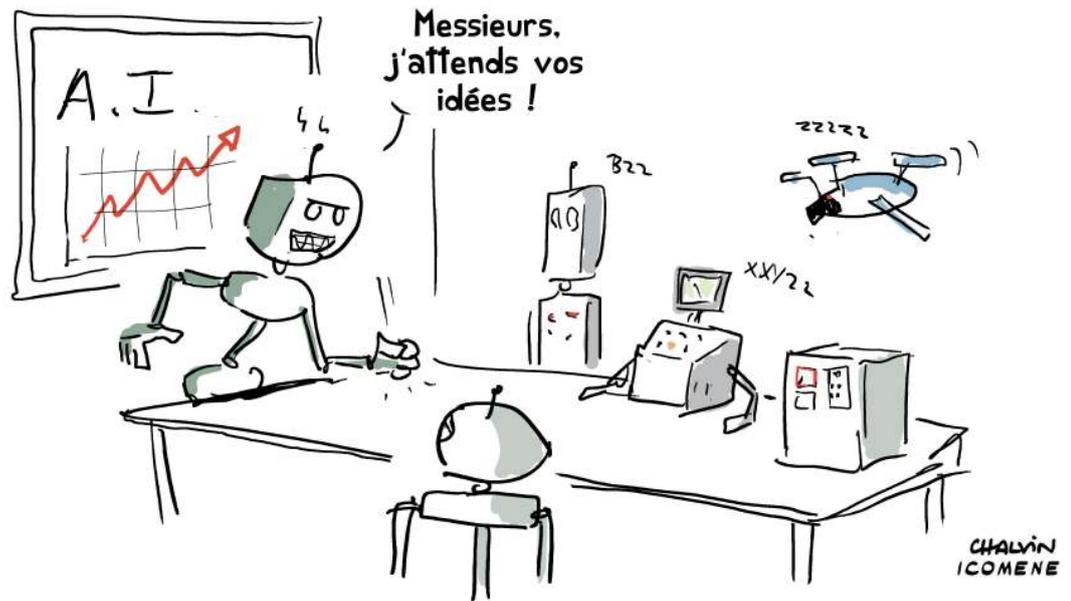


Partager et accroître nos connaissances, débattre librement de nos idées

Intelligence Artificielle : Comment capter ce marché de 11 Milliards de dollars



SUPPLÉMENT

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Publication trimestrielle coordonnée par Martine Otter et Véronique Pelletier

DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À L'IA

Alain Coulon

Le sens des mots et des progrès

RÉSEAUX SOCIAUX ET IA

Martine Otter

Les algorithmes à l'oeuvre

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CRÉATION ARTISTIQUE

Jean Pelletier

Les robots au service de l'art ?

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OU AUTOMATISME

Jean-Louis Farvacque

TRéflexions sur l'évolution

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET JEU DE GO

Clément Béni

Histoire(s) et enjeux de l'informagologie

UN APERÇU DES RECHERCHES EN AIAH

Monique Baron

Un point de vue IA

APPRENTISSAGES HUMAIN ET MACHINE

Véronique Pelletier

Quelles notions cela recouvre-t-il ?

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ENJEUX ÉTHIQUES

Odile Thiéry

Dans le domaine de la santé



A PROPOS DE L'IA

QUELQUES DATES

L'Intelligence artificielle est « née » dès le début des années 50 à la suite des travaux d'Alan Turing pendant la guerre de 40 et n'a cessé de se développer depuis, prenant aujourd'hui un nouvel essor du fait de l'accumulation des data et de la puissance des processeurs capables de les traiter.



2005

Voiture autonome
Après diverses tentatives expérimentales depuis les années 1970, le Darpa Grand challenge de 2005 démontre le caractère opérationnel de cette technologie.



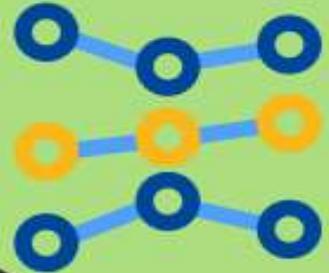
2016

AlphaGO bat le champion de GO Lee Sedol



2020

L'IA devrait créer plus d'emplois qu'elle en supprime



1997

Deep blue gagne aux échecs contre Kasparov



1989

Reconnaissance d'image à partir des travaux de Yann Le Cun aux AT&T Bell Labs



1972

Reconnaissance vocale
Premier appareil commercialisé après 20 ans de recherche



1966

Premier robot mobile
Shakey the robot



1960

Premiers réseaux neuronaux artificiels



1950

Article d'Alan Turing
"Computing machinery and intelligence"



1956

Premier emploi de l'expression Intelligence Artificielle à la conférence de Dartmouth

TABLE DES MATIERES

DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À L'IA.....	2
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OU AUTOMATISME INFALLIBLE ?	7
APPRENTISSAGES HUMAIN ET MACHINE	11
RÉSEAUX SOCIAUX ET IA	18
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET JEU DE GO.....	24
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA), ENJEUX ÉTHIQUES	29
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CRÉATION ARTISTIQUE	35
UN APERÇU DES RECHERCHES EN EIAH	40



DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À L'IA...

Le sens des mots et des progrès

Alain Coulon

a_coulon@club-internet.fr

Résumé :

Les articles publiés dans ce livre blanc éclaireront différents aspects de cette nouvelle discipline appelée intelligence artificielle ou IA.

En préambule, nous vous proposons une analyse du vocabulaire et nous esquisserons le contour des probables impacts sociétaux.

Mots-clés :

Intelligence, Artificielle, Artefact, Étymologie, Singularité, IA



La juxtaposition du substantif « Intelligence » et de l'adjectif « Artificielle » crée un nouveau concept.

On désigne, par l'acronyme IA, ce nouveau domaine qui ouvre des perspectives de progrès dans les différentes dimensions de notre société humaine.

INTELLIGENCE

Étymologie



Le mot français « intelligence » associe deux racines latines :

- « inter » (entre) ;
- « legere » (cueillir, choisir).

Selon cette étymologie, l'intelligence consisterait à choisir sa meilleure voie entre plusieurs chemins possibles, après les avoir analysés.

Plus généralement, les dictionnaires français définissent l'intelligence comme « la qualité de l'esprit d'une personne qui comprend ». Une personne réputée intelligente perçoit des rapports entre des faits considérés comme indépendants et en tire des enseignements généraux.

C'est ainsi que Newton, en comparant la chute d'une pomme au mouvement de la lune, a imaginé une cause commune, en énonçant le principe de l'attraction universelle, principe ignoré des scientifiques pendant des siècles.

Polysémie

L'intelligence est un paradigme qui peut prendre plusieurs formes.

Esprit réfléchi

Par opposition à une matière qui en semblait dépourvue, on accorde à l'intelligence une nature spirituelle. L'intelligence est synonyme d'esprit. Une intelligence désigne un être capable de réflexion.

« C'est un homme intelligent : il réfléchit avant de parler ! »

Entente

Une personne intelligente fait abstraction des défauts de ses proches pour maintenir un climat convivial, voire amical, avec son entourage.

Les membres d'un groupe qui s'écoutent et se comprennent, les uns les autres, vivent en bonne intelligence ; ils peuvent devenir complices allant jusqu'à partager des liens privilégiés dont ils gardent le secret.

Une dérive de cette intelligence est sanctionnée lorsqu'elle est nuisible aux intérêts de l'État.

« Est puni de mort tout militaire qui entretient des intelligences avec l'ennemi dans le but de favoriser ses entreprises. » Code militaire français.

Ensemble d'informations confidentielles

Les Anglo-Saxons désignent par « intelligence » la connaissance, par un groupe de personnes, d'un ensemble d'informations, tenues rigoureusement secrètes vis-à-vis des personnes étrangères à ce groupe.



L'intelligence économique regroupe la collecte, le traitement et la diffusion d'informations relatives aux activités des entreprises



Dans le domaine militaire, les services de renseignements (que l'on n'ose plus appeler « espionnage ») sont des « Intelligence Services »

Une source de confusions

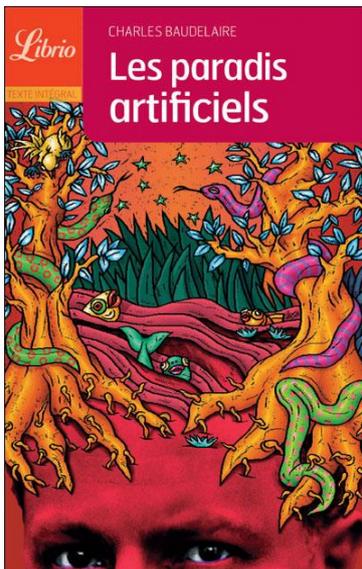
Nous venons de déployer un éventail des significations du mot « intelligence » qui s'étend de la faculté de comprendre à l'exploitation d'un ensemble d'informations confidentielles.

En outre, le terme « intelligence » absorbe de nombreuses notions connexes : abstraction, créativité, logique, apprentissage, résolution de problèmes, communication, mémorisation, voire de conscience de soi et d'émotivité.

Pour un individu doté d'une intelligence compréhensive normale, il n'est pas facile de situer, dans cet éventail, le sens que son interlocuteur veut privilégier.

Ce qui crée un risque de confusions que certains auteurs et conférenciers se gardent bien de réduire.

ARTIFICIELLE



L'adjectif « Artificiel » est construit sur la racine « art ».

Ce qui est artificiel est une production conforme à la bonne méthode... sans pour autant être une œuvre artistique (au sens des beaux-arts).

On peut rapprocher « Artificiel » d'« artefact »¹ objet fabriqué par la technique humaine et non par la nature.

Les objets artificiels : soie artificielle, fleur artificielle, neige artificielle, diamant artificiel, parfum artificiel, voire paradis artificiels, manquent de naturel et d'authenticité.

Dans le langage courant, le mot artificiel apporte une nuance de copie dégradée par rapport au modèle naturel ; de plus ce mot évoque une ruse subtile destinée à leurrer (la mouche artificielle du pêcheur).

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

En français, la simple juxtaposition de ces deux mots n'est pas très valorisante ; elle sous-entend une imitation de l'intelligence naturelle par une construction technique.



L'intelligence artificielle pourrait être mise sur le même pied que la rose artificielle.

Sous une présentation analogue, la rose artificielle simule quelques caractéristiques (forme, couleur, texture, odeur) de la rose naturelle, mais sans vie ni âme.

Pour dépasser cette vision réductrice, les promoteurs de l'intelligence artificielle préfèrent le terme IA moins porteur de sens sémantique, pour désigner « un ensemble de théories et de techniques, mises en œuvre, pour réaliser des machines capables de simuler le raisonnement, voire le comportement, humain ».

IA - UN NOUVEAU CONCEPT PORTEUR

L'acronyme IA transcende l'intelligence artificielle pour en faire un vecteur de progrès dans les principaux domaines de l'activité humaine.

Progrès économiques

L'utilisation de ressources artificielles pour produire des biens et des services réduit considérablement les coûts de fabrication, en limitant les coûts de main d'œuvre.

L'entreprise qui investit dans l'IA, exploite des agents non-humains (souvent appelés robots), efficaces, infatigables et dociles ; elle trouve à terme une meilleure rentabilité.

¹ Le mot « artefact » est passé du latin au français par l'anglais ; il a été préféré à « artifice »

Progrès sociaux

Les consommateurs trouvent sur le marché des produits et des services innovants à des prix abaissés, ce qui améliore leur pouvoir d'achat.

En revanche, ces robots prennent sur le marché de l'emploi, la place des agents humains contraints de changer d'activité. L'utilisation d'agents artificiels pour l'exécution de tâches répétitives réorientera les humains vers des activités plus valorisantes, celles dans lesquelles les facultés humaines n'auront pas encore été concurrencées par des agents non-humains.

Progrès environnementaux

La dématérialisation des moyens de production ménage les ressources naturelles de notre planète. L'IA remplace d'anciens échanges, consommateurs de ressources naturelles par des échanges numériques plus écologiques.

Progrès scientifiques

Les recherches sur l'IA visent à reproduire toutes les facettes de l'intelligence humaine. Ce qui conduit les chercheurs en neurosciences à approfondir notre connaissance du cerveau humain, pour en modéliser le fonctionnement et comprendre la genèse de la rationalité.

En estimant que notre conscience repose sur un support biologique, certains scientifiques envisagent, sérieusement, la prochaine création d'une intelligence consciente sur un support matériel autre que biologique. Encore faudrait-il faire le lien entre notre conscience et son support biologique ?

Progrès métaphysiques

L'homme a toujours rêvé de créer des automates qui simulent la vie. L'Histoire rappelle des réalisations d'animaux mobiles : corbeaux de l'Antiquité, lion de Léonard de Vinci, canard de Vaucanson etc. Le musée de Rudesheim présente une très riche collection d'orchestres mécaniques.

Certains auteurs ont imaginé - dans une grande variété de registres poétiques - la création d'êtres d'apparence et de comportement humains de Frankenstein à David² et Samantha³ en passant par Pinocchio.

Il y a un demi-siècle, le développement informatique avait créé un mythe, celui du caractère magique de l'ordinateur. Le projet d'une création par l'homme d'un être qui lui ressemble renforce ce mythe en ajoutant un caractère divin au caractère magique.

² AI Artificial Intelligence : film de Steven Spielberg en 2001

³ Her : film -comédie dramatique de science-fiction de Spike Jonze 2013



Progrès en abymes

Le deep learning (apprentissage profond)



Les techniques de deep learning permettent, en particulier, aux machines d'apprendre grâce à leur énorme capacité de stockage de données, notamment d'images à identifier un nouvel objet, possédant des caractéristiques enregistrées sur d'autres images.

La singularité

La singularité technologique⁴ désigne une date (encore plus ou moins lointaine) au-delà de laquelle le progrès serait l'œuvre exclusive des IA ?

Celles-ci se reproduiraient dans une postérité où chaque génération serait plus intelligente que la précédente.

L'intelligence humaine ne ferait plus le poids face à ces monstrueuses intelligences qui prendraient naturellement le pouvoir sur notre espèce biologique.



CONF« IA »NCE OU MÉF« IA »NCE ?

Les projets concurrents de développement de l'IA mettent en œuvre des moyens humains et matériels considérables.

- Jusqu'où ira-t-on ?
- Quelles seront les conséquences sur notre société humaine ?

À chacun de se faire son opinion !

⁴ Wikipédia : La *singularité technologique* (ou simplement la singularité) est l'hypothèse que l'invention de l'intelligence artificielle déclencherait un emballement de la croissance technologique qui induirait des changements imprévisibles sur la société humaine.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OU AUTOMATISME INFAILLIBLE ?

Réflexions sur l'évolution

Jean-Louis Farvacque

jean-louis.farvacque@univ-lille1.fr

Résumé :

Panorama de l'évolution de l'intelligence humaine, de l'apparition du langage au développement des machines dites « intelligentes ».

Mots-clés :

Évolution, langage, big data, intelligence



L'ancêtre de l'homme s'est mis debout il y a près de deux cent mille ans, libérant ainsi ses mains qui servirent d'outil et favorisant le développement du cerveau qui permet le stockage d'un plus grand nombre d'informations ainsi que le développement du langage.

DU LANGAGE AU BIG DATA

C'est le langage qui permet le classement de l'information en simplifiant grâce aux mots tout un ensemble de données. Si l'on apprend à dire chat à un enfant en lui présentant la photo d'un chat vu de face, l'enfant aura vite fait de qualifier de chat le véritable animal, même s'il le voit sous un autre angle. Le mot chat résume l'animal dans tous ses états. Contrairement aux logiciels de reconnaissance faciale qui nécessitent le stockage d'un nombre important de données assujetties à toute une infrastructure d'approximations mathématiques conduisant à des corrélations probables entre formes possibles et aboutissant sans garantie au mot chat, l'enfant n'aura pas eu besoin de stocker un aussi grand nombre de données visuelles, car il l'aura conçu comme une entité : une idée, une abstraction.

Avec le temps, le langage évolua de façon telle qu'il permit non seulement de nommer (de classer les objets) mais également d'exprimer des sentiments, des craintes, des états d'âme. Un chat, c'est beau. Une araignée, ça fait peur ! À l'inverse, l'expérience cumulée montre que beaucoup de chats griffent et que peu d'araignées sont dangereuses. Le savoir antérieur ne semble pas conduire à la naissance des sentiments.

Il fallut attendre un certain temps pour que l'homme découvre la logique, dont l'origine est très probablement liée à la nécessité de dénombrer : compter les bêtes d'un troupeau, commercer, partager un territoire, etc. Mais la grande différence entre le calcul qui donna naissance aux mathématiques et le langage courant, c'est qu'il s'agit de domaines où il n'existe aucun sentiment. Que deux plus deux fassent quatre, c'est normal et cela n'éveille aucune réaction particulière. La logique ne fait partie d'aucun rêve, ne provoque aucune émotion. Elle existe, point c'est tout. Elle permet le développement de la science dont les retombées pratiques — la technologie — permettent d'améliorer le confort journalier. Même si l'on est admiratif devant l'étendue des mystères de l'univers, on est parfaitement insensible à la formule qui définit le rayon de l'horizon d'un trou noir.



Bref, dans la vie journalière, on n'aime pas spécialement la thermodynamique, mais on apprécie les glaçons du réfrigérateur.

Avec le temps, il fallut organiser l'expérience vécue afin de la transmettre. Ce fut le rôle des dessins, puis de l'écriture, premiers langages codés. Du coup les connaissances se sont accumulées et il fallut trouver un moyen de les retrouver simplement. Ce fut le rôle des bibliothèques, puis des encyclopédies qui ordonnèrent de façon alphabétique les connaissances d'une époque donnée, de façon à pouvoir retrouver facilement une information particulière.

Aujourd'hui, l'accumulation des connaissances humaines est telle qu'elle constitue ce que l'on appelle le big data, l'ensemble des données stockées dans le fameux Cloud, entité immatérielle assimilée à une sorte de Divinité (tout le savoir cumulé) dont les médiums – les nouveaux prêtres – seraient les ordinateurs ! Ce Cloud ne constitue pourtant que la version moderne d'une immense bibliothèque accessible à tous ! Encore faut-il s'y retrouver et c'est le rôle initial de l'informatique qui, par définition, concerne le traitement automatique des données, et donc d'abord son classement, puis son exploitation. L'outil privilégié, c'est la combinaison de mots-clés, qui reste l'apanage de tous les moteurs de recherche actuels.

STATISTIQUE ET CORRÉLATIONS

De tout temps, ce savoir cumulé, acquis par l'expérience et résultant forcément du passé a permis aux humains d'établir des corrélations entre certains faits, de constater le comportement caractéristique et répétitif de certains groupes d'individus placés dans certaines conditions de vie. S'ensuivit la naissance d'une science uniquement fondée sur les comportements moyens : la statistique. Ici, il faut distinguer deux voies d'approches différentes, bien qu'utilisant les mêmes concepts mathématiques.

1) La statistique des objets physiques macroscopiques qui résulte du comportement individuel des particules ou des ondes qui les composent et qui individuellement suivent les lois déterministes de la physique classique ou indéterministe de la mécanique quantique. Dans ces domaines, les particules identiques suivent aveuglément les mêmes lois et une prévision statistique au niveau macroscopique ne peut que refléter la réalité perçue.

2) L'observation des comportements moyens d'une collection de sujets/objets macroscopiques, sans pour autant qu'aucune équation n'ait été établie pour en assurer la logique mathématique. Cette fois, il s'agit de mesurer les corrélations entre différentes caractéristiques associées à de tels comportements. Ces caractéristiques peuvent être nombreuses et constituer ainsi des espaces de dimensions quelconques. Ainsi, une ville peut être caractérisée par son nombre d'habitants (N_a), son nombre d'hôtels (N_h), sa température moyenne en été (T_m) et son nombre de touristes (T_o), soit encore un ensemble de 4 nombres (N_a , N_b , T_n , T_o) qui la positionne dans un espace à quatre dimensions. En généralisant le théorème de Pythagore qui permet de mesurer la distance entre deux points de l'espace des positions, il est possible d'évaluer les corrélations qui existent entre les différentes caractéristiques qui définissent une ville. Plus ces corrélations seront grandes, plus on pourra en tirer de conséquences objectives. Il est clair que l'on trouvera une forte corrélation entre le nombre d'hôtels et le nombre de touristes et que l'on découvrira statistiquement qu'il y a moins de touristes au Pôle Nord parce qu'il y fait trop froid.

Il est également clair que l'on découvrira une forte corrélation entre les fumeurs et le nombre de cancers du poumon.

Tous ces résultats seront obtenus, sans qu'aucune formule mathématique n'ait été établie pour expliquer de telles corrélations.

Alors, s'agit-il d'une intelligence qui surgirait des expériences vécues, du cumul des données, du big data ?

Pas vraiment. En effet, même si nous observons un plus grand nombre de grenouilles sur les routes après qu'il a plu, cela n'implique pas qu'il pleut des grenouilles !

Méfiance.

L'analyse statistique du big data ne permet que de proposer des corrélations entre différentes caractéristiques situées dans le passé, mais n'est génératrice d'aucune idée nouvelle. Elle n'exprime aucune intelligence, contrairement aux théories physiques issues de l'esprit humain qui permettent de prévoir ou de découvrir de nouvelles données. En d'autres termes, les théories physiques imaginées par l'homme sont génératrices d'idées et de découvertes dans le futur, alors que l'analyse des données cumulées dans le Cloud ne sera jamais rien d'autre qu'un constat statistique des expériences passées.

INTELLIGENCE DES MACHINES ?

Et c'est bien l'imagination que l'on appelle l'intelligence.

Or, l'homme ne vit pas que dans un monde de faits. Il vit aussi dans le monde des idées où la logique règne en maître. Les physiciens exigèrent que les possibilités des machines leur permettent également de progresser dans les calculs numériques, d'où l'invention des langages — Fortran, Basic, Cobol, Pascal... — accompagnant efficacement les avancées spectaculaires des mathématiciens.

Alors, même si les lois physiques régissant les trajectoires des satellites sont bien connues, même si les mathématiciens ont trouvé exactement les solutions des équations différentielles qui les définissent, il faut reconnaître qu'il est humainement impossible de réaliser en temps réel les calculs nécessaires pour maintenir ces satellites en suspension entre gravité et force centrifuge et que seuls, les ordinateurs peuvent le faire.

Admirable !

D'autant plus que cela ne s'arrête pas là et que, du coup, l'informatique automatise également l'action des robots qui construisent nos voitures et de ceux qui peuvent apporter toute aide mécanique afin de soulager ainsi le travail humain.

Respectable !

Mais l'invention des tracteurs qui a révolutionné la vie de tous les paysans en fit également de même. Pourtant, il n'y eut jamais de colloques organisés autour de cette thématique.

Pourquoi cette différence de traitement ?

Se sont parallèlement développés des logiciels qui ne servent strictement à rien dans la gestion mécanique et l'allègement des tâches journalières : les fameux réseaux sociaux ! Ceux-ci ne sont qu'une extension moderne du téléphone. Ils permettent de donner l'illusion de ne pas être seul sur Terre. Ce qui compte, ce n'est pas l'éloignement, c'est de pouvoir parler, interagir, recueillir le point de vue d'un autre, point de vue qui ne sera pas forcément le même, car chaque humain est différent.

Sympathique !

Pourtant, lorsque l'on s'adresse à un nombre invraisemblable de faux amis, en balançant quelques posts, généralement truffés de fautes d'orthographe, et que l'on ne reçoit aucun J'aime, alors que d'autres, plus débiles les uns que les autres, font le tour de la planète en quelques millisecondes, on devient jaloux.

Agaçant !

D'autant plus que les messages reçus reflètent souvent les succès, les voyages, les amours... De ces êtres du Cloud que l'on n'a jamais vus. Une comparaison insoutenable devant les vies banales de chacun.

Déprimant !

En définitive, l'interaction entre l'humain et ce genre de machines provoque des réactions sensibles qui confèrent subtilement, inconsciemment, un caractère anthropomorphique à ces nouveaux interlocuteurs. Vrai, qu'avant tout, on leur parle, on les admire, car ils nous aident, ils nous distraient, ils comblent parfois le vide social. Mais ils nous agacent, ils nous dépriment. On se minimise et on a peur qu'ils finissent par nous dominer. Bref, sans que l'on s'en rende compte, on leur a donné une sorte de vie, on leur a prêté une sorte d'intelligence.

Mais, tout cela est artificiel.

Supposons qu'il soit possible de créer une machine capable de prendre des décisions semblables à celles des humains. Supposons également qu'on se mette à en fabriquer toute une série. En quoi deux de ces machines d'une même série vont-elles différer ? Chacune d'entre elles aura-t-elle sa propre personnalité ?

Devant un même problème, trouveront-elles des solutions différentes ? Y en aura-t-il qui seront plus artistes que d'autres ?

Certaines pourraient-elles aimer et d'autres détester les tableaux de Picasso ?

Tout cela est improbable, car ces machines identiques n'auront aucune individualité. A contrario, il n'existe pas deux humains semblables, car leurs décisions peuvent aléatoirement bifurquer sous l'effet de leurs impressions sensorielles. Essayez donc de faire dire à un ordinateur que Louis XIV est né après Victor Hugo ! Même sous l'effet de la torture, il ne le pourra pas.

Les progrès spectaculaires enregistrés ces dernières décennies ne devraient impressionner quiconque et nous devrions remplacer le mot Intelligence Artificielle (IA) par le terme Automatisation Infaillible (AI).

APPRENTISSAGES HUMAIN ET MACHINE

Quelles notions cela recouvre-t-il ?

Véronique Pelletier
@ADELI_IT, @VPELLETIER

veronique.pelletier@adeli.org

Résumé :

J'essaie de dégager les concepts de l'apprentissage pour un humain. Je donne quelques définitions. Puis, qu'est-ce que l'apprentissage machine ? Est-ce si différent de l'apprentissage humain ?

Mots-clés :

Apprendre, Apprentissage, savoir, connaissance, information, données, data, compréhension, mémorisation, concept, idée, recherche



Les chercheurs conçoivent des logiciels intelligents pour automatiser le travail routinier, difficile, comprendre la parole ou l'image, faire de la traduction automatique, faire de la reconnaissance de visages, faire des diagnostics médicaux. "Il me faudrait trente ans pour vous apprendre tout ce que je sais." nous a dit Tristan Cazenave, lors de la conférence IA et jeu de Go, consécutive à notre AG le 18 janvier 2018.

APPRENTISSAGE HUMAIN

Définitions

Apprendre

La définition du Larousse¹ est la suivante :

apprendre. *Acquérir par l'étude, par la pratique, par l'expérience une connaissance, un savoir-faire, quelque chose d'utile : **Apprendre** l'anglais. Un enfant qui apprend facilement. Être informé de quelque chose qu'on ignorait : Je viens d'**apprendre** sa mort.*

Lorsque l'humain apprend, il étudie.

Les mécanismes d'apprentissage du bébé restent encore méconnus. Comment fait-il pour appréhender le monde dans lequel il naît et apprendre de son environnement à se nourrir, à dormir, à reconnaître la bienveillance de sa mère, à marcher... Il interagit avec le monde extérieur. Cela se passe dans un temps long. Il prend petit à petit conscience de sa propre existence. A-t-il la volonté d'acquérir de nouveaux savoirs, de nouvelles connaissances ?

Si on décomposait le savoir en informations élémentaires, on pourrait considérer qu'il y a un état avant et un état après l'acquisition d'une nouvelle information.

¹ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/apprendre/4746>



Apprentissage

La définition du Larousse² est la suivante :

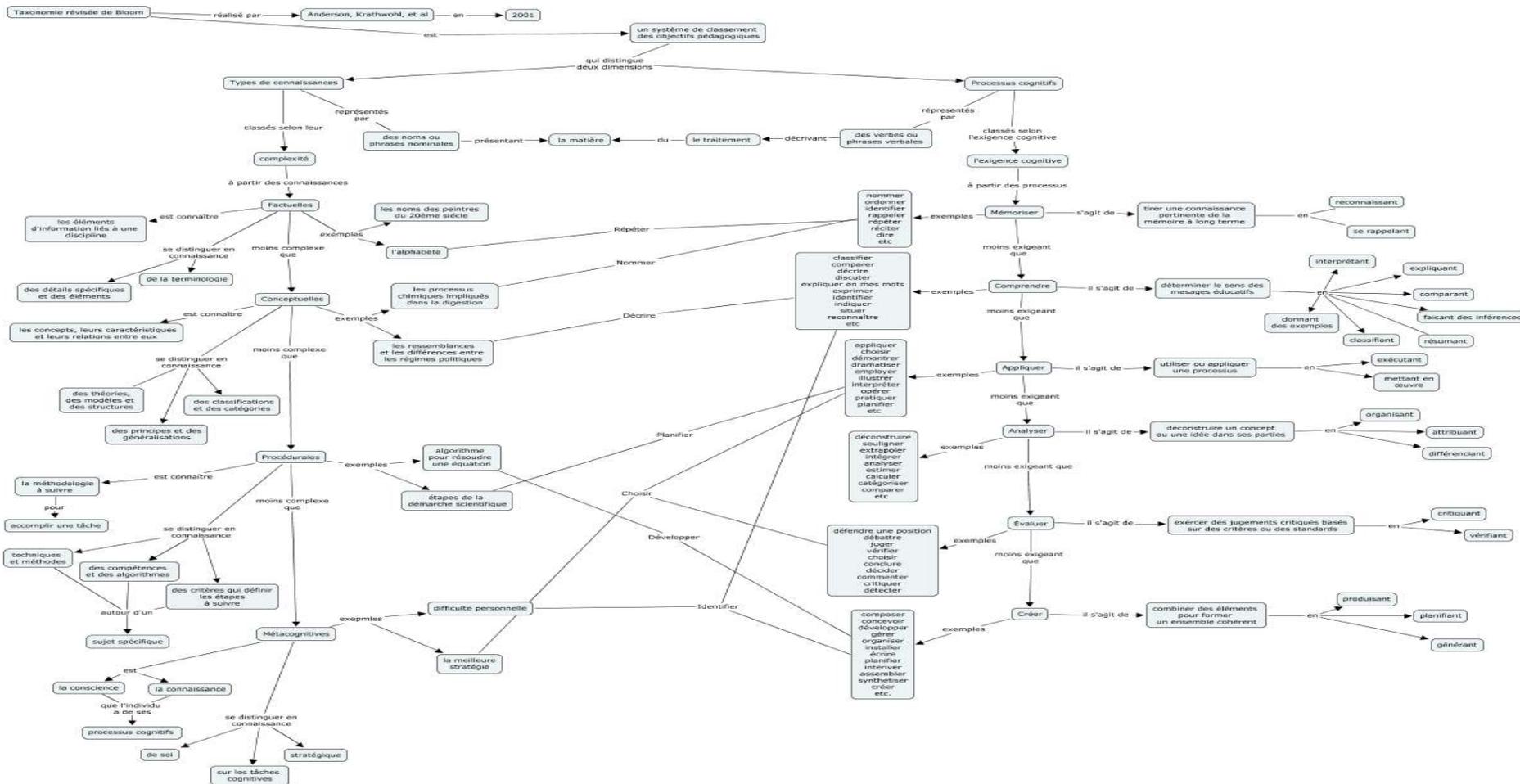
- *Formation professionnelle des jeunes en vue d'apprendre un métier ; temps pendant lequel on est apprenti : Entrer en apprentissage.*
- *Initiation par l'expérience à une activité, à une réalité : Faire l'apprentissage du malheur.*
- *Ensemble des processus de mémorisation mis en œuvre par l'animal ou l'homme pour élaborer ou modifier les schèmes comportementaux spécifiques sous l'influence de son environnement et de son expérience.*

Cette définition nous amène à une réflexion sur le processus de mémorisation. On peut remarquer que l'apprentissage par une machine n'est pas évoqué. De ce fait, pour une machine (automate, robot, ordinateur...), s'agit-il d'apprentissage ou d'autre chose ? de simulation de raisonnement, de capitalisation du savoir par l'expérience, de raisonnement heuristique...

Taxonomie de Krathwohl

Le schéma suivant représente les niveaux et types d'apprentissage / Taxonomie de Blooms-Krathwohl (2001)

² <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/apprentissage/4748>



Pour voir le schéma en taille d'origine, cliquer sur le lien. Vous pourrez alors l'agrandir en cliquant une seconde fois.



Cette carte conceptuelle définit les objectifs pédagogiques au milieu, les types de connaissance sont situés à gauche sur le schéma et, sur la droite, on trouve les processus cognitifs.

Pédagogie

D'après Philippe Clauzard, MCF Université de la Réunion / ESPE 2016, dans la pédagogie centrée sur l'élève¹ :

Ici, on s'intéresse à la manière de s'approprier les savoirs : on ne s'intéresse pas seulement à l'acquisition de contenus, mais aussi aux démarches que mettent en œuvre les apprenants.

Les institutions doivent-elles apprendre ?

Le Dr Laurent Alexandre, dans son dernier livre : « La guerre des intelligences – Intelligence Artificielle versus Intelligence Humaine », chez J.C Lattès, nous dit :

La cause majeure de la perte de pouvoir des institutions traditionnelles réside dans la désynchronisation des temps politiques, humains et informatiques.

Et que :

« Le processus législatif est une machine lourde... Changer de modes de fonctionnement, autrement dit « apprendre » est, pour une institution, un processus très lourd et incertain. »

Ce livre polémique contient de bonnes questions. Il peut amener à réfléchir.

Je parlais d'entreprise (au sens institution, organisation, association...) apprenante dans le livre Lean-6sigma. Les équipes montent en maturité en apprenant les processus.

Recherche

Qu'est-ce que la Recherche² ?

Au sens le plus large du terme, la définition de la recherche inclut toute collecte de données, d'informations et de faits pour l'avancement du savoir.

On peut comprendre qu'une accumulation d'informations, bien rangées en catégories regroupant plusieurs caractéristiques principales, permet d'accumuler du savoir.

Et à partir de ces informations que l'on étudie, on peut tirer des enseignements, faire des déductions, trouver des preuves, prospecter...

Gestion des modifications

Mon expérience d'informaticienne, programmeur, au début de ma carrière, m'a amenée à réfléchir à ce qu'était une modification dans un programme informatique. Par exemple, on partait d'une version v1.2, pour livrer une version v1.3 modifiée. Cette modification comprenait un ensemble d'éléments de configuration, comme la documentation de la modification, la base de données modifiée éventuellement, le procédé de compilation éventuellement, le code source, le code objet, le bon de livraison précisant toutes les informations nécessaires sur l'environnement de test effectué, l'auteur de la modification, l'application à laquelle, elle se rapportait...

¹ Cf. Les pédagogies dites socio – constructivistes, liées au modèle (auto-socio) constructiviste/cognitivist

² <https://explorable.com/fr/definition-de-la-recherche>

Si vous comprenez ce que j'essaie d'expliquer, cela m'a amenée à me demander ce qu'était l'apprentissage. En pratiquant la gestion de configuration³, on augmentait notre connaissance sur ce que l'on pratiquait afin de le maîtriser.

On part d'une base de départ, un événement survient (ici une modification dans un programme), un processus de transformation intervient, subissant des contraintes, on transforme une entrée en sortie. Cela ne vous fait-il pas aussi penser aux mathématiques, à une fonction informatique ? Chacun, avec sa culture, prendra des exemples qui l'aideront à mieux comprendre...

Idée

Qu'est-ce qu'une idée ?

Le dictionnaire Larousse donne la définition suivante :

idée. *Représentation abstraite, élaborée par la pensée, d'un être, d'un rapport, d'un objet, etc ; concept, notion : L'idée du beau. Les rapports du mot et de l'idée qu'il représente. Tout contenu de pensée, toute élaboration de l'esprit : Mettre de l'ordre dans ses idées.*

On voit apparaître la notion de concept.

Avoir une idée, pour moi, c'est penser en enlevant tout ce qui habituel, en changeant de perspective, en étant curieux...

Concept

Qu'est-ce qu'un concept ?

Un **concept est** un contenu de pensée, qui, lorsqu'il **est** lié à d'autres contenus de pensée, peut former une proposition. Un **concept est** un signifié qui peut être exprimé au moyen d'un signifiant (un mot ou un énoncé), et il a un caractère abstrait, par exemple le contenu de « homme » ou « blanc » (exemples d'Aristote).

Le concept est une notion philosophique.

Pensée

D'après Wikipédia, au sens large, la pensée est une vie psychique, consciente dans son ensemble, qui recouvre les processus par lesquels sont élaborés, en réponse aux perceptions venues des sens, des images, des sensations, des concepts que l'être humain associe pour apprendre, créer et agir.

Compréhension

La notion d'apprentissage est liée à celle de compréhension.

Comprendre permet d'avoir les idées claires, de raisonner.

La nécessité de communiquer, pour se comprendre, par un moyen qu'est la langue me semble évidente. D'autres moyens de communication existent (le langage des signes, l'expression sur un visage, la posture, la télépathie, le dessin, les concepts, les idées...).

La compréhension permet de mieux retenir une information, apprendre une information, un savoir.

³ ADELI a travaillé sur ce sujet en 2001 : voir les articles sur la gestion configuration de La Lettre N° 44 - <http://www.adeli.org/document/182-l44p13pdf> et celui de La Lettre N°45 - <https://www.adeli.org/document/387-l45p07pdf>



La notion d'émotion est aussi importante pour apprendre. Si nous avons éprouvé une émotion, nous retiendrons mieux un savoir.

Mémorisation

Peut-on dire que l'on a appris quelque chose si l'on ne s'en souvient pas, si on n'est pas capable de réciter, refaire, reproduire ou de réagir ?

Il semble que l'apprentissage soit lié à la mémorisation. C'est mon intuition.

APPRENTISSAGE MACHINE

L'apprentissage machine (machine learning en anglais) est appelé apprentissage automatique⁴ ou apprentissage statistique.

La nécessité de comprendre l'intelligence artificielle se fait pressante. Mais, quelle difficulté ! Il faut être « fort en mathématiques »... Les statistiques sont une branche des mathématiques, les probabilités aussi. Les extraits suivants sont extraits du livre de Massih-Reza AMINI, ci-après en référence.

« L'apprentissage machine est l'un des modèles phares de l'intelligence artificielle. Il concerne l'étude et le développement de modèles quantitatifs permettant à un ordinateur d'accomplir des tâches sans qu'il soit explicitement programmé pour les faire. »

« Les algorithmes ont été conçus dans le but d'acquérir de la connaissance sur le problème à traiter en se basant sur un ensemble de données limitées issues de ce problème. »

La théorie de l'apprentissage machine selon Vapnik (1999) permet de définir un cadre pour décrire les algorithmes d'apprentissage. La notion de consistance garantit l'apprenabilité d'une fonction de prédiction. Le principe de la minimisation du risque empirique. « **L'apprentissage est un compromis entre une erreur empirique faible et une capacité de la classe de fonctions forte** ».

Un modèle d'apprentissage construit une fonction de prédiction à partir d'un ensemble fini d'exemples.

En logique, ce raisonnement ou procédé de recherche d'une règle générale à partir d'un ensemble d'observations finies est appelé induction.

Lorsque l'on parle d'apprentissage, les algorithmes d'optimisation sans contrainte sont utilisés. L'algorithme de la descente de gradient est la méthode d'optimisation sans contrainte la plus simple. Il faut choisir le pas d'apprentissage.

Des algorithmes de classification bi-classes, dont le but est d'assigner des étiquettes de classes suivant deux catégories prédéfinies aux exemples représentés dans un espace vectoriel donné ont été précurseurs. On l'appelle apprentissage supervisé. Il existe un apprentissage semi-supervisé. « Si deux exemples sont proches dans une région à haute densité, alors leurs étiquettes de classes devraient être similaires ».

La plupart des applications réelles sont des problèmes multi-classes à large échelle dont le nombre de classes à traiter est très grand. C'est l'exemple de la classification documentaire.

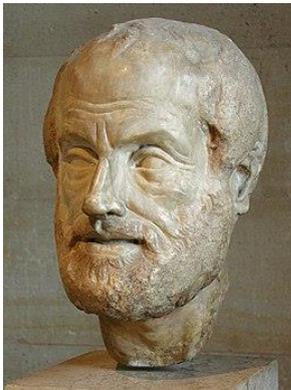
L'apprentissage non supervisé consiste à employer simultanément une petite quantité de données étiquetées et une grande quantité de données non étiquetées.

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique

De nouveaux cadres d'apprentissage automatique existent, il s'agit du paradigme de l'apprentissage de fonctions d'ordonnement (*learning to rank*, en anglais). C'est l'exemple des moteurs de recherche ou de la recherche d'information. Les scores relatifs entre les éléments permettent de les trier. On évoque aussi la pertinence de la réponse proposée.

CONCLUSION

Qu'on se le dise, l'Intelligence Artificielle est une discipline complexe à appréhender. Elle demande de fortes compétences en mathématiques, informatique, algorithmique, programmation, logique, statistiques, probabilités, philosophie... C'est certainement difficile de trouver un mouton à six pattes... Les humains sont souvent formés et spécialisés dans un ou deux domaines, voire trois, rarement plus. C'est pourquoi c'est si difficile de se comprendre lorsque l'on parle de ces sujets. Nous devons nous former en profondeur pour essayer d'être capable de juger, d'évaluer...



De plus, je n'ai pas évoqué la conception de circuits intégrés, de super cartes graphiques, de processeurs en silicium, ou autre, la recherche sur les ordinateurs quantiques... Ce sont encore de nouveaux métiers... complètement liés à la physique.

La philosophie, selon Aristote⁵, est à la fois recherche du savoir pour lui-même, interrogation sur le monde et science des sciences. La science pratique tournée vers l'action (praxis) est le domaine de la politique et de l'éthique.

C'est bien de philosophie et d'éthique dont il faut parler pour faire avancer ces sujets !

RÉFÉRENCES

Exemple de programme en python : <https://medium.com/applied-data-science/how-to-build-your-own-alphazero-ai-using-python-and-keras-7f664945c188>

Pédagogie Freinet : <https://www.icem-pedagogie-freinet.org/node/3593>

EduTech :

http://edutechwiki.unige.ch/fr/Niveaux_et_types_d%E2%80%99apprentissage

<http://www.appac.qc.ca/Pedagogie/pedagogieactive2.php>

http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/images/thumb/b/b2/Taxonomie_revis%C3%A9e3.cmap.svg/710px-Taxonomie_revis%C3%A9e3.cmap.svg.png

<http://www.formationen.philippeclazard.com/UE15-2016-cours6.pdf>

<https://www.college-de-france.fr/site/stephane-mallat/inaugural-lecture-2018-01-11-18h00.htm>

Livre aux éditions Eyrolles : Apprentissage machine, de la théorie à la pratique, Concepts fondamentaux en Machine Learning de Massih-Reza AMINI, Préface de Francis Bach

Livre Deep Learning de Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville et le site associé : www.deeplearningbook.org

⁵ D'après Wikipedia



RÉSEAUX SOCIAUX ET IA

Les algorithmes en œuvre

Martine Otter
Martine.otter@adeli.org

Résumé :

Cet article présente l'usage que font les principaux réseaux sociaux des algorithmes d'intelligence artificielle.

Mots-clés :

Facebook, LinkedIn, Twitter, IA



La Lettre d'ADELI n° 110 présentait un panorama des principaux réseaux sociaux, du point de vue de l'utilisateur. Nous nous intéresserons dans cet article au fonctionnement des réseaux sociaux et plus particulièrement aux algorithmes qu'ils utilisent et à l'usage qu'ils font de l'intelligence artificielle.

L'IA CHOISIT LES CONTENUS PRÉSENTÉS

Les réseaux sociaux mettent en relation des millions d'utilisateurs auxquels ils permettent d'échanger messages et contenus multimédias avec leurs amis et contacts professionnels. Mais cette mise en relation va bien au-delà d'un simple service postal tel que celui de La Poste. Le réseau social, qu'il s'agisse de Facebook, twitter ou LinkedIn pour ne prendre que quelques exemples, s'insère dans notre intimité en nous proposant de nouveaux contacts et en choisissant pour nous les contenus qu'il nous présente en priorité.

Diffusion des posts sur Facebook

Ne croyez pas que tous vos posts sont diffusés à tous vos amis. Il y en aurait beaucoup trop. Moins de 10% seraient en fait diffusés.

Ce sont des algorithmes qui trient les informations afin de ne présenter que les publications jugées les plus pertinentes à l'utilisateur¹ suivant un ordre censé refléter ses préférences :

« L'algorithme a besoin de quelques critères objectifs pour pouvoir vous présenter le contenu le plus pertinent pour vous, par exemple la personne qui a publié un contenu est un critère objectif. Est-ce que c'est une personne avec laquelle vous avez des relations régulières ou pas du tout ? Après il y a aussi le type de contenu publié : du texte ou une photo ? Si c'est une photo, c'est peut-être plus susceptible de vous intéresser que du texte ».

L'algorithme de Facebook a évolué au cours du temps depuis sa création en 2010.

¹ <https://www.franceinter.fr/emissions/le-zoom-de-la-redaction/le-zoom-de-la-redaction-19-juillet-2017>

Ce comportement incitatif de Facebook a fait l'objet de multiples critiques. Ne voir que ce que vos amis aiment produit un effet d'enfermement. Certes cet effet n'est pas nouveau, personne ne vous obligeait par le passé à lire les journaux de toute tendance ou les tracts de tous les candidats à une élection. Les médias traditionnels présentaient toutefois généralement des avis moins tranchés, ne pouvant passer leur publication par un filtre individuel correspondant à vos goûts personnels².

Un récent revirement de Facebook sur l'alimentation du fil d'actualité vient de s'opérer début 2018³. Cette mise à jour a fait la une comme une véritable révolution, mais cela fonctionne toujours via un algorithme non paramétrable...⁴



Facebook annonce vouloir revenir à son usage premier, celui de la communication entre amis. L'objectif n'est plus de sélectionner des contenus susceptibles d'intéresser le socionaute mais de l'aider à interagir en priorité avec ses amis et sa famille, « au détriment des marques et des médias »⁵. Les causes de ce revirement seraient moins désintéressées qu'il n'apparaît à première vue : lorsqu'ils utilisent Facebook comme une plateforme d'information les socionauts ne fournissent plus de détails sur leur vie privée,

²<http://www.sudouest.fr/2017/09/25/reseaux-sociaux-comment-l-algorithme-de-facebook-nourrit-votre-fil-d-actualite-3809100-7498.php>

³http://www.frandroid.com/culture-tech/web/482541_mark-zuckerberg-reforme-facebook-le-social-doit-reprendre-sa-place

⁴ <https://www.webmarketing-conseil.fr/algorithme-facebook/>

⁵ <https://www.blogdumoderateur.com/facebook-privilegier-amis/>

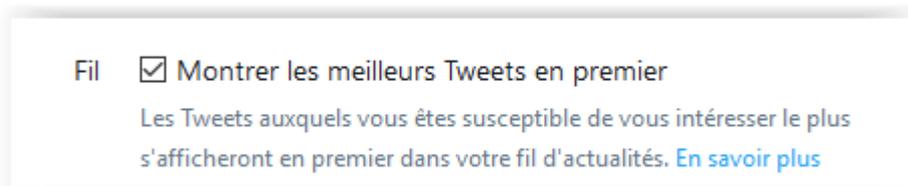
ces petits détails qui conditionnent justement l'affichage de publicités bien ciblées. Il s'agit donc de les ramener dans le droit chemin, celui qui favorise la vente de leurs données aux annonceurs⁶.

Le fil Twitter

Twitter a plus tardivement, en 2016, adopté un comportement semblable à celui de Facebook, suscitant le mécontentement de beaucoup de ses utilisateurs qui l'ont exprimé via le hashtag #RIPTwitter.

Twitter l'indique clairement sur sa page d'aide :

« Les Tweets que vous êtes susceptible d'apprécier le plus figurent en premier dans votre fil. Nous les choisissons notamment sur la base des comptes avec lesquels vous interagissez le plus et des Tweets qui suscitent votre engagement. » Il est toutefois possible de désactiver cette option.



Votre fil peut également afficher du contenu tel que des Tweets sponsorisés ou des Retweets. Les publicités présentées sont ciblées en fonction des centres d'intérêt du socionaute.⁷

Les tweets n'apparaissent plus par ordre antichronologique dans le fil mais d'abord par ordre d'intérêt potentiel décroissant.

Contrairement à Facebook qui revient à ses origines de « réseau social » de proximité, Twitter s'orienterait plutôt aujourd'hui vers un « service d'information personnalisé et en temps réel ». C'est d'ailleurs ainsi que je l'utilise personnellement et pas du tout pour communiquer avec ma famille, mes amis ou même mes contacts, comme je l'ai expliqué dans l'article sur Twitter paru dans la Lettre d'ADELI n° 110.

Mais, comme pour Facebook, le risque d'enfermement de l'utilisateur dans ce qu'il est convenu d'appeler une « bulle de filtre » est important.

Si le recours à une IA se justifie pour un réseau social, compte tenu du volume de données manipulées, il serait souhaitable qu'une plus grande transparence soit de mise sur les algorithmes utilisés. La mise en application du RGPD en mai 2018 amène d'ailleurs les réseaux sociaux à prendre les devants : Facebook vient pour la première fois, en janvier 2018, de dévoiler les principes de confidentialité qu'il met en œuvre⁸⁹.



⁶ <http://mashable.france24.com/medias-sociaux/20180128-algorithme-facebook-fil-actualite-reseau-social/>

⁷ <http://www.slate.fr/story/139688/twitter-algorithme-facebook>

⁸ http://www.lepoint.fr/societe/facebook-se-prepare-a-la-nouvelle-loi-europeenne-sur-la-vie-privee-29-01-2018-2190355_23.php

⁹ <https://www.theguardian.com/technology/2018/jan/29/facebook-reveals-privacy-principles-for-first-time-helps-users-control-access>

L'IA VOUS SUGGÈRE DE NOUVEAUX CONTACTS

Les suggestions d'amis Facebook

Suite à un déménagement un internaute indiquait que tous les voisins de sa nouvelle résidence étaient apparus dans les suggestions d'amis. D'autres se sont vus proposer des contacts qu'ils connaissaient à peine, voire pas du tout.

La section « vous connaissez peut-être » vous propose de nouveaux contacts pour peu qu'ils soient présents dans le carnet d'adresse de votre téléphone, ou, à l'inverse que vous-même soyez présent dans leur carnet d'adresse¹⁰.

« Les amis de mes amis sont peut-être vos amis », mais aussi « ceux qui se renseignent sur vous », « ceux sur lesquels vous vous renseignez », « ceux qui partagent une géolocalisation ou une connexion wifi avec vous ». L'algorithme n'est pas transparent et on ne peut qu'émettre des hypothèses sur son fonctionnement.

Twitter

Twitter propose de même des suggestions de personnes à suivre, « personnalisées pour vous ».

Les comptes proposés en premier sont ceux qui sont partagés par le plus de vos « amis » et sont triés par nombre décroissant de « followers ».

Twitter indique les principaux critères utilisés sur sa page d'assistance¹¹ :

- suggestions à partir des contacts que vous avez importés dans twitter, pour peu qu'ils disposent déjà d'un compte Twitter ;
- suggestions à partir des contacts d'autres utilisateurs dans lesquels votre adresse mail ou votre numéro de téléphone apparaissent ;
- suggestions en fonction de votre localisation, par exemple de la ville ou du pays où vous vous trouvez ;
- suggestions en fonction de votre activité sur Twitter, notamment de vos Tweets, de vos abonnements et des comptes et des Tweets que vous consultez ou avec lesquels vous interagissez ;
- suggestions personnalisées en fonction de vos visites de sites Web tiers qui intègrent du contenu Twitter ;
- suggestions de comptes sponsorisés.

Certains types de suggestion peuvent être désactivés dans les paramètres, encore faut-il aller lire la rubrique d'aide !

LinkedIn

De façon non surprenante pour un réseau professionnel, la fonctionnalité de suggestions de contact de LinkedIn, sous le titre de « Les connaissez-vous ? » émet des propositions en relation avec le parcours professionnel ou le parcours de formation et utilise les contacts de messagerie lorsque l'utilisateur le permet.

¹⁰ <https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-sur-les-reseaux/20160602.RUE3047/enquete-sur-l-algo-le-plus-flippant-de-facebook.html>

¹¹ <https://help.twitter.com/fr/using-twitter/account-suggestions>



La page d'accueil LinkedIn est devenue particulièrement confuse depuis qu'elle fonctionne comme un fil d'actualité, intégrant à la fois les « posts » de vos contacts (les abonnés) et des posts de comptes appartenant à des personnes physiques ou non, auxquelles aucune réciprocité n'est demandée.

Les propositions de suivi pour l'alimentation de ce fil d'actualité sont quelquefois assez originales :



VOS AMIS SONT-ILS DES ROBOTS ?

Les bots

Il convient d'abord de ne pas confondre bots et chatbots.

Le chatbot est un outil conversationnel que l'on trouve sur certains sites commerciaux pour faciliter le dialogue avec les clients ainsi que sur certains réseaux sociaux de messagerie tels que Messenger. Ils peuvent n'intégrer aucune IA et fonctionner comme de simples logiciels de questions-réponses, tels une FAQ un peu évoluée.



La notion de bot est plus générale et intègre toutes sortes d'agents logiciels prenant en charge des tâches nécessitant plus ou moins d'intelligence.

48 millions de comptes Twitter, sur environ 300 millions, seraient des « bots », c'est-à-dire des automates, selon une récente étude américaine¹².

Il y a les bons bots informatifs tel @ThomasClone qui relaie des tweets sur les sujets favoris de son créateur, dont l'IA.

Vous pouvez d'ailleurs en construire facilement pour peu que vous ayez quelques notions de programmation en Python.

Il y a des bots rigolos qui ne cachent pas qu'ils sont des bots, tels @BEOTIEN qui signalait les fautes d'orthographe et s'est visiblement endormi depuis 2014.

¹² <http://www.slate.fr/story/140057/twitter-paradis-des-bots>



Et il y a aussi, des bots manipulateurs, les plus dangereux du fait qu'ils ne s'annoncent pas comme tel et véhiculent ce qu'il est maintenant convenu d'appeler des « fake news ». Leur influence sur l'opinion publique a été spécialement dénoncée à l'occasion des dernières élections américaines¹³, où des bots russes auraient inondé les réseaux sociaux de plusieurs pays dont le Brésil, le Canada, la Chine, l'Allemagne, la Pologne, Taïwan, la Russie, l'Ukraine et les États-Unis¹⁴.

QU'EN CONCLURE ?

Je me garderais bien d'apporter une conclusion à cet article.

Les réseaux sociaux utilisent l'intelligence artificielle qui leur permet de traiter plus efficacement les masses de données considérables qu'ils ont à manipuler. Ils formulent des suggestions supposées aider leurs utilisateurs dans les choix de contenus ou de contacts à suivre. Cela peut nous faire gagner du temps dans nos recherches d'information ou nous exposer à des publicités non sollicitées.

Les entreprises et les États utilisent les réseaux sociaux pour influencer nos comportements économiques et politiques.

Plutôt que d'interdire l'usage des smartphones dans les cours d'école, l'éducation à l'usage des réseaux sociaux est plus que jamais nécessaire, pour les utilisateurs de tout âge.

¹³ https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/nouveau-monde/nouveau-monde-les-reseaux-sociaux-sous-influence-des-bots-la-geopolitique-du-tweet_2228299.html

¹⁴ http://www.liberation.fr/direct/element/la-propagande-des-bots-russes-manipule-l-opinion-mondiale-selon-une-etude_66355/

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET JEU DE GO

Histoire(s) et enjeux de l'informagologie¹

Clément BENI

clement.beni@gmail.com

Résumé :

Le jeu de Go est à la fois l'un des plus vieux, l'un des plus simples, l'un des plus complexes et le dernier des jeux combinatoires à avoir « résisté à l'ordinateur ». Aujourd'hui, symbole des progrès du domaine, il est aussi un de ceux que l'intelligence artificielle (I.A.) a d'ores et déjà transformés.

Mots-clés :

Intelligence artificielle, jeu de Go



Cet article est un complément à la conférence du 18 janvier 2018².

LE JEU DE GO

L'un des jeux les plus vieux

« *Le monde est un jeu de Go dont les règles ont été inutilement compliquées* » (proverbe)

Pour les origines du jeu de Go, je vous renvoie vers un « bon article » : celui de Wikipédia³. Si l'on peut parfois lire que ce jeu est vieux de quatre millénaires, ce n'est pas avéré par les sources archéologiques, pour autant que j'en sache⁴ – sans être, pour autant, nécessairement faux.

En revanche ce qui est certain c'est qu'il est bien plus ancien que l'ère commune, ce que l'on sait car il est cité par certains textes, dont ceux de Confucius et que l'on a trouvé des traces dans certaines tombes.

Et ce qui semble également acquis et que le matériel utilisé existait par ailleurs : le plateau était très probablement un calendrier ou avait des utilisations mystiques.

L'un des jeux les plus simples

« *Alors que les règles baroques du jeu d'échecs n'ont pu être inventées que par les humains, les règles du Go sont si élégantes, si organiques, et si rigoureusement logiques que s'il existe des formes de vies intelligentes ailleurs dans l'univers, elles jouent très certainement au Go.* » (E. Lasker⁵)

¹ Référence à « Petite histoire de l'informagologie » (RFG n°138)

<http://rfg.jeudego.org/index.php/archives/liste-des-numeros/item/264-rfg-138>

² Conférence « I.A. et jeu de Go », lors de l'A.G. d'ADELI, par Tristan Cazenave et Clément Béni

<http://www.adeli.org/contenu/ia-et-jeu-go-video-conference>

³ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Go_\(jeu\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Go_(jeu))

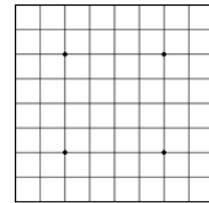
⁴ <https://www.domus-caesaris.com/jeux> (vidéo #10)

⁵ Emmanuel Lasker ou son cousin Edward Lasker, en fonction des sources.



Le Go est l'un des jeux les plus simples qui soient, du point de vue des règles. Il se pratique sur une grille, appelée « goban ».

Sur cette grille, qui est vide au début de la partie, les joueurs vont chacun leur tour poser une « pierre » de leur couleur (noir, blanc) sur l'une des intersections vides, passer leur tour ... ou abandonner.



Goban 9x9

Et dans le cas où les deux joueurs passent consécutivement leur tour, la partie s'arrête. On détermine alors le vainqueur, par décompte des points.

Tant qu'une pierre est reliée à (au moins) une intersection vide, elle peut rester sur le goban.

Dans le cas contraire elle est dite « capturée » et est retirée du jeu.

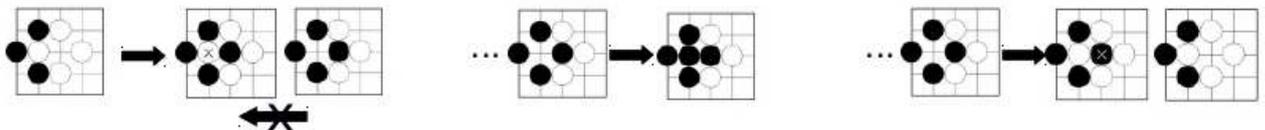
Sur la figure de gauche, la pierre blanche est reliée à 3 pierres noires et à une intersection vide. Si c'est à noir de jouer, il peut priver la pierre de cette intersection vide : la pierre est capturée.



Dans le cas où plusieurs pierres d'une même couleur sont reliées, elles forment ce que l'on appelle une « chaîne ». C'est désormais cette chaîne qui sera capturée ou pourra rester en jeu.

Un premier jeu, très utilisé en initiation, est l'**atari-go** : il consiste à être le premier à capturer à l'adversaire un certain nombre de pierres (1, 3, 5, ...). Dans le cas où l'on dispute une « vraie » partie de Go, il n'y a pas de limite : la partie prendra fin lorsque les deux joueurs passeront leur tour ou que l'un d'eux abandonne.

Dans ce cas, il convient d'ajouter la **règle du kô** : **il est interdit de jouer un coup qui reproduise une position ayant déjà eu lieu**. Sinon, le jeu pourrait « boucler » à l'infini.



Par exemple, dans la position de gauche, si noir joue il capture la pierre blanche. Si l'on permettait à blanc, à son tour, de recapturer noir, on reviendrait sur la situation précédente et la séquence pourrait se répéter ... indéfiniment. On oblige alors blanc à jouer au moins un coup ailleurs : noir peut alors connecter sa pierre. Mais, si blanc trouve un coup qui incite noir à répondre, il pourra capturer la pierre noire.

En effet, deux coups ont été joués, la position est donc différente. Maintenant, c'est noir qui ne peut pas reprendre au coup suivant, etc. Bien évidemment, sur un plateau aussi petit ce n'est pas très parlant, mais ce type de situation donne des « combats de kô » dont l'enjeu est parfois l'issue-même de la partie. Concernant les règles, je n'en dirais pas plus : je vous renvoie à ma présentation du jeu⁶ et au site jeudego.org, par lequel j'ai personnellement appris à jouer – et à vous rendre dans l'un des clubs⁷, ce qui reste encore la meilleure manière de s'initier.

6 <http://clementbeni.fr/blog/2017/01/06/jeu-de-go-1-presentation-du-jeu/>

7 <http://ffg.jeudego.org/php/listeClubs.php> et <http://ffg.jeudego.org/php/selectDepartement.php>



Par contre, je vais poursuivre « l'expérience pédagogique » entreprise lors de la conférence, où j'ai tenté de présenter le Go par comparaison avec d'autres jeux, notamment le jeu de Hex⁸ :

- **On remplit / construit sur un plateau vide** : à ma connaissance, peu de jeux partagent cette caractéristique – le Go, le Hex et dans une certaine mesure l'Othello.
- **Le but est de dépasser l'adversaire et non de l'écraser**. Même si l'on peut avoir au Go des parties bien plus brutales et « sanglantes » que dans d'autres jeux, l'objectif n'est pas de supprimer l'adversaire (*dames françaises*) ou de décapiter l'armée adverse (*échecs, shogi, xian qi, ...*), mais bien de faire mieux que lui.

La réciproque est vraie : au Go, chercher à totalement supprimer l'adversaire est probablement la plus mauvaise stratégie qui soit (*j'ai quelques connaissances empiriques sur le sujet ...*).

Et puis il y a au Go, comme dans beaucoup de jeux en Asie, la volonté d'équilibrer les forces. C'est notamment le cas avec la notion de « handicap »⁹ pour équilibrer la partie entre des joueurs de niveaux différents ou avec les « *joseki* » : des séquences standards (*~ design patterns*) et qui ont ce statut car elles sont considérées comme équilibrées.

Enfin, **il suffit de quelques secondes d'explications pour commencer à jouer**.

L'un des jeux les plus complexes

« Combien y a-t-il de positions légales que l'on peut construire sur un plateau 19x19 ?

208 168 199 381 979 984 699 478 633 344 862 770 286 522 453 884 530 548 425 639
456 820 927 419 612 738 015 378 525 648 451 698 519 643 907 259 916 015 628 128
546 089 888 314 427 129 715 319 317 557 736 620 397 247 064 840 935 positions. »
(John Tromp)

Si le Go est *simple* à apprendre – au moins par les enfants – on ne peut pas en dire autant de sa « complexité », au sens combinatoire du terme : le nombre de positions possibles est astronomique. Littéralement.

En effet, on estime à 10^{80} le nombre de particules élémentaires dans l'univers visible. Aux échecs, il y a environ 10^{120} parties jouables. Au Go, il y a de l'ordre de 10^{170} positions possibles et 10^{800} parties jouables. Tous ces nombres dépassent bien évidemment l'entendement et je ne les cite que pour illustrer le fait qu'on ne peut pas y aller bêtement, en testant toutes les combinaisons, comme au morpion (voir les conférences sur AlphaGo¹⁰ et les vidéos en références de mon billet¹¹).

Dans les faits, on peut être plus précis que cela : c'est ce qu'a fait John Tromp en calculant précisément le nombre de positions légales au Go¹² (*voir ci-dessus*).

Et pour ce qui est de la complexité « calculatoire », je vous renvoie à la conférence « Math Park »¹³ d'Olivier Teytaud où il explique qu'en fonction de la formulation des règles, la complexité varie ... énormément !

8 <http://animations.jeudego.org/2017/08/02/hex-et-go-ex-aequo-en-principes-oui/>

9 http://jeudego.org/php/jeu_a_handicap.php

10 <http://animations.jeudego.org/conferences-alphago/>

11 <http://rfq.jeudego.org/index.php/item/278-regard-sur-le-match-alphago-fan-hui-3-5-alphago-et-le-computer-go>

12 <http://tromp.github.io/go/legal.html>

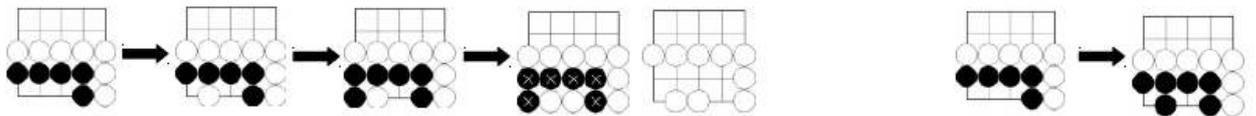
13 <http://www.ihp.fr/fr/seminaire/mathpark-video>

Le dernier des jeux combinatoires à avoir « résisté » à l'ordinateur

« Le jeu de Go sur ordinateur ? – en plus de programmer un ordinateur pour jouer une partie raisonnable, et pas seulement une partie conforme aux règles – il est nécessaire de formaliser les principes d'une bonne stratégie, ou de concevoir un programme capable d'apprendre. Les principes sont plus qualitatifs et mystérieux qu'aux échecs et dépendent plus du jugement. Je pense qu'il sera plus difficile de programmer un ordinateur pour jouer une partie raisonnable au Go qu'aux échecs. » (Irvin John Good)

Dès 1965, le diagnostic était déjà posé ; de même que la solution : le « machine learning ». On pourrait également remonter à Alan Turing : je vous renvoie pour cela aux vidéos de Science4all¹⁴, à mon billet sur le compUter-go¹⁵ et la conférence donnée chez Mozilla¹⁶. Je vais d'ailleurs reprendre les exemples donnés pendant cette conférence pour tenter de vous faire « sentir » ce qui a posé problème au développement des IA.

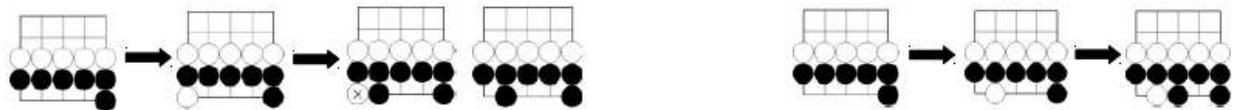
Il existe des groupes comparables au *chat de Schrödinger* : ni mort, ni vivant (à l'instant T) :



Cela demande de bien regarder la position pour s'en convaincre, ce qui permet déjà d'imaginer la difficulté qu'il y a à implémenter ce type de règle dans un logiciel.

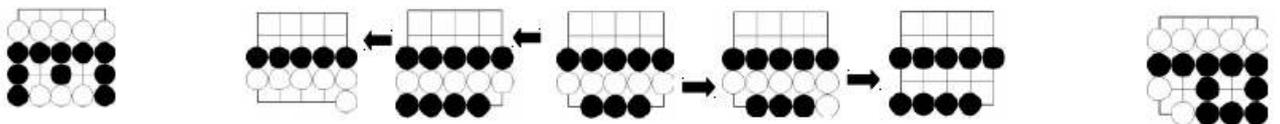
Et si vous « voyez » de quoi je veux parler ... vous comprendrez qu'il n'est pas simple de faire « voir » quelque chose à un programme. Chez nous, l'œil et le cerveau font le boulot !

Autre exemple avec, ce coup-ci, un groupe de pierres qui est « non-capturable » ... pour peu que noir réponde au coup de blanc :



En effet, nous avons vu précédemment ce qu'était un *kô* : si blanc joue ici une « menace de *kô* » et que noir n'y répond pas – pour connecter son *kô* – alors blanc pourra capturer les pierres noires. Le *kô* étant, d'ailleurs, l'une des configurations qui a souvent posé problèmes aux logiciels.

Enfin, pour terminer ce bestiaire¹⁷, voici des exemples de positions où aucun des joueurs n'a intérêt à jouer (sauf à vouloir sacrifier ses pierres). On parlera de « vie mutuelle » ou « *seki* ».



Toutes les situations présentées ici ne sont là qu'à titre d'illustration : il n'est pas besoin de les avoir comprises pour commencer à jouer. Bien au contraire !

14 <https://www.youtube.com/playlist?list=PLtzmb84AogRTI0m1b82gVLcGU38miqdrC>

15 <http://rfq.jeudego.org/index.php/item/278-regard-sur-le-match-alphago-fan-hui-3-5-alphago-et-le-computer-go>

16 <https://air.mozilla.org/jeu-de-go-progres-de-lintelligence-artificielle-et-perspectives-sociales/>

17 <http://denisfeldmann.fr/bestiaire.htm> pour plus d'exemples.

LES IMPACTS D'ALPHAGO

« On est très impressionné par le fait que Lee Sedol a été battu par AlphaGo, mais le jeu de Go n'est absolument pas l'apex de l'intelligence humaine. [...] Penser une seule seconde que l'intelligence humaine se mesure au jeu de Go c'est se fourvoyer complètement et l'IA nous ramène à cette réalité » (Idriss Aberkane)¹⁸

Lors de la conférence chez Mozilla, j'avais repris les arguments sur les conséquences sociétales de l'IA présentés dans l'émission Bibliothèque Médecis¹⁹. Au départ, je voyais cela comme une simple *ouverture*, mais dès la conférence suivante au « carrefour numérique » de la cité des sciences²⁰ c'était déjà devenu la question centrale. En effet, cette dernière avait lieu quelques heures après la 3^e victoire d'AlphaGo. L'IA avait gagné.

Les aspects sociétaux de l'IA sont aujourd'hui devenus un élément clé du débat public – comme avec le rapport de la CNIL²¹ ou le premier forum parlementaire sur l'intelligence artificielle²². Aussi, je ne m'attarderai pas dessus et vais seulement présenter deux conséquences propres au Go :

- **Le Go est un symbole des progrès du domaine de l'IA** : aujourd'hui on ne parle plus de Kasparov-DeepBlue, mais bien de Lee Sedol-AlphaGo. Et pour cause : le Go est le jeu le plus « complexe » de sa catégorie (les jeux combinatoires²³) et c'est un très bon sujet pour comprendre la problématique des IA. D'où l'intérêt de l'intervention de Tristan Cazenave.
- **Le Go est un domaine que l'IA a d'ores et déjà transformé** : loin d'avoir rendu le Go inintéressant, AlphaGo l'a redynamisé. En effet, on parle d'un « style AlphaGo » et les joueurs professionnels tentent aujourd'hui dans leurs parties des coups joués par AlphaGo.

Pour son apport au Go, AlphaGo a été comparé à certains grands maîtres – les « saints du Go » – qui ont en leur temps joué et renouvelé le jeu en explorant de nouveaux coups : c'est bien le cas.

18 <https://www.youtube.com/watch?v=NrQ0dSusGrQ>

19 <https://www.publicsenat.fr/emission/bibliotheque-medecis/intelligence-artificielle-10856>

20 <https://www.math-info-paris.cnrs.fr/bibli/12032016-conference-et-debat-sur-le-jeu-de-go-a-loccasion-du-match-alphago-contre-lee-sedol/>

21 <https://www.cnil.fr/fr/comment-permettre-lhomme-de-garder-la-main-rapport-sur-les-enjeux-ethiques-des-algorithmes-et-de>

22 <https://www.economie.gouv.fr/premier-forum-parlementaire-intelligence-artificielle>

23 <https://www.youtube.com/watch?v=AATtI59xfmQ>

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA), ENJEUX ÉTHIQUES

Dans le domaine de la santé

Odile Thiéry

Odile.thiery@univ-lorraine.fr

Résumé :

L'Intelligence artificielle est « née » dès le début des années 50 à la suite des travaux d'Alan Turing pendant la guerre de 40. Ses domaines d'applications sont nombreux. Nous nous attachons ici au domaine de la santé. L'ordinateur Watson d'IBM a fait ses preuves dans le domaine de l'aide au diagnostic médical. L'IA se développe aussi dans le contexte de la médecine prédictive mais cette évolution, si elle paraît souhaitable, impose la captation et l'analyse de données sur les patients pouvant entraîner de nombreuses questions.

Mots-clés :

Intelligence Artificielle, IA, AI, éthique et santé.



Depuis le milieu des années 50, l'IA a vu son développement. L'accélération de la puissance de calcul des ordinateurs mais aussi l'évolution des concepts et des modèles ont permis l'essor de l'IA dans le domaine de la santé. Mais quels enjeux éthiques sont soulevés par ces applications ? Nous essayons ici de donner quelques pistes de réflexion.

DÉFINITIONS DE L'IA

Le terme « intelligence artificielle », a été créé par John McCarthy (inventeur du langage LISP) et par Marvin Lee Minsky (inventeur des sciences cognitives et des « agents intelligents »), avec qui il a fondé au MIT (Massachusetts Institute of Technology) le premier groupe de recherche consacré à l'IA dès le milieu des années 50.

Ils l'ont définie ainsi¹ :

Comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique ».

« Artificiel » car usant de l'ordinateur, artefact s'il en est, « intelligent » car le but est bien d'imiter le raisonnement humain.

L'IA vue par l'Europe

Le CESE (Comité Économique et Social Européen) a défini onze domaines dans lesquels l'IA soulève des enjeux de société et le « domaine médical » n'en fait pas partie ; ce qui pour le moins est paradoxal. Le CESE définit l'IA comme ayant pour but :

« d'automatiser les comportements intelligents, entre autres la capacité de raisonner, de collecter des informations, de planifier, d'apprendre, de communiquer, de manipuler, de signaler et même de créer, de rêver et de percevoir ».

¹ Issu de Wikipedia



L'IA vue par la France

La France a été très longue à reconnaître l'IA comme un domaine à part entière puisqu'il a fallu attendre le Journal Officiel (JO) du 16 septembre 1989 la définissant comme :

« Une discipline relative au traitement des connaissances et du raisonnement ».

Mon point de vue

En fait l'IA repose sur un ou des logiciels qui mettent en œuvre (le mot qui fait peur) des « algorithmes ».

Mais ce ne sont jamais que des programmes informatiques qui savent traiter de très nombreuses données (exploiter dans certains cas les technologies big data) et simuler la réflexion humaine. Il ne faut cependant pas oublier que c'est l'homme qui programme la machine et même si on lui donne des capacités d'autoapprentissage elle n'invente rien...

QUELQUES ÉLÉMENTS D'HISTOIRE DE L'IA

L'histoire veut que ce soit Alan Turing² (et sa machine Enigma) qui ait été à l'origine de l'IA dès le début des années 50. Le congrès qui a fait date s'est tenu en 1956 sur le campus de Dartmouth College.

Quelques dates qui ont frappé les esprits :

- 1997 : l'ordinateur Deep Blue d'IBM bat Kasparov aux échecs.
- 2016 : Google DeepMind bat les meilleurs joueurs de jeu de Go.
- 2017 : la machine IA Libratus de Noam Brown bat les meilleurs joueurs de poker.

Et là l'évolution est nette. En effet pour le poker et le jeu de go le jeu de l'adversaire est connu. Et donc l'ordinateur peut avec sa vitesse de calcul trouver la solution pour gagner parmi tout ce qu'il a stocké comme parties et situations. En revanche au poker on ne connaît que son propre jeu. En fait il n'a été inculqué à Libratus que les règles de base et tout le reste s'est fait par autoapprentissage, ce qui va nous amener au deep learning ou l'apprentissage profond.

L'IA en France et ... à Nancy³

En France, les pionniers sont un groupe de chercheurs cimentés par un congrès national annuel *Reconnaissance de formes et intelligence artificielle* dès 1979 à Toulouse. Ce groupe donne naissance à une société savante, l'AFIA en 1989.

À Nancy le pionnier est Jean-Paul Haton, Professeur d'Informatique depuis 1974 (maintenant émérite). Il crée l'équipe RFIA (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle) à la fin des années 1970 au CRIN (Centre de Recherche en Informatique de Nancy), devenu le LORIA (Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications) en 1997.

Cette équipe a à son actif de nombreuses collaborations avec les entreprises et aussi et surtout en médecine.

L'informatique d'organisation s'est évidemment saisie de l'IA également. La grande période a été fin des années 80 début des années 90. Mais les « systèmes experts » de

² Voir le film « Imitation Game » sorti en 2014 sur la vie d'Alain Turing

³ En enseignement aussi dès la fin des années 80 j'ai introduit en tant que directrice de la MIAGe à Nancy des cours d'IA, de méthodes de conception des SI et IA, de langages objets

gestion ont été un échec à l'époque, car mal conçus et les utilisateurs finals n'étaient pas assez impliqués. Ensuite ont été proposés des systèmes à « base de connaissances » moins invasifs et surtout vus comme des aides par les décideurs et autres acteurs de gestion.

Cependant il faut noter que l'IA s'est un peu endormie dans les années 90, tout au moins dans ses applications de gestion. Pour mieux se réveiller depuis le début des années 2000. Ceci étant dû à la possibilité d'exploiter de nombreuses données dans un temps de calcul très nettement diminué.

QUELQUES FAITS MARQUANTS DEPUIS LE DÉBUT DES ANNÉES 2000 VERS UNE RÉFLEXION ÉTHIQUE

Je note ici quelques événements d'importance, dans une liste bien entendu non exhaustive :

- 2005 : le projet Blue Brain est lancé, destiné à « simuler le cerveau des mammifères ». Evidemment une première réflexion éthique s'instaure.
- 2009 : dans ce contexte le MIT définit un projet pour « repenser la recherche en IA ».
- 2009-2010 différents projets de l'US Air Force dont « une intelligence avancée de collecte d'information et de capacité rapide de décision » avec comme objectif qu'en 2040 tous les avions de guerre américains soient pilotés par l'IA.
- 2011 : Watson d'IBM remporte deux manches du jeu de culture générale Jeopardy. Depuis Watson a eu des applications en médecine dont nous parlerons juste après.
- 2013 : Google ouvre un laboratoire de recherche dans les locaux de la NASA afin de faire progresser l'apprentissage automatique "profond" ("deep learning" en anglais).
- Les géants de l'Internet GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft) s'intéressent de plus en plus à l'IA. Mark Zuckerberg, s'est donné pour objectif de l'année 2016 de « construire une intelligence artificielle simple pour piloter ma maison ou m'aider dans mon travail ».
- 2015 : Stephen Hawking⁴, Bill Gates et Elon Musk (PDG de Tesla) s'inquiètent du fait que l'IA vienne supplanter l'intelligence humaine. Les problèmes éthiques pointent vraiment.

⁴ Voir le film « la merveilleuse histoire du temps » sorti en 2014 sur la vie de Stephen Hawking



L'IA ET LES APPLICATIONS EN MÉDECINE

L'ordinateur Watson d'IBM a fait ses preuves en médecine en vue d'améliorer la précision des diagnostics médicaux.

Lors d'une expérience menée à l'école de médecine Université de Caroline du Nord, Watson a confirmé 99% des traitements prescrits par des oncologues concernant 1000 cas de cancer. Mais surtout il a proposé 30% d'options thérapeutiques de plus.

Si Watson est si performant, cela est dû au **deep learning**. En effet il analyse et apprend des milliers d'études publiées chaque année en oncologie. On est dans l'ère du big data c'est-à-dire la mise à disposition de gros volumes de données, ce qui lui permet d'analyser non seulement le cas du patient mais aussi tous les cas similaires qu'il peut trouver dans son entrepôt de données.

Il s'agit avant tout d'un outil d'aide à la décision.

Cependant le gros reproche qu'on lui fait est d'être « une boîte noire » c'est-à-dire un outil dont on connaît les entrées et les sorties mais pas le mécanisme de raisonnement.

Ce qui est fréquent dans les systèmes d'information stratégiques reposant sur de gros entrepôts de données mais une erreur de gestion a rarement comme conséquence la mort d'êtres humains.

Justement alors quelle part est laissée à l'être humain ?

Si l'ordinateur avance des diagnostics et propose des traitements ce n'est évidemment pas lui qui prend la décision. Surtout si comme pour Watson on ne sait pas très bien comment il est arrivé à ses conclusions.

Le médecin reste un passeur de savoir. Il connaît le patient et sa maladie, on peut espérer que grâce à l'IA il aura plus de temps à consacrer au patient.

Une nouvelle perspective : la médecine prédictive

C'est un domaine en plein développement et fort intéressant.

Par exemple en dermatologie. Actuellement le dermatologue examine le patient avec une « lunette » spéciale qui permet de détecter si une lésion cutanée est en train de se transformer en lésion maligne.

Or dans ce contexte Google propose un outil « Show and Tell » qui, à travers l'étude de 130000 images sur le web, a appris à reconnaître et faire la différence entre 2000 maladies de la peau.

Ainsi sur une étude en vraie grandeur les médecins ont détecté 95% des tumeurs malignes et 76% des tumeurs bénignes. Tandis que Show and Tell a détecté 96% des malignes et 90% des bénignes. Soit sur ce dernier lot il a réalisé un diagnostic bien meilleur.

Il existe bien des outils dans le domaine de la santé aussi bien d'aide au diagnostic cardiaque ou simplement au suivi des malades diabétiques, dialysés.

Ainsi le cabinet CB Insights a dénombré, début 2017, 106 start-up dans le domaine de la santé utilisant le « machine learning » et « l'analyse prédictive ».

Mais attention de ne pas passer d'un corps examiné à un corps connecté ou encore de ne pas laisser la machine prendre le pas sur l'homme.

ÉTHIQUE MÉDICALE ET IA

L'éthique médicale

Pour beaucoup l'éthique médicale recouvre :

- la morale et son corollaire la bonne conduite ;
- la déontologie, qui est l'ensemble des règles auxquelles sont soumis les professionnels de santé ;
- le droit du patient.

Mais pour Claude Burlet⁵ les principes de l'éthique médicale sont en fait :

- l'accès aux soins pour tous ;
- le secret médical et la liberté du patient ;
- le respect de la dignité de la personne, de son autonomie ;
- la non nuisance, la bienfaisance ;
- et bien sûr la pertinence médicale et scientifique.

Et il ajoute : "l'éthique médicale ne s'enseigne pas", lors de ses cours aux infirmiers et infirmières... (à l'IFSI de Nancy).

Plus récemment se sont posés des problèmes de bioéthiques, actuellement à l'étude, en regard des greffes, la génétique, la PMA, la GPA...

Éthique et IA

Depuis le milieu des années 2000 et, parfois en lien avec des films de science-fiction comme *Minority Report* (Steven Spielberg, 2002), le problème de l'éthique est de plus en plus à l'ordre du jour.

Ainsi le 3 octobre 2017 Google DeepMind annonce la création d'un département éthique : DeepMind Ethics & Society composé de 8 personnes et qui doit « *aider la société à anticiper et orienter l'impact de l'IA pour qu'elle bénéficie à tous* ».

Cette création est sans doute Inspirée par Stephen Hawking :

« *Parvenir à créer des intelligences artificielles serait le plus grand accomplissement de l'histoire humaine. Malheureusement, il pourrait aussi s'agir du dernier, à moins que nous apprenions à éviter les risques.* »

Éthique (médicale ?) et IA

Mais la création de ce département éthique DeepMind est peut-être à mettre en regard d'une mésaventure qui est arrivée à Google récemment :

Un partenariat conclu avec les hôpitaux de Londres pour concevoir une application de suivi médical à partir d'informations récoltées auprès de 1,6 million de patients avait été dénoncé par la « Cnil britannique » pour non-respect de la loi sur la protection des données.

⁵ Professeur émérite de médecine, spécialiste d'embryologie, ancien Président de l'Université Henri Poincaré et membre du comité consultatif national d'éthique (CCNE)



EN CONCLUSION

Les problèmes, que je vois apparaître, concernent :

- la confidentialité des données, car nous serons tous fichés et analysés dans ce contexte ;
- le suivi continu de nos actions : avec les objets connectés nous sommes complètement pistés et en lien avec le point précédent notre assurance, notre mutuelle, notre employeur pourront tout savoir de nos habitudes et de notre santé (attention, c'est déjà le cas avec Facebook mais on peut ignorer cette application) ;
- le rôle du médecin s'il n'est pas revu humainement pourrait être totalement dévalorisé pour le patient. C'est déjà le cas avec Internet, où nombre de patients vont se renseigner, mal, sur Internet et indisposent leur médecin en donnant leur diagnostic voire leur traitement.

En résumé, je pense que le rôle du médecin doit évoluer en utilisant bien sûr les outils d'aide dont il peut disposer mais en développant l'humanité indispensable dans le cadre de sa fonction.

Il doit passer de la médecine de précision communiquée par les algorithmes sur une généralité de cas à la médecine personnalisée qui tient compte du patient.

Ces préoccupations sont déjà à l'ordre du jour. J'en veux pour preuve la tenue de la XVII^e Journée de la SFFEM (Société Française et Francophone d'Éthique Médicale) consacrée à :

« La médecine au défi de l'intelligence artificielle ».

Et où sont intervenus aussi bien des informaticiens, des médecins, un spécialiste d'anthropologie médicale et un philosophe. Cela montre bien que répondre au problème de l'IA et ses implications éthiques dans le domaine de la médecine fait intervenir de nombreux acteurs et pas seulement les sciences dites dures.

Bibliographie :

- Ammouche, Marielle, dossier publié le 14/10/2017 : « Diagnostics médicaux : l'Intelligence Artificielle fera-t-elle mieux que vous ? ».
- Courrier International du 21/12/2017 au 10/01/2018 : « Intelligence Artificielle : la machine à fantasmes ».
- Le point numéro 2360, 30/11/2017 : « Que faut-il apprendre ? Comment réussir à l'ère de l'IA de 1 à 99 ans ».
- Libération, numéro hors-série 20/12/2017 : « Voyage au cœur de l'IA ».
- Pour la Science, dossier hors-série février-mars 2018 : « big data : vers une révolution de l'intelligence ».
- Promé, Guillaume, dossier publié le 03/11/2017 : « Quand l'Intelligence Artificielle devient Dispositif Médical ».
- Schneider, Frédérique, dossier publié le 06/10/2017 : « Intelligence Artificielle : Google DeepMind annonce la création d'un département éthique ».
- Thouverez, Pierre, dossier publié dans Informatique Numérique le 14/12/2016 : « Médecine : l'ère de l'Intelligence Artificielle et des robots ».

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CRÉATION ARTISTIQUE

Les robots au service de l'art ?

Jean Pelletier

jmpelletier52@gmail.com

Résumé :

Les robots créateurs sont-ils le prélude à une nouvelle génération d'IA, encore plus proche de l'homme ?

Mots-clés :

Propriété intellectuelle, art, création, droits d'auteur, IA, numérique, artiste interprète, auteur, producteur, législation, Europe, robot, Amper, Magenta, e-David, Watson



La propriété intellectuelle après avoir été mise à mal avec l'irruption d'Internet, du peer to peer, puis du streaming, connaît aujourd'hui un nouveau défi technologique à relever, qui la percute à nouveau de plein fouet, celui de l'Intelligence Artificielle. Ceci, alors que les questions soulevées par l'usage d'Internet n'ont trouvé aucune solution satisfaisante à ce jour. La mise en place d'HADOPI ne peut pas être considérée comme une réponse adaptée à la remise en cause des droits des auteurs, des artistes interprètes et des producteurs. Alors aujourd'hui, quid du statut et d'éventuels droits des robots qui créent de la musique, de l'écriture, de la peinture, etc. ?

UNE CRÉATION MUSICALE BRUTALEMENT CONFRONTÉE AU NUMÉRIQUE



L'actualité est riche en informations et en commentaires sur « *I am AL* », à savoir la première production officielle, sous forme d'album, de musiques composées ni plus ni moins par une Intelligence artificielle, sorti le 21 août 2017. On doit cette initiative à l'artiste américaine Taryn Southern, youtubeuse bien connue. Si elle a écrit les paroles et s'est chargée de l'interprétation, c'est bien à une IA qu'elle a confié le soin de composer toute la partie instrumentale et la mélodie. Cette IA porte un nom, comme il se doit désormais : **Amper**.

On en sait un peu plus sur cette étrange collaboration, si la chanteuse a donné des indications à **Amper** sur le rythme, c'est bien la machine qui de sa propre initiative a créé la partie instrumentale, y compris le choix des instruments. Bref, **Amper** a pu laisser libre cours à son imagination.

Cette jeune artiste atypique de 31 ans avait même prévu de verser une partie des droits d'auteur à **Amper**, mais techniquement, du moins à ce jour, il n'existe aucun cadre juridique le permettant.

Que dit le code de la propriété intellectuelle dans son article premier, « *une œuvre doit être une création de l'esprit portant l'empreinte de la personnalité de l'auteur* » et seule une personne physique peut y prétendre.

DES DROITS D'AUTEUR POUR LES ROBOTS

À ce jour, les IA qui se lanceront dans la musique seront encore moins considérées que les auteurs artistes interprètes ... **Amper** se contentera de la triste position d'esclave créateur sans droit.

Donc, ces œuvres ne bénéficient d'aucune protection juridique. On a déjà connu, il y a peu, l'affaire d'un singe pas banal, il lui avait pris la curieuse idée de faire un selfie, lequel avait fait le tour du monde et l'interrogation était grande alors sur le fait de savoir s'il en était le créateur et donc disposait d'un droit moral et d'un droit financier sur le cliché. Le bureau du copyright américain avait tranché l'affaire en 2014 en refusant tout nettement de procéder à l'enregistrement de cette photo.



A contrario, on a appris que le Parlement européen depuis fin 2016 a ouvert une réflexion sur la question de savoir s'il ne serait pas possible de donner des droits aux robots. Mady Delvaux, eurodéputée socialiste luxembourgeoise est en charge du sujet, elle a déjà suggéré qu'il serait possible d'aboutir à ce que « *des critères de création intellectuelle propre applicables à des robots* », soient définis. En fait, son projet de résolution vise, rien moins que cela, à « *proposer de donner non seulement une personnalité juridique, mais aussi de réfléchir à accorder des droits de propriété intellectuelle spécifique sur les œuvres créées par des intelligences artificielles.* »

C'est on ne peut plus avant-gardiste, d'un certain point de vue, ou prémonitoire d'un autre. On voit bien que la dimension d'anticipation ou de fiction qui collait à l'Intelligence Artificielle est totalement dépassée. Même si la commission ne va pas donner suite au parlement et, pour des raisons liées aux pressions des lobbys industriels... pour le moment, le débat est sur la place publique. C'est une avancée considérable qu'a constituée Mady Delvaux, même si cette dernière est loin d'être aboutie, il est clair que les lobbys industriels sont déjà à la manœuvre dans un environnement où l'on voit fleurir de toute part des projets d'intelligence artificielle hautement perfectionnés dans le domaine de la création intellectuelle.

GÉNIAUX INVENTEURS OU SIMPLES ASSISTANTS ?

Les spécialistes se sont emparés du sujet et pour eux **Amper** n'est qu'un vulgaire assistant, à la manière des logiciels que l'on connaît depuis de nombreuses années dans le monde de la musique et qui savent créer des algorithmes générateurs de sons. En plus perfectionnés bien sûr ; mais en est-on vraiment certain ? Et si Amper est encore à la limite d'être considéré comme un compositeur qu'en est-il des dernières avancées et de ce qui s'annonce pour demain ?



Pour autant un espace s'est ouvert autour de futures règles qui pourraient bien régir finalement les droits de propriétés intellectuelles entre celui qui a mis au point l'algorithme d'apprentissage du robot et ainsi contribuer à lui conférer la capacité de création et le propriétaire, lui-même, du robot qui va enseigner à ce dernier tout ce qui est nécessaire au processus de création d'une œuvre.

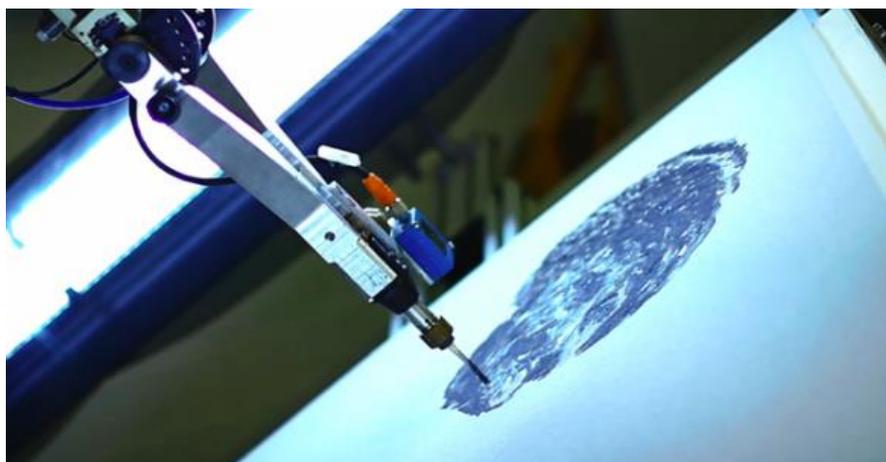
Toutes ces spéculations ne sont pas seulement intellectuelles, d'autres initiatives ont encore vu le jour, le projet **Magenta** de Google dans la composition musicale. Les ingénieurs ont mis au point une expérience bluffante : la possibilité de jouer en duo sur un clavier avec **Magenta**. Vous commencez votre propre partition et Magenta va poursuivre en créant une suite logique à votre propre interprétation.

De son côté le site Jukedeck propose dès aujourd'hui de créer des morceaux de musiques libres de droits à partir d'une IA. Celle-ci crée le morceau à partir des indications fournies, comme la durée, le style, le rythme, les instruments, etc. Ce travail est l'œuvre d'anciens étudiants de Cambridge. Le résultat semble être correct et cependant suffisamment audible.

TOUTE LA CRÉATION HUMAINE À PORTÉE DE ROBOT ?

De son côté, avec son IA Watson, IBM s'est essayé à imaginer des chorégraphies pour le danseur Nao. On assiste aussi à l'émergence de robots qui dessinent, qui peignent, qui écrivent des nouvelles, des scénarios de film et parfois même des poèmes.

Ainsi s'esquisse l'avenir d'une IA capable d'exprimer à travers l'art une sensibilité, une imagination, capable de rivaliser avec l'homme...



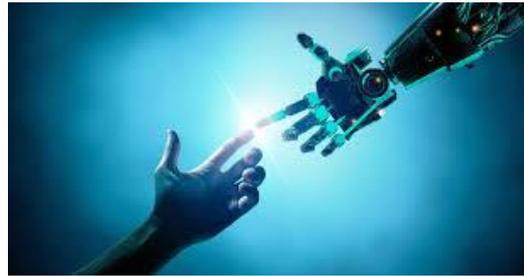
Dans le domaine de la peinture il est une autre aventure tout aussi digne d'intérêt : **e-David**, robot mis au point par l'université allemande de Konstanz. Il s'agit d'un bras robotisé en mesure de réaliser des œuvres sur toile capables de rivaliser avec celles réalisés par des artistes peintres. A cette heure, il ne dispose pas d'une palette très étendue en ce qui concerne les « outils » et les couleurs utilisées (en fait 5 pinceaux et 24 couleurs). Mais selon nombre d'observateurs **e-David** ne manque pas d'imagination et de talent.

Autre expérience tout aussi troublante, celle conduite par les réalisateurs Oscar Sharp et Ross Goodwin, chercheur en intelligence artificielle : **Benjamin**. Il s'agit d'un programme capable d'écrire des scénarios de film. Ils ont, ensemble, réalisé un court-métrage de science-fiction de 9 minutes. Benjamin a été nourri de scénarios, de films et de séries de science-fiction, tels que : 2001, Odyssée de l'espace, X-Files, Abyss, Star trek, Le Cinquième élément... Le résultat n'est pas parfait, et les dialogues sont parfois surprenants, mais quand même.

Tous les chercheurs du monde y travaillent, ainsi, c'est au Japon qu'un roman écrit par une IA a été présélectionné pour un prix littéraire, celui du Nikkei Hoshi Shinichi qui, signe des temps, récompense une œuvre de science-fiction.

On pourrait à ce jour multiplier à l'infini les expériences conduites dans le monde de la musique, de la danse, de l'écriture, de la peinture, de la chorégraphie.

Dernier petit clin d'œil à ce regain de créativité dû à l'intelligence artificielle, Watson, encore lui s'est mis à concocter des recettes de cuisines. Les ingénieurs d'IBM ont commencé par lui fournir des milliers de recettes... et Watson s'est mis à produire suffisamment de nouvelles recettes pour permettre la publication d'un livre « *Cognitive Cooking with Chef Watson* »...



Cette vague internationale de création via des robots et des IA en provenance de toutes les universités de la planète mériterait la création d'un festival international qui présenterait tous les résultats artistiques issus de ces recherches, de façon à obtenir un regard groupé et intéressé sur les potentialités de l'intelligence artificielle dans ce secteur si important pour l'humanité.

Car l'écriture, la musique, la peinture, l'art en général c'est bien ce qui modélise l'âme humaine et lui donne son expression la plus étrange, la plus surprenante et la plus mystérieuse.

En maîtrisant par l'IA le cœur même de la création, les chercheurs pénétreront au plus profond du cerveau de l'homme...

Références :

http://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/09/08/intelligence-artificielle-les-machines-peuvent-elles-etre-creatives_4749254_4408996.html#9lCOYKdaLeBhtMBi.99

<http://www.lemonde.fr/pixels/article/2018/02/02/effet-de-mode-ou-revolution->

http://www.lemonde.fr/pixels/article/2016/06/10/une-intelligence-artificielle-ecrit-le-scenario-d-un-court-metrage_4947819_4408996.html#LhPSmaspltvgluK1.99

<https://atelier.bnpparibas/smart-city/article/droit-robots>

<https://www.numerama.com/politique/233852-le-parlement-europeen-reclame-une-legislation-ethique-sur-les-robots-et-lia.html>

<http://www.konbini.com/fr/entertainment-2/i-am-ai-le-premier-album-compose-par-une-intelligence-artificielle-est-sorti/>

<https://www.numerama.com/tech/233918-jouez-au-piano-en-duo-avec-magenta-lintelligence-artificielle-artiste-de-google.html>

UN APERÇU DES RECHERCHES EN EIAH

Un point de vue IA

Monique Baron

monique.baron@lip6.fr

Résumé :

Le domaine de recherche EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) recouvre les thèmes relatifs à la conception et à l'analyse des usages d'environnements informatiques pour l'éducation et la formation (systèmes, dispositifs, logiciels/applications, ressources numériques...), destinés à favoriser des apprentissages chez leurs utilisateurs (« apprenants »). Domaine pluridisciplinaire, il a connu diverses approches qui se sont constituées et renouvelées en relation avec les développements de l'IA, de l'informatique, des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de leurs usages dans la société, ainsi qu'avec les développements d'autres disciplines de recherche concernant l'éducation et la cognition, principalement les sciences de l'éducation, les didactiques des disciplines et les sciences cognitives.

Cet article propose un aperçu du développement de ce domaine, selon un point de vue IA, avec quelques pistes bibliographiques pour en savoir plus.

Mots-clés :

EIAH, environnement informatique pour l'apprentissage humain, IA, Intelligence Artificielle, IO, Ingénierie Ontologique



Le domaine de recherche EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) a pour racines des travaux menés dans les années 70 aux États-Unis, en Intelligence Artificielle et en psychologie cognitive, puis en France (et dans d'autres pays) à partir des années 80.

LES PREMIERS TRAVAUX

Les premiers travaux aux États-Unis (années 70)

Le champ de recherche *Artificial Intelligence in Education* (AIED) s'est développé aux États-Unis d'abord sous l'appellation *Intelligent Computer Aided Instruction* (ICAI), à partir du constat de certaines limites des systèmes d'Enseignement Assisté par Ordinateur des années 60 (*Computer Aided Instruction* ou CAI en anglais). Il s'agissait de réaliser, en utilisant des techniques d'intelligence artificielle, des systèmes plus souples, plus interactifs et réactifs, s'adaptant mieux à leur utilisateur (désigné par le terme générique « apprenant » (*learner* ou *student* en anglais) pour le motiver et l'aider à apprendre.

Parmi les systèmes réalisés, on peut citer : Scholar, un système de dialogue à initiative mixte, basé sur un réseau sémantique, portant sur la géographie de l'Amérique du Sud ; West, un système basé sur le jeu de l'oie pour l'apprentissage de l'arithmétique ; Wumpus, un environnement d'exploration pour l'apprentissage du raisonnement logique et probabiliste ; Sophie, un environnement de simulation pour l'entraînement au diagnostic de circuits électriques ; Guidon, le premier prototype de « tuteur intelligent », pour former des étudiants en médecine à la prescription d'antibiotiques, conçu sur la base du système expert MYCIN.



Une très bonne synthèse des idées mises en œuvre et des systèmes réalisés dans les années 1970-1986 aux États-Unis a été publiée en 1987 (Wenger, 1987).

Les premiers travaux en France (1980 - milieu des années 90)

Ces travaux pionniers ont eu un écho en France, au début des années 80. Un domaine de recherche s'est alors développé sous le sigle EIAO, décliné d'abord en « Enseignement Intelligemment assisté par Ordinateur », puis en « Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur » (1990). Cette seconde déclinaison¹ (correspondant à *Interactive Learning Environments* en anglais) mettait davantage l'accent sur l'apprentissage, suivant une vision constructiviste selon laquelle l'apprenant construit ses connaissances en *interagissant avec un milieu* (au sens didactique du terme), préférée à une vision « transfert de connaissances » de l'enseignant à l'enseigné. Cette appellation permettait aussi d'évoquer un « environnement d'apprentissage » plus large que le système informatique proprement dit et de fédérer des approches et des contributions d'autres disciplines que l'IA, comme l'informatique, la didactique, la psychologie, les sciences de l'éducation.

Plusieurs courants se sont alors développés parallèlement :

- les « tuteurs intelligents », courant inspiré par les *systèmes experts* et les approches en IA de représentation explicite de connaissances pour résoudre des problèmes ;
- les micromondes, courant inspiré par le constructivisme en psychologie, visant à concevoir des environnements dans lesquels l'apprenant peut expérimenter des idées et observer les conséquences (l'environnement de programmation Logo popularisé par S. Papert en est un exemple) ;
- les hypertextes-hypermédias, courant inspiré de l'idée de *réseau de documents* de Ted Nelson, permettant la conception de cours (plus ou moins complexes) où l'apprenant peut choisir son parcours ou bien être guidé ;
- les environnements de simulation, conçus pour l'étude de phénomènes (par exemple en physique) ou pour l'apprentissage de tâches, dans une situation contrôlée et sans risque (par exemple le diagnostic de pannes, la conduite de processus industriel ou de véhicule...).

Ces courants visaient différents types de situations et d'activités d'apprentissage, en partageant l'objectif de concevoir des systèmes ayant des capacités d'interaction et d'adaptation dynamique destinées à favoriser des apprentissages de l'utilisateur, dans un cadre d'utilisation géré par un enseignant ou plus en autonomie.

D'autres travaux ont visé à développer également des outils pour les enseignants ou formateurs afin de les aider à concevoir des ressources (logicielles ou autres) ou des situations d'apprentissage (on parle d'outils-auteurs), ou encore les aider à suivre les apprenants.

¹ Note de la rédaction : Amos David actuellement Professeur à l'Université de Lorraine a soutenu une thèse sur l'EIAO (deuxième I pour Image) sous la direction d'Odile Thiéry en janvier 1990 (prototype BIRDS)

https://www.researchgate.net/publication/300097651_AN_INTELLIGENT_IMAGE-BASED_COMPUTER-AIDED_EDUCATION_SYSTEM_THE_PROTOTYPE_BIRDS



Les principes des tuteurs intelligents (TI)

Parmi les courants évoqués ci-dessus, l'approche des TI visait à élaborer et à combiner différents modèles, qui ont parfois été implantés selon une architecture multi-agent :

- un modèle du domaine à apprendre, avec une représentation explicite des connaissances et des mécanismes de raisonnement, pour doter le système de la capacité à résoudre des exercices (au niveau visé) ou à répondre à des questions ;
- un modèle de l'apprenant, avec un processus de diagnostic associé inférant à partir des *observables* (traces des actions de l'apprenant à l'interface) les éléments du modèle, par exemple l'état de ses connaissances (en lien généralement avec le modèle du domaine) ;
- un modèle pédagogique (ou tutoriel), avec des règles et stratégies tutorielles explicites, afin de permettre au système d'engendrer dynamiquement et de manière personnalisée ses interventions en fonction de la situation d'apprentissage et des objectifs, des actions et du modèle de l'apprenant ;
- un modèle d'interface, pour gérer les représentations externes des connaissances et des processus de résolution de problèmes (« réification »), ainsi que l'interaction apprenant-système (par exemple selon un modèle de dialogue).

Certains principes ont été repris dans d'autres types de systèmes et ont contribué au développement des domaines de l'ingénierie des connaissances et des IHM (Interactions Humains-Machines).

Quelques Success Stories

Parmi les projets nés dans ces années 80 en France, on peut en citer deux qui ont connu une *success story*, aboutissant quelques années plus tard à des systèmes effectivement utilisés dans l'éducation, diffusés chacun (à l'international) par une société spécifique qui assure leur évolution et leur adaptation aux nouveaux matériels et environnements logiciels et qui diffuse également des ressources associées destinées aux enseignants et aux élèves :

- APLUSIX, un TI en algèbre (<http://www.aplusix.com/fr/>), dont des versions actuelles sont diffusées par Aristod (<http://www.aristod.com/FR/index.html>) ;
- Cabri Géomètre, un micromonde de construction de figures géométriques (inspiré par les premières interfaces de manipulation directe et dont l'auteur a créé le concept de géométrie dynamique), distribué par Cabrilog (<https://cabri.com/fr/>).

[Voir chap. 15 et 16 (Grandbastien M. et Labat, 2006)]

Le micromonde de robotique pédagogique RoboTeach© a été conçu dans les années 90, pour l'alphabétisation à la technologie et à l'informatique, comme support à la réalisation de projets, dans le cadre d'un partenariat apprenants-machine-enseignant basé sur une planification pédagogique des activités (*démarche de projet balisé*). Il a été commercialisé à la fin des années 90 et diffusé dans les collèges et dans les centres de formation professionnelle.

[Voir chap. 14 (Grandbastien M. et Labat, 2006) et chapitre 4 (Baron *et al.*, 2007)]

Une autre *success story* outre-atlantique est celle des *cognitive tutors*, des TI conçus à Carnegie Mellon University (CMU), sur la base de la théorie cognitive ACT* (Adaptive Control of Thought) de J.R. Anderson, élaborée au début des années 80 et qui s'est étoffée

au fil des expérimentations (devenue ACT-R, R pour *Rational*), avec une approche tutorielle dite de *model-tracing* consistant à suivre pas à pas l'apprenant dans la résolution d'un exercice et à lui donner un *feedback* s'il s'écarte de la résolution produite par le module domaine (https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_tutor).

VERS DES SYSTÈMES COLLECTIFS DISTRIBUÉS

Les évolutions techniques des années 90 et 2000, qui ont porté notamment sur les développements liés à Internet, au Web et aux systèmes informatiques distribués ont permis d'envisager des systèmes où différents types d'acteurs distants pouvaient communiquer et interagir à distance pour enseigner et pour apprendre. À la même période, la numérisation (ou *digitalisation*) du multimédia s'est généralisée.

Des dispositifs d'éducation et de formation à distance

Des dispositifs d'enseignement et de formation à distance ont été conçus, renouvelant les pratiques antérieures, à base de cours et de devoirs transmis par voie postale sur supports papier ou bien à base de documents multimédia télévisés ou de vidéoconférences. Ils ont évolué vers des plateformes Internet, puis Web, permettant de gérer des étudiants, de diffuser « en ligne » des cours et des ressources pédagogiques, et d'assurer un suivi des apprenants par des formateurs ou tuteurs.

Par exemple, des campus virtuels (ou numériques) se sont développés, avec des modalités de participation combinant parfois activités synchrones ou asynchrones, à distance ou en présence (dispositifs de formation hybride). Plus récemment (années 2010) sont apparus les CLOM (Cours en Ligne Ouverts et Massifs), plus connus sous le sigle MOOC (Massive Online Open Courses).

Dans ces contextes, les travaux de recherche en EIAH ont porté notamment sur la conception de plateformes, de services, d'interfaces, de ressources, d'aides pour les apprenants et les tuteurs, ainsi que sur l'analyse des usages de ces nouveaux dispositifs d'apprentissage et de formation.

Avec la miniaturisation des machines et des objets connectés et la mise en place d'infrastructures permettant une connexion de plus en plus en continu, le thème de *l'apprentissage mobile a* émergé, au milieu des années 2000, avec celui de *l'informatique ubiquitaire*².

L'apprentissage collaboratif

Inspiré par des approches socioconstructivistes en éducation, qui mettent l'accent sur l'importance des interactions entre apprenants pour favoriser les apprentissages, le courant de *l'apprentissage collaboratif* (*Computer Supported Collaborative Learning* ou CSCL en anglais) s'est constitué au milieu des années 90, avec la conception d'environnements facilitant des modalités de travail collaboratif (ou coopératif) pour débattre, résoudre des problèmes ou réaliser des projets, en présence ou à distance (Dillenbourg, 1999).

Les travaux de recherche en EIAH ont porté, notamment dans le cadre de plateformes d'apprentissage collaboratif, sur la conception de dispositifs et d'interfaces visant à faciliter des interactions entre apprenants, la communication de groupe, le partage de ressources et la coordination des acteurs, ainsi que sur la conception d'aides pour les

² D'après Wikipédia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique_ubiquitaire



formateurs (par exemple pour constituer des groupes de travail adéquats et pour analyser les interactions) et sur l'analyse des usages de ces environnements.

QUELQUES AUTRES THÈMES

Depuis le début des années 2000, de nouveaux thèmes ont émergé et de nouveaux courants se sont constitués, parallèlement à la poursuite de travaux dans les courants précédemment évoqués.

Ingénierie des ressources et des scénarios pédagogiques

Des problèmes de gestion, de partage et de réutilisation des ressources logicielles et numériques pour l'éducation et la formation, en présence ou à distance, ont conduit à préconiser des standards généraux et à élaborer des standards spécifiques au domaine.

Des standards généraux, comme les langages du W3C (*World Wide Web Consortium*), en particulier HTML et XML (*Extensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*) et OWL (*Web Ontology Language*), se sont imposés progressivement.

Des travaux menés par l'ISO et par l'AFNOR (CN36), ainsi que dans le cadre d'autres organismes, comme IMS, IEEE, ou le CEN au niveau européen, ont produit des standards plus spécifiques pour les ressources numériques éducatives, tels que LOM (*Learning Object Metadata*), un schéma de métadonnées pour la qualification et le référencement des ressources d'apprentissage, et SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), un modèle d'agrégation de contenus favorisant la portabilité et la réutilisation de contenus. [voir chap. 9 de (Grandbastien et Labat, 2006)]

La conception de scénarios d'apprentissage a donné lieu au développement de langages de modélisation de séquences multi-acteurs utilisant des ressources (*Educational Modelling Languages*), permettant ainsi de prévoir et de suivre le déroulement d'activités, dans un environnement local ou sur une plateforme en ligne. Le standard IMS LD (IMS Learning Design) a été proposé en 2003. Des travaux d'ingénierie des scénarios ont porté notamment sur la conception et le développement d'outils pour leur élaboration, leur mise en œuvre, leur adaptation et leur réingénierie. [voir chap. 6 de (Baron et al., 2007)]

Une ingénierie pédagogique s'est constituée, « à l'intersection du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive », pour la conception et la réalisation de systèmes d'apprentissage (Paquette, 2002).

Des ontologies pour l'éducation et la formation

Le besoin de concevoir des modèles de domaines de connaissances suffisamment formalisés et partageables a présidé à l'élaboration et à l'utilisation d'ontologies en ingénierie des connaissances et dans le cadre du *Web sémantique*. Il s'agit de modèles conceptuels partagés (par des communautés de pratique), apparentés aux réseaux sémantiques, dont la version formelle peut être exploitée par une machine pour mener des raisonnements, par exemple afin de répondre à des questions ou d'automatiser certains traitements. L'élaboration d'ontologies a fait l'objet du développement d'une ingénierie spécifique. Un des objectifs visés est l'*interopérabilité sémantique*.

Des ontologies ont été proposées pour modéliser des domaines de formation et préconisées comme vocabulaire pour certains champs de métadonnées de LOM. Des applications portent sur la cartographie de connaissances, sur l'indexation et la recherche de ressources.

[voir

http://sticf.univ-lemans.fr/num/vol2004/mizoguchi-06/sticf_2004_mizoguchi_06.htm
le chap. 7 de (Grandbastien et Labat, 2006) et les chap. 10 et 11 de (Baron et al., 2007)]

Jeux sérieux

Mettant en avant le besoin de favoriser la motivation et l'engagement des apprenants, le courant des jeux sérieux s'est développé dans les années 2000. Des travaux de recherche ont visé la modélisation de ce type d'environnements, des méthodes et des outils de conception et de validation, portant notamment sur la représentation des connaissances à apprendre, la scénarisation du jeu, le suivi du parcours de l'apprenant dans le jeu, ainsi que la conception d'outils d'analyse des comportements des joueurs et des usages de ces environnements.

[voir le numéro spécial de la revue STICEF « Evaluation dans les jeux sérieux »
http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2014/sticef_2014_edito_NS_EVAJS.htm
et le dossier à <http://www.cndp.fr/crdp-reims/index.php?id=2237>]

Adaptation et personnalisation des EIAH

L'idée d'adaptation dynamique à l'apprenant était présente très tôt dans le domaine, avec la prise en compte d'un modèle de l'apprenant par exemple dans les TI. Ces idées se sont renouvelées et enrichies dans le cadre de travaux concernant différents types d'EIAH, portant notamment sur l'adaptation et la personnalisation des environnements, des contenus, des activités et des parcours d'apprentissage.

Dans le cadre des *systèmes adaptatifs*, la modélisation des apprenants (ou la détermination de profils) a suivi de nouvelles approches, prenant en compte, outre des aspects épistémiques, des aspects cognitifs (préférences, styles), voire émotionnels ou affectifs, sur la base de l'analyse des traces des actions des apprenants. Des aides à la conception (pour les concepteurs) et à l'utilisation de tels systèmes (pour les enseignants notamment) ont également fait l'objet de travaux.

[voir numéro spécial de la revue STICEF « Individualisation, personnalisation et adaptation des EIAH »
http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/sticef_2012_edito_individualisation.html]

Ingénierie des traces, fouille de données éducatives et Learning Analytics

Dans les années 2000, avec le développement des usages des plateformes puis des scénarios d'apprentissage, le thème du recueil et de l'analyse des traces a émergé. Il vise à élaborer des méthodes et des outils de collecte, de traitement et d'analyse des traces. Les objectifs sont orientés soit vers les apprenants, dans le cadre d'un *feedback* ou pour favoriser une attitude réflexive, soit vers les enseignants, pour leur présenter des informations sur les activités des apprenants, afin de leur permettre de suivre ces derniers ou bien d'évaluer l'environnement ou le scénario proposés, soit vers les concepteurs, dans le but d'améliorer les systèmes mis en œuvre, soit encore vers les chercheurs pour l'analyse et la compréhension des usages des environnements.

[voir numéro spécial STICEF « Analyse des traces d'utilisation dans les EIAH »
http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2007/sticef_2007_editoTrace.htm]

Deux courants se sont développés depuis la fin des années 2000 pour l'analyse de données éducatives « massives », inspirés par les méthodes d'IA numérique et de statistiques associées au *big data*, l'*Educational Data Mining* (EDM) et les *Learning Analytics* (LA), le second se situant plus explicitement dans le prolongement de l'ingénierie des traces [voir le projet HUBBLE <http://hubblelearn.imag.fr>, qui a en particulier défini une charte éthique pour la recherche en LA].

Environnements de réalité virtuelle

Les développements récents des techniques et des dispositifs de réalité virtuelle donnent lieu à de nouvelles approches pour concevoir des environnements de simulation pour la formation, basées sur l'immersion et l'interaction multimodale, ce qui pose des problèmes particuliers de modélisation et de scénarisation des interactions.

[voir par exemple le projet HUMANS

<https://www.hds.utc.fr/~dlourdea/dokuwiki/fr/humans>]

POUR ALLER PLUS LOIN...

Ce survol rapide de plus de 40 années de recherche en EIAH, selon un point de vue IA, est nécessairement partiel et partial. Il renvoie à quelques références, auxquelles on peut ajouter un ouvrage présentant un panorama plus général sur « les machines à enseigner » (Bruillard, 1997) et un ouvrage de synthèse plus récent (Tchounikine, 2011).

On peut aussi conseiller la visite du site de l'ATIEF (<http://atief.imag.fr>, Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation, et celui de la revue STICEF (sticef.org), publiée en ligne depuis 2003. On y trouve des articles de chercheurs de divers champs contribuant au domaine EIAH et des numéros spéciaux thématiques.

Bibliographie (ouvrages de synthèse cités)

- Baron, M., Guin, D. et Trouche, L. (dir.). Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage. Conception et usages, regards croisés. Hermes-Lavoisier, 2007.
- Bruillard, E. Les machines à enseigner. Hermes, 1997.
- Dillenbourg, P. (dir.). Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches. Elsevier, 1999.
- Grandbastien, M. et Labat, J.-M. (dir.). Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Hermes-Science Lavoisier, 2006.
- Paquette, G. L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage en réseau. Presses de l'Université du Québec, 2002.
- Tchounikine, P. (2011). Computer Science and Educational Software design. A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning.
- Wenger, E. Artificial Intelligence and Tutoring systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge. Morgan Kaufman, 1987.



Créée en 1978, **ADELI** est une association qui permet à l'ensemble des professionnels et utilisateurs du numérique et des Systèmes d'Information (SI) de partager et d'accroître leurs connaissances, de débattre librement de leurs idées et de publier leurs points de vue et leurs retours d'expériences.

QUELQUES OUVRAGES DE RÉFÉRENCE PUBLIÉS PAR ADELI

CONFORMITÉ LÉGALE DES SI

Les risques sécuritaires et éthiques des Systèmes d'Information

Patrick Kineider, Dominique Bergerot, Martine Otter, Thet Sok
©2011

LEAN SIX SIGMA

Le Lean Six Sigma et les Systèmes d'Information

Robert Lemay, Véronique Pelletier, Jean-Louis Théron, Pierre Gaultier, Laurent Bretécher, Dominique Bergerot, Thomas Morisse.
©2011

GUIDE DES CERTIFICATIONS SI 2E ÉDITION

Martine Otter, Jacqueline Sidi, Laurent Hanaud
Éditions DUNOD
©2009

ODOscope

Trouver son chemin au pays des certifications
Collectif, sous la direction de Jacqueline Sidi
©2004



Association des explorateurs des espaces numériques

La richesse des publications repose sur le brassage d'idées entre fournisseurs, utilisateurs et enseignants.

La Lettre est constituée d'articles émanant des membres d'**ADELI**.

Elle aborde, sous des angles sérieux ou humoristiques mais toujours professionnels, les sujets les plus variés touchant aux Systèmes d'Information.

Les ouvrages sont rédigés collectivement sous la direction d'un membre d'**ADELI**. Ils dressent des synthèses complètes sur des aspects particuliers des Systèmes d'Information.

ADELI, régie par la loi de 1901, est rigoureusement **indépendante de toute influence commerciale et idéologique**.



NORMAscope

Mettre en oeuvre l'ISO 9001 : 2000 et ses processus
Jacqueline Sidi
©2001

MÉTROscope

Indicateurs et tableau de bord pour le développement de logiciels
Collectif, sous la direction de Gina Gullà-Menez
©2001

VALÉUROscope

Analyse de la valeur appliquée aux projets Euro et An 2000
Gina Gullà-Menez
©1999

AGLOscope

Étude des ateliers de conception
Collectif, sous la direction de Geneviève Coullault
©1998, ©1997, ©1996, ©1995

RÉALIscope

Étude des environnements de développement
Collectif, sous la direction d'Yves Constantinidis
©1998

PÉRILOscope

Maîtriser les risques des projets informatiques
Collectif, sous la direction de Jean-Marc Bost
En collaboration avec l'IQSL
©1997