

Une brève histoire de l'intelligence artificielle

Gilbert Saporta

▶ **To cite this version:**

Gilbert Saporta. Une brève histoire de l'intelligence artificielle. 2018. hal-02471743

HAL Id: hal-02471743
https://cnam.hal.science/hal-02471743

Submitted on 11 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

VARIANCES.eu
LE WEBZINE DES ENSAE ALUMNI

COLLOQUE « INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : FICTION OU ACTIONS ? » , 15 MARS 2018:

UNE BRÈVE HISTOIRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Publié par Gilbert Saporta | 30/04/2018 | Intelligence artificielle, Sélection mai 2018

PREMIÈRE PARTIE : DES ORIGINES À NORBERT WIENER

Les mots « Intelligence artificielle » sont partout ces derniers temps. Ils apparaissent même en couverture de divers magazines, avec des articles intéressants et pertinents. Cette mise en avant de l'IA n'a pas toujours été la réalité du domaine, il y a eu des périodes où l'on parlait plus des « hivers » de l'IA.







EN PRÉAMBULE, QUELQUES DÉFINITIONS

Ces définitions sont utiles pour comprendre les thèmes abordés, et, partant, ceux qui ne le seront pas.

Empruntons la définition de Yann LeCun. Diplômé de l'ESIEE en 1983, docteur en 1987 à l'Université Paris 6, titulaire de la chaire « Informatique et sciences numériques » du Collège de France en 2016, premier directeur du *Facebook Artificial Intelligence Center* à New-York puis Paris, il est l'un des leaders français et mondiaux en matière d'Intelligence artificielle et de *Deep Learning*. Sa définition de l'IA est la suivante : « faire faire aux machines des activités que l'on attribue généralement aux animaux et aux humains ».

L'Intelligence artificielle couvre le champ de la robotique et de l'apprentissage. Sera abordé ici du seul apprentissage et plus précisément de la catégorie d'apprentissage qualifiée de numérique, par opposition à l'apprentissage symbolique. Ce dernier a été longtemps dominant quand il était question d'IA, avec, par exemple, les systèmes experts ou la représentation des connaissances. Il sera donc question de l'histoire de l'apprentissage numérique, supervisé ou non supervisé, et plus particulièrement du connexionnisme. Cette histoire est indissociable de celle du développement de l'informatique.

Comment distinguer apprentissage supervisé et apprentissage non supervisé ? En peu de mots, l'apprentissage consiste à faire apprendre de nombreux exemples ou cas à des algorithmes. En apprentissage supervisé, ces exemples ont des étiquettes, c'est-à-dire que l'on sait a priori ce que l'algorithme devrait trouver. Une illustration est le scoring bancaire, où pour évaluer la qualité future d'un emprunteur, la base d'exemples est constituée de vrais cas de bons ou mauvais payeurs du passé. Pour les spécialistes de la Statistique, il s'agit de régression, de classification : disposant d'une variable Y et de variables amont X, il convient d'expliquer Y par X et faire de la prédiction. Donc plutôt prédire qu'expliquer, détail qui a son importance.

L'apprentissage non supervisé consiste à essayer de classer, de trouver des structures sous-jacentes à partir de données non étiquetées.

EN REMONTANT LOIN DANS LE TEMPS

RAMON LLULL

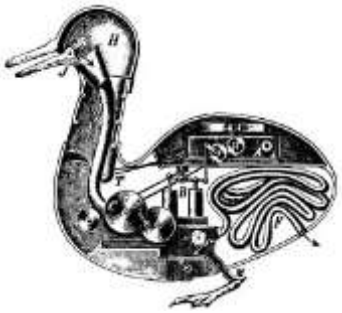
Il serait peut-être possible d'aller jusqu'à Babylone ou l'Empire chinois, tant il semble naturel d'avoir très tôt cherché à modéliser le comportement du cerveau humain et à représenter l'homme comme une machine pour pouvoir ensuite concevoir des machines apprenantes : si la représentation du vivant par une machine est réussie, alors il « ne reste plus qu'à » créer des machines imitant l'homme.



Un précurseur est le catalan Ramon Llull (1232 – 1315 ; Raymond Lulle en français), philosophe théologien, inventeur des « machines logiques ». Les théories, sujets et prédicats théologiques, étaient organisés en figures géométriques considérées comme parfaites (cercles, carrés, triangles). A l'aide de cadrans, de manivelles, de leviers, et en faisant tourner une roue, les propositions et les thèses se déplaçaient pour se positionner en fonction de la nature vraie ou fausse qui leur correspondait. L'influence de Llull sur ses contemporains est considérable, et même au-delà, puisque quatre siècles plus tard, Gottfried Leibniz se considère comme inspiré par ses travaux.

DE L'ANIMAL-MACHINE À L'HOMME-MACHINE

René Descartes est le tenant de l'animal-machine. Il considère qu'un animal n'est rien d'autre qu'une machine perfectionnée, une horloge composée de pièces mécaniques et de ressorts. Walter McCulloch, inventeur, avec Walter Pitts, des réseaux de neurones artificiels, estimait qu'il s'agissait de « très bonne physique » et que la cybernétique commençait plutôt avec Descartes qu'avec Leibniz.



La représentation ci-dessus est celle du canard de Jacques Vaucanson (1709 – 1782), objet dont la trace a été hélas perdue. Inventeur et mécanicien français, spécialiste des automates, Vaucanson a conçu ce canard mécanique qui mange, digère, défèque. L'animal est une machine, mais pas encore une machine pensante. Vaucanson lègue sa collection d'automates au roi Louis XVI. Ce dernier achète alors en 1783 l'hôtel de Mortagne, dans l'actuel 11ème arrondissement, pour y créer le Cabinet des mécaniques du roi, ancêtre du Conservatoire National des Arts et Métiers.

Le grand théoricien de l'homme machine est Julien Jean Offray de La Mettrie (1709 – 1751), précurseur des Lumières, médecin et philosophe matérialiste. Son œuvre principale est son livre « L'homme machine », publié en 1747.




L'HOMME
MACHINE.


ÉLOGE
DE M. JULIEN OFFROY
LA METTRIE,
A BERLIN


L'ART
DE
JOUIR.

Pas vraiment en odeur de sainteté sur le territoire français, car adepte des plaisirs des sens, il part pour Berlin, accueilli par Frédéric II, roi de Prusse, qui prononcera lui-même son éloge funèbre en français. Il a lui-même donné du grain à moudre à ses détracteurs, qui le considéraient comme libertin, dissolu ou corrompu, par ses livres « De la volupté » (1745) et « L'Art de jouir » (1751). Tout un programme.

LES NEURONES ARTIFICIELS

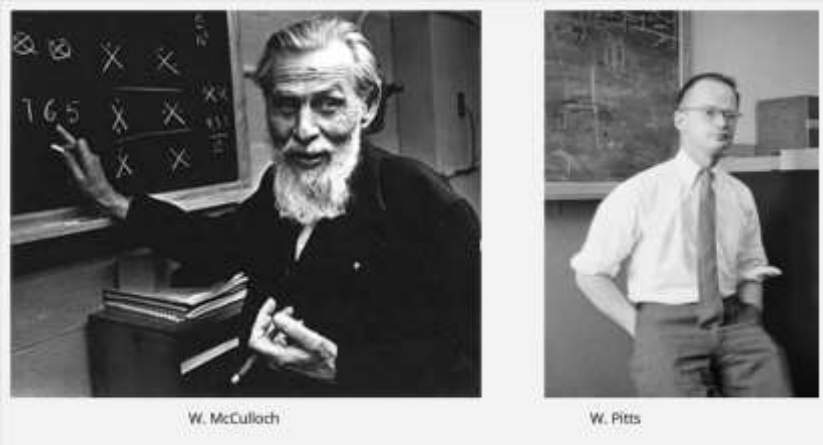
Arrivons au XXème siècle et à l'histoire des réseaux de neurones.

L'article « *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity* » des américains Warren McCulloch (1898 – 1969) et Walter Pitts (1923 – 1969) marque la naissance du connexionnisme. McCulloch est neurophysiologiste, Pitts est logicien, avec un écart de 25 ans d'âge, mais décédés la même année, en 1969.

Leur article, publié en 1943 dans le *Bulletin of Mathematical Biophysics*, a révolutionné le domaine. Leur objectif initial était de convaincre les neurophysiologistes de l'intérêt de leurs travaux, mais sans succès auprès des confrères de McCulloch. Par contre, d'autres personnes s'y sont intéressées.

Leur publication contient des schémas de modélisation de synapses, de neurones, etc. Bien sûr, leur approche est différente des représentations modernes d'un réseau de neurones. Dans le modèle de McCulloch et Pitts, les auteurs décrivent « seulement » ce que pouvaient faire les neurones artificiels quand on les mettait en réseau, mais il n'y a pas d'algorithmes d'apprentissage.

En conclusion de leur article, ils font référence à Alan Turing et sa fameuse machine (Turing a présenté dès 1936 une expérience de pensée qui prendra ensuite le nom de « machine de Turing »). Ils annoncent que leur réseau de neurones va être capable de réaliser le programme de la machine de Turing et que tout ce qui peut être fait par la machine de Turing peut l'être également par des réseaux de neurones. Ils mentionnent enfin les travaux d'Alonzo Church (1903 – 1995), considéré comme l'un des pères de l'informatique théorique, travaux publiés dans les années 1930, et dont Turing fut un élève à Princeton.



Si l'objectif de la famille des neurophysiciens n'a pas été atteint, l'article de McCulloch et Pitts attire l'attention de John von Neumann et du célèbre Norbert Wiener, à l'origine du mouvement de pensée de l'époque : la cybernétique et ses membres, les cybernéticiens. Le livre de Wiener « *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* » est publié simultanément en 1948, en anglais, par la librairie Hermann & Cie (Paris), The MIT Press (Cambridge, Mass.) et Wiley (New York).

Qu'est-ce que la cybernétique ? Wiener la définit comme une science générale du fonctionnement de l'esprit. Le mot vient directement du grec ancien κυβερνητική, lui-même dérivé du verbe kubernan qui signifie le fait piloter un char ou un bateau, donnant naissance à gouvernail ou plus généralement gouvernance.

La pensée cybernétique connaît un grand succès, en particulier en URSS, après la période Staline et Lyssenko, qui s'y montrent peu favorables. Dès la fin des années 50, la cybernétique connait un mouvement extraordinaire et on trouve encore en Europe centrale, orientale et en Russie des facultés et des départements de cybernétique au sein des universités.

En Europe occidentale ou en Amérique, le mot n'est maintenant plus guère utilisé ; il n'en reste que les deux premières syllabes, que l'on retrouve dans cybercriminalité ou cyber-espion.

Norbert Wiener (1894 – 1964) était ce qu'il est convenu d'appeler un enfant prodige : élève de professeurs de génie tels David Hilbert et Bertrand Russell, il obtint son doctorat à 16 ans à Harvard. Sa famille prétendait descendre de Moïse Maïmonide, médecin, talmudiste et philosophe juif (1138 – 1204), ce qui n'a jamais été prouvé. Il a été très inspiré par les travaux de McCulloch et Pitts ; il était

fasciné particulièrement par la personnalité du jeune Pitts. En 1945, Wiener écrit à son propos : « C'est sans conteste le plus grand jeune scientifique que je n'ai jamais rencontré ».

La lune de miel entre les deux génies s'interrompt brutalement en 1952, du fait de Wiener. Wiener n'adressa plus jamais la parole à Pitts, sans la moindre explication. Dans le livre qu'ils consacrent à Wiener « Héros pathétique de l'âge de l'information », publié en 2005, Flo Conway et Jim Siegelman évoquent non pas une cause scientifique, mais une histoire personnelle.

DEUXIÈME PARTIE : DE LA NAISSANCE DE L'INFORMATIQUE AU DEEP LEARNING

LE CONNEXIONNISME ET LA NAISSANCE DE L'INFORMATIQUE

JOHN VON NEUMANN

Le lien avec la naissance de l'informatique est très fort. Un rôle majeur est joué par Janos Neumann, ou John von Neumann (1903 – 1957). Mathématicien et physicien hongrois – il naît à Budapest – puis américain, von Neumann est bien connu pour ses travaux dans des domaines diversifiés, dont la théorie de la décision. Son travail de 1944, *Theory of games and economic behaviour*, co-écrit avec Oskar Morgenstern, est plus que précurseur.



John von Neumann

Entre autres, von Neumann est considéré comme le père de l'architecture des ordinateurs. Une vision attentive du timbre ci-dessus, édité par les postes hongroises, permet de reconnaître un schéma de circuit : il représente le premier ordinateur conçu par Von Neumann, sous l'acronyme EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*).

L'EDVAC est l'un des tout premiers ordinateurs électroniques (1949). Il opère en mode binaire contrairement à l'ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*, 1946), qui travaille en décimal, et est souvent mentionné dans les cours d'histoire de l'informatique.

Les caractéristiques de l'EDVAC : addition, soustraction et multiplication automatiques, division programmable, le tout avec un contrôle automatisé et une capacité-mémoire de 1000 mots de 44 bits, qui sera étendue par la suite à 1024 mots. Sa mémoire aurait en termes actuels une capacité de 5,5 ko**.** Il est composé de près de 6 000 tubes à vide et 12 000 diodes, consomme 56 kW, occupe une surface de 45,5 m2 et pèse 7,85 tonnes. Pour le faire fonctionner, trois équipes de trente personnes se succédant en continu sont nécessaires.



First Draft of a Report
on the EDVAC

by

John von Neumann

Contract No. W–670–ORD–4926

Between the

United States Army Ordnance Department

and the

University of Pennsylvania

Ci-dessus, la page de garde d'un rapport sur l'EDVAC datant de 1945, signé uniquement par John von Neumann. Il est clair qu'il n'a pas été tout seul dans la conception de l'EDVAC, ce qui a créé un certain mécontentement chez ses « partenaires ». Dans ce rapport est décrit ce que devait être un ordinateur avec la fameuse architecture de von Neumann, avec à la fois le calculateur et les programmes enregistrés. Le seul article mentionné par von Neumann est celui de McCulloch et Pitts, qui préconisaient la construction d'un ordinateur dans lequel les calculateurs sont les neurones mis en réseau.

ALAN TURING



Alan Turing

Un rapport d'Alan Turing (1912 – 1954), intitulé *Intelligent Machinery*, écrit en 1948, a été redécouvert vingt ans plus tard, en 1968. Puisque Turing travaillait beaucoup pour les services secrets, nombreuses sont ses publications qui ont été classées « secret défense », et, avec le temps, déclassifiées. Deux

chercheurs néo-zélandais, Jack Copeland et Diane Proudfoot, ont écrit plusieurs articles sur Alan Turing (voir, par exemple, *Alan Turing : father of the modern computer, The Rutherford Journal*, 2011). Selon ces deux biographes, Turing a certainement entendu parler des travaux de McCulloch et Pitts par von Neumann, mais ne les a pas cités. Il n'était pas convaincu par McCulloch, allant même jusqu'à le considérer comme un charlatan. Jugement probablement excessif. C'est une question ouverte de savoir si les avancées de McCulloch et Pitts ont eu une quelconque influence sur les travaux de Turing. Mais il est reconnu que ces derniers connaissaient les travaux de Turing.

LE PERCEPTRON DE FRANK ROSENBLATT

Quelle que soit l'inventivité de tous les grands noms cités, l'essentiel consiste à faire ou à faire faire des calculs. Les réseaux de neurones et l'apprentissage sont encore loin, avec leur principe de présenter des exemples et d'essayer d'apprendre comment il est possible de prédire.



Frank Rosenblatt

La rupture arrive avec les travaux de Frank Rosenblatt (1928 – 1971), et sa publication de 1958 « *The Perceptron : a probabilistic model for information storage and organization in the brain* », dans *Psychological Review*. Il est le concepteur-inventeur du Perceptron, la première machine à apprendre, comportant un système de rétroaction : l'algorithme de rétropropagation du gradient.

Le Perceptron n'est pas seulement un concept, mais aussi une machine réelle, représentée ci-après.



Le Mark 1 Perceptron est créé en 1957-58 selon les principes des réseaux multicouches à réponse linéaire à seuil. Il s'agit d'un classifieur visuel avec une couche d'entrée de 400 cellules photoélectriques selon une grille 20×20 simulant une rétine, une couche intermédiaire de 512 unités,

et une couche de sortie de 8 unités. Le Mark 1 Perceptron est visible au Smithsonian Institute à Washington.

L'algorithme d'apprentissage présentait certaines limites, et donc il y avait des tâches impossibles à exécuter. Partant de ce constat d'impossibilité, Marvin Minsky et Seymour Papert ont écrit un ouvrage « Perceptrons » publié en 1969. Beaucoup de lecteurs se sont arrêtés à cette mise en évidence des limites du Perceptron, alors que les auteurs présentaient des solutions, avec des réseaux de neurones en plusieurs couches, et des fonctions d'activation non plus linéaires mais logistiques.

Rosenblatt est mort le jour de son 43ème anniversaire, dans un accident de bateau ; sa contribution est telle qu'il est entré dans la postérité. En hommage, l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) a créé en 2004 le prix Rosenblatt, attribué, par exemple, en 2008 à Teuvo Kohonen, et en 2012 à Vladimir Vapnik.

LES HIVERS

La littérature consacrée aux réseaux de neurones fait référence aux deux hivers de l'IA.

Le premier hiver – 1970 – 1980 – suit le livre de Minsky et Papert et ses mauvaises ou incomplètes lectures, ayant pour conséquence « ça ne marchera jamais » et l'arrêt des subventions.

Ce premier hiver a été suivi d'un printemps, dans les années 80, plutôt dans les systèmes experts, et aussi grâce à la renaissance des réseaux de neurones due à l'algorithme de rétropropagation du gradient et les travaux de Paul Werbos (né en 1947) et David Rumelhart (1942 – 2011).

Deuxième hiver à partir de 1987. Cette période est marquée par un intérêt déclinant pour les réseaux neuronaux, en raison de capacités insuffisantes, de difficultés de codage, et de grande complexité de mise en œuvre. En même temps, d'autres développements prennent le dessus, comme les SVM (*Support Vector Machine*, ou Machine à vecteur de support) ou les forêts aléatoires, etc. De 1993 à 2001, l'Intelligence Artificielle passe en retrait, les mots prenant le même chemin que cybernétique dans le vocabulaire scientifique.

VAPNIK ET CHERNOVENKIS



De 1960 aux années 90, deux célèbres chercheurs russes, Vladimir Vapnik et Alexey Chervonenkis, construisent la théorie statistique de l'apprentissage. Depuis 2004, leurs articles (dont « *On uniform convergence of the frequencies of events to their probabilities* », in *Theory of Probability and its Applications*, 1971) et le livre de Vapnik « *The nature of statistical learning theory* » (2000, Springer) apportent un éclairage nouveau.

Après une brillante carrière académique, Vapnik a rejoint Facebook en 2014 ; la même année, Chervonenkis meurt de froid en se perdant dans la forêt d'un parc national proche de Moscou.

APPRENTISSAGE OU STATISTIQUE ?

Beaucoup de débats ou de controverses ont existé ou existent encore autour des mots apprentissage et statistique. Pendant des années, les statisticiens ont eu du mal à accepter la méthode de l'apprentissage, notamment parce que ce dernier fait de la prédiction sans modélisation au sens classique. Nous retrouvons là le célèbre adage : il est possible de prévoir sans comprendre. C'est par exemple le point de vue de Leo Breiman (1928 – 2005) en 2001, ou de Vapnik qui, en 2006, stipule que l'on peut trouver des modèles parfois bien meilleurs en évitant délibérément de reproduire des mécanismes qui ont produit des données, parce que l'objectif unique est la prévision et la prédiction.

Malgré l'hiver de l'IA et les débats, un certain nombre de statisticiens se sont intéressés assez tôt aux techniques des réseaux de neurones : Vladimir Cherkassky, Jerome Friedman et Harry Weschler publient en 1994 « *From Statistics to Neural networks* » , et peu de temps après, en France, suite à un colloque organisé par le Club Modulad*,* apparaît le livre « Statistique et méthodes neuronales » (Sylvie Thiria, Yves Lechevallier, Olivier Gascuel, Stéphane Canu ; Dunod, 1997).

Ces approches d'apprentissage ont apporté un élément novateur et important : la validation, avec l'idée qu'on ne peut pas avoir un modèle de prévision sans valider ces prévisions par des données externes et donc par un usage systématique de la séparation « ensemble d'apprentissage »-« ensemble de test ». Cela semble maintenant évident. Les précurseurs furent, entre autres, Paul Horst en 1941, Peter Lachenbruch et Ray Mickey, « *Estimation of error rates in discriminant analysis* », Technometrics, 1968, ou Mervyn Stone, « *Cross-validation choice and assessment of statistical predictions* », Journal of Royal Statistical Society, 1974.

En France, Françoise Fogelman Soulié a été à l'avant-garde du développement du connexionnisme et de l'apprentissage. Retour en arrière : elle était la directrice de thèse de Yann LeCun. Dans les années 80, les physiciens ont également joué un grand rôle dans le développement des réseaux de neurones ; il faut citer, en particulier, un article de Marc Mézard et Werner Krauth de 1988. Marc Mézard est depuis 2012 le directeur de l'Ecole Normale Supérieure.

Le mot start-up n'était pas à la mode, ce qui n'a pas empêché l'émergence de sociétés comme Mimetics, en 1991. Il faut reconnaître qu'en France, il y a toujours eu des chercheurs en Intelligence Artificielle, même dans les périodes hivernales. Une illustration est fournie par le colloque de Cerisy de 1981 intitulé « L'auto-organisation, de la physique au politique », très multi-disciplinaire, avec la participation de philosophes ou de sociologues.

Et, après 2008 arrive le *Deep Learning*, l'apprentissage profond. Là, il ne s'agit alors plus d'histoire, mais de l'actualité.