissage machine	Capacité des algorithmes à apprendre de l'expérience plutôt que de recevoir des instructions. Les algorithmes créent des modèles informatiques qui traitent de grands ensembles de données pour prédire des résultats et faire des déductions. Une plus grande quantité de données se traduit par un nombre plus élevé d'exemples, ce qui permet à l'algorithme d'affiner encore plus ses résultats/connaissances au fil du temps. Ces connaissances sont ensuite réintroduites pour peaufiner les modèles algorithmiques et ainsi accroître leur précision avec le temps.
Apprentissage non supervisé	Algorithmes qui font des déductions concernant des ensembles de données en identifiant des tendances et en recherchant des similarités en fonction desquelles les données peuvent être regroupées.
Apprentissage par renforcement	Système d'IA qui apprend sous sa propre supervision en faisant des prédictions, en les validant en fonction de la réalité et en s'ajustant continuellement pour produire de meilleurs résultats d'une fois à l'autre.
Apprentissage profond / apprentissage hiérarchique	Type d'apprentissage machine utilisant des algorithmes qui correspondent grosso modo aux structures et aux fonctions du cerveau humain (p. ex., des algorithmes pouvant simuler toute une gamme de neurones dans un réseau de neurones artificiels qui apprend à partir de vastes sources de données).
Apprentissage supervisé	Méthode d'apprentissage pour les systèmes d'IA qui consiste à fournir au système les résultats souhaités pour les données d'apprentissage (les données d'apprentissage d'entrée et de sortie sont étiquetées), afin qu'ils puissent connecter ces résultats aux données.
Approche fondée sur la logique et les règles	Utilisation d'algorithmes pour exécuter une tâche ou résoudre un problème.
Génération de langage naturel (NLG)	Capacité d'un système ou d'un dispositif informatique à transformer des données visualisées, comme des tableaux ou des graphiques, en un texte rédigé dans une langue compréhensible.
IA étroite / IA faible	Systèmes d'une intelligence étroite qui peuvent surpasser les humains dans des tâches spécifiques comme jouer aux échecs, mais qui ne peuvent pas transférer de capacités.

Terme	Définition
IA générale / IA forte	Intelligence de niveau humain permettant le transfert de connaissances entre différents domaines.
Informatique quantique	Traitement informatique se servant de bits quantiques (qubits) pour stocker une énorme quantité d'informations tout en utilisant moins d'énergie qu'un ordinateur classique.
Intelligence artificielle (IA)	Science qui consiste à apprendre aux programmes et aux machines à exécuter des tâches qui font habituellement appel à l'intelligence humaine.
Internet des objets	Interconnexion par Internet de dispositifs informatiques intégrés dans des objets du quotidien, permettant à ceux-ci de transmettre et de recevoir des données.
Mégadonnées	Ensembles de données volumineux et complexes qui ne peuvent être gérés au moyen de logiciels traditionnels de traitement des données.
Robotisation des processus (RPA)	Automatisation logicielle pouvant traiter un grand volume de tâches répétitives comme répondre à des questions, faire des calculs, tenir des comptes et enregistrer des opérations.
Techniques d'analyse	Quatre catégories principales : descriptive, diagnostique, prédictive et prescriptive.
Traitement du langage naturel (NLP)	Capacité d'un système ou d'un dispositif informatique à comprendre le langage naturel parlé ou écrit.
Vision par ordinateur	Capacité d'un système ou d'un dispositif informatique à voir (p. ex., identification et traitement d'images).



**CPA**

COMPTABLES  
PROFESSIONNELS  
AGRÉÉS  
CANADA

277, RUE WELLINGTON OUEST  
TORONTO (ONTARIO) CANADA M5V 3H2  
Tél. : 416 977.3222 Téléc. : 416 977.8585  
[WWW.CPACANADA.CA](http://WWW.CPACANADA.CA)