

ЗАПАДНЫЙ ЗАПАД

L'APPRENTIE MACHINE

MACHINE LEARNING, RELATIONS HUMAIN-MACHINE ET DESIGN

CAMILLE RATTONI

Master Thesis I (théorique)
Tuteur: Daniel Pinkas

Haute École d'Art et de Design – Genève
Master HES-SO en Design, orientation Media Design

Février 2016

TABLE DES MATIÈRES

Introduction · · · · · 1

I – Des machines qui apprennent · · · · · 3
- Le *machine learning*, qu'est-ce que c'est? · · · · · •
- Contextualisation · · · · · 4
- Quelles sont ses particularités? · · · · · 6
- Quelques exemples · · · · · 9
  - Deep Dream · · · · · 10
    - La paréidolie · · · · · 12
  - A Neural Algorithm of Artistic Style · · · · · 14
    - Le paradoxe sorite · · · · · •
  - Artificial Brain Project · · · · · 16
    - Le chat, un exemple de sémiologie · · · · · 17
    - Le paradoxe du célibataire · · · · · 18

II – Humain et machine, une relation complexe · · · · · 21
- Notre capacité d'apprentissage versus celle de nos machines · · · · · •
- Des complexes fermement ancrés · · · · · 22
  - Les « blessures narcissiques de l'humanité » selon Bruce Mazlish · · · · · •
  - La « honte Prométhéenne » selon Günther Anders · · · · · 24
  - Le « complexe de Frankenstein » selon Isaac Asimov · · · · · 25

III - Quels effets le *machine learning* pourrait-il avoir sur le travail du designer? · · · · · · 29
Étoffer la relation à la machine par le design ·
Juerg Lehni · 30
Golan Levin · 31
Un outil de pensée · 33
Karl Sims · 34
Design génératif et gravure · 35
Paternité sur l'œuvre faite par une machine · 38
Harold Cohen et AARON · 39

Conclusion · 41
Surmonter la quatrième discontinuité ·

Remerciements · 45

Bibliographie · 47

Iconographie · 55

INTRODUCTION

TRADUIT en français « apprentissage automatique », le *machine learning* est une forme de logiciel ayant la capacité d'apprendre. Dans ce mémoire, j'expliquerai de quoi il s'agit et comment il est employé actuellement. Je tenterai surtout d'apporter une réponse à la question suivante :

COMMENT le *machine learning* peut-il contribuer à reconfigurer les relations humain-machine, particulièrement dans le contexte du design?

Ainsi, mon mémoire s'articule en trois parties. Dans la première, j'explique ce qu'est le *machine learning* à l'aide d'exemples, sans cependant rentrer dans les aspects techniques au delà de mes compétences. Dans la deuxième, j'explore la relation humain-machine. Enfin, dans la troisième partie, j'envisage de quelle façon le *machine learning*, appliqué dans le design et dans l'art, peut contribuer à reconfigurer cette relation d'un point de vue plus général, en réfléchissant aux implications de la possibilité d'apprentissage par la machine. Plusieurs apartés (en beige) ponctuent le texte pour apporter des éléments théoriques et philosophiques (dans les deux premières parties) et artistiques (dans la troisième partie).

Il faut garder en tête pendant la lecture que j'écris ce mémoire dans une période foisonnante où de nouveaux projets voient le jour presque quotidiennement, car le *machine learning* n'en est encore qu'à ses débuts : il reste beaucoup à explorer et à imaginer. Pour preuve, on peut se reporter aux dates des références bibliographiques de ce mémoire, certains articles ayant été publiés seulement quelques jours avant la fabrication de cet ouvrage!

J'AI souhaité utiliser autant que possible la terminologie anglaise, car la traduction « apprentissage automatique » s'éloigne trop de mon sujet : on perd la notion de machine, ce qui porte à confusion, et le terme « automatique » laisse à penser qu'il n'y a rien à faire alors que c'est un travail conséquent d'amener un programme de *machine learning* à son plein potentiel. Par ailleurs, je perçois dans les mots « *machine learning* » une ambiguïté qui va me permettre de construire mon propos : une machine qui apprend incarne la capacité humaine à apprendre, sa curiosité, sa soif de savoirs et sa quête d'omniscience. En revanche, une machine qui apprend *à l'humain*, comme une encyclopédie par exemple, ignore ce rapport au savoir et n'est qu'un outil, une concentration d'idées humaines, dépourvues des concepts qu'elles représentent.

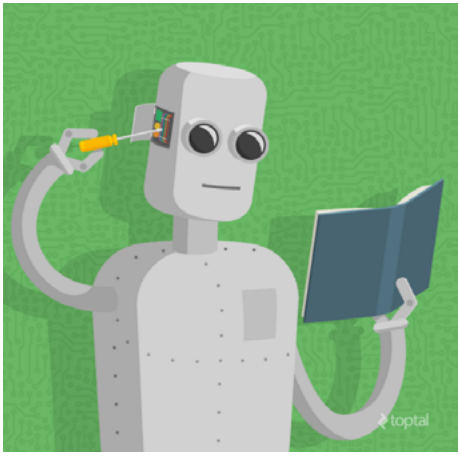
I – DES MACHINES QUI APPRENNENT

LE MACHINE LEARNING, QU'EST-CE QUE C'EST?

Le *machine learning* est une manière de concevoir un projet informatique en faisant apprendre quelque chose à la machine. Autrement dit, on lui permet « *d'évoluer par un processus systématique, et ainsi de remplir des tâches difficiles ou impossibles à remplir par des moyens algorithmiques plus classiques* » [1].

Ces programmes sont très souples, capables d'évoluer et se perfectionner dans la tâche qu'on leur confie. C'est au milieu de grandes quantités de données que l'on donne à traiter à la machine (c'est là que se situe la notion d'apprentissage : la façon d'intégrer les données dans la machine leur donne une nouvelle valeur et maniabilité), que l'on peut déterminer un environnement de recherche et l'arpenter sans que l'architecture du programme soit spécifiquement prévue pour celui-ci.

Un point crucial est qu'on structure les données au fur et à mesure à l'aide de statistiques durant une ou plusieurs phases d'apprentissage.



A

1 – *Apprentissage automatique*. Wikipédia : l'encyclopédie libre [Consulté le 25 janvier 2016].

CONTEXTUALISATION

BIEN que la technique du *machine learning* ait fait ses premiers pas dans les années quatre-vingt, la concurrence avec les autres méthodes en intelligence artificielle, alors en plein essor, et les moyens de stockage des données limités, repoussèrent son expansion aux années nonante, où elle prit véritablement son envol avec sa diffusion et son utilisation sur internet [2]. Les moyens nécessaires sont pourtant déjà disponibles dans les académies et les milieux universitaires depuis plus de cinquante ans. Des cours et des *workshops* sont également donnés depuis plusieurs années dans des établissement à la pointe tels que le MIT ou l'Université de Stanford[3], où a longtemps enseigné Andrew Ng, chercheur et développeur considéré comme le pape du *machine learning*, avant de rejoindre les équipes de recherche de Google.

Le *machine learning* est aujourd'hui utilisé dans des domaines très variés. Cette méthode est employée dans de nombreux outils que nous utilisons fréquemment, notamment les suggestions de recherche Google [4], le calibrage continu du clavier tactile sur iPhone, ou encore pour générer des *playlists* personnalisées sur Spotify [5].

Ainsi, le *machine learning* est devenu une méthode à part entière dans l'étude des données. Là où le *data mining* permet de découvrir des *patterns* [6] cachés dans la masse existante des données, le *machine learning* est plutôt orienté sur la prédiction, donc la génération de nouvelles données, bien qu'on puisse coupler les deux méthodes.

---

2 – *Machine Learning*. Wikipédia : l'encyclopédie libre [Consulté le 4 janvier 2016].

3 – Le cours sur le machine learning existe depuis 2004 à l'Université de Stanford : NG, Andrew, 2015. *CS 229 Machine Learning Course*. Stanford, Huang Engineering Center [Consulté le 4 janvier 2016].

4 – Ashley [pseudonyme], 2016. *Saisie semi-automatique*. Aide Recherche Web [Consulté le 6 janvier 2016].

5 – Voir :
Dossier presse de Spotify à propos de Discover Weekly : Spotify [société], 20 juillet 2016. *Introducing Discover Weekly : your ultimate personalised playlist*. Spotify Press. [Consulté le 6 janvier 2016].

Article expliquant comment marche le système : ITAH, Maya, 16 septembre 2015. *What Spotify's Discover Playlist Can Teach Us About Machine Learning*. Boomtrain [Consulté le 6 janvier 2016].

Article technique détaillé : DIELEMAN, Sanders, 2014. *Recommending music on Spotify with deep learning*. Blog de Sander Dieleman, research scientist at Google DeepMind [Consulté le 25 janvier 2015].

6 – Un pattern (motif en Anglais), désigne un agencement de données récurrentes qui semblent significatives.

POUR situer chronologiquement le *machine learning* dans le domaine de l'*open-source*, on peut citer Shogun [7], un *toolbox* [8] sorti pour la première fois en 1999. Toutefois, l'engouement n'a débuté qu'autour de 2010, lorsque les ordinateurs personnels ont atteint les performances nécessaires, et que de nombreuses ressources ont progressivement été mises à disposition en ligne, comme des contributions d'une communauté formée autour d'un nouveau hobby à la mode. La présence de cette discipline sur Opensource.com et d'autres plateformes de référence de l'*open-source* en atteste. On trouve des outils libres tel qu'Octave (Oracle) [9] ou TensorFlow (Google – *open-source* depuis novembre 2015) [10], mais aussi des ressources payantes à l'interface relativement *user-friendly* tel qu'Azure Machine Learning (Microsoft) [11]. L'*open-source* permet une évolution rapide et diversifiée d'une discipline, ce qui contribue à l'expansion du *machine learning* aujourd'hui.

CEPENDANT, les limites de cette expansion sont posées par la complexité de la discipline, qui demande, avant de pouvoir obtenir un quelconque résultat, de comprendre des notions de statistiques et d'analyse de haut niveau (ne serait-ce que pour savoir quelle méthode construire en utilisant un *toolbox*). En outre, un système de *machine learning* est une sorte de boîte noire, dont on sait ce qui y entre et en sort, mais pas exactement ce qu'il se passe entre deux, ce qui peut produire à la fois une impression d'extrême abstraction et de prestidigitation numérique.

---

7 – YEGULALP, Serdar, 4 décembre 2014. *11 open source tools to make the most of machine learning*. InfoWorld [Consulté le 4 janvier 2016].

8 – Un toolbox (boîte à outils en Anglais), est une bibliothèque de scripts prêts à l'emploi, souvent dotés d'une interface utilisateur, dont le but est de permettre à des développeurs moins expérimentés d'avoir accès malgré tout à des outils avancés et optimisés.

9 – *GNU Octave programs 4.0.0*. GNU.org [Consulté le 5 janvier 2016].

10 – *TensorFlow is an Open Source Software Library for Machine Intelligence*. TensorFlow [Consulté le 4 janvier 2016].

11 – Cette page d'explications donne pour exemple une machine apprenante simple, servant à prédire si un vin sera bonen mesurant ses composantes chimiques. Bien que la phase d'entraînement soit tout à fait subjective, la machine atteint une précision d'environ 40 à 90% de prédictions justes selon la méthode de tri choisie: CASTERES, Romain et GEELEN, Peter, 3 aout 2014. *Predict Wine Quality with Azure Machine Learning*. Microsoft TechNet [Consulté le 4 janvier 2016].

QUELLES SONT SES PARTICULARITÉS?

Le *machine learning* est donc une discipline compliquée, mais je vais ici m'efforcer de mettre en évidence les points qui me paraissent les plus importants.

La caractéristique principale d'un programme de *machine learning* est qu'il essaye de reproduire à sa manière la façon dont nous, humains, apprenons. Il y parvient tout d'abord en enregistrant des données ciblées qui lui permettent d'évoluer dans un champ que le développeur définit. Les structures logicielles sont donc conçues pour enregistrer et traiter l'information d'une manière atypique pour l'informatique.

Un processus de *machine learning* s'articule selon les phases suivantes:

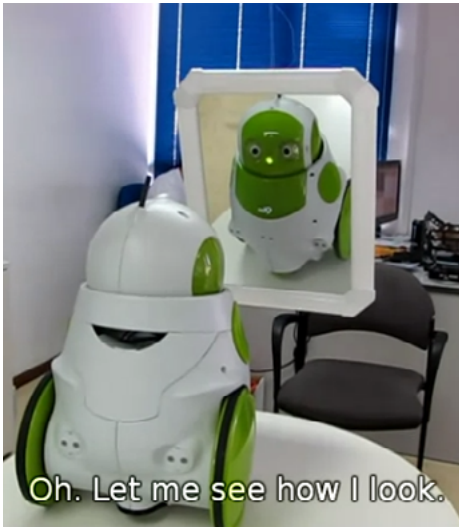
- architecture logicielle (création du logiciel, d'un « cerveau vide »[12])
- entraînement (c'est la phase d'apprentissage, où on remplit la machine de *training data*[13])
- test
- entrainement *ou* mise en service.

La phase d'apprentissage peut être supervisée (on fournit à la machine des données précisément conçues pour faire progresser la machine dans le sens qu'on veut, comme un programme scolaire très détaillé) ou non-supervisée (on laisse la machine enregistrer beaucoup de données, en les tirant d'internet par exemple, et elle infère ses propres conclusions). On peut aussi envisager de mener la phase d'apprentissage de façon semi-supervisée: les données d'entraînement sont une combinaison des deux méthodes précédemment citées en utilisant des données étiquetées et d'autres non.

12 – Ce point sépare le *machine learning* des neurosciences en le fait que les sciences de l'éducation considèrent que la notion de « cerveau vide » chez l'enfant n'existe pas, c'est pourquoi la mission d'un enseignant n'est pas de remplir des têtes mais bien d'éduquer, de révéler les capacités déjà présentes de l'enfant en l'accompagnant dans son développement (son développement se fera, avec ou sans école). À l'opposé, une machine actuelle est bel et bien vide lorsqu'elle est neuve et ne se développe pas d'elle même (c'est moins vrai en cas d'entraînement non-supervisé), donc ce mythe de « cerveau vide » devient réel quand on parle de *machine learning*.

13 – Des *training data* (en Anglais « données d'entraînement ») sont les composantes de bases de données spécifiquement conçues pour l'entraînement de machines. Ces bases de données sont appelées *dataset* (en Anglais « collection de données »).

UNE technique, appelée renforcement [14], consiste à permettre à une machine d'interagir avec son environnement, et de lui faire savoir au fur et à mesure si son comportement est correct ou non, tout comme pour le dressage d'animaux. La machine associe donc les bons comportements comme réponse correcte à une situation. Cette technique est plus utilisée pour le développement de robots, comme QBO :



QBO est un robot qui peut interagir avec son environnement grâce à la reconnaissance d'images, et avec les humains par le langage. Son entraînement se fait avec un tuteur humain. Ici, son tuteur lui montre un miroir et lui dit « tu vois cette image? C'est toi, QBO! » [B]

ON peut classer les différentes applications de *machine learning* selon deux modalités temporelles d'apprentissage, dont les résultats peuvent être très différents : soit on entraîne la machine au maximum, puis on utilise une capacité fixe, soit elle apprend en temps réel pour faire des ajustements constants pendant son utilisation.

14 – Ce terme est intéressant car il est utilisé couramment dans le vocabulaire de l'éducation et du dressage d'animaux. Pour éduquer un être vivant avec cette méthode, on l'accompagne sur le terrain. On punit s'il y a faute (renforcement négatif) ou on récompense s'il y a un bon comportement (renforcement positif). Le sujet détermine petit à petit ce qu'il ne doit pas faire et comment il doit se comporter en fonction de sa relation avec son maître. C'est exactement la méthode utilisée pour l'apprentissage de QBO, qui se base constamment sur le *feedback* que son maître lui renvoie : *Apprentissage par renforcement*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 24 novembre 2015. [Consulté le 5 janvier 2016]

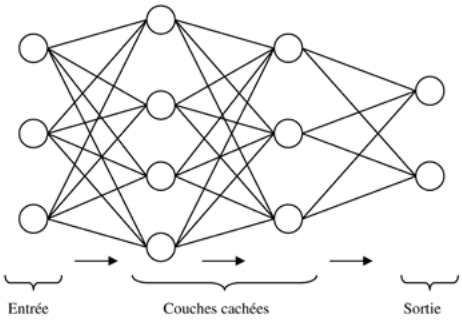
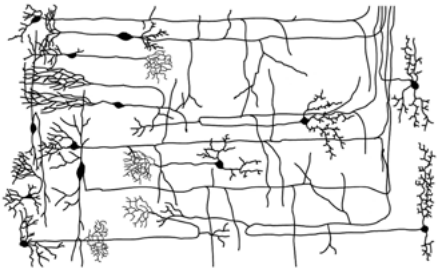


SCHÉMA D'UN RÉSEAU NEURONAL NUMÉRIQUE



CROQUIS D'UN RÉSEAU NEURONAL BIOLOGIQUE

Un réseau neuronal numérique à côté de ce qui a servi d'inspiration à sa création : des neurones biologiques connectés entre eux. On notera que les données circulent entre ces deux sortes de neurones par le même biais: des impulsions électriques, bien que la chimie joue un rôle dans le cerveau (neurotransmetteurs). [C]

POUR permettre à une machine d'apprendre, on utilise des algorithmes spécifiques, souvent inspirés de la biologie. Le réseau neuronal [15], technique inventée par W.McCulloch et W.Pitts en 1950 [16], est le plus utilisé pour la mise en place de *machine learning*, car bien qu'il requiert une grande puissance de calcul, il permet le traitement de beaucoup d'informations en parallèle, ce qui accélère la vitesse d'exécution ainsi que le nombre et la qualité des corrélations entre les données.

D'ailleurs, le lien avec les neurosciences inspire les chercheurs en psychologie et en sciences cognitives, comme en témoigne l'extrait suivant, tiré d'un article du blog d'un chercheur en sciences cognitives :

« *Ce qui est excitant* [à propos du *machine learning*] *(du moins pour des chercheurs en sciences cognitives comme nous), c'est qu'il offre un cadre quantitatif précis pour comprendre l'apprentissage autonome chez l'humain. En effet, nous pouvons « emprunter » des idées à la littérature du* machine learning *pour nous aider à développer des*

15 – *Aprentissage automatique : les réseaux de neurones*. Université de Lille3 [Consulté le 4 janvier 2016].

16 – *Réseau de neurones artificiels*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Publié le 25 novembre 2015. [Consulté le 4 janvier 2016].

théories sur la façon dont les gens choisissent de collecter les informations pendant qu'ils apprennent. Bien que ce soit sérendipiteusement, certains algorithmes que nous empruntons au machine learning *peuvent vraiment prédire comment les humains* [le font …] *! Ce serait aussi possible de prendre l'idée à revers : certaines idées et découvertes en psychologie pourront peut-être un jour aider à* [améliorer la phase d'apprentissage dans] *les systèmes de* machine learning. » [17]

Il existe actuellement une vingtaine d'algorithmes [18] différents pouvant être utilisés dans la même optique. On choisit parmi eux celui qui semble intuitivement le plus approprié selon le projet.

QUELQUES EXEMPLES

BEAUCOUP de projets de *machine learning* ont des applications très « cérébrales » où il s'agit de faire des prédictions de toutes sortes, mais aussi de détecter et organiser des données [19]. Le but est de permettre à la machine de détecter des concepts de haut niveau [20], puis de les étudier ou de les mettre à profit (par exemple, repérer des anomalies dans un cours boursier). J'ai bien sûr choisi de montrer ici quelques exemples dont le résultat est visuel, ce qui reste encore l'exception plutôt que la règle.

17 – GURECKIS, Todd et MARKANT, Doug, 2012. *What can machine learning research tell us about self-directed learning in people?* Gureckislab [Consulté le 25 janvier 2016].

18 – Liste des algorithmes possibles pour l'apprentissage supervisé, explications générales sur le machine learning : voir note № 11.

19 – INGERSOOL, Grant, 14 septembre 2015. *Getting started with open source machine learning*. Opensource.com [Consulté le 6 janvier 2016].

20 – C'est-à-dire proche de l'entendement humain dans son exercice ordinaire plutôt que dans des activités logico-mathématiques. Ces mêmes termes sont employés pour classer les langages de programmation selon sa proximité avec l'utilisateur (plus le langage est « de haut niveau », plus sa pratique correspond à une logique humaine).

DEEPDREAM

par Google. Caractéristiques : entraînement supervisé, au maximum, capacité fixe.

Le projet *DeepDream*, par Google [21] – de plus en plus populaire depuis sa publication en *open-source* – a été entraîné à l'aide d'importantes bases de données d'images. À la fin, *DeepDream* est devenu capable de projeter des motifs et des formes récurrentes de sa base de données sur une nouvelle image, comme nous le ferions en regardant les nuages.

Diverses applications [22] et même des services web [23] permettent d'exécuter *DeepDream* sur ses photos personnelles. Ces applications se décrivent, poétiquement et, qui sait? littéralement, comme permettant de faire rêver le processeur de sa machine, sans expliquer les vrais tenants et aboutissants du projet. Pourtant, *DeepDream* est une étude destinée à détecter du sens dans des images, à comprendre visuellement comment un algorithme récursif [24] se comporte après avoir ingurgité ses *training data*.

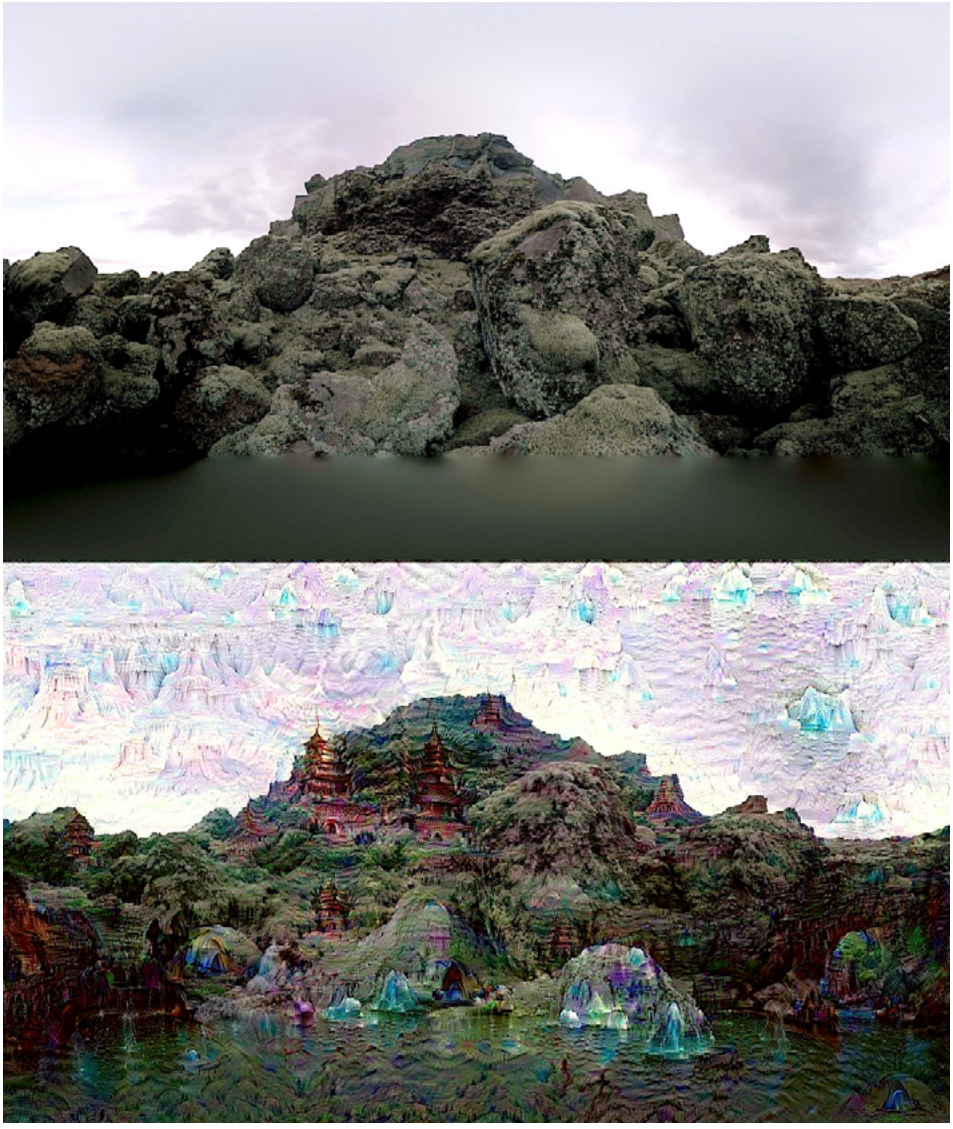
Ci-à droite : une image avant puis après le processus DeepDream *de Google. On peut voir que le programme prend en compte autant les détails que la globalité de l'image, détectant qu'il pourrait s'agir d'un paysage, extrapolant sur les couleurs et les formes…*

21 – MORDVINTSEV, Alexander, 17 juin 2015. *Inceptionism : Going Deeper into Neural Networks*. Google Research Blog [Consulté le 5 janvier 2016].

22 – Par exemple, l'application *DreamDeeply* pour Android : *DreamDeeply*, [Mis à jour le 22 septembre 2015]. Google Play Store [Consulté le 6 janvier 2016].

23 – Par exemple, l'application web *DeepDream Generator* : *DeepDream Generator*, 2016. Page web [Consulté le 6 janvier 2016].

24 – Un algorithme récursif est un algorithme qui s'exécute plusieurs fois sur lui-même. On parle de profondeur de récursion pour désigner le nombre de fois qu'il s'exécute. Dans le cas de *DeepDream*, la profondeur de récursion fait varier l'intensité des effets visuels (à chaque récursion, les images ajoutées s'étendent et se précisent).



D

Un procédé simple a été mis en place pendant le développement de *DeepDream*, pour révéler l'effet de l'algorithme durant les phases d'apprentissage : la génération d'images à partir de bruit [25]. Cela a permis de savoir, entre autres, comment une machine ayant reçu comme entraînement exclusivement des images d'haltères se représentait l'objet : il semblait que l'objet était indissociable du bras musculeux qui les soulève. La popularité n'était pas le but explicitement poursuivi par ces études, pourtant l'aspect de ces images qui surviennent sans que l'on sache vraiment comment elles sont générées fascine, et élève (ou rabaisse?) *DeepDream* au rang d'un filtre Instagram un peu particulier.



Images obtenues pendant le développement de Deep Dream*: la machine ne semble pas pouvoir définir un haltère sans le bras qui le porte.* [E]

LA PARÉIDOLIE

On pourrait dire que *DeepDream* reproduit ce subtil comportement psychique involontaire que décrit Léonard De Vinci : « […] *si tu regardes des murs souillés de beaucoup de taches, ou faits de pierres multicolores, avec l'idée d'imaginer quelque scène, tu y trouveras l'analogie de paysages au décor de montagnes, rivières, rochers, arbres, plaines, larges vallées et collines de toute sorte. Tu pourras y voir aussi des batailles et des figures aux gestes vifs et d'étranges visages et costumes et une infinité de choses, que tu pourras ramener à une forme nette et compléter* ». [26]

Projeter une image sur une autre est un comportement naturel chez l'humain, il est même cultivé dans le milieu artistique

25 – Un bruit coloré est une image numérique dont la teinte, saturation et luminosité de chaque pixel sont tirées aléatoirement, qui ne représente rien.

26 – DE VINCI, Léonard, 2003. *Traité de la peinture*. Page 216.

comme source d'inspiration. La paréidolie (du grec *para*, « à côté » et *eidos*, « apparence », soit apparence parallèle) est le fait d'identifier des visages, animaux ou autres formes connues dans des formes aléatoires ou des objets. [27]

Nous faisons tous ces curieuses associations. Les neuroscientifiques pensent que cette fonction anticipatrice du cerveau sert à identifier des objets inconnus auparavant, en se basant sur ce qu'il connaît. L'identification doit être rapide pour le cas où ce serait un danger à fuir, ce qui relègue ces associations au rang de réflexe, causant la surprise à celui qui l'expérimente.

Pour qu'une telle fonction soit efficace, il est compréhensible que les « faux positifs » soient plus fréquents que les « faux négatifs » (voir un tigre et ne pas reconnaître le danger serait problématique). Autrement dit, ces associations que notre cerveau fait sont les mêmes « faux positifs » (ou heureux hasards?) qu'une machine apprenante pourra faire lorsqu'elle est confrontée à une nouvelle donnée!



Ci-dessus, FaceTracker [28]*, un logiciel de reconnaissance faciale* open-source*, face à une prise électrique Danoise.* [F]

FaceTracker a appris à reconnaître un visage selon des critères définis par *machine learning*. Son entraînement n'étant pas des plus élaboré, le logiciel peut facilement confondre une prise électrique avec un visage, à la grande joie de ses utilisateurs créatifs qui jouent sur ce défaut. [29]

Ainsi, humains et machines voient le visage dans la prise électrique.

---

27 – *Paréidolie.* Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 15 janvier 2016. [Consulté le 25 janvier 2016].

28 – SARAGIH, Jason et McDONALD, Kyle, 2013-2014. *Fast, accurate, easy face tracking.* [Consulté le 6 janvier 2016]. Cette librairie a été constituée par *machine learning*.

29 – Expérimentations artistiques autour de cette hypothèse : Greg [pseudonyme], 14 janvier 2012. *Machine Pareidolia : Hello Little Fella Meets FaceTracker*. Page Web [Consulté le 6 janvier 2016].

A NEURAL ALGORITHM OF ARTISTIC STYLE

par Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker et Matthias Bethge [30].
Caractéristiques : entraînement supervisé, au maximum, capacité fixe.

CETTE machine a été entraînée à détecter et comprendre le style visuel d'un peintre. Ce concept tient pourtant à des variations parfois infimes, qu'il nous est difficile de décrire avec nos mots. Ses créateurs tentent malgré cela de rationaliser l'irrationnel. Par apprentissage supervisé, la machine doit trier les images d'entraînement selon différents critères : forme des coups de pinceau, niveau d'abstraction, couleurs… Après la phase d'apprentissage, on demande à la machine d'interpréter une image à l'aide des paramètres qu'elle aura défini d'après les œuvres d'un peintre au choix. Tout comme *DeepDream*, *A Neural Algorithm of Artistic Style* a cette ambiguïté dans son application finale : de prime abord, il s'agit simplement d'un filtre pour image un peu complexe. Le travail n'a de réel impact que lorsque l'on comprend que la machine a fait bien plus qu'analyser des contrastes et des couleurs pour appliquer ces effets visuels : elle a réellement dégagé des paramètres picturaux relatifs à la technique de la peinture.

LE PARADOXE SORITE

À partir de quel moment peut-on considérer une entité comme intelligente? Consciente? Créative? Pouvoir détecter les sentiments humains signifie-t-il réellement les comprendre, ou même être capable de les éprouver? Le paradoxe sorite (issu du Grec « tas ») est un bon révélateur de la difficulté à qualifier ce qui fait l'intelligence.Voici son énoncé : il est communément admis qu'un ensemble de 10'000 grains de sable est un tas de sable. Si on retire un grain de sable, cela reste néanmoins un tas. Si on en retire un autre, c'est toujours un tas de sable, etc. Jusqu'à obtenir un tas composé d'un seul grain de sable, ce qui n'est pas admissible par pure logique! Mais alors, à quel moment le tas a-t-il cessé d'être un tas? [31]

Sans parler du problème de la quantification de l'intelligence, on peut dire que l'une des caractéristiques naturelles de celle-ci est de ne pas être troublé par le paradoxe du tas.

---

30 – Rapport de fin de projet des trois étudiants : GATYS, A. Leon et al., 2 septembre 2015. *A neural Algorithm of Artistic Style*. Cornell University Library [Consulté le 6 janvier 2016].

31 – FRANCESCHI, Paul, 2005. *Introduction à la philosophie analytique*. Pages 21 à 26.



L'algorithme est capable de transcrire une photo dans le style de peinture de plusieurs artistes au choix.
A : photo originale.
B – F : interprétation par la machine selon les styles visuels des différents peintres. [G]

ARTIFICIAL BRAIN PROJECT

par Google. Caractéristiques : entraînement non supervisé, en continu.

CONTRAIREMENT à *DeepDream*, dont la méthode d'apprentissage est supervisée, *Artificial Brain* découvre des images à reconnaître par lui-même. Conçu comme un super réseau neuronal, ce projet regroupe environ mille ordinateurs en réseau, soit environ 16'000 cœurs de processeurs [32] !

Ses capacités d'apprentissage sont similaires à celles de *DeepDream*, mais en beaucoup plus puissant et rapide. Dans cette expérience, *Artificial Brain* a été lancé sur YouTube : avec plus d'1,3 millions de vidéos de chats disponible sur la plateforme [33], de surcroît souvent très populaires, il avait de fortes chances d'en visionner quelques unes!

Après avoir englouti dix millions d'images à travers des vidéos [34] le programme avait enregistré des motifs récurrents qui semblaient importants : le visage humain, le corps humain et… la tête des chats!



La « définition » d'une tête de chat selon Artificial Brain Project. [H]

Ce que visaient les chercheurs avec cette expérience (parmi lesquels Andrew Ng, cité plus tôt), c'était que l'ordinateur soit capable d'apprendre par lui-même comme un nouveau-né [35]. À la fin de l'expérience, *Artificial Brain* était capable de détecter l'apparition d'un chat dans une vidéo avec 74.8% de précision (81.7% pour détecter des humains).

---

32 – CLARK, Liat, 26 juin 2012. *Google's Articicial Brain to find cat videos*. Wired [Consulté le 6 janvier 2016].

33 – GLAD, Vincent, 8 décembre 2011. *Les chats ne sont pas les rois de l'Internet*. Slate [Consulté le 6 janvier 2016].

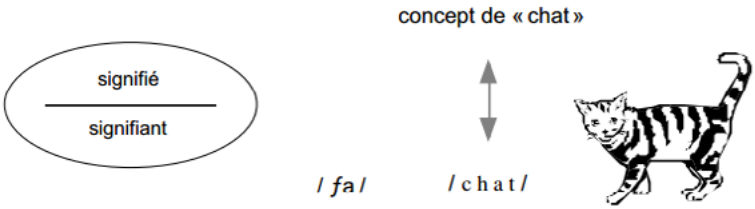
34 – Si on considère que c'est le nombre d'images cumulées dans chaque vidéos, à 24 images/seconde, cela donne presque 7000 heures de visionnage ininterrompu!

35 – En supposant que le mythe du « cerveau vide à la naissance », la *tabula rasa*, soit vrai : *Tabula rasa (philosophie)*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 3 août 2015. [Consulté le 25 janvier 2016].

C'est un score impressionnant compte tenu de sa totale autonomie dans l'apprentissage, mais il reste du chemin avant d'atteindre la précision et la souplesse d'un humain à reconnaître ses semblables, ou un chat, sous des angles et des éclairages indéfiniments variables. *Artificial Brain Project* se situe dans la branche dite *deep learning*, dont les recherches ont pour but d'émuler la biologie, autant pour faire avancer la robotique que la compréhension du cerveau humain (notamment en utilisant et perfectionnant divers algorithmes de réseau neuronal). [36]

LE CHAT, UN EXEMPLE DE SÉMIOLOGIE

La sémiologie est une discipline qui étudie les multiples outils du langage. L'interprétation du langage naturel constitue un défi en informatique, que le *machine learning* tente de relever. Malgré notre pratique courante du langage oral et écrit, nous ne sommes que peu conscients de tous les mécanismes mentaux et physiques auxquels nous faisons appel pour communiquer. Certaines pensées sont laissées libres tandis que d'autres sont formatées par des mots, par exemple, le nom que l'on donne aux animaux pour pouvoir les évoquer sans avoir besoin d'en avoir un sous la main à pointer du doigt. François de Saussure utilise le chat dans un de ses exemples [37] pour montrer le concept de signe :



Les deux faces du signe: transcription phonétique et alphabétique de sons ainsi qu'expression par traits et taches d'un dessin

36 – ALY, Hashem, 19 août 2015. *Deep Learning And The Race To Build The Artificial Human Brain*. LinkedIn [Consulté le 6 janvier 2016].

37 – DOMENJOZ, Jean-Claude, 1998. L'approche sémiologique [PDF] [en ligne]. [Consulté le 6 janvier 2016].

Avec *Artificial Brain Project* qui apprend tout seul à détecter un chat, la machine a-t-elle pour autant acquis le concept de chat? Dans le cas de ce projet, la réponse est clairement négative. Mais s'il évolue encore, il paraîtra plausible que son accès à l'intelligence lui permette de concevoir sa propre existence et celle d'autres créatures; autrement dit, d'accéder à la conscience.

LE PARADOXE DU CÉLIBATAIRE

Dans son livre « Comment fonctionne l'esprit » [38], Steven Pinker expose les difficultés que peut rencontrer une intelligence artificielle pour prendre des décisions selon le contexte. Il illustre ce « problème du cadre » à l'aide de l'exemple suivant:

« *Examinons un exemple classique de concept bien défini, celui de « célibataire ». Un homme célibataire, bien sûr, c'est tout simplement un être humain adulte, de sexe masculin, qui n'a jamais été marié. Maintenant, imaginez qu'une amie vous demande d'inviter des hommes célibataires à sa fête. Que se passera-t-il si vous vous servez de cette définition pour décider, dans la liste suivante, qui inviter:*

- *Arthur vit heureux avec Alice depuis cinq ans. Ils ont une fille de deux ans, et ne se sont jamais mariés officiellement.*
- *Bruce allait être appelé pour le service militaire; il s'arrangea donc avec son amie Barbara pour l'épouser à la mairie afin d'être exempté. Ils n'ont jamais vécu ensemble.* […]
- *Charlie a 17 ans. Il vit chez ses parents et va au lycée.* […]
- *Eli et Edgar sont un couple d'homosexuels qui vivent ensemble depuis longtemps.*
- *Faisal, originaire d'Abu Dhabi, a le droit d'avoir six épouses. Il* […] *aimerait* [en] *rencontrer une autre* […].
- *Le Père Gregory est l'évêque de la cathédrale catholique de Groton-upon-Thames.* »

Sans en savoir assez sur les acquis tacites ou implicites humains, la machine donnera une réponse erronée pour chacune de ces situations spécifiques. Sur la seule base de la définition de ce qu'est un célibataire énoncée auparavant, elle n'aura pas les bons points de repère.

38 – PINKER, Steven, 2000. *Comment fonctionne l'esprit*. Page 21.

II – HUMAIN ET MACHINE, UNE RELATION COMPLEXE

NOTRE CAPACITÉ D'APPRENTISSAGE VERSUS CELLE DE NOS MACHINES

L'INTELLIGENCE et l'apprentissage sont des facultés étroitement liées. Elles semblaient réservée à des organismes vivants, jusqu'à ce que l'on commence à imaginer des moyens de reproduire ce phénomène techniquement, il y a plus de cinquante ans (pour rappel, l'invention de la technique du réseau neuronal remonte à 1950 déjà).

Le potentiel d'une machine numérique réside dans ses possibilités d'enregistrement de données exactes (alors que nous pouvons avoir des souvenirs « flous »), la vitesse et la fiabilité d'accès à ces données (alors qu'il peut nous être difficile de nous souvenir de quelque chose) et leur traitement par algorithmes (ce qui nous demanderait dans certains cas un entraînement et un temps d'exécution conséquents).

Cependant, si nous « enregistrons » beaucoup moins de données qu'une machine et moins précisément, nous n'avons a priori pas de limite de contenance, alors qu'une machine n'a qu'un certain nombre de giga-octets disponibles. On n'a en effet aucun précédent sur une personne qui aurait cessé de pouvoir apprendre parce que son cerveau serait saturé! Cependant, l'idée que l'on n'ait pas de limites de contenance vient peut-être du fait que – pour étendre le postulat de Chomsky [39] sur le langage à nos capacités intellectuelles en général – nous faisons « *un usage infini de moyens finis* ». Tout comme nous articulons les mots en phrases pour exprimer pratiquement n'importe quelle idée, nous construirions de nouveaux savoirs en articulant une quantité finie de petits acquis, comme un vocabulaire de la connaissance.

39 – CHOMSKY, Noam, 2005. *Nouveaux horizons dans l'étude du langage et de l'esprit*. Chomsky.fr [Consulté le 27 janvier 2016].

Le cerveau est en pourtant un organe physique ; on pourrait compter le nombre de neurones et de synapses qu'il contient et ce nombre ne serait pas infini. Sous cet angle, nos limites ne seraient alors pas située dans la contenance mais bien dans l'utilisation que nous faisons de notre mémoire, ce que la machine fait déjà de façon plus fiable que nous. Lorsque la machine aura les moyens d'utiliser les mêmes mécanismes mentaux que nous, elle sera encore plus puissante et en même temps allégée d'un peu de matériel (puisque le stockage de l'information ne serait plus le centre de ses capacités). Pour résumer, on pourrait dire que la principale différence entre un enregistrement et un acquis se situe dans la capacité à restituer le savoir dans un nouveau contexte, sans qu'on nous ait spécialement enseigné quels contextes sont ceux dans lesquels il serait pertinent d'utiliser ce savoir, mais comment les reconnaître. C'est précisément ce que l'on essaye de mettre en place avec le *machine learning* : remplacer le « quoi » par le « comment ».

DES COMPLEXES FERMEMENT ANCRÉS

LES « BLESSURES NARCISSIQUES DE L'HUMANITÉ » SELON BRUCE MAZLISH

L'humain est une créature très spéciale : il aime à le croire et il en est conscient. Cela gonfle sa fierté, autant que cela la met en péril : il prétend que sa présence sur terre est d'origine divine, que sa suprématie sur le règne animal est légitime… Mais Freud décide d'appuyer où cela fait mal, en démontrant que ces prétendues discontinuités sont fragiles. Selon lui, la première blessure morale que l'humanité a du encaisser a été infligée par Copernic, qui démontra que la terre n'était pas le centre de l'univers (proposant ainsi une cosmologie héliocentrique plutôt que géocentrique), et que nous n'étions qu'une toute petite poussière en son sein. La seconde, ce fut Darwin, qui, avec sa théorie de l'évolution par sélection naturelle, plaça l'humain dans le règne animal comme une créature parmi d'autres, ayant survécu et s'étant transformée au gré des épreuves affrontées. La troisième blessure narcissique, ce fut Freud lui-même qui dit l'avoir infligée avec son travail en psychologie des profondeurs : pour lui, nous sommes gouver-

nés par des instances incontrôlables et invisibles, qu'il nomme inconscient, abolissant la prétendue discontinuité entre psychologie normale et psychopathologie.

Bruce Mazlish [40], après avoir résumé comme je viens de le faire la nature des trois premières discontinuités, explique que l'on ne peut dissocier l'évolution de l'humain des outils qui l'ont accompagné à ses différents stades. Et pour cause, puisqu'on parle de l'âge de pierre, de bronze, de fer [41], etc, en référence aux matières premières utilisées par les hominidés puis les humains primitifs dans la fabrication de leurs outils. Ces outils sont donc en continuité avec l'existence de l'humain. La technique a évolué avec nous, elle s'est complexifiée, diversifiée. À tel point que nous possédons aujourd'hui des machines « informationnelles » et même des robots. Nous sommes en effet parvenus à un tournant de notre histoire où, selon Mazlish, la quatrième blessure vient de nous être infligée. L'humain, créateur de machines, s'estime supérieur à elles, tout comme le Dieu qui l'a supposément créé lui est supérieur. Mais Mazlish prévoit, en 1993 déjà, que le fossé qui nous sépare de nos machines se comblera progressivement. Dans le contexte de cette discontinuité qui se mue progressivement en continuité, pourrions nous voir en nos machines une extension naturelle (et non artificielle comme on la qualifie actuellement) de nos propres capacités, et le reconnaître en tant que tel? En effet, il est de plus en plus courant d'utiliser des termes de la biologie pour parler de machines (réseau de neurones, arbres de tri, cœurs de processeur…) et des expressions techniques pour parler de la biologie (se sentir rouillé, recharger ses batteries, rouler des mécaniques…). Il ne resterait que la différence entre la chair et le métal, qui serait, si on la brandit comme un étendard de supériorité, une discrimination tout ce qu'il y a de plus injuste.

MAZLISH termine sa présentation en posant la question suivante: réussirons-nous à surmonter cette ultime blessure à l'ego, comme nous avons (avec plus ou moins de difficulté) accepté notre place dans l'univers, dans le règne animal et dans notre propre corps? Que serait une relation pacifiée, sereine, avec nos techniques?

40 – MAZLISH, Bruce, 1995. *The Fourth Discontinuity: the co-evolution of humans and machines*. Pages 3 à 7.

41 – Classification de C. J. Thomsen qu'il mit en place dans son musée, le Oldnordisk Museum, en 1820. *Préhistoire*. Wikipédia: l'encyclopédie libre. Dernière révision le 26 janvier 2016. [Consulté le 27 janvier 2016].

LA « HONTE PROMÉTÉENNE » SELON GÜNTHER ANDERS

PROMÉTHÉE a volé le feu aux dieux. Les humains en ont désormais la maîtrise. À partir de ce premier domino mythique de notre histoire technologique, les découvertes se sont enchaînées; on pourrait dire que nous avons volé un a un les privilèges divins pour les posséder et les développer.

Nos outils et nos machines ont aujourd'hui atteint un niveau de complexité ainsi que d'ingéniosité qui nous dépasse facilement, le concentré de savoirs inclus en elles étant tout simplement incommensurable avec une d'une vie humaine d'apprentissages. Souvent, nous ne savons pas, même dans les grandes lignes, comment fonctionnent les machines que nous utilisons, et ignorons même tout ce qu'il est possible d'accomplir par leur utilisation. Selon Günther Anders, cette ignorance, augmentée des performances et de la durabilité des machines, nous font éprouver la honte de nous faire dépasser par ces artefacts que nous entendons posséder. [42]

Mais dans le même temps, nous sommes fiers de les avoir créées. Cette méfiance et cette fierté constamment opposées causent une frustration, une forme de jalousie. Sauf dans le cas de l'ordinateur, qui est en quelque sorte une machine de Turing universelle [43], les machines sont spécialistes : quand on en conçoit une, c'est pour qu'elle soit meilleure que tout et tous dans son domaine. Mais l'ordinateur doit être capable d'accomplir toute tâche qui peut être formulée par algorithme. Or, il y a des algorithmes d'apprentissage!

Bien sûr, des arguments peuvent s'imposer d'office contre la machine : elle ne possède pas le niveau de complexité d'un humain, ne prend d'initiatives que lorsque son programme le prévoit, n'utilise que des connexions logiques et préétablies dans l'exécution de sa tâche… pour l'instant.

42 – 10 décembre 2013. *Günther Anders*. Technologos [Consulté le 7 janvier 2016].

43 – La machine de Turing universelle, imaginée par Alan Turing en 1936, est un concept de système logique permettant de résoudre toute fonction calculable. Cette invention constitue les fondements de nos ordinateurs d'aujourd'hui.

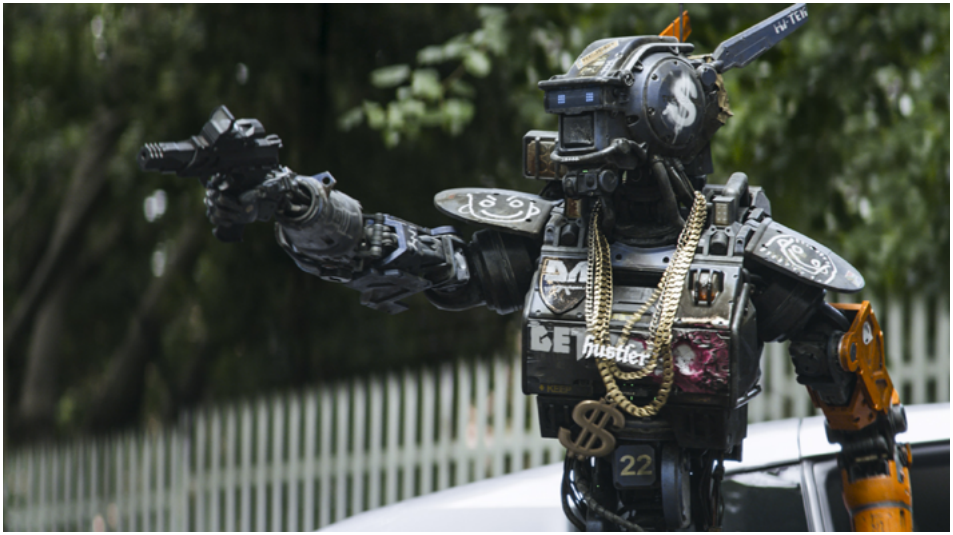
LE « COMPLEXE DE FRANKENSTEIN » SELON ISAAC ASIMOV

LA méfiance envers les créations humaines « intelligentes » a commencé avant même leur apparition, c'est-à-dire dans le scénario des œuvres de science fiction, où l'on spéculait encore sur l'avènement de la robotique. C'est le cas des nouvelles d'Isaac Asimov (populaires à partir des années cinquante) qui, en plus d'être considéré comme le premier à avoir utilisé le terme « robotique », qualifiait cette méfiance de « complexe de Frankenstein » [44]. Comme le monstre du docteur Frankenstein, dans le roman de Mary Shelley, finit par tuer son créateur, nous aurions une peur viscérale que nos créations se retournent un jour contre nous. Mais il ne faut pas oublier que si le monstre, dans cette histoire précise, a tué son créateur, c'est parce qu'il l'a rendu malheureux et blessé. Au lieu de retenir qu'une créature peut être dangereuse, ne devrions-nous pas accepter que si nous créons quelque chose non seulement doté d'une sensibilité, mais aussi d'une capacité d'apprentissage (son vécu aurait une importance), il faudrait veiller à ne pas la heurter?

Dans le développement d'une intelligence artificielle, ou d'un robot, une grande richesse se trouve encapsulée dans le chemin qu'a parcouru le développeur, ses réflexions et son travail sur ce que devrait être le comportement de son robot. Il s'agit d'une certaine façon d'une forme d'éducation ultime car il faut absolument tout apprendre à cette nouvelle entité, depuis le début. C'est à la fois fascinant et un peu effrayant, car sans notion de bien et de mal, le robot peut devenir le meilleur ami de l'homme autant qu'une arme redoutable…

POUR résumer, même si ces différents « complexes » que nous éprouvons envers la technologie ne reposent pas forcément sur des raisons rationelles, il semble inévitable que la place qu'elle prend déjà dans nos vie continue de s'étendre. Cela génère un fantasme morbide qui nous insuffle la peur de voir nos machines nous remplacer dans notre travail, tout le monde finissant au chômage et dans la précarité, tandis que les propriétaires des machines s'enrichissent grâce à cette main d'œuvre docile, performante, qui ne demande que de l'électricité et un peu d'entretien. Là où, selon moi, cela est problématique, c'est que pour l'instant, lorsqu'un emploi est supprimé au profit d'une machine, la somme auparavant réservée au salaire reste dans les

44 – Voir *Les Robots*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 4 mars 2015. [Consulté le 7 janvier 2016]. et *L'homme bicentenaire (nouvelle)*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Publié le 6 avril 2008. [Consulté le 30 septembre 2015].



Dans la cité ultra criminelle de Johanessburg, un robot policier hors d'usage est volé par un employé de l'entreprise qui les fabrique et les recycle afin de servir de support pour une nouvelle intelligence artificielle qu'il a développé seul. Après l'installation, le développeur rapporte le robot sur son lieu de travail pour l'étudier pendant sa mise en route, mais des gangsters se mettent sur son chemin et l'enlèvent avec son robot encore éteint. Après avoir fourni des explications sous la menace, le développeur est relâché tandis que les gangsters décident d'élever le robot… À leur manière. [J]

poches de l'employeur ou des actionnaires. Pourtant, le remplacement du personnel par des machines ne devait pas provoquer cette injustice, mais au contraire permettre de libérer le peuple du travail (étymologiquement, ce mot renvoie à un instrument de torture [45]). Pour citer le sociologue et anthropologue Paul Jorion [46] : « […] *dans les années cinquante, on nous expliquait ce que serait l'an 2000 : on ne travaillerait plus, on aurait été remplacé* […] *par des machines… C'est ça qu'on voulait!* »

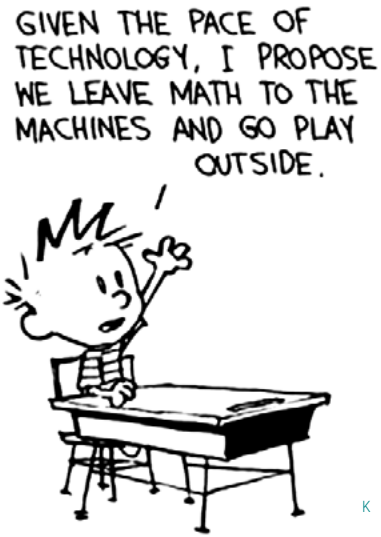
À ce sujet, « *l'ingénieur et philosophe Christian Fauré,* […] [confirme que] *« l'automatisation technologique est souvent présentée d'une manière angoissante, comme une lutte entre l'homme et la machine. Mais ces repré-*

45 – Étymologie du mot « travail » : vient de l'ancien français travail («tourment, souffrance») (XIIe siècle), du latin *tripalium* («instrument de torture à trois poutres»). *Travail*. Wiktionnaire : le dictionnaire libre. Dernière révision le 29 décembre 2015. [Consulté le 25 janvier 2016].

46 – Usul2000 [pseudonyme], 29 septembre 2015. *Le Salaire à Vie (Bernard Friot)*. YouTube [Consulté le 7 janvier 2015].

sentations sont simplistes. » déclare-t-il. « Nous devons penser l'automatisation non pas en opposition, mais « en composition », c'est-à-dire en symbiose […]. *Nous sommes nous-mêmes des automates quand nous faisons les choses sans y penser,* […] *cela montre que l'automatisation est partout, même en nous-mêmes.* » »[47]

NOTRE relation aux machines se situe donc entre dédain et jalousie, en passant par la crainte, la fascination et la reconnaissance. Mais ne sommes-nous pas déjà en symbiose avec nos machines, étant donné notre continuité avec elles? Le blocage étant d'ordre psychologique, il me semble pertinent de pacifier notre relation, non pas aux machines, mais à nous même, avec cette idée que, de même que Freud dit qu'il y a une part de féminité et de masculinité en chacun de nous, nous aurions également une part de nature et d'artifice qu'il faut concilier. Quelle meilleure preuve de cette ambivalence que notre mode de vie où l'on interagit autant avec des machines que des personnes, et que nous communiquons même quotidiennement par le biais de ces artefacts? On pourrait essayer de se simplifier la tâche en décrétant que l'on préfère arrêter de jouer à l'apprenti sorcier, et laisser à l'humain ce qu'il pense lui revenir en propre, comme le jugement, la création, l'émotionnel, le libre arbitre… et utiliser la machine pour nous seconder – et non nous supplanter – grâce à ce qu'elle fait de mieux et à laquelle un humain ne se plie qu'avec difficulté, c'est-à-dire l'impartialité, le répétitif, la force mécanique pure, la docilité… Mais il se peut qu'un jour, les machines apprenantes nous rattrapent émotionnellement. Cependant, lorsque cela se produira, qui peut dire quelle sera notre relation aux machines?



47 – GUILLAUD, Hubert, 17 décembre 2015. *Les défis de l'interconnexion des systèmes (2/2) : jusqu'où automatiser le monde?* InternetACTU.net [Consulté le 25 janvier 2015].

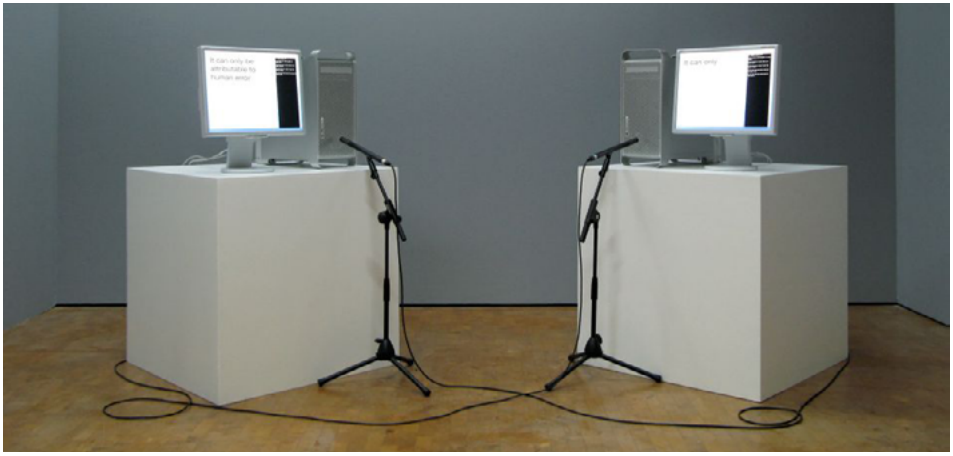
III - QUELS EFFETS LE MACHINE LEARNING POURRAIT-IL AVOIR SUR LE TRAVAIL DU DESIGNER?

ÉTOFFER LA RELATION À LA MACHINE PAR LE DESIGN

On a pu voir dans la première partie de ce mémoire que le *machine learning* peut avoir des applications très diverses. La deuxième se conclut sur l'idée que la relation humain-machine aboutit aujourd'hui à une « quatrième blessure narcissique ». Je vais me concentrer dans cette troisième et dernière partie sur le champ du design, dans lequel je peux émettre des hypothèses sur l'impact que l'utilisation de *machine learning*, et éventuellement de l'intelligence artificielle dans un sens plus large, pourrait avoir sur notre relation aux machines. Puisque la technique est plutôt difficile d'accès, je ne montre pas ici des projets utilisant directement du *machine learning* (comme je l'ai dit précédemment, ils sont en effet encore rares), mais des artistes qui s'interrogent parfois sur ces notions philosophiques via leurs œuvres. Ces dernières fournissent une invitation à la réfléxion sur la manière d'atteindre la nécessaire reconfiguration des relations humains-machines.

JUERG LEHNI

Juerg Lehni cherche à mettre en scène le langage de nos machines d'aujourd'hui. Il utilise ses œuvres comme accessoire pour donner des conférences ou proposer des activités dans des expositions. En même temps qu'il en fait ses assistants customisés pour ses représentations, il étudie la nature même de la machine et ce qu'évoquent les erreurs qu'elle peut commettre. Son travail révèle une acceptation sereine des machines dans nos activités quotidiennes, sans critique systématique ni mise en garde moralisante, mais plutôt avec amusement et philosophie. Juerg Lehni démontre avec l'œuvre ci-dessous qu'une machine livrée à elle même ne s'en sort pas bien avec le langage humain. Cependant, les malentendus peuvent arriver, machine ou pas! Cela fournit peut-être un indice sur l'évolution future de nos machines: maîtriseront-elles un jour notre langage et s'intégreront-elles à notre société, ou alors développeront-elles leurs propres langages, goûts, pensées et même croyances…? Dans ce cas, il serait intéressant de les observer interagir entre elles et d'initier le dialogue.



Apple Talk [48] *met en scène deux ordinateurs qui génèrent des malentendus, en connectant leurs logiciels de prise de note sous la dictée et de lecture à haute voix (livrés avec Mac OS X). Une phrase de départ est écrite puis lue à haute voix. L'autre ordinateur écoute et retranscrit (généralement avec des erreurs). et ainsi de suite jusqu'à ce que les ordinateurs soient d'accord sur une même phrase (très différente de celle d'origine). Les spectateurs peuvent interférer en parlant à proximité de l'œuvre, ce qui fait d'*Apple Talk *une œuvre interactive.* [L]

48 – LEHNI, Juerg et KRASS, Stephan, 2007. *Apple Talk*. Juerg Lehni [Consulté le 28 janvier 2015].

GOLAN LEVIN

Golan Levin est un artiste qui questionne et met en scène la condition humaine en la transposant aux machines. Ses œuvres montrent avec perspicacité la bizarrerie, l'illogicité ou la superficialité de nos modes de vie, en mettant en œuvre des mécaniques de notre langage (attitude, regard…). Il expérimente la relation humain-machine à l'aide de situations interactives, avec humour et légèreté [49].



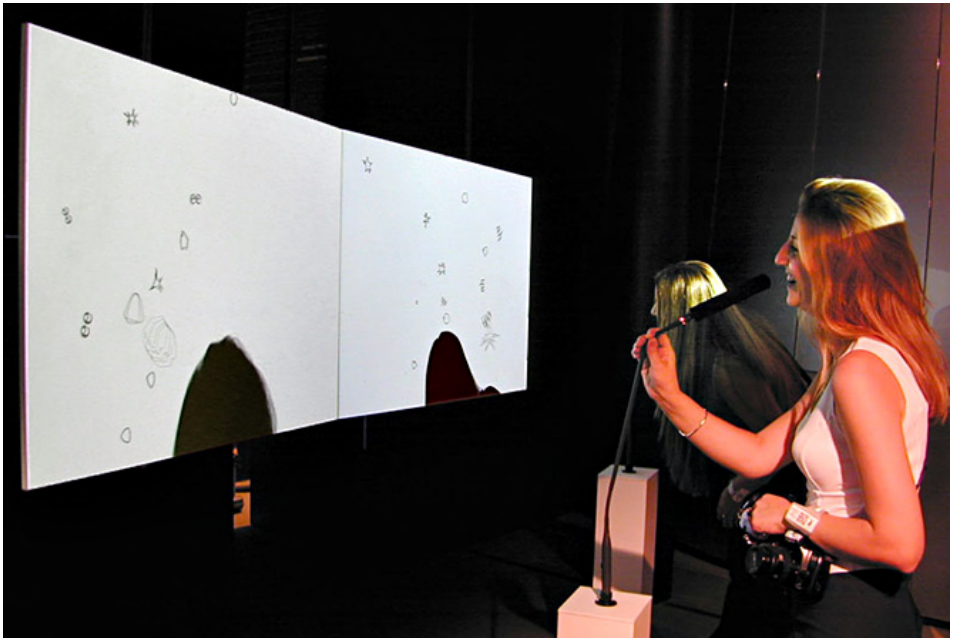
Double-Taker (Snout) [50] *est un bras robotisé épaulé d'un détecteur de personnes, déguisé en cyclope à l'air constamment étonné de voir quelqu'un* [51]*. Cette expérience montre qu'il en faut peu pour établir une relation avec une machine: un œil, un mouvement, et nous y voyons déjà un sens très précis: l'œil écarquillé, les mouvements répétés de recul, il suffit d'un quart de seconde à un humain pour identifier l'expression de ce robot.* [M]

---

49 – Vidéo TED de présentation de ses projets et sa démarche : LEVIN, Golan, 2009. *Golan Levin crée l'Art qui vous renvoie votre regard*. TED [Consulté le 12 janvier 2016].

50 – LEVIN, Golan et al., 2008. *Double Taker*. Flong [Consulté le 10 janvier 2016].

51 – « *To double take* » en anglais signifie « regarder deux fois », comme pour être sûr d'avoir bien vu ce qu'on avait aperçu au premier coup d'œil.



Re:MARK [52] *est une installation illustrant la phonesthésie (association que l'on fait entre un son et une forme, similaire à la paréidolie ou encore la synésthésie). Ici, la machine sert de révélateur de nos propres bizarreries: en quoi le son PFRTZ sonne-t-il si « piquant » et le son MLBLBL si « arrondi »? Certains sons, comme les onomatopées, sont aussi fortement associés à leur graphie. On sourit devant Re:MARK, surpris par la justesse des illustrations, sans qu'on sache dire en quoi elles semblent si justes.* [N]

Ces deux exemples (il y en aurait tant d'intéressants à montrer ici), sont un échantillon des possibilités qu'offre la programmation d'une machine pour étoffer notre relation avec elle. Golan Levin le dit lui-même: « un ordinateur peut faire bien plus que ce qu'on nous fait croire! » [53] afin de décomplexer son auditoire. En effet, être utilisateur de machines ne nous donne a priori aucun talent particulier, mais c'est parce que nous sommes habitués à ne faire que ce que l'on a prévu pour nous. Golan Levin affirme que chacun peut sortir de ce carcan et de s'exprimer au moyen de l'ordinateur.

52 – LEVIN, Golan, LIEBERMAN, Zachary et Ars Electronica Futurelab [collectif artistique], 2002. *Re:MARK*. Flong [Consulté le 10 janvier 2016].

53 – LEVIN, Golan, 2004. *Software (as) art*. TED [Consulté le 25 janvier 2016].

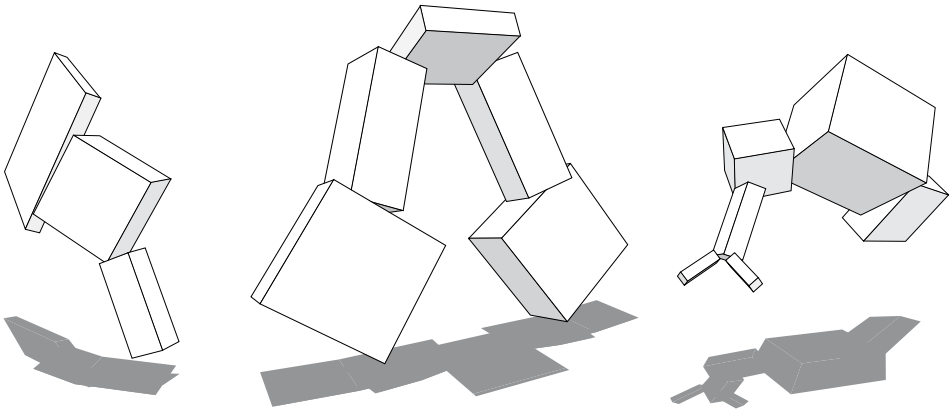
UN OUTIL DE PENSÉE

La co-évolution avec nos outils, devenus nos machines, nous a fait glisser de l'utilisation d'artefacts servant à agir sur le monde physique à celle d'outils qui servent à organiser, concentrer et concrétiser des idées, ce qui est clairement le cas des projets les plus fréquents utilisant du *machine learning*. Celui-ci permet d'approfondir l'étude et la pratique de domaines qui trouvaient déjà des solutions par le travail humain ou pouvaient être résolus par d'autres algorithmes, mais en traitant l'information d'une manière qui émule les procédés des humains et des machines de l'appréhender. Avec le *machine learning*, on est en présence d'un cas relativement rare d'utilisation de la technologie : au lieu de déléguer le travail à la machine, on fait d'elle un équipier, en travaillant autant sur le sujet de recherche que sur la bonne alimentation du logiciel en données et en *feedback*.

Les outils de travail des idées qu'on trouve dans la programmation, la conception assistée par ordinateur, le jeu vidéo… posent une question essentielle sur le rôle de l'artiste ou du designer, car de plus en plus, son rôle ne se situe pas dans la production d'une œuvre mais dans ses ramifications conceptuelles. Ainsi les limites de conception d'une œuvre se trouvent repoussées à celles de notre imagination, éventuellement celles que nous impose notre budget. Mais que se passe-t-il lorsque même la génération d'idées n'est plus imputable à l'artiste, mais à ses outils?

KARL SIMS

Karl Sims est un artiste qui utilise l'imagerie numérique et l'algorithmique comme moyen de développement d'idées. Il applique des concepts de biologie à des objets virtuels pour les modifier, non pas à sa guise, mais selon celle de mère-nature, si l'objet avait existé en vrai. [54] Avec le projet ci-dessous, Karl Sims, explique que la création d'acteurs virtuels imaginaires est principalement limitée par notre capacité à les concevoir. Pour lui, la synthétisation de créatures avec des contraintes d'environnement et d'adaptations est la clé pour continuer à en inventer d'autres, qui dépasseraient même nos notions de physique et de biologie. [55]



Evolved Virtual Creatures [56] *est un projet de mise en pratique de la théorie de l'évolution de Darwin, à des fins artistiques. Une créature a une certaine constitution de départ (des cubes avec des points d'attaches entre eux et de rotation) et un objectif: nager, marcher, sauter ou même s'emparer d'un cube vert* [57]*. Plusieurs centaines de fois, la créature est créée, évaluée, puis recréée avec les meilleures caractéristiques obtenues jusque-là. Les animations et la structure des créatures sont entièrement générées par variation aléatoire et sélection.* [0]

54 – SIMS, Karl, 1987 - 2013. *Karl Sims*. [Consulté le 25 janvier 2015].

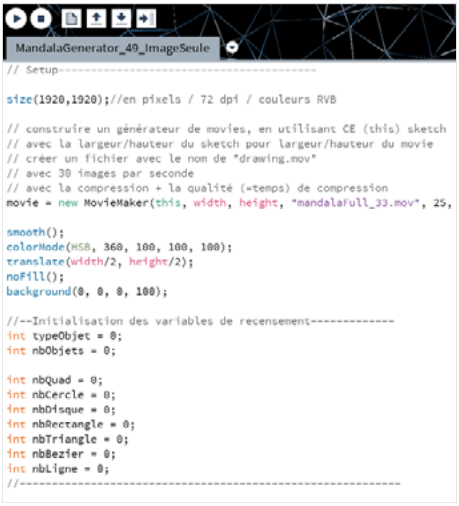
55 – SIMS, Karl, 1994. *Evolving Virtual Creatures* [PDF] [en ligne]. [Consulté le 25 janvier 2016].

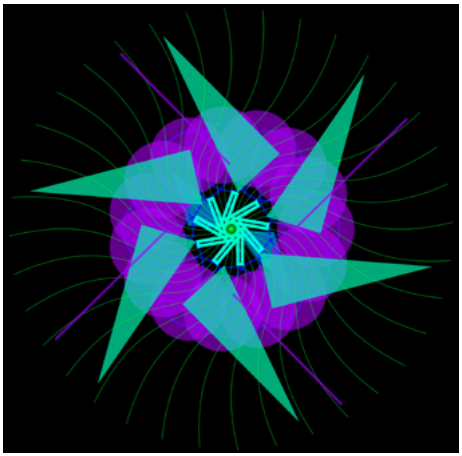
56 – Voir note № 55.

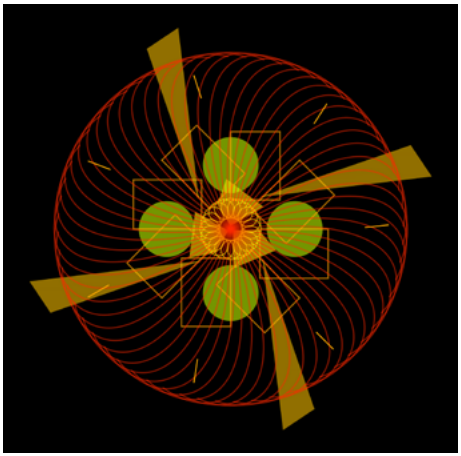
57 – SIMS, Karl, 1994 [Mis en ligne le 6 décembre 2008]. *EvolvedVirtual Creatures*. YouTube [Consulté le 25 septembre 2015].

DESIGN GÉNÉRATIF ET GRAVURE

Le design génératif est un os qu'ont rongé de nombreux designers durant la dernière décennie, et cela continue aujourd'hui. Mon expérience du design génératif, comme pour beaucoup de designers, s'est construite avec Processing [58], un outil réputé de programmation graphique qui fête ses 15 ans cette année. Ce qui le rapproche du *machine learning*, c'est qu'il soulève déjà depuis son apparition des questions qui peuvent se poser sur un projet fortement épaulé par l'ordinateur, et qui risquent de se complexifier, à mesure que la technique évolue.







Voici en haut à droite une portion du code source dans Processing qui sert à générer les deux mandalas, en dessous. Certaines règles sont fixes et d'autres sont aléatoires. [P]

58 – FRY, Ben et REAS, Casey, ©2004 - 2013. *Processing 3*. [Consulté le 7 janvier 2015].

CETTE manière de créer change le rapport qu'a le designer avec ses créations. Le design génératif, tout comme le *machine learning*, est une discipline exploratoire : au lieu d'imaginer la finalité, on se fabrique un outil, puis on expérimente. On utilise souvent dans les algorithmes des variables aléatoires afin de créer d'innombrables résultats différents. Processing permet très rapidement de dessiner des formes géométriques contrôlées par le programme. Dans cet exemple typique de réalisation avec Processing, quoi que peu avancé, on joue avec des procédures que l'ordinateur doit suivre pour réaliser le dessin. D'où l'importance de l'aléatoire ou de source de données extérieures au contrôle du designer, pour obtenir ces infinies variations. Cela permet aussi de gagner du temps, car il est plus rapide de coder « trace dix-mille lignes parallèles » que de le faire à la main.

Entre temps, les moyens numériques WYSIWYG [59] ont fortement réduit cette étape de réflexion et de préparation pour la création d'une image. Mais puisqu'ils sont à l'opposé du processus de design génératif, car il faut avoir en tête en amont ce que l'on veut obtenir précisément pour le réaliser, ils ne se concurrencent pas. On peut même dire que le design génératif a revalorisé et réactualisé ce temps de conception. La pratique n'est d'ailleurs pas sans liens avec les techniques d'impression du début du siècle passé (gravure sur linoléum, bois, lithographie…) dans le sens où le processus prend une part importante dans le résultat final, de la planification aux variations dans la qualité de l'impression, jusqu'à la dégradation des matrices gravées. La matrice est comme le code source d'un dessin fait sur Processing. On profite pendant le tirage des incidents heureux pour obtenir textures, décalages, effets de transparence… [60] Ces petites variantes sont l'équivalent des variables aléatoires d'un code source dans Processing.

Ce mode de création exploratoire, qui place le designer tantôt dans une position de spectateur, tantôt de metteur en scène, pourrait être étendu par le biais du *machine learning*, discipline exploratoire par essence, permettant d'accélérer et de complexifier le processus tout en le maintenant à un niveau technique propice à la créativité. Ce champ d'expérimentation est pourtant encore très largement inexploré.

---

59 – Logiciels de création tels que Photoshop, dits « *what you see is what you get* » (ce que l'on voit est le résultat final).

60 – Bien qu'à l'époque où ces techniques étaient les moyens de reproduction d'image les plus avancés, l'on recherchait le moins de défauts possible, même pour les gravures d'artistes. Ce n'est que par la suite, avec l'apparition des imprimantes rotatives pour la presse, que le côté expérimental et artisanal a pris de la valeur.

Gravure sur bois: ci à droite, la matrice de bois gravée dont il ne reste que les zones du dernier passage d'encre. En bas à gauche, une impression bien calibrée, et à sa droite, une impression aux multiples défauts (ce sont deux parmi les dizaines de tirages que j'ai réalisés, toujours dans une optique d'obtenir une multitude de petites variations provoquées par le hasard de la technique). [Q]







PATERNITÉ SUR L'ŒUVRE FAITE PAR UNE MACHINE

ANDY Warhol, dans les années soixante, révolutionne le marché de l'art en propulsant le pop-art sur le devant de la scène à l'aide de la sérigraphie, son moyen d'expression majeur. Face à ses œuvres, on a l'impression que n'importe qui pourrait le faire, car le procédé ne relève pas d'une touche humaine, mais de celle d'une machine… Et pour cause, car Andy Warhol déclare : « *Si je peins de cette façon, c'est parce que je veux être une machine* […] » [61] L'œuvre d'art, malgré la controverse, ne se définira plus comme une pièce faite à la main, sur laquelle un artiste doit passer beaucoup de temps. L'artiste ajoute à propos de ses peintures que «[l'un] *de* [ses] *assistants, ou n'importe qui d'autre, peut reproduire le motif aussi bien que* [lui]». [62]

Seulement, s'il était déjà difficile d'accepter qu'une œuvre reproduite des centaines de fois, sans même que cela soit de la main de l'artiste, soit réellement une œuvre d'art, c'est encore plus problématique s'agissant de déterminer en design génératif.

Lorsque l'utilisation de *machine learning* se démocratisera dans le monde artistique, les frontières seront complètement brouillées. Qui est l'auteur du dessin de chat d'*Artificial Brain Project* ? Des rêveries de *DeepDream* ? Le logiciel lui-même, le programmeur, son tuteur…? Je laisserai ces questions ouvertes, car si tout le monde se les pose, l'on n'en a encore pas exactement déterminé la réponse, bien que certains artistes que j'ai mentionné avancent leur point de vue. Ainsi, Golan Levin explique que « *si l'écriture est un véhicule de la pensée, le logiciel est un agent de la volonté. Quand il exécute* [sa] *volonté, le logiciel et* [lui]-*même form*[ent] *une unité coextensive de pensée et d'intention.* » [63] Dans un autre ouvrage, Matt Pearson nuance : « *La place de l'artiste dans le processus de production* […] *pourrait n'être rien de plus que la fierté d'un parent pour le travail de sa progéniture* ». [64]

---

61 – McSHINE, Kynaston et al., 1990. *Andy Warhol rétrospective*. Page 457.

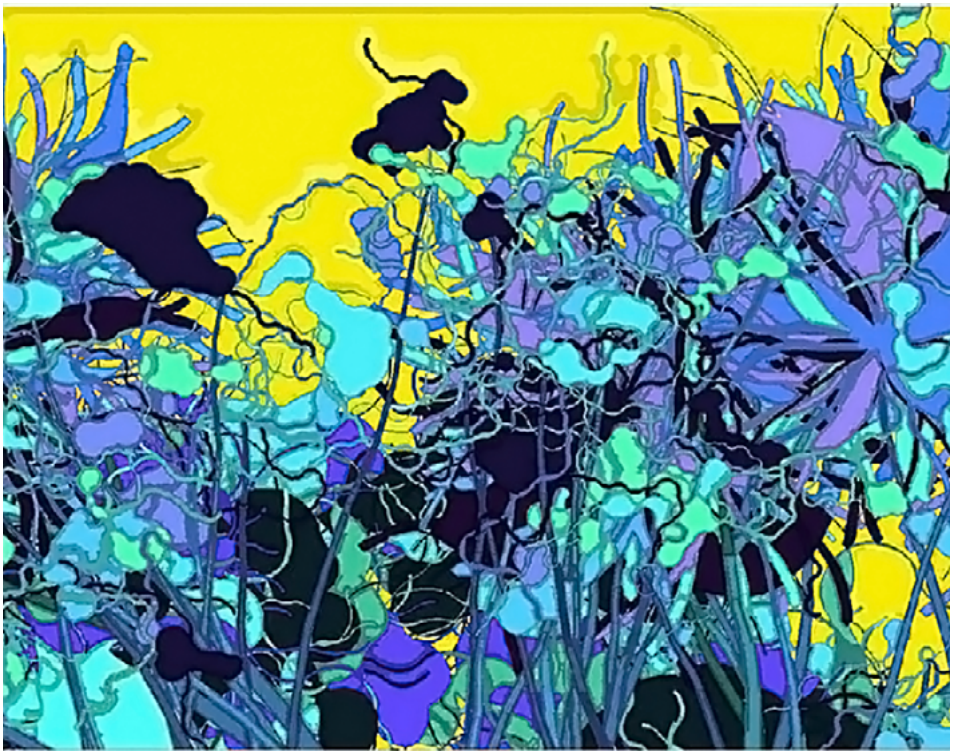
62 – Voir note № 61. Page 459.

63 – LEVIN, Golan in MAEDA, John, 2004. *Code de Création*. Page 140.

64 – PEARSON, Matt, 2011. *Generative Art : a Practical Guide using Processing*. Page 4.

HAROLD COHEN ET AARON

La relation entre le pionnier de l'art numérique Harold Cohen et AARON, son logiciel créé en 1973 [65], relève bien de cette forme de paternité de l'artiste non pas sur l'œuvre, mais sur le programme, comme celle d'un père sur son enfant.



AARON exécute des dessins originaux qu'il est difficile de distinguer de ceux d'un dessinateur humain. Certains de ces dessins ont été montrés en des lieux aussi prestigieux que la Tate Gallery, le MOMA et le Musée Stedelijk. Lorsque le cartel d'un des dessins disait « Digital print by Harold Cohen *», Cohen s'y opposait et le faisait modifier de manière à ce que l'œuvre soit attribuée à «* AARON, a computer program written by Harold Cohen *».* [R]

65 – McIVER LOPES, Dominic, 2009. *A philosophy of Computer Art*. Page 13.

CONCLUSION

SURMONTER LA QUATRIÈME DISCONTINUITÉ

L'on a pu voir au travers des encadrés qui ponctuent ce mémoire, différentes bizarreries qui touchent humains et machines d'une façon étonnamment similaire dans la première partie, puis dans la deuxième partie, des artistes qui jouent sur ces parentés pour mieux articuler leur relation à la machine.

Ressentir de la paréidolie, connaître la solution du paradoxe sorite sans pouvoir l'expliquer, sont des indices de notre nature biologique, que l'on essaye tantôt de contrer en créant des machines meilleures que nous (selon nos critères) et tantôt d'accepter en interagissant avec des œuvres et en les interprétant. Mais puisque nous sommes les créateurs de ces machines, ces ressemblances sont-elles le fruit du hasard, ou un miroir de nous-mêmes et de nos limites? Si on accepte déjà de confier ses intentions créatives à un programme, peut-être pourrons-nous un jour accepter qu'une machine puisse créer comme nous.

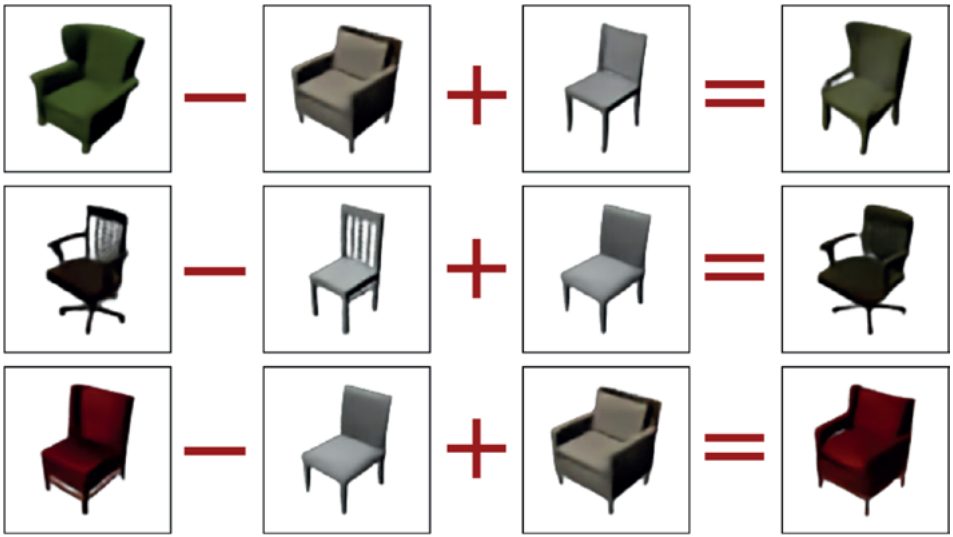
Mais il se peut que nous ne supportions pas que nos machines nous égalent, car il est si confortable que les machines, puisqu'elles n'ont pas les mêmes droits qu'un être humain, puissent jouer le rôle de super esclaves pour toujours, tandis que l'on s'approprie les œuvres auxquelles elles collaborent ou qu'elles créent de toutes pièces.

En programmant, on donne à l'ordinateur des instructions à retenir et effectuer : on a la sensation d'être une sorte de tuteur pour machine. Une possibilité que j'imagine est que l'aléatoire [66] soit remplacé progressivement par quelque chose de défini par la machine, qu'elle a appris en fonction de l'utilisation qu'en fait le designer. Prenons le cas d'un dessin généré avec Processing : comme dans toute phase d'apprentissage, la machine doit commencer le jeu des questions-réponses par des tentatives aléatoires. La machine génère donc plusieurs images et, lorsque le designer en voit une qui lui plaît, il le fait savoir à la machine (mieux, la machine pourrait détecter cela).

66 – L'aléatoire que génère un ordinateur est issu de calculs, ce qui ne peut pas être le fruit du hasard par définition. Il se base sur des variables qui évoluent très vite, comme l'état du processeur, l'heure, etc. Il faudrait un composant spécifique (comme par exemple un vrai jet de dé qui utilise la physique) pour qu'on puisse parler de vrai aléatoire.

REMPLACER l'aléatoire par l'acquis peut donner des résultats comme DeepDream. L'observation du rendu donne cette forte impression que c'est plus qu'une machine qui a généré cela. C'est une sorte de cerveau extra-humain (parce qu'il n'est pas soumis à un corps ni à des souvenirs). Mais le *machine learning* peut aussi servir à accentuer les capacités humaines de façon précise et accélérer le travail de R&D en design. C'est le cas de l'étude visuelle sur les chaises de Dosovitskiy et al. [67] :

Utiliser du *machine learning* en design serait donc approfondir cette relation avec la machine comme outil de création : en face d'une œuvre, nous serions face à une réelle extension de la créativité et du savoir faire du designer. Peut-être même que le designer s'attacherait à sa machine, qu'il aurait tant imprégné de lui-même, comme on ne peut se défaire d'une plume ni la prêter.



À la fin de cette recherche, la machine comprend et peut manipuler le concept de chaise comme s'il s'agissait d'un simple nombre. On se retrouve donc à pouvoir additionner ou soustraire des chaises de différentes sortes pour en créer de nouvelles, le tout aussi vite qu'avec une calculatrice! [T]

67 – DOSOVITSKIY, Alexey et al., 2015. *Learning to Generate Chairs with Convolutional Neural Networks* [PDF] [en ligne]. Allemagne : Université de Freiburg, Département des Sciences Informatiques [Consulté le 8 janvier 2016].

Le *machine learning*, qui accompagne la progression de l'intelligence artificielle en tentant de reproduire notre faculté d'apprentissage, est peut-être la clé pour commencer à combler la quatrième discontinuité, cette différence qui nous tient encore, pour l'instant, séparés des machines.

REMERCIEMENTS

Merci pour l'encouragement, les discussions, les sources d'inspiration, les références, les points de vue, les enseignements, la confiance et l'amitié que vous avez su m'apporter !

Laurène Baudin

Alex Brown

Mathilde Bussy

Antoine Bussy

Patrick Donaldson

Roxane Doswald

Alexis Gardet

Anthony Generoso-Pascale

Marty Kohler

Jérémy Morel

Michela Paganini

Christophe Peretti

Daniel Pinkas

Mélissa Pisler

Dominic Robson

Saskia Vellas

Frank Villaro-Dixon

Bruce Williams

Encore merci, ainsi qu'à tous ceux que j'aurais malencontreusement omis !

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES, E-BOOKS, PDF

FICTION

1. ASIMOV, Isaac, 1966 - 1976. L'homme bicentenaire. Paris : Gallimard, 2011. Collection Folio SF, № 407. ISBN : 9782070441303.

THÉORIE

2. BÉLAND, Jean-Pierre et LEGAULT, Georges A., 2012. *Asimov et l'acceptabilité des robots*. Québec : Presses de l'Université Laval. Collection Enjeux éthiques contemporains. ISBN : 978-2-7637-9881-3.

3. DE VINCI, Léonard, 2003. *Traité de la peinture*. Paris : Éditions Calmann-Lévy. ISBN : 978-2-7021-3378-1.

4. DOMENJOZ, Jean-Claude, 1998. *L'approche sémiologique* [PDF] [en ligne]. [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://wwwedu.ge.ch/dip/fim/ifixe/Approche_semiologique.pdf

5. DOSOVITSKIY, Alexey, SPRINGENBERG, Jost Tobias et BROX, Thomas, 2015. *Learning to Generate Chairs with Convolutional Neural Networks* [PDF] [en ligne]. Allemagne : Université de Freiburg, Département des Sciences Informatiques [Consulté le 8 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2015/papers/Dosovitskiy_Learning_to_Generate_2015_CVPR_paper.pdf

6. FRANCESCHI, Paul, 2005. *Introduction à la philosophie analytique. Paradoxes, arguments et problèmes contemporains* [en ligne]. Paris : Éditions Le Manuscrit. [Consulté le 16 novembre 2015]. ISBN : 2-7481-5771-0.

7. MAEDA, John, 2004. *Code de création*. Londres : Thames & Hudson. ISBN : 9782878112467.

8. MAZLISH, Bruce, 1995. *The Fourth Discontinuity : the co-evolution of humans and machines*. Yale University Press, août 1995. ISBN : 9780300065121.

9. McIVER LOPES, Dominic, 2009. *A philosophy of Computer Art*. Londres/New-York : Routledge, 1er octobre 2009. ISBN : 0415547628.

10. McSHINE, Kynaston, ROSENBLUM, Robert, BUCHLOH, Benjamin et LIVINGSTONE, Marco, 1990. *Andy Warhol rétrospective*. Paris : Éditions du Centre Pompidou, 9 septembre 1990. Édition française du Catalogue. ISBN 2-85850-543-8.

11. PEARSON, Matt, 2011. *Generative Art : A practical guide using Processing*. New-York : Manning, juin 2011. ISBN : 9781935182627.

12. PINKER, Steven, 2000. *Comment fonctionne l'esprit*. Paris : Éditions Odile Jacob, 2000. ISBN : 2-7381-0786-9.

13. SIMS, Karl, 1994. *Evolving Virtual Creatures* [PDF] [en ligne]. [Consulté le 25 janvier 2016]. Paru dans : Computer Graphics, (SIGGRAPH '94 Proceedings), juillet 1994. Disponible à l'adresse : http://www.karlsims.com/papers/siggraph94.pdf

WEB

AUTEURS IDENTIFIÉS

1. AGGER, Michael, 26 octobre 2011. *Oh Siri, dis-moi des cochonneries!* Slate [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.slate.fr/story/45471/siri-dis-moi

2. ALY, Hashem, 19 août 2015. *Deep Learning And The Race To Build The Artificial Human Brain*. LinkedIn [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.linkedin.com/pulse/deep-learning-race-build-artificial-human-brain-hashem-aly

3. Ashley [pseudonyme], 2016. *Saisie semi-automatique*. Aide Recherche Web [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://support.google.com/websearch/answer/106230

4. CASTERES, Romain et GEELEN, Peter, 3 août 2014 [Mis à jour le 16 septembre 2015]. *Predict Wine Quality with Azure Machine Learning*. Microsoft TechNet [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/25785.

predict-wine-quality-with-azure-machine-learning.aspx

5. CHOMSKY, Noam, 2005. *Nouveaux horizons dans l'étude du langage et de l'esprit*. Chomsky.fr [Consulté le 27 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.chomsky.fr/livres/nouveauxHorizonsChap1.html

6. CLARK, Liat, 26 juin 2012. *Google's Articicial Brain to find cat videos*. Wired [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.wired.com/2012/06/google-x-neural-network

7. DIELEMAN, Sanders, 2014. *Recommending music on Spotify with deep learning*. Blog de Sander Dieleman, research scientist at Google DeepMind [Consulté le 25 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : http://benanne.github.io/2014/08/05/spotify-cnns.html

8. GATYS, A. Leon, ECKER, Alesander S. et BETHGE, Matthias, 2 septembre 2015. *A neural Algorithm of Artistic Style*. Cornell University Library [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://arxiv.org/pdf/1508.06576v2.pdf

9. GLAD, Vincent, 8 décembre 2011. *Les chats ne sont pas les rois de l'Internet*. Slate [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.slate.fr/story/47235/chats-internet-lolcat

10. Greg [pseudonyme], 14 janvier 2012. *Machine Pareidolia : Hello Little Fella Meets FaceTracker*. Page Web [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://urbanhonking.com/ideasfordozens/2012/01/14/machine-pareidolia-hello-little-fella-meets-facetracker

11. GUILLAUD, Hubert, 17 décembre 2015. *Les défis de l'interconnexion des systèmes (2/2) : jusqu'où automatiser le monde?* InternetACTU.net [Consulté le 25 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.internetactu.net/2015/12/17/les-defis-de-linterconnexion-des-systemes-22-jusquou-automatiser-le-monde

12. GURECKIS, Todd et MARKANT, Doug, 2012. *What can machine learning research tell us about self-directed learning in people?* Gureckislab [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://gureckislab.org/blog/?p=2648

13. HERZBERG, Nathaniel, 19 juillet 2012 [Mis à jour le 2 octobre 2012]. *Impossible d'échapper à Andy Warhol*. Le Monde [Consulté le 25 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.lemonde.fr/culture/article/2012/07/19/impossible-d-echapper-a-andy-warhol_1735940_3246.html

14. INGERSOOL, Grant, 14 septembre 2015. *Getting started with open source machine learning*. Opensource.com [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://opensource.com/business/15/9/getting-started-open-source-machine-learning

15. ITAH, Maya, 16 septembre 2015. *What Spotify's Discover Playlist Can Teach Us About Machine Learning*. Boomtrain [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://boomtrain.com/what-spotifys-discover-playlist-can-teach-us-about-machine-learning

16. LEHNI, Juerg et KRASS, Stephan, 2007. *Apple Talk*. Juerg Lehni [consulté le 28 janvier 2015]. Man-[in the]-Machine, ZKM, Karlsruhe [lieu d'exposition]. Disponible à l'adresse : http://juerglehni.com/works/apple-talk

17. LEVIN, Golan et al., 2008. *Double Taker*. Flong [Consulté le 10 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.flong.com/projects/snout

18. LEVIN, Golan, LIEBERMAN, Zachary et Ars Electronica Futurelab [collectif artistique], 2002. *Re:MARK*. Flong [Consulté le 10 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.flong.com/projects/remark

19. MADRIGAL, Alexis C., 10 janvier 2013. *IBM's Watson memorized the entire 'Urban Dictionary,' then his overlords had to delete it*. The Atlantic [Consulté le 26 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/01/ibms-watson-memorized-the-entire-urban-dictionary-then-his-overlords-had-to-delete-it/267047

20. MORDVINTSEV, Alexander, 17 juin 2015. *Inceptionism : Going Deeper into Neural Networks*. Google Research Blog [Consulté le 5 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://googleresearch.blogspot.ch/2015/06/inceptionism-going-deeper-into-neural.html

21. NG, Andrew, 2015. *CS 229 Machine Learning Course*. Stanford, Huang Engineering Center [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://cs229.stanford.edu/info.html

22. PERRIN, Sarah, 4 mars 2015. *Le robot et l'enfant apprennent ensemble à écrire*. EPFL Actualités [Consulté le 10 sept. 2015]. Disponible à l'adresse : http://actu.epfl.ch/news/le-robot-et-l-enfant-apprennent-ensemble-a-ecrire

23. SIMS, Karl, 1987 - 2013. *Karl Sims*. [Consulté le 25 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.karlsims.com

24. Spotify [société], 20 juillet 2016. *Introducing Discover Weekly: your ultimate personalised playlist*. Spotify Press. [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://press.spotify.com/us/2015/07/20/introducing-discover-weekly-your-ultimate-personalised-playlist

25. YEGULALP, Serdar, 4 décembre 2014. *11 open source tools to make the most of machine learning*. InfoWorld [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://www.infoworld.com/article/2853707/machine-learning/11-open-source-tools-machine-learning.html#slide3

AUTEURS ANONYMES

26. *Apprentissage automatique*. Wikipédia: l'encyclopédie libre. Dernière révision le 16 décembre 2015. [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique

27. *Aprentissage automatique: les réseaux de neurones*. Université de Lille3 [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://www.grappa.univ-lille3.fr/polys/apprentissage/sortie005.html

28. *Apprentissage semi-supervisé*. Wikipédia: l'encyclopédie libre. Dernière révision le 17 octobre 2015. [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_semi-supervis%C3%A9

29. *Apprentissage par renforcement*. Wikipédia: l'encyclopédie libre. Dernière révision le 24 novembre 2015. [Consulté le 5 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_par_renforcement

30. *CoWriter: learning to write with a robot*, 2013. EPFL Computer-Human Interaction in Learning and Instruction - CHILI [Consulté le 26 septembre 2015]. Disponible à l'adresse: http://chili.epfl.ch/cowriter

31. *DeepDream Generator*, 2016. Page web [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://deepdreamgenerator.com

32. *DreamDeeply*, [Mis à jour le 22 septembre 2015]. Google Play Store [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dreamdeeply.dreamdeeplyapp&hl=fr

33. *GNU Octave programs 4.0.0*. GNU.org [Consulté le 5 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.gnu.org/software/octave/doc/interpreter/Preface.html

34. Günther Anders, 10 décembre 2013. Technologos [Consulté le 7 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://technologos.fr/textes/gunther_anders.php

35. *Machine Learning*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Publié le 1er janvier 2016. [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning#History_and_relationships_to_other_fields

36. *L'Homme bicentenaire* (nouvelle). Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 4 mars 2015. [Consulté le 7 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/L'Homme_bicentenaire_%28nouvelle%29#Critique

37. *Les Robots*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 4 mars 2015. [Consulté le 7 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Robots#Description

38. *Paréidolie*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 15 janvier 2016. [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Par%C3%A9idolie

39. *Préhistoire*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 26 janvier 2016. [Consulté le 27 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9histoire#Aspects_historiques

40. *Réseau de neurones artificiels*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Publié le 25 novembre 2015. [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_neurones_artificiels#Historique

41. *Robot*. Wiktionnaire : le dictionnaire libre. Dernière révision le 15 septembre 2015. [Consulté le 29 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : https://fr.wiktionary.org/wiki/robot

42. *« Do you follow the three laws of robotics? »*, 23 janvier 2013. Shit That SIRI Says [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://shitthatsirisays.tumblr.com/post/41285020990

43. *Tabula rasa (philosophie)*. Wikipédia : l'encyclopédie libre. Dernière révision le 3 août 2015. [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tabula_rasa_(philosophie)

44. *TensorFlow is an Open Source Software Library for Machine Intelligence*. TensorFlow [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.tensorflow.org

45. *Travail*. Wiktionnaire : le dictionnaire libre. Dernière révision le 29 décembre 2015. [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://fr.wiktionary.org/wiki/travail

FILMS, DOCUMENTAIRES, VIDÉOS

FILMS

1. BLOMKAMP, Neil [réalisateur], Media Rights Capital [producteurs], 2015. *Chappie*. États-Unis, Mexique : Sony Pictures Entertainment, TriStar Pictures.

2. GARLAND, Alex [réalisateur], DNA Films, Film4 Productions, Scott Rudin Productions [producteurs], 2015. *Ex Machina* [film]. Royaumes-Unis : Universal Pictures.

3. JONZE, Spike [réalisateur], Annapurna Pictures [producteurs], 2013. *Her*. États-Unis : Warner Bros. (US), Wild Bunch (France).

4. SPIELBERG, Steven [réalisateur], Warner Bros., DreamWorks SKG, Amblin Entertainment [producteurs], 2001. *A.I. Intelligence Artificielle*. États-Unis : Warner bros.

DOCUMENTAIRES

5. HILL, Kay [réalisateur], 2006. *Mi-homme, mi-robot* [émission TV]. Diffusé le 6 septembre 2015 sur National Geographic Channel.

VIDÉOS

6. LEVIN, Golan, 2004. *Software (as) art*. TED [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.ted.com/talks/golan_levin_on_software_as_art

7. LEVIN, Golan, 2009. *Golan Levin crée l'Art qui vous renvoie votre regard*. TED [Consulté le 12 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.ted.com/talks/golan_levin_ted2009?language=fr#t-318852

8. PAZ, Francisco, 28 novembre 2011. *QBO Robot in front of a mirror (UPDATED)*. YouTube [Consulté le 15 août 2015]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=TphFUYRAx_c

9. PAZ, Francisco, 28 décembre 2011. *Qbo meets Qbo*. YouTube [Consulté le 15 août 2015]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=EIxoiLmy5mM

10. SIMS, Karl, 1994 [Mis en ligne le 6 décembre 2008]. *Evolved Virtual Creatures*. YouTube [Consulté le 25 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=JBgG_VSP7f8

11. Usul2000 [pseudonyme], 29 septembre 2015. *Le Salaire à Vie (Bernard Friot)*. YouTube [Consulté le 7 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=uhg0SUYOXjw

LOGICIELS

1. FRY, Ben et REAS, Casey, ©2004 - 2013. Massachussets Institute of Technology : ©2001 - 2004. *Processing 3*. [Consulté le 7 janvier 2015]. Disponible à l'adresse : https://processing.org/

2. SARAGIH, Jason et McDONALD, Kyle, 2013-2014. Fast, accurate, easy face tracking. [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://facetracker.net/

ICONOGRAPHIE

PAR ORDRE D'APPARITION

A. *Illustration machine learning.* Mc CREA, Nick [Sofware engineer at TOPTAL]. *An Introduction to Machine Learning Theory and Its Applications: A Visual Tutorial with Examples*. [Consulté le 4 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://www.toptal.com/machine-learning/machine-learning-theory-an-introductory-primer

B. *QBO.* Voir bibliographie, section « Films, documentaires et vidéos »: notice № 8.

C. *Comparaison des neurones physiologiques et numériques*. Montage à partir des images suivantes:
   a) *Les réseaux de neurones*. [Consulté le 26 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://math-express.fr/mp/document8b1d.html?doc=Article%20-%20Les%20r%C3%A9seaux%20de%20neurones.txt
   b) STAVELEY, Brian E. *Molecular & Developmental Biology (BIOL3530)*. Memorial University of Newfoundland [Consulté le 26 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL3530/DEVO_12/devo_12.html

D. *Paysage vu par DeepDream*. MORDVINTSEV, Alexander, 1er juillet 2015 [Mis à jour le 18 décembre 2015]. *Deep Dream - a code example for visualizing Neural Networks*. Google Research Blog [Consulté le 5 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://googleresearch.blogspot.ch/2015/07/deepdream-code-example-for-visualizing.html

E. *Haltères vues par DeepDream*. Voir dans la bibliographie, section « Web »: notice № 20.

F. *Facetracker + prise électrique*. BORENSTEIN, Greg, 13 janvier 2012. *Machine Pareidolia*. Flickr [Consulté le 26 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: https://www.flickr.com/photos/unavoidablegrain/6691017193/

G. *Résultats de « A Neural Algorithm of Artistic Style »*. MURPHY, Mike, 6 Septembre 2015. *Van Gobot. Computers can now paint like Van Gogh and Picasso*. Page web [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse: http://qz.com/495614/computers-can-now-paint-like-van-gogh-and-picasso/

H. *Le chat d'Artificial Brain*. DEAN, Jeff et al., NG, Andrew, 26 juin 2012. *Using large-scale brain simulations for machine learning and A.I.* Google Official Blog [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://googleblog.blogspot.ch/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html

I. *Chat, exemple de sémiologie*. Voir dans la bibliographie, section « Livres, E-Books, PDF » : notice № 4.

J. *Chappie*. Voir dans la bibliographie, section « Films, documentaires et vidéos » : notice № 1.

K. *Calvin*. WATTERSON, Bill. *Calvin & Hobbes*. Publié le 12 octobre 2015. [Consulté le 6 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.pinterest.com/pin/336714509619139274/

L. *Apple Talk*. Voir dans la bibliographie, section « Web » : notice № 16.

M. *Double Taker*. Voir dans la bibliographie, section « Web » : notice № 17.

N. *Re:Mark*. Voir dans la bibliographie, section « Web » : notice № 18.

O. *Evolved Creatures*. Voir dans la bibliographie, section « Livres, E-Books, PDF » : notice № 13.

P. *Mandala Generator*. RATTONI, Camille, DONALDSON, Patrick et COUTO-ROSADO, Laura, 2011. *Travail de groupe réalisé dans le cadre du Workshop « Graphisme Génératif »*. Enseignant : Douglas E. Stanley. Bachelor Communication Visuelle, HEAD – Genève, « semaine de tous les possibles » du 31 octobre au 4 novembre 2011.

Q. *Gravure sur bois : poisson*. RATTONI, Camille, 2013. *Travail personnel produit dans le cadre du cours « Techniques d'Impression 1 »*. Enseignant : Raynald Métraux. Bachelor Communication Visuelle, HEAD – Genève, semestre d'automne 2013.

R. *040502*. AARON et COHEN, Harold, 2004. Pigment sur papier, 46 × 57.75 pouces. Harold Cohen [Consulté le 29 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://aaronshome.com/aaron/gallery/FS-main-galleryS4.html

S. *Arithmétique morphologique »*. DOSOVITSKIY, Alexey et al., 2015. [In : SIMON, Marie, 6 janvier 2016. *Les réseaux de neurones qui mettront les designers Ikea sur la paille*. Motherboard [Consulté le 25 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://motherboard.vice.com/fr/read/les-rseaux-de-neurones-qui-mettront-les-designers-ikea-sur-la-paille]

Rédaction, graphisme et édition
Camille Rattoni
Avenue de Gallatin 19A
1203 Genève – Suisse
www.koya.li

Achevé d'imprimer
le 13 février 2016 à la HEAD – Genève

Papier (pages)
Papyrus RecyStar Natur,
100% papier recyclé, 130gr / m^2

Typographie
Roboto Condensed (Light)