

Retranscription de la conférence de Cédric Villani
sur l'intelligence artificielle
le 6 décembre 2024 à Damgan



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Conférence
Cédric Villani
"Démystifier les dangers de l'IA et répondre aux questions"
Damgan, 6 décembre 2024



Organisée par l'Université Populaire du Numérique de Damgan
<https://adn56.net>

Intelligence artificielle, démystifier les dangers de l'IA

Conférence de Cédric Villani

Vous allez lire une retranscription de la conférence que Cédric Villani a donnée sur l'IA le 6 décembre dernier à Damgan (56). Cette retranscription a été réalisée avec l'aide d'un service d'IA en ligne, Sonix. À partir du texte brut fourni par Sonix, nous avons adopté le parti de modifier très légèrement le texte pour qu'il soit mieux lisible à l'écrit, tout en préservant le style de l'auteur. Les modifications portent sur la ponctuation, quelques inversions de mots, et suppressions de mots redoublés à l'oral. Nous avons ajouté un nombre important de références, qu'il s'agisse de notices bibliographiques, de livres, d'articles. L'ensemble est publié sous notre entière responsabilité.

Table des matières

La mission parlementaire sur l'IA.....	2
Transformer automatiquement une mélodie en partition.....	3
Première interpellation sur les dangers de l'IA pour la démocratie.....	4
Les prédictions de Jacques Ellul.....	5
Essai de définition de l'IA.....	6
Historique de l'IA depuis les années 1940.....	6
Un match d'échecs en 1997.....	7
Un vrai truc qui démarre.....	9
Google, un algorithme de recherche vraiment efficace.....	10
La pertinence, algorithme PageRank.....	10
En 2012, second coup de théâtre avec un concours de reconnaissance d'images.....	12
Trois grandes familles d'apprentissage.....	12
Réseau de neurones.....	14
L'apport des processeurs graphiques.....	16
Victoire sur le jeu de go.....	17
Trois mots-clés pour une stratégie d'IA.....	18
Une nouvelle ère avec ChatGPT en 2022.....	19
La pratique devant la théorie.....	21
Questions du public.....	22
L'IA va-t-elle remplacer l'humain ?.....	23
Est-ce que le travail va diminuer ?.....	24
Pourquoi les patients préfèrent le discours de l'IA plutôt que les réponses de leur médecin ?.....	25
Impact écologique de l'IA.....	27
Impact indirect sur la démocratie.....	28
L'informatique quantique.....	30
Les libertariens et les transhumanistes.....	30
Etudier la vie sur terre.....	30
L'IA, un outil pour l'art ?.....	31
IA et langage animalier.....	31
Un appauvrissement général ?.....	32
Quels conseils pour les jeunes ?.....	32

[Cédric Villani] Merci beaucoup cher Pierre. Tout est bon, tout le monde m'entend ? Super ! Merci beaucoup, cher Pierre pour l'organisation. Merci à cette université populaire du numérique pour ce travail de culture scientifique cher à mon cœur. Ça fait partie de mes chevaux de bataille depuis des années : l'importance de tisser des lieux et des liens de culture scientifique et technique. Merci à Jean-Pierre Fourré qui n'est pas là mais qui nous a mis en relation l'un avec l'autre. Et c'est un plaisir, chers amis, de se retrouver ici et de vous voir bien rangés en ordre de bataille pour cette séance.

Alors on va parler intelligence artificielle. C'est un sujet dont on parle aujourd'hui tous les jours. Ça n'a pas été toujours comme ça, j'y reviendrai. On va parler «démystifier les dangers de l'IA et répondre aux questions ». On va répondre aux questions. Au sens propre, puisque je prendrai vos questions longuement après le petit topo. J'ai vu sur un dépliant que le «démystifier » est devenu «démystifier », mais ça marche aussi. Justement, ce qui pèse sur le débat de l'intelligence artificielle, c'est précisément que tout est perclus de mythes, rongé par les mythes, sans jeu de mots. Et on est là encore prisonnier : le mythe de Terminator, le mythe de 2001 odyssée de l'espace, et d'autres mythes plus anciens qui empêchent d'avoir un débat serein. Donc une partie de cette conférence portera sur de l'explication et parlera de désosser ou plutôt dépouiller l'IA de toute la gangue de confusion qui y a été mise, y compris à dessein, par certains acteurs.

Et pour commencer, bien insister sur un point. Si je suis légitime pour parler du sujet aujourd'hui et si à peu près chaque semaine, je suis invité quelque part en France ou à l'étranger sur une conférence qui parle d'IA de telle ou telle façon : soit, c'est IA et démocratie, ça c'est le sujet le plus prégnant dans le moment, surtout encore plus maintenant qu'on a vu les manipulations dans l'élection présidentielle en Roumanie et ce genre de choses. Soit c'est IA et écologie, sujet qui monte et qui monte, à juste titre, interview croisée avec l'ADEME il y a quelques jours¹. Soit c'est IA et potentiel économique, soit c'est IA et sécurité, soit c'est IA et santé, tous sujets qui sont parfaitement légitimes.

La mission parlementaire sur l'IA

Et si je suis invité sans arrêt sur ces sujets, ma légitimité ne vient pas de la médaille Fields de Mais du rapport de 2018 : la mission pour laquelle j'avais été missionné par le gouvernement, par le Président de la République et le rapport qui a été rendu en mars 2018 avec un colloque scientifique organisé à l'occasion, et les six mois de mission parlementaire qui avaient été l'occasion d'un grand débat. Une mission parlementaire, en général, ça reçoit de la lumière juste le jour de la remise du rapport. Typiquement, le ministre qui reçoit le rapport est très attentif à ce que toute la lumière tombe sur lui ou sur elle, et pas sur le député ou la sénatrice qui a bossé. Mais en l'occurrence, ce n'était pas du tout passé comme ça. Le gouvernement, pour diverses raisons et les conseillers de l'Élysée m'avaient donné un feu vert pour mettre en publicité et en lumière le rapport au cours de sa conception. Et donc le processus

¹ <https://infos.ademe.fr/magazine-janvier-2025/regards-croises-sur-limpact-de-lia-generative/>

même. La mission avait été un objet de débat. Il y avait eu plusieurs couvertures, plusieurs unes de la presse grand public. Pendant la mission, il y avait eu des débats très médiatisés, il y avait eu des points d'étape et donc ça avait été en soi l'occasion d'un grand débat et très profitable.

L'IA est un sujet qui doit se débattre. C'est un sujet de société. Et justement, l'un des faits marquants de ces 20, 30 dernières années, c'est que c'est passé d'un sujet de spécialiste à un sujet de tout le monde, d'un sujet d'expert à un sujet politique, et donc c'est important de le débattre. Et ma légitimité là-dedans, elle est bien plus dans le fait que j'étais aux manettes pour ce rapport. Pas le plus expert scientifiquement dans la mission. On était une bonne demi-douzaine dans l'équipe de la mission et auprès de moi, il y avait des experts en droit, en philosophie, en numérique en général et un expert en intelligence artificielle, Marc Schoenauer², ancien président de l'Association française d'intelligence artificielle, qui a fait de l'intelligence artificielle pendant littéralement un demi-siècle avant de prendre sa retraite. Un sujet qu'il avait commencé ado, qu'il a continué professionnellement et ainsi de suite. Et il en connaissait un rayon sur tout ce qui avait pu se faire et qui se faisait en France et ailleurs dans le monde. Mais précisément, ce n'est pas forcément les experts qu'il faut écouter en priorité, les experts techniques de la programmation et de l'algorithme quand il s'agit de ces sujets algorithmiques avec un impact sur le reste du monde.

Et la première anecdote que je vais vous raconter, un de mes premiers contacts avec le débat d'aujourd'hui dans l'IA, illustrera ça très bien. Première fois que j'ai entendu parler de l'IA comme une potentielle menace pour la démocratie. Vous, vous en avez entendu parler quand ? [Un participant répond 1970] Alors il y en a un qui a dit 70. Qui a dit 70 ? Moi qui ne bossais pas dans l'informatique, la première fois que j'ai entendu parler, je me souviens très précisément, c'était une soirée en 1994 et à cette époque là, j'étais étudiant en troisième année à l'Ecole Normale Supérieure.

Transformer automatiquement une mélodie en partition

De par mon parcours et ma génération, j'avais été entraîné, gamin, à programmer du Basic, comme plein de gens de ma génération. Un peu de Pascal plus tard. Au lycée, un peu de Lisp précisément, un langage qui à l'époque était encore en vogue pour l'intelligence artificielle dans un cours de mathématiques et musique où mon professeur était Emmanuel Bacry³, qui aujourd'hui est l'un des experts les plus respectés en France sur le thème Intelligence artificielle et médecine et chargé de coordonner le sommet Intelligence artificielle et Santé qui sera en satellite du sommet de février sur l'intelligence artificielle. Et précisément le sujet que j'avais traité dans ce cours d'informatique et musique avec un collègue de promo, c'était un logiciel qui transforme automatiquement une mélodie en partition. Alors si vous y réfléchissez, pour une mélodie toute simple transformée en partition, la question des hauteurs de notes si votre instrument est un piano par exemple, est triviale, ce n'est pas un problème. Vous reconnaissez

2 Marc Schoenauer : <https://www.inria.fr/fr/michele-sebag-marc-schoenauer-precursseurs-ia-eternels-chercheurs>

3 Emmanuel Bacry : <https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/bacry-emmanuel>

facilement le sol dièse du fa. Mais la question des longueurs est bien plus délicate. Comment vous allez déterminer les durées des notes ? Comment vous allez déterminer que ce que vous entendez, il faut le prendre plutôt comme une double croche, deux doubles croches qui se suivent, et s'il y a une petite variation ? Ou alors il y a une double croche pointée et puis un triple croche qui est juste après, ou bien il y a, etc. Bon, et quand ça accélère, est-ce qu'il faut considérer que c'est la mesure qui change, ou est-ce que c'est un jeu compliqué de mesures qui fait comme si ou comme ça ? Évidemment, ce n'est pas automatique. Et là il faut travailler, réfléchir. Quelle grille on va appliquer là-dedans ? Ça, c'est très exactement ce qu'on appelle aujourd'hui un problème d'intelligence artificielle, un algorithme qui effectue automatiquement une tâche qu'on aurait cru réservée à des humains. En fait, on a un musicien, professeur de musique. On lui joue la mélodie, c'est comme ci, comme ça. Et puis il y a un expert qui utilise son savoir pour faire ça. Et vous vous dites après, est-ce que je peux transférer ce savoir sur l'algorithme pour que ça soit fait automatiquement ? À l'époque, on ne trouvait pas dans le commerce de ces logiciels-là. Maintenant, vous en avez pléthore qui sont 1 000 fois plus perfectionnés que ce qu'on avait fait avec le collègue en 1994. Mais c'était exactement ce genre de job.

Et, à l'époque, parmi nos professeurs d'algorithmique, il y avait Emmanuel Bacry qui est devenu une vedette en intelligence artificielle, il y avait ma tutrice à une époque, c'était Marie-Paule Cani⁴ qui est devenue une superstar mondiale de la création d'univers graphique par intelligence artificielle. Il y avait des DEA (Diplôme d'Etudes Approfondies) à l'époque qui étaient orientés sur l'apprentissage automatique, le cœur de l'intelligence artificielle, même si on prononçait guère le mot intelligence artificielle dans les cours et qui plus tard allaient se transformer en la formation de l'ENS Paris-Saclay qui s'appelle le MVA (Mathématiques Vision Apprentissage) qui est l'une des formations les plus réputées, la plus réputée en France et l'une des plus réputées en Europe sur l'IA. Mais dans tout ça, personne parmi ce milieu qu'on fréquentait nous parlait des dangers de l'intelligence artificielle pour la démocratie.

Première interpellation sur les dangers de l'IA pour la démocratie

Et les premiers qui m'en ont parlé, je m'en souviens très bien, c'était des étudiants de l'école d'à côté, les étudiants des Arts Déco, dans une boum commune organisée entre élèves de Normale Sup et élèves des Arts Déco. J'étais très impliqué parce qu'à cette époque, déjà politique dans l'âme, j'étais président du BDE (bureau des élèves) et donc j'étais là à aller voir de-ci de-là ce qui se passe. Et je tombe sur ce groupe d'étudiants en art qui avait envahi la bédéthèque, dessiné une petite caricature de moi sur le mur, c'était très flatteur... Et quand on a engagé la conversation, ils se sont mis à dire «Ah bien oui, vous faites des algorithmes. Oui, mais il arrivera un moment où les algorithmes générateurs d'images et de textes seront tellement perfectionnés qu'on ne distinguera plus le vrai du faux. Ça fera peser une menace sur la démocratie et le débat public parce que les nouvelles qui seront engendrées seront plus, seront trop crédibles, tout sera truqué et ainsi de suite. »

4 Marie-Paule Cani : https://fr.wikipedia.org/wiki/Marie-Paule_Cani

Et j'étais juste incapable de comprendre ce qu'ils me disaient. Pourtant, sans aucun doute, je programmais dix fois, cent fois mieux qu'eux. Mais le langage qu'ils me parlaient, c'était un langage de l'articulation de l'algorithme avec la société. La clé, c'était une question de sociologie. Je ne sais pas qui était leur professeur. Il y a toute une tradition de sociologues et de philosophes français de la technique qui ont beaucoup écrit sur les rapports entre technique et humains. Les noms les plus célèbres : peut-être Jacques Ellul⁵ ou Bernard Stiegler⁶, ou Ivan Illich⁷, ou d'autres encore. Et je ne sais pas si certains là-dedans ont été influencés, mais en tout cas, ils me décrivaient très précisément, rétrospectivement, ce qui est arrivé 30 ans plus tard. Avec dans le débat public, sans arrêt, voici les fausses nouvelles. Et j'aurais pu mentionner aussi Guy Debord⁸ sur la question des liens entre technique et êtres humains.

Les prédictions de Jacques Ellul

Et récemment, précisément pour une conférence organisée par la Fondation de l'écologie politique que j'ai le bonheur de présider depuis quelques mois, on m'a commandé une conférence sur Jacques Ellul et l'intelligence artificielle⁹. Jacques Ellul, qui est un philosophe, sociologue, théologien très influent à travers le XX^e siècle avec une œuvre considérable. Il a écrit 60 ou 80 bouquins. Très connu comme philosophe de la technique et sociologue, très connu aussi comme théologien. Et donc je me plonge là dedans et je constate ouvrage après ouvrage, je n'ai pas lu les 80 mais j'en ai potassé une bonne douzaine, et je constate que :

- Un, il n'a juste rien compris à l'intelligence artificielle, mais tellement rien, même si ses derniers ouvrages datent des années 80. Mais même ce qu'il écrit sur l'IA dans les années 80, ça n'a aucun sens, même par rapport aux connaissances de l'époque. C'était complètement à côté de la plaque.
- Deux, pour autant, quasiment toutes les prédictions majeures qu'il fait sur la technique et l'évolution humaine, 90 % de ces prédictions se retrouvent réalisées par l'IA et en plein dans le mille. Et même dans certains cas, l'IA est le meilleur exemple que je connaisse de la prédiction en question.
- Et troisièmement, j'ai fait la conférence il y a quelques mois, et alors que ça fait six ans que je baigne dans ce débat et que j'entends à peu près tout ce qui peut se dire, en lisant Ellul, je me suis dit tiens, on n'a jamais adopté cette grille de lecture par rapport à l'IA, ça serait intéressant. Je vois que son regard croisé de quelqu'un qui est à la fois sociologue et théologien et intéressé par les techniques, donnait accès à des grilles de lecture qui étaient pertinentes.

La leçon, c'est quoi, de l'une comme de l'autre anecdote ? Pour aborder le sujet de l'intelligence artificielle, ce n'est pas forcément l'expert en programmation qu'il faut écouter, c'est plutôt le confluent des pratiques. Ça se joue à l'interface entre sociologie, philosophie, économie, techniques,

5 Jacques Ellul : https://fr.wikipedia.org/wiki/Jacques_Ellul

6 Bernard Stiegler : https://fr.wikipedia.org/wiki/Bernard_Stiegler

7 Ivan Illich : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ivan_Illich

8 Guy Debord : https://fr.wikipedia.org/wiki/Guy_Debord

9 [Le podcast de la conférence « Jacques Ellul, du bluff technologique à l'intelligence artificielle »](#)

et le livre de Jacques Ellul, *Le bluff technologique*, Fayard

mathématiques, politique. C'est tout un ensemble, tout un tout. Ce qui en fait un objet passionnant. Et les années que j'ai pu baigner dedans, ça a été passionnant aussi pour ça.

Essai de définition de l'IA

Alors je dois vous dire maintenant, en 1994, la prédiction des collègues des Arts Déco tombait d'autant plus à plat qu'on était en plein dans ce qu'on appelait à l'époque le second hiver de l'IA. L'IA c'est un sujet insaisissable. Parfois ça décolle, parfois ça stagne. Et ça commence très tôt.

Alors d'abord, que je vous dise aussi, on vous a menti depuis le début, au sens où l'IA n'existe pas. Je veux dire, il n'y a aucune façon de donner une définition rigoureuse de ce que c'est que l'intelligence artificielle, sauf à dire que c'est n'importe quel algorithme. Et les algorithmes, ça ne date pas de l'informatique, les premiers algorithmes datent d'il y a 4 000 ou 5 000 ans. Ce que vous appreniez à l'école primaire pour faire les additions, c'est déjà un algorithme. N'importe quelle tâche programmée, bien mise sous une succession d'opérations que vous exécutez, sans les comprendre mécaniquement pour arriver au résultat.

Et donc, intelligence artificielle, c'est n'importe quel algorithme automatisant une tâche qu'on aurait cru réservée à des humains. Et ça, c'est presque une définition acceptable. On va me dire «mais elle est floue ta définition. Quand on dit qu'on aurait cru, qui sait on ? » C'est l'ensemble, le discours, la société. Et qu'est-ce que ça veut dire des tâches ? Pas de définition claire, mais une tâche. Et même si je vous dis ça, c'est pas encore suffisant pour caractériser l'IA. Si on voulait caractériser IA, il faut rajouter «Et qui fait le buzz ». Si ça ne fait pas le buzz, on l'appellera pas IA. Même si vous avez un algorithme qui effectue des tâches, c'est quand il est sous le feu des projecteurs qu'on va l'appeler intelligence artificielle. C'est même une plaisanterie célèbre d'un grand spécialiste d'intelligence artificielle, je ne sais plus si c'était peut-être Marvin Minsky¹⁰ ou quelqu'un d'autre, ou John Curtis ; quelqu'un dans ces eaux-là.

Historique de l'IA depuis les années 1940

Et alors le sujet décolle avec le décollage de l'informatique dans un premier temps. Donc on est au milieu des années 40. Ça coïncide en gros avec la seconde guerre mondiale. Et il y a d'une part l'arrivée des premiers ordinateurs, la Sainte Trinité des pères fondateurs de l'informatique, Alan Turing, John von Neumann, et puis Claude Shannon¹¹, tous les trois doubles compétences de mathématiciens très branchés sur les questions théoriques et sur les équations différentielles et d'ingénieurs très inventifs.

Juste quelques années plus tard, fin des années 40, la découverte du transistor va être la base de toute l'industrie informatique et ensuite commencera un essor considérable de calculateurs de plus en plus perfectionnés, de plus en plus efficaces dans une course à la miniaturisation qui, elle, est extrêmement

¹⁰ Marvin Minsky : https://fr.wikipedia.org/wiki/Marvin_Minsky

¹¹ Alan Turing : https://fr.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing

John von Neumann : https://fr.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann

Claude Shannon : https://fr.wikipedia.org/wiki/Claude_Shannon

bien prédictible et continue. Si on regarde l'évolution depuis cette époque là, jusqu'à tout récemment, les performances ont crû exponentiellement. C'est la fameuse loi de Moore¹², jusqu'à atteindre des vitesses absolument phénoménales. Ça, c'était pour la partie matérielle, les calculateurs.

Et par dessus, la couche algorithmique a été beaucoup plus imprédictible. On commence dans l'enthousiasme dans les années 50 et les mots intelligence artificielle datent du milieu des années 50. On organise les premiers colloques pour se dire on va comprendre l'intelligence humaine qui fait que les algorithmes permettent d'effectuer des tâches très efficacement. Ça donne des clés pour comprendre le fonctionnement du cerveau, le rêve d'Alan Turing. On continue, on continue, ça grimpe, ça décolle. Et puis dans les années 70, paf, ça stagne. Plus de progrès majeurs sur la façon de faire des algorithmes, entre guillemets intelligents. Les théoriciens piétinent. Les financements s'écroulent. Rien ne se passe de particulier. Puis, dans les années 80, ça redécolle. Grande mode des systèmes experts, des langages de programmation bien adaptés. C'était l'époque du Lisp, du Cobol, il y en a qui ont programmé dans ces langages, j'entends, j'entends dans la salle.

Et puis l'industrie qui se dit «Là c'est phénoménal, on va comprendre plein de choses avec ça ». Un énorme essor sur l'intelligence artificielle. C'est à cette époque-là que moi, j'en entends parler pour la première fois. J'étais gamin à l'époque et à travers les ouvrages de Douglas Hofstadter¹³, grand vulgarisateur mathématicien des années 80, le meilleur de tous selon moi. Passionné par l'intelligence artificielle, son grand succès s'appelait *Godel, Escher, Bach*¹⁴. Et il avait écrit aussi très régulièrement des très belles chroniques pour les revues scientifiques. Et comme Turing, il était persuadé que l'intelligence artificielle, c'était LA clé majeure. L'ordinateur, c'était la clé majeure pour comprendre la conscience, la créativité, l'intelligence et tout ça. Bon, enthousiaste !

Fin des années 80, tout ça s'écroule et dans les années 90, c'est à nouveau l'hiver. Plus personne n'y croit. Ça ne marche pas. Tous les espoirs qu'on plaçait là-dedans se sont retrouvés sans suite. Et c'est l'hiver. Personne ne mise dessus. Avant, on ne nous encourageait pas à aller là-dedans et de toute façon, il y avait très peu de volontaires. C'était juste pas un sujet, pas un sujet sous les projecteurs.

Un match d'échecs en 1997

Redémarrage du sujet à une date très précise et cette date très précise, elle n'a rien à voir avec l'invention d'un nouvel algorithme. Elle a à voir avec un match, une partie, un jeu. Vous voyez, auquel je fais allusion ? Un jeu d'échecs, absolument.

12 Loi de Moore : https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Moore

13 Douglas Hofstadter : https://fr.wikipedia.org/wiki/Douglas_Hofstadter

14 *Godel, Escher, Bach, les brins d'une guirlande éternelle*, Douglas Hofstadter, [Dunod](#), 2021

1997, dans une partie très médiatisée, Garry Kasparov, alors champion du monde et plus grand joueur du XX^e siècle de très loin, joue une revanche contre IBM et sa machine Deep Blue¹⁵. Et perd. Il perd pas de beaucoup, il perd à la dernière partie. Il perd aussi, on va y revenir... Mais en tout cas, il perd ce match extraordinairement médiatisé, et vu et mis en scène par IBM qui à l'époque a besoin aussi de se regonfler parce que le cours de son action est bien en chute, et qui est présenté comme le grand match de l'intelligence humaine contre l'intelligence artificielle. Alors Kasparov perd pour plusieurs raisons. Mais une des raisons, c'est qu'il est déstabilisé par la forme que prend le match. Il y a une pression monstrueuse et IBM ne veut pas donner le détail des parties jouées par l'ordinateur. Il y a un secret terrible derrière. Et puis Kasparov est persuadé que parfois, il y a de la triche et que ce sont des humains qui jouent à la place de l'ordinateur. Comme toute sa stratégie, c'est justement d'essayer de tirer parti de la nature mécanique de l'ordinateur, il est déstabilisé, il sous-estime la façon que l'ordinateur pourra réagir de ci ou ça. Et à un moment, en plus, il y a un bug du programme qui le déstabilise encore plus. À un moment où le programme est incapable de trouver le meilleur coup, il joue un coup aléatoire. C'est dans le programme, il joue un coup aléatoire parmi les coups qui ne sont pas mauvais. Et là, Kasparov est complètement planté. « Mais pourquoi il a joué ça ? C'est quoi le plan derrière ? » Il n'y avait pas de plan, mais ça l'a complètement déstabilisé. Ce n'était pas dans la dernière partie, mais dans une partie précédente et ça a contribué à le mettre dans tous ses états. Bon. Et donc Kasparov se retrouve à perdre cette partie. Et tout le monde dit « c'est extraordinaire, l'humain, la machine » et tout ça.

En vrai, pas de révolution algorithmique. Les algorithmes qui étaient utilisés étaient déjà dans l'air du temps. Une vraie prouesse dans la façon d'organiser les calculs. Hsu¹⁶ l'ingénieur qui avait bossé là-dessus dans IBM avait complètement réorganisé toute l'architecture de la machine depuis les puces jusqu'au câblage de la machine. Et il y avait eu un travail énorme qui avait été fait aussi en partenariat avec des grands maîtres internationaux et tout ça. Mais notez bien dans cette partie d'échecs, la question de l'identité est posée, extrêmement forte, la question de la compétition et la question du bluff. Le bluff est un mot-clé qui irrigue l'intelligence artificielle depuis le tout début. Et le jeu d'échecs, ce n'est pas anodin. On est très fier du jeu d'échecs parce que c'est un jeu de très grande stratégie. Alan Turing et Claude Shannon avaient tous les deux rêvé d'un moment où le jeu d'échecs pourrait être automatisé. Et même le tout premier exemple de tromperie entre la machine et l'humain, c'était précisément sur une tromperie au joueur d'échecs artificiel, le joueur turc mécanique de Maelzel¹⁷. Il y a une nouvelle d'Edgar Poe¹⁸ qui parle de ça. C'était un automate qui était présenté dans toutes les cours d'Europe au début du XIX^e siècle. Napoléon a joué contre lui, entre autres. C'était un automate avec des rouages, des mécaniques et tout ça. Et puis on le voyait jouer la partie. Évidemment c'était même totalement hors de portée à tous les concepts physiques de l'époque. En vrai, c'était un humain qui s'introduisait dans le

15 https://fr.wikipedia.org/wiki/Matches_Deep_Blue_contre_Kasparov

16 Feng-Hsiung Hsu : https://fr.wikipedia.org/wiki/Feng-hsiung_Hsu

17 Maelzel : https://fr.wikipedia.org/wiki/Johann_Nepomuk_Maelzel

18 *Le joueur d'échecs de Maelzel*, une nouvelle d'Edgar Poe, *Folio*, 2019

mécanisme pour jouer, donc c'était comme un tour de prestidigitation. Il y avait un remplacement des rouages par un humain et le truc était un objet de curiosité : tiens, ce robot qui joue aux échecs et ainsi de suite. Donc dès ce moment-là, dès le début du XIX^e siècle, le jeu d'échecs est utilisé comme la façon d'introduire le match de la mécanique contre l'humain et à l'occasion d'une tromperie sur l'identité.

Et donc, en 1997, c'est une version moderne qui se rejoue. Mais là, tromperie ou pas tromperie ? Alors dans une série d'Arte qui s'appelle *Rematch*¹⁹, que certains d'entre vous ont vu à coup sûr, ce match est mis en scène avec quelques libertés qui sont prises avec la véracité scientifique. Mais globalement une série qui se tient bien et dans laquelle il imagine qu'il y a eu effectivement une tricherie et que dans certains cas, ce sont des humains qui ont joué les coups risqués. Après tout, IBM n'a rien fait pour dissiper les doutes, ayant démantelé son programme dès la fin de la partie et refusé de publier les algorithmes. Et ils avaient bien gagné leur coup. C'était tout. Ça leur suffisait.

Pour la suite et à partir de là, c'est le redémarrage en vrai. Ce qui a changé, c'est la puissance de calcul, la façon de mener les projets à l'interface entre humains et algorithmes. Par exemple, cette coopération entre les grands maîtres et l'algorithme. D'ailleurs, après, Kasparov lui-même a travaillé avec des équipes algorithmiques pour développer des logiciels d'échecs et a arpenté les conférences du monde entier en disant «ce qui compte le plus dans le développement des logiciels, c'est l'interface entre l'expert humain et l'algorithme ». Et cette combinaison là est le point clé le plus sensible du développement.

Un vrai truc qui démarre

Mais dans la suite, c'est un signal, on se ré-intéresse à l'intelligence artificielle. D'autant plus qu'il y a un vrai truc qui démarre et ce n'est pas un hasard. Ce n'est pas un hasard si en même temps la puissance de calcul des ordinateurs devient suffisante pour concurrencer les meilleurs humains aux joueurs d'échecs. La société numérique commence à émerger. Arrive Internet et son développement. Les adresses mails commencent à prendre. Ça se compte en millions, en dizaines de millions et ainsi de suite. Les premiers sites de référencement de l'information numérique, c'était Yahoo !, puis ça a été Altavista. Puis 1998, c'est la fondation de Google qui va tous les écraser. Et l'arrivée des premiers réseaux numériques. Bref, la numérisation du monde est en cours. En soi, ce n'est pas un fait algorithmique, mais ça veut juste dire qu'il y a de plus en plus d'utilisateurs, de plus en plus de choses qui s'échangent, de messages, de données, etc. Et puis c'est la faillite de Kodak, c'est l'arrivée de toutes les données numériques de partout.

Donc cette numérisation du monde, comme on va y revenir, est un préliminaire indispensable à la suite de l'émergence de l'intelligence artificielle. Sans cette numérisation gigantesque, les algorithmes qui sont aujourd'hui en place et qui font le buzz, ils ne marcheraient juste pas. Ce préalable, c'était la mise en

¹⁹ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Rematch>

place de cette société numérique qui duplique ou qui devient une société en tant que telle. Alors Google, on va en parler.

Google, un algorithme de recherche vraiment efficace

Google, c'est un vrai changement d'époque avec un algorithme de recherche qui est vraiment efficace, contrairement aux précédents algorithmes de recherche. Google, c'est Larry Page²⁰ et Sergey Brin²¹, tous les deux des enfants d'enseignants chercheurs, russes d'un côté, américains de l'autre. Leurs quatre parents étaient enseignants chercheurs, biberonnés à l'algorithmique, à la mathématique, à la physique, à la programmation geek, camarades à Stanford, qui a été, qui est encore aujourd'hui une des plus prestigieuses universités dans le monde et à la pointe souvent sur les innovations numériques. C'est aussi de là qu'est parti Facebook, et ainsi de suite.

Et ils se disent «voilà, on va se mettre dans le projet, on va faire un moteur de recherche utile. Il y a de plus en plus de données, on veut les rechercher sur le web, comment on va faire ? » Et ils comprennent qu'il ne fallait pas chercher à donner du sens au mot de pertinence. C'est compliqué, ça veut dire quoi pertinent ? Comment vous allez traduire en règle la pertinence ? La pertinence, vous allez la rechercher dans la structure même de l'information numérique. Il y a des millions de gens qui ont contribué à dire à travers leur page web ce qui leur semblait pertinent par rapport à leur problème, en particulier à partir des références web : les liens HTML. Quand vous avez une page web qui pointe vers une autre, c'est pour dire «ça c'est quelque chose d'intéressant ». De la même façon, quand on fait de la recherche, vous avez une liste de références. Et ces références, c'est pour dire «voilà les articles qui sont intéressants et qui sont pertinents ». Et plus un article est cité, plus il a de chances d'être pertinent, surtout éventuellement indirectement. Peut-être qu'il n'est pas cité directement, mais tous les articles citent un article qui lui-même va citer cet article et cet article qui est cité en fin de course, il a de la chance d'être pertinent. Il peut y avoir de la triche, bien sûr. Et vous avez des exemples dans les revues, d'astuces pour être davantage cité, ou A cite B qui cite A, qui cite B qui cite A et ainsi de suite, ou parfois des boucles plus compliquées. Il y a eu des scandales considérables là-dessus dans les années dernières. Évidemment, ça fausse le truc et c'est votre boulot d'arriver à détecter ça si vous voulez faire par exemple une liste des articles par ordre de pertinence.

La pertinence, algorithme PageRank

Et donc avec cette idée de Brin et Page pour déterminer ce qui est pertinent, on va chercher quelles sont les pages web vers lesquelles on pointe le plus, en dernier recours. Et ça, c'est un problème mathématique bien posé, net, clair. Vous avez un ensemble de points. Chaque point, c'est une page web, vous avez un ensemble de flèches qui vont d'un point vers un autre, ça, c'est un lien. On appelle ça en mathématiques

20 Larry Page : https://fr.wikipedia.org/wiki/Larry_Page

21 Sergey Brin : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sergey_Brin

un graphe orienté²², orienté parce que les flèches, elles vont d'un endroit vers un autre. Et vous demandez la mesure invariante sur ce graphe orienté. Et il y a tout un paquet de techniques pour les calculer, et c'est un problème qui avait 100 ans. On commence à bosser sur ce problème au début du XX^e siècle.

Et une méthode qui est très efficace pour résoudre ce problème, c'est de s'en remettre au hasard. Imaginez vous ou votre double numérisé allant visiter une page web et regardant toutes les pages web qui sont référencées : la page A pointe vers un, deux, trois, quatre, cinq. Bon, et bien vous allez choisir une des pages web vers laquelle ça pointe au hasard. Et puis cette page web pointe vers trois pages web. Vous choisissez une des trois pages web au hasard. Et vous continuez comme ça en vous baladant complètement au hasard sur l'ensemble du web. Ça, c'est une marche aléatoire pour les mathématiciens. Et puis, au fur et à mesure de ce procédé, peut-être vous allez revenir sur certaines pages web. Vous allez vers la page web un qui fait référence à celle-ci, puis elle revient ici, etc. Et vous allez voir comme ça, dans toute cette grande visite aléatoire, quelles sont les pages web que vous rencontrez souvent. La page web que vous rencontrez le plus souvent, c'est peut-être la plus pertinente. Et vous voyez comment on est passé d'un problème qui semble demander de l'intelligence – pertinente on se dit il faut être intelligent pour savoir qu'est ce qui est pertinent- à un problème qui est purement statistique. Je me balade au hasard et je compte le nombre de fois que j'arrive sur telle ou telle page. Et bien ce problème purement statistique, il peut se résoudre de façon ultra efficace, ultra rapide. C'est un algorithme en tant que tel, c'est stupide. Aller au hasard, c'est le plus bête que vous puissiez imaginer, mais ça résout une tâche qu'on aurait cru réservée aux humains. Et voilà comme ça le principe de base de l'algorithme PageRank²³. Alors après, il y a eu plein de perfectionnements, mais le principe de base, c'était ça. Et voilà comment cet algorithme va jouer le match avec les meilleurs experts humains.

Avant ça, c'était une tâche réservée aux humains, trouver la bonne information pertinente. Vous deviez trouver l'information pertinente dans un million de références, et bien vous alliez voir un professeur, un ingénieur ou un bibliothécaire. «Comment je fais ? J'ai tel problème là-dessus. Qu'est-ce que je fais ? » Maintenant, vous tapez dans votre barre de recherche le mot-clé qui vous intéresse. Et automatiquement, dans les millions de données numériquement disponibles, avec ces algorithmes stupides il va rechercher et vous faire des suggestions sur ce qui est le plus pertinent. Et ça, ça coche donc toutes ces cases pour une tâche qui remplace les experts humains, une tâche qui est remplacée.

Alors, quand on parle aujourd'hui dans le débat public d'intelligence artificielle, on ne parle pas des moteurs de recherche. La seule raison pour laquelle on ne parle pas des moteurs de recherche quand on

22 Graphe orienté : https://fr.wikipedia.org/wiki/Graphe_orienté. Et <https://www.lolivrescolaire.fr/page/12024355>

23 PageRank : <https://fr.wikipedia.org/wiki/PageRank>

parle d'intelligence artificielle, c'est que les moteurs de recherche, ils marchent, ils marchent très bien, on s'y est habitué, on les utilise tous les jours et donc c'est plus ça qu'on va appeler l'intelligence artificielle.

L'intelligence artificielle, je vous disais tout à l'heure est toujours liée à ce qui est nouveau, qui excite l'imagination et qui va permettre aussi aux entrepreneurs de chercher les milliards. Et donc ça se déplace à chaque fois. Ce qu'on appelait à une époque IA, maintenant ce n'est plus le cas. Il y a eu une époque où le problème de la traduction automatique, c'était un emblème de problème d'intelligence artificielle. Vous aviez des universitaires qui faisaient leur carrière sur la traduction automatique et c'est bien identifié comme un problème d'intelligence artificielle. Aujourd'hui, on s'en fiche un peu. Vous avez des entreprises qui font ça super bien. Vous avez des algorithmes en ligne qui marchent bien. Ça marche, on s'y est habitué. Ce n'est plus de ça dont on parle. Ce n'est plus de ça qu'on a peur ou ce n'est plus ça qu'on attend comme étant un sauveur. Et donc les choses se déplacent et en tout cas, petit à petit arrivent ces tâches dans cette société numérique qu'on arrive à mettre sur le plan de l'intelligence artificielle. La recherche automatique, c'est un exemple majeur, impressionnant peut-être.

Mais pour tout le reste, pour la plupart des tâches classiques, quotidiennes et en particulier dessiner, parler, conduire, etc. la recherche continuait à piétiner. L'étape suivante majeure sera aussi un coup de théâtre. Premier coup de théâtre, je vous l'évoquais, c'était la partie de IBM contre Kasparov.

En 2012, second coup de théâtre avec un concours de reconnaissance d'images

Pour retrouver un tel coup de théâtre, il faut attendre 2012 et celui-ci n'était pas un coup de théâtre public majeur. C'était un coup de théâtre universitaire à l'occasion d'un grand concours de reconnaissance automatique d'images qu'on appelait le concours Imagenet, en tous cas, le concours fait à partir de la base de données Imagenet²⁴. 2012, c'était la troisième édition de ce concours annuel organisé encore à Stanford par une mathématicienne d'origine chinoise bien connue dans le domaine, Fei-Fei Li²⁵. Elle avait compris que pour progresser dans la reconnaissance automatique d'images, il fallait une base de données sur laquelle on puisse entraîner les algorithmes.

| L'entraînement, c'est quoi? L'entraînement, c'est l'étape-clé de la construction de votre algorithme d'intelligence artificielle. On dit aussi l'apprentissage, ça correspond un peu à ce que nous, humains, on appelle apprentissage, qui se fait aussi chez bien des espèces animales. C'est un ensemble, une certaine procédure qui vous permet de progresser sur une tâche particulière. Et il y a trois grandes familles d'apprentissage.

24 ImageNet : <https://fr.wikipedia.org/wiki/ImageNet>

25 Fei-Fei Li : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fei-Fei_Li

Trois grandes familles d'apprentissage

- **L'apprentissage par règles** où on vous dit pour bien faire tel sujet, il faut d'abord faire ci, puis ça, regarder ça.
- **L'apprentissage par l'exemple** dans lequel on vous donne un paquet d'exemples et à vous de vous débrouiller pour trouver par vous-même les règles et vous les approprier. C'est évidemment la façon dont nous, humains, apprenons le langage. Par exemple, nos enfants apprennent à parler bien avant d'avoir la moindre notion de ce que c'est qu'une règle de grammaire. Si votre gamin de trois ans, vous essayez de lui expliquer le sujet, le verbe, le complément, l'imparfait et tout ça, il va vous regarder avec des grands yeux. Mais pourtant il conjugue déjà et même a compris comment par exemple conjuguer à un certain temps des verbes dont il n'a jamais vu cette forme. Il sait le conjuguer au futur par analogie avec les autres verbes conjugués au futur, sans avoir la notion de ce que c'est formellement que la conjugaison. Éventuellement, il va se planter si le verbe est irrégulier justement. Mais par l'exemple, il apprendra à gérer l'irrégularité. Bon, le gros de l'intelligence artificielle aujourd'hui fonctionne par cette seconde méthode d'apprentissage par l'exemple, qu'on appelle l'apprentissage statistique.
- **Troisième méthode par l'exploration calculatoire**, on peut l'appeler renforcement. Exploration calculatoire, par exemple, vous voulez progresser au jeu d'échecs et vous vous mettez devant votre échiquier à faire toutes les parties d'échecs possibles, à imaginer les coups, vous prenez un manuel, vous explorez d'autres trucs par les manuels, etc etc. Éventuellement, vous allez tomber sur des configurations que vous n'avez jamais vues, que personne n'aura jamais faites. Donc cette exploration, c'est une troisième méthode d'apprentissage.

Quelle que soit la méthode, le gros du problème, quand vous avez un algorithme aujourd'hui à mettre sur pied, c'est souvent que vous allez mettre sur pied un algorithme possible, laisser un paquet de paramètres libres ou variables en vous demandant quelle est la meilleure méthode, les meilleurs paramètres pour faire l'action. C'est quoi un paramètre ? C'est une quantité qui varie dans votre problème . Par exemple, si votre problème c'est une recette de cuisine, vous pouvez vous demander comment je fais varier la quantité de farine par rapport à la quantité de beurre. Et vous avez peut être-une dizaine de paramètres dans votre recette et vous pouvez faire des expériences pour trouver le meilleur paramètre qui va vous donner la meilleure madeleine. Un paramètre, ça peut être dans une recette chimique, pareil. Quel ingrédient je vais mettre ? Quel est le dosage ? Si vous êtes romancier, le paramètre ça pourrait être le bon dosage entre les phrases à la première personne et les phrases qui interpellent le lecteur, le bon dosage entre le futur et le présent, etc. Vous avez comme ça toutes sortes de paramètres que vous pouvez ajuster.

Les gens qui s'occupent de faire de la publicité ciblée, les gens qui s'occupent de faire de la manipulation en ligne pour les élections utilisent des modèles de psychologie, des modèles de personnalité dans lesquels on réduit la personnalité humaine à cinq paramètres et on considère que les humains sont plus ou

moins ouverts, plus ou moins conscients. Enfin, conscienciosité, c'est le mot, c'est le terme technique. Et en fonction de ces cinq paramètres qui sont détectés à partir de vos traces numériques, des sites que vous consultez, ils vont vous envoyer un message qui va être plutôt inquiétant ou plutôt alléchant.

Donc un ensemble de paramètres. Dans n'importe quelle tâche, n'importe quelle représentation, vous avez ces paramètres. Et votre grand problème de la tâche, souvent ça va être trouver quels sont les meilleurs paramètres, optimiser. L'apprentissage, c'est un deuxième programme qui va automatiquement modifier les paramètres de votre premier programme pour le rendre plus efficace. On parle là de combien de paramètres? Alors quand vous étiez au lycée, vous avez pu voir des fonctions avec peut être un paramètre, ou deux ou trois, guère davantage. Une fonction, ça prend une variable d'entrée x , ça donne une variable de sortie y , f de x égale y . Et peut-être qu'il y a des paramètres. Par exemple, l'équation d'une droite c'est $f(x) = ax + b$, a et b sont deux paramètres. Bon. Comment ajuster les deux paramètres pour que ça marche au mieux? Alors dans les programmes d'aujourd'hui, il y a beaucoup de paramètres. On dit que ChatGPT 4, c'est 1 000 milliards de paramètres. Bon, on n'est pas sur les fonctions à trois paramètres de nos lycées. Évidemment, c'est pas des humains qui ajustent les 1000 milliards de paramètres. Ce sont des programmes qui font tourner avec une débauche d'énergie phénoménale pour trouver la meilleure façon d'avoir les meilleurs paramètres là-dedans. Alors comment on fait pour optimiser ces paramètres? Il y a toutes sortes de techniques, de recettes. Ça, c'est l'art des spécialistes d'informatique.

Et le problème justement, dans ce grand concours d'images, c'était de trouver les meilleurs paramètres pour que la fonction reconnaissance d'images soit bien adaptée. Fonction de reconnaissance d'image, c'est vraiment f de $x = y$, x c'est une image, vous la changez en nombres. Par exemple, pour chaque pixel, vous mettez le niveau de gris ou le niveau de couleur. Vous avez un vecteur avec une quantité considérable de coordonnées, de composantes. Et puis vous le faites passer par la fonction f et ça vous renvoie une image, un y . Et ce y , ça va être typiquement une classification, ça doit vous dire f de x égale éléphant si l'image c'est un éléphant. F de x égale chat si l'image est une image de chat. F de x égale réverbère si l'image est une image de réverbère. Alors dans la base de données de Fei-Fei Li qui a fait travailler des quantités d'humains pour annoter patiemment des millions et des millions d'images, vous aviez des milliers de catégories, des tas et des tas d'images de chiens, de chimpanzés, d'humains, de réverbères, etc.

Réseau de neurones

Et le but du jeu, c'était qui va faire l'algorithme, qui sera la fonction la plus précise, celle qui aura le moins de taux d'erreur? Elle sera entraînée à partir des données de cette base de données et ensuite on lui présentera de nouvelles images et elle devra reconnaître automatiquement. Et à ce jeu-là, il y avait les gens qui s'exerçaient, il y avait toutes leurs recettes. Et 2012, pourquoi c'est historique? Parce que ce

jour-là, un jeune informaticien ukrainien canadien du nom de Alex Krizhevsky²⁶ écrase la compétition. Son algorithme reconnaît tout avec deux fois moins d'erreurs que tous les autres ou presque. «Et comment t'as fait tout ça ? » Et quand il explique son truc, on voit que la méthode qu'il utilisait, c'était une technique qui s'appelle les réseaux de neurones profonds²⁷, réseaux de neurones convolutifs, pour faire pédant. Technique qui était connue depuis 30 ans et qui même avait été théorisée dans sa version de base réseau de neurones dès les années 40 et dont tout le monde, toute la communauté mondiale, à quelques très rares exceptions près, était persuadé dans les années 2010 que ça ne marchait pas. Et les meilleurs experts en informatique disant les réseaux de neurones, on a essayé, ça marche juste pas.

C'est malin, le principe des réseaux de neurones, c'est imiter le fonctionnement du cerveau animal. Un neurone, c'est une unité, deux neurones communiquent l'un avec l'autre par un axone et une synapse qui fait le contact. Vous avez des influx nerveux qui se propagent de neurone en neurone. Chaque neurone y reçoit des influx nerveux. Pensez-y comme des nombres. Peut-être une intensité électrique, un potentiel. Il les combine et il les renvoie à d'autres. Et évidemment, ça peut faire des choses très compliquées en fonction du réseau. Les neurones sont communicants, sont joints avec tel autre, etc etc. Et les paramètres dans un réseau de neurones, ça peut être quoi ? Le poids que vous mettez sur les différents axones. Si je suis un neurone, je reçois de l'information qui viennent de trois autres neurones peut-être, mais je vais faire plus confiance à celle qui vient d'ici. Si je les combine peut-être ça va être 50 % celui-ci, 20 % celui-là, 30 % l'autre. Mais je peux ajuster ces paramètres. Alors vous imaginez les neurones connectés les uns les autres, plein de paramètres à ajuster, etc. Il y a des techniques pour chercher parmi tous ces paramètres, les mettre à jour en fonction des bases d'exemples pour que ça approche au mieux dans son principe de fonction les exemples qui ont déjà été donnés. On l'entraîne sur ces exemples déjà en 2012, tout se met à marcher alors que c'était abandonné par les uns les autres, abandonné par presque tout le monde.

C'était un tout petit groupe qui y croyait dur comme fer et qui continuait avec acharnement à croire en ces réseaux de neurones et à croire qu'ils allaient résoudre les problèmes de l'IA. Le plus ancien, Geoffrey Hinton²⁸, britannique, qui était issu d'une grande tradition britannique d'interface entre l'informatique et les sciences biologiques et chimiques. Ses disciples, parmi lesquels les deux plus brillants étaient le Français Yann Lecun²⁹ et le Québécois Yoshua Bengio³⁰, et qui ont passé des années et des décennies à trafiquer leurs réseaux de neurones, chercher la bonne façon de faire ci et ça. Yann Lecun en particulier, influencé par les thèses sur le développement cognitif de Piaget, en disant on va utiliser une première rangée de neurones pour certaines informations sur la donnée qui seront des informations de grande

26 Alex Krizhevsky = https://fr.wikipedia.org/wiki/Alex_Krizhevsky

27 https://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_de_neurones_artificiels

28 Geoffrey Hinton : https://fr.wikipedia.org/wiki/Geoffrey_Hinton

29 Yann Le Cun : https://fr.wikipedia.org/wiki/Yann_Le_Cun

30 Yoshua Bengio : https://fr.wikipedia.org/wiki/Yoshua_Bengio

échelle, puis quelque chose de plus petite échelle, les recombinaient comme ci ou comme ça, en cherchant des seuils, des paliers, différentes couches de neurones. Pas juste un réseau, mais un réseau organisé en couches. C'est ça qu'on appelle l'apprentissage profond en fonction du nombre de couches qui décrit la profondeur. Et puis les petits jeunes qui étaient là. Donc Alex Krizhevsky et son collègue Ilya Sutskever et tous d'une même famille si je puis dire, scientifique qui y croyaient dur comme fer.

L'apport des processeurs graphiques

Et ils bénéficient en 2012 de puissance de calcul supplémentaire et d'une innovation que personne n'avait attendue, qui s'appelle les processeurs graphiques développés à la fin des années 2000 par l'industrie des jeux vidéo. Et ces processeurs, ils étaient là pour mieux gérer un certain parallélisme des données et mieux gérer les données graphiques. Ils étaient là pour accélérer les jeux vidéo. Et ce qui disent donc Krizhevsky et les autres, c'était son sujet de recherche à Krizhevsky, on va faire un réseau de neurones qui sera fait à partir de ces nouvelles unités. Et les performances ont été époustouflantes. Voyez bien comment, dans ce cas encore, ce n'est pas le progrès d'un algorithme en particulier ou d'un principe algorithmique. Ce n'est pas une grande découverte scientifique, c'est un ensemble de recettes, un changement dans le solide, le *hardware*, le matériel et puis tout un art, un savoir-faire. Et alors tous les personnages de cette aventure, ils sont devenus aussi célèbres qu'on puisse imaginer. Hinton vient de recevoir le prix Nobel de physique, ce qui est très bizarre, mais en tout cas reconnu comme étant l'une des personnes, la personne qui a le plus contribué à la résurrection des réseaux de neurones³¹. Hinton, encore, plus Lecun plus Bengio ont reçu le prix Turing, qui est un peu le Nobel de l'informatique il y a quelques années, et la boîte qui était à cette époque-là, qui produisait les processeurs graphiques, et que ça semblait être juste un truc de niche pour les jeux vidéo, aujourd'hui, c'est la première capitalisation mondiale. Elle s'appelle Nvidia. Plein de gens dans le grand public n'ont pas entendu parler de Nvidia. Mais aujourd'hui, c'est la première capitalisation mondiale et la seule entreprise qui doit avec Microsoft et Apple dépasser les 3 000 milliards de capitalisation. Et si Nvidia est aussi haut, c'est uniquement par le développement de l'intelligence artificielle et uniquement par l'essor des réseaux de neurones profonds, un sujet insaisissable, imprédictible même par les experts. En à peine plus d'un an, ce qui est juste rien à l'échelle scientifique, toute la communauté mondiale de l'intelligence artificielle ou presque se convertit au réseau de neurones.

Les mêmes qui disaient ça ne marche pas et finalement ça marche, allez, on y va ! Et en quelques années, les performances aussi bien en reconnaissance de texte qu'en traduction, qu'en reconnaissance de langage, tout ça, dans tous ces sujets-là, la performance algorithmique s'est mise à dépasser celle des humains. Aujourd'hui, un algorithme reconnaît une adresse sur une enveloppe, une adresse manuscrite avec plus de fiabilité qu'un humain, parce qu'il a tout simplement bien plus d'exemples. Il a appris sur

31 Dans ce podcast, une interview de Yann Le Cun au sujet de ce prix Nobel : <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/la-tech-la-premiere/la-tech-la-premiere-du-jeudi-10-octobre-2024-3090191>

énormément plus de données et ainsi de suite. Mais aussi, c'est venu sur des domaines tels que le diagnostic médical. Sur les images de fractures, les algorithmes font moins de fautes que les meilleurs humains. Le diagnostic de certains cancers, la reconnaissance de certains signes statistiques d'épidémie.

Bien comprendre que dans tous ces exemples, ce n'est jamais de l'intelligence qui est derrière, c'est toujours f de x égale y . Et le f en tant que tel, il n'a pas plus d'intelligence que la formule qui calcule vos impôts. Il a plus de paramètres, ça c'est sûr. On sait que la formule de calcul des impôts, déjà elle en a des paramètres. Et le code fiscal passe pour être le plus incompréhensible de tous les codes, de tous les codes de la loi française qui passe pour être la plus exubérante du monde. Bon. Mais les 1000 milliards de paramètres, aucun code, rien ne peut lutter avec ça. Aucune création humaine ne peut rivaliser avec ce nombre de paramètres phénoménal. Et donc ce qu'on a vu dans les années qui ont suivi, c'est l'efficacité de cet apprentissage exploser. Alors attention, efficacité par rapport au taux de succès. Pas du tout efficacité par rapport à l'acquisition de savoir-faire. Ces algorithmes vous demandent des montagnes de données. Ils apprennent ce qu'est tel ou tel animal ou tel langage avec un besoin de beaucoup plus de données. Ils auraient besoin de beaucoup, beaucoup plus d'heures de cours que nos gamins. Et ils le font avec une débauche d'énergie. Il y a quatre ou cinq ordres de grandeur de différence entre la consommation d'un cerveau animal et la consommation d'un cerveau de silicium, si je puis dire.

Le cerveau de silicium demandant beaucoup, beaucoup plus d'énergie, c'est juste des principes différents, des méthodes différentes. Et c'est dans ce contexte-là que je me retrouvais en 2018, chargé de la mission sur l'intelligence artificielle dans un contexte qui était très chaud pour l'intelligence artificielle justement, où là, arrivaient les premières applications super efficaces à la médecine, les premières applications super efficaces à la publicité ciblée. Les premières applications super efficaces à la déstabilisation des démocraties. C'était le scandale de Cambridge Analytica³² pour le Brexit, dont aujourd'hui encore, les experts discutent pour savoir si ça a eu une influence ou pas. Mais c'est, disons, c'est un sujet de débat.

Victoire sur le jeu de go

C'était aussi le moment du triomphe, un autre triomphe en matière de jeu de l'IA : la victoire sur le jeu de go, le moment où l'entreprise DeepMind, fondée par le très brillant Demis Hassabis³³, parvient à mettre au point un algorithme qui terrasse les meilleurs humains au jeu de go³⁴. Jeu de go bien plus dur que le jeu d'échecs parce que la combinatoire est bien plus compliquée. C'est plus instable et le jeu est beaucoup moins, en un certain sens, théorisé. Chez les meilleurs joueurs de go, il y a une part d'instinct bien plus forte que ce qu'il y a pour le jeu d'échecs. Et pour autant, à grand coup d'apprentissage, le jeu de go, non seulement à partir de la fin des années 2010, donc se met à écraser les humains, mais en plus découvre des

32 https://fr.wikipedia.org/wiki/Cambridge_Analytica

33 https://fr.wikipedia.org/wiki/Demis_Hassabis

34 https://fr.wikipedia.org/wiki/Match_AlphaGo_-_Lee_Sedol

coups et des stratégies auxquels les humains n'avaient jamais pensé. Et force les humains tout déconfits à admettre qu'ils sont intrinsèquement moins bons que ce qu'ils croyaient en matière de jeu de go. Il y avait cette espèce de débat chez les théoriciens du jeu de go «de combien on est loin de la perfection ? » Bon, le genre de questions que se posent les humains, jamais en mal d'ego. Et finalement, ils ont dû admettre qu'ils étaient moins bien, moins bons que ce qu'ils croyaient, l'algorithme trouvant des stratégies nouvelles là où ils croyaient avoir vraiment fait le tour de tout ce qui était possible. Donc un moment, vraiment vraiment remarquable.

Mon rapport s'appelait «Donner un sens à l'intelligence artificielle ». Comment dans cette masse de nouveaux succès de l'IA, trouver du sens et comment pour la puissance publique, orienter les choses dans la bonne direction ou tâcher de l'encadrer dans la bonne direction ? Avec les questions éthiques, les questions de formation, les questions économiques, les questions d'efficacité, quatre grands secteurs sur lesquels on a insisté. Santé qui, aujourd'hui encore, est le secteur dans lequel les applications scientifiques sont certainement les plus impressionnantes. Environnement, écologie en général, secteurs qui, pour diverses raisons pour l'instant, ne se marient pas très bien avec l'IA. Défense bien sûr. Là pour le coup, il n'y a qu'à voir la façon dont les techniques des drones évoluent au fur et à mesure que les algorithmes sont plus perfectionnés. Alors, c'est pas un scoop, le secteur militaire a presque toujours été le premier à vouloir récupérer les progrès mathématiques et les utiliser. Dès les années 40, la question de classification d'images automatiques, ça a intéressé les militaires américains. Et puis le quatrième secteur sur lequel on a insisté, c'était le transport, la mobilité. Alors là, la discussion a un peu vieilli. En 2018 il ne se passait pas un mois sans qu'il y ait un grand colloque sur la voiture autonome. Aujourd'hui, ce n'est plus le sujet. C'est encore le sujet dans certains pays ou dans certaines entreprises, mais pas ici. Mais on s'est aperçu d'une part que c'était beaucoup plus dur que ce qu'on croyait, sans qu'on puisse vraiment expliquer le véhicule autonome. Et ensuite que, à coup sûr, ce n'est pas la solution au sens où les enjeux écologiques demandent en particulier un allègement des véhicules. Ça, c'est les lois de la physique qui vous le disent. Et le véhicule autonome, les directions de recherche que ça a pris, c'est beaucoup de capteurs, ce sont de gros équipements. C'est quelque chose de lourd qui s'annonce. Puis le véhicule autonome, les simulations nous le disent, ne résoudra ni le problème en tant que tel, ni le problème de la pollution, ni le problème des ressources, ni le problème des embouteillages. Sera certainement statistiquement, s'il advient un jour un plus en matière de sécurité, au sens où les accidents seront à terme moindres que pour la conduite humaine. Mais sur tous les autres secteurs que je viens d'évoquer, ce sera pas un progrès. Donc ça a changé de sujet.

Trois mots-clés pour une stratégie d'IA

Le jour du rapport, j'ai insisté sur trois mots-clés qui selon moi, sont les mots-clés qui doivent guider une stratégie d'intelligence artificielle :

- **L' expérimentation** sur un sujet qui est resté encore extraordinairement pragmatique et expérimentale et où les meilleurs théoriciens sont bien en peine d'expliquer pourquoi tel algorithme marche mieux que tel autre.

- **Le partage** dans un sujet qui demande à la fois du partage d'informations et de données et du partage de compétences. Tous les bons projets de développement de l'intelligence artificielle efficace se font dans une bonne boucle entre le développeur et l'utilisateur et l'utilisation. Et les exemples abondent d'exemples dans lesquels on se retrouve avec des calamités si la boucle n'est pas bien gérée, si le produit n'est pas bien évalué. Et souvent même le contraire de ce qui était voulu au départ. Comme dans l'ouvrage de Cathy O'Neil³⁵ *Algorithmes, la bombe à retardement*, qui reste un peu l'ouvrage de référence pour montrer tout ce qui peut mal se passer avec l'IA. Ça date aussi de l'époque de mon rapport.

- Et puis, troisième mot-clé, la **souveraineté**. Aussi bien la souveraineté géopolitique dans un contexte où un gros enjeu, c'est pas se faire imposer les algorithmes de l'extérieur pour des questions démocratiques, pour des questions économiques, pour des questions d'usages. Et sur une échelle de souveraineté qui doit être prise à l'échelle nationale et à l'échelle européenne, échelle pertinente pour les questions de marché, pour des questions de compétences, pour des questions de ressources humaines. Mais aussi la souveraineté dans les usages. Pas se laisser déposséder de telle ou telle tâche dont il est important qu'elle reste à des humains. Ça peut être pour des questions de responsabilité, pour des questions de contacts et ainsi de suite.

Une nouvelle ère avec ChatGPT en 2022

Tout ça, chers amis, c'était la situation de 2018. C'est encore la situation d'aujourd'hui, même si entre temps est arrivé le coup de théâtre spectaculaire qui a frappé un beau jour de 2022, qui s'appelait ChatGPT et qui était l'arrivée des grands modèles de langage. Ça a changé la donne de façon considérable pour le débat public, pour le buzz et aussi pour la multiplication d'un certain nombre de cas d'usage. Cas d'usage de traitement d'informations, de synthèse, d'administration, de choses comme ça. Même si pour l'instant, aujourd'hui, à l'heure où on se parle, les applications de l'IA effectivement mises en œuvre dans l'industrie, dans les universités et tout ça, ne reposent que très peu sur ces grands modèles de langage. Et le très très gros, c'est les techniques qui existaient déjà, les algorithmes qui existaient déjà avant, perfectionnés de-ci de-là.

Ces algorithmes, ces algorithmes de 2022 reposent sur une brique technique qui a été décrite dès 2017, donc à l'époque de notre rapport. Cette brique technique s'appelle les transformeurs³⁶. Pourquoi est-ce qu'en 2017 on n'en parle pas ? Parce que même si les experts savaient que c'était là, ils ne jugeaient pas utile de le mentionner comme une étape majeure. Ils ne pensaient pas que ça allait changer la donne à ce

35 *Algorithmes, la bombe à retardement*, Cathy O'Neil, [Les Arènes](#), 2018

36 Transformeurs : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformeur>

point. C'est l'expérimentation qui l'a montré et les agents conversationnels qui sont arrivés, le *chatbot*³⁷ comme on dit en 2022, écrasant à plate couture les agents conversationnels qui étaient mis en œuvre jusque là par Microsoft. Il y avait eu Tay³⁸ il y a eu Zo³⁹ ensuite. Ces agents conversationnels nouveaux étaient bien, bien plus efficaces, bien bien plus performants. Ils avaient des hallucinations, donnaient des bêtises de temps en temps, mais ils avaient une qualité de rendu, d'imitation humaine bluffante. Et là, d'un coup, ça a été un buzz phénoménal. Il a suffi de cinq jours à ChatGPT, à OpenIA la société commercialisant ça pour dépasser le million d'utilisateurs, ce qui est le record de tous les temps pour une technologie. Évidemment, parce qu'il y avait la publicité qui allait avec. Et c'est donc l'arrivée à partir de 2022 d'une nouvelle ère.

On arrive au bout de mon exposé, mais on reviendra au cours de la séance de questions sur les fondamentaux de cette nouvelle ère très récente, très mise en lumière, dans laquelle les mots-clés sont le grand, grand bluff avec les acteurs les plus en vue, les grands patrons milliardaires vous expliquant pour les uns que l'IA va anéantir l'humanité, pour les autres, que l'IA va se transformer en Dieu.

Sam Altman⁴⁰, le patron de OpenAI, dans son manifeste, explique que certainement grâce à l'IA, nous allons connaître toutes les lois de la physique. Que grâce à l'IA, on pourra construire un monde dans lequel peut-être tous les humains vivront mieux que les milliardaires d'aujourd'hui et que tout ce qu'on a à faire, c'est d'investir suffisamment de milliards dans l'apprentissage profond pour construire suffisamment de grandes cathédrales, d'entrepôts de données pour faire mouliner tout ça. Pour lui, c'est le changement de civilisation. Son ancien ami, Ilya Sutskever, a quitté la boîte avec fracas pour fonder, pour fonder Anthropic et d'autres projets de développement. Il travaille sur un truc qu'il appelle Safe Superintelligence⁴¹, précisément marquant qu'il considère la conduite de son ancien associé comme criminelle. Son autre ancien ami Elon Musk, encore plus fou que les fous, lui, a lancé un grand procès à OpenAI et lançait sa propre boîte, où tout le monde pousse à qui plus de milliards et tout ça.

Les experts pendant ce temps là, et les algorithmiciens, les uns sont impliqués à fond dans telle ou telle entreprise, se disant, il faut bien qu'il y en ait qui bossent et qui essaient de comprendre quels sont les ressorts scientifiques de tout ça, d'autres s'occupent d'organisation du débat public. En France par exemple, aujourd'hui, la grande coordinatrice de la stratégie Intelligence artificielle, c'est la mathématicienne et programmeuse Anne Bouverot⁴². D'autres encore, pour le coup, s'effondrent. Ça a été le cas de Geoffrey Clinton que j'évoquais tout à l'heure et je pense que c'est depuis 1945, la première

37 Chatbot : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chatbot>

38 Tay : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tay_\(intelligence_artificielle\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tay_(intelligence_artificielle))

39 Zo : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Zo_\(intelligence_artificielle\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Zo_(intelligence_artificielle))

40 Sam Altman : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sam_Altman

41 Superintelligence : https://fr.wikipedia.org/wiki/Safe_Superintelligence

42 Anne Bouverot : https://fr.wikipedia.org/wiki/Anne_Bouverot

fois qu'un lauréat du prix Nobel va dans le monde entier pour expliquer que son invention va sans doute anéantir le monde. En 1945, c'est le prix Nobel de physique pour Otto Hahn⁴³, le découvreur de la fission nucléaire qui est à la base de la bombe atomique.

Et puis vous en avez une toute petite minorité, comme Yann Lecun qui continue d'essayer de garder la tête froide et d'en faire profiter le débat public. Yann Lecun, qui donne des cours au Collège de France à l'occasion. Yann Lecun est sur tous les réseaux sociaux. Yann Lecun s'engueule publiquement avec Elon Musk qui raconte ci et ça. Et de tous les sujets scientifiques qu'on a vu émerger au cours du XX^e et XXI^e siècle, ce qui caractérise certainement l'IA, c'est que c'est celui qui est le plus marqué par la confusion du débat, l'hypermédiatisation. Il y en a eu des hypermédiatisations, on en a eu d'autres. Mais ici, c'est certainement plus par l'ampleur des sommes qui sont mises en jeu.

Et le paradoxe de la bombe atomique, certainement, évidemment, ce n'est pas vraiment un progrès pour l'humanité, mais ça reposait sur des avancées scientifiques phénoménales : quantités de prix Nobel pour la théorie atomique, des esprits les plus intelligents de la planète qui faisaient telle ou telle révolution. On enseigne cette mécanique quantique dans toutes les universités du monde et ainsi de suite.

La pratique devant la théorie

Tandis qu'aujourd'hui personne ne peut dire vraiment quel est le soutien algorithmique, la formule mathématique fondamentale dans le fait que ces algorithmes marchent. On est dans un stade pré-scientifique, avec une très grande intelligence qui a été déployée. Et les noms que j'ai cités là, les Hinton, Bengio, Lecun, etc sont des artistes extraordinaires dans leur partie, avec une profondeur d'expérimentation et de ténacité qui forcent l'admiration. Mais la théorie n'est pas dans un état tel qu'on puisse dire voilà les grands ressorts, les grands ressorts scientifiques. Et c'est quelque chose d'assez fascinant. Quand l'informatique est née, la pratique courait derrière la théorie. Il y avait les grandes théories, par exemple les équations différentielles. Et c'était un défi énorme que d'arriver à faire en sorte que les ordinateurs rattrapent les équations différentielles. Aujourd'hui, c'est le contraire. La pratique est bien devant la théorie, et même sur des sujets la prédiction météo on voit l'IA qui arrive à faire des prédictions meilleures.

Donc l'expérimentation est en avance sur la théorie. Ce qui est un complet renversement de la marche historique entre l'informatique et les sciences, avec des avancées du côté scientifique qui sont non négligeables. C'est le cas de la médecine, mais c'est aussi des nouveaux matériaux explorés en chimie. C'est aussi dans tout un ensemble de domaines liés à la mécanique, des nouveaux progrès qui sont faits par rapport à ça, et ainsi de suite.

43 Otto Hahn : https://fr.wikipedia.org/wiki/Otto_Hahn

Et donc une ère pleine d'incertitudes. Personne ne peut se risquer de bonne foi à faire des prédictions sur quand sera le nouveau palier, qu'est-ce qui sera accompli ? En revanche, c'est une situation qui, évidemment, met en débat, en tension avec des perspectives considérables une dose d'inconnus extraordinaires et un défi de société sur tout l'ensemble des processus qui sont interrogés par toutes ces nouvelles fonctions en elles-mêmes, que des fonctions nouvelles permises par l'informatique, pas plus intelligentes que n'importe quelle autre fonction, mais bien plus subtiles, perfectionnées et donc donnant de nouveaux outils à toutes sortes d'activités humaines, les meilleures comme les pires. Je vous remercie.

Questions du public

[Cédric Villani] Je prends les questions par salves.

[Question] Merci pour cette brillante intervention. Si j'avais eu un prof de maths comme vous, je pense que j'aurais eu une filière un peu différente. Vous êtes trop pédagogue ! Non mais plus sérieusement, avec tout ce que vous avez dit là, je voudrais savoir à quel moment l'intelligence artificielle va prendre le pas sur l'intelligence artificielle, c'est à dire où l'homme n'interviendra plus du tout ?

[Question] Bonsoir, vous avez parlé tout à l'heure un petit peu de mécanique quantique. Je voudrais savoir si à un moment donné on peut envisager l'informatique quantique et l'intelligence artificielle. Est-ce qu'il y aura un jour un mariage de raison entre les deux ?

[Question] Merci. Oui, bonsoir, Je souhaiterais savoir quel regard vous portez sur ce qu'on entend un peu autour de la Silicon Valley et les mouvements de pensée comme les libertariens, le transhumanisme, etc.

[Question] Oui, bonsoir, Est ce qu'il y a des recherches faites avec l'intelligence artificielle pour rechercher l'origine de la vie sur Terre ?

[Question] Bonsoir, est ce que vous pensez que l'intelligence artificielle pourra agir sur l'art ?

[Question] Bonsoir. Est-ce que l'intelligence artificielle aura un impact pour le décryptage du langage animalier ?

[Question] Oui. Bonsoir, merci. Vous avez parlé beaucoup du *deep learning*, pas beaucoup de l'IA dite générative et est-ce qu'on peut imaginer que les travaux qui ont été faits et qui ont conduit à utiliser les réseaux de neurones par analogie avec la réalité biologique, est-ce que dans l'I.A. générative, on n'est pas dans l'autre sens, c'est à dire expliquer éventuellement d'où viennent les rêves, les cauchemars, les hallucinations, etc.

[Question] Bonsoir. Que conseilleriez vous à nos à nos jeunes préados ou ados dans l'utilisation de l'intelligence artificielle_?

[Question] Merci pour votre intervention. J'avais une question qui m'intéresse et qui me perturbe, c'est la relation de l'intelligence artificielle par rapport à la réalité de l'humain. Et aujourd'hui je n'entends pas la place de l'humain dans l'intelligence artificielle. Qu'est-ce qui va se passer quand demain il n'y aura plus besoin d'ingénieurs, Il n'y aura plus besoin d'artistes, il n'y aura plus besoin de musiciens, puisque l'intelligence artificielle ou au moins les algorithmes feront les choses à leur place ? Que feront les humains_?

[Question] Oui, je voulais poser une question pour connaître l'impact écologique de l'IA. Quelles sont toutes les ressources que ça pompe_?

[Question] Ne pensez-vous pas que les nouvelles intelligences artificielles génératives, GPT4, Midjourney, etc qui font de la musique, du texte ou des images, à force de se nourrir de données dont celles qu'elles génèrent elles-même, ne vont pas arriver à un moment donné par consanguinité, par auto consanguinité en quelque sorte, à plafonner et à réduire la qualité de ce qu'elles génèrent et du coup aussi nous abêtir ou réduire un peu nos facultés intellectuelles par paresse ?

[Cédric Villani] Allez, déjà, ça nous fait un bon petit lot de questions.

L'IA va-t-elle remplacer l'humain ?

Ok, alors question générale, quand est-ce que l'IA va prendre sur l'humain_? Quand est-ce qu'il n'y aura plus besoin de l'humain et tout ça_? Telle qu'elle est posée, on a l'impression que dans notre imaginaire, ce serait comme s'il y avait des bestioles fonctionnant à l'IA qui prendraient leur autonomie, qui se mettraient à discuter entre elles et dire finalement on n'a plus besoin des humains, on va faire tourner la planète sans eux, avec des sources d'énergie et tout ça. Mais si on essaye d'aller dans le fond, très vite, on se retrouve avec des contradictions. Les IA c'est pas des bestioles. C'est pas des machines. C'est même pas des robots. On peut faire des robots avec de l'IA, même si la robotique et l'IA se sont développées de façon plutôt séparées. Globalement, les IA, c'est des fonctions. C'est f de x égale y . En premier, plein des choses qui font tourner le monde ne sont pas des fonctions. Vous pouvez faire tout ce que vous voulez, pour produire de l'énergie, il faut à un moment qu'il y ait un truc physique qui produise de l'énergie, un dispositif qui le récupère et tout ça. Une fonction, ça ne peut jamais donner qu'un résultat abstrait. L'IA dans bien des tâches, ça peut vous donner la couche abstraite ou la couche de formules, mais ça ne remplace pas la partie biologique, mécanique, physique, naturelle par définition. Et vous allez me dire oui, mais peut-être qu'on aura aussi des bidules qui feront automatiquement la vie, etc, des robots humanoïdes ? Ça c'est le discours vendeur des grands patrons de la Silicon Valley et d'autres. Mais en

vrai, on n'est pas du tout sur ce genre de choses. Nos robots, les robots qu'on sait faire aujourd'hui ont une autonomie dérisoire. Le robot en tant que tel, le robot guerrier qui va venir faire la guerre, il n'est pas pour demain. Les drones, ça c'est autre chose. Mais on n'a pas pour l'instant, il n'y a pas d'avancée spectaculaire sur ces autres domaines qui correspondent à une incarnation.

Ce qui a progressé, c'est la partie abstraite, ses fonctions. Alors certaines tâches des humains s'apparentent à des fonctions. Si votre boulot, c'est de travailler pour une agence d'information spécialisée et que votre boulot le matin c'est recevoir le flux d'information et en faire la synthèse de ce qui est le plus pertinent par rapport au secteur ou par rapport à votre client, bien oui, c'est une fonction. X, c'est entrer toutes les informations qui arrivent, y c'est une synthèse. Bien ça évidemment, l'IA le fait très bien. Et d'ailleurs, il y a déjà eu des vagues de licenciements dans ce type de métier. Si votre boulot c'est de l'administration, éventuellement c'est une fonction, vous devez vérifier que tous les trucs là sont en règle, en sortir un tampon, là oui, c'est la fonction qui à x ensemble de documents, associe y qui est un label.

Bon, mais la plupart des tâches, quand vous les regardez, c'est pas des fonctions : dans bien des cas, votre coiffeur n'est pas une fonction, votre infirmière n'est pas une fonction, votre fils n'est pas une fonction. Votre professeur n'est pas une fonction et ainsi de suite. Et dans la plupart du temps, vous avez des interactions et des activités qui relèvent du biologique, qui relèvent de l'émotion, qui relèvent du physique et ainsi de suite. Se dire quand est-ce que les humains vont se faire remplacer par l'IA avec les IA qu'on a aujourd'hui, la question est à la limite obscène. C'est l'idée que les humains sont assimilables à des fonctions juste productives. C'est en fonction de ce qui rentre et qui sort qu'on considère comme ayant une place dans la société, c'est juste une question qui en elle-même est obscène.

Est-ce que le travail va diminuer ?

Pour ce qui est de la question qui semble plus simple est-ce que le travail va se résorber ou diminuer et ainsi de suite ? Bien malin qui peut le dire. Et depuis un siècle, les gens, certains brillants esprits, se ridiculisent en faisant des prédictions sur la fin du travail, y compris des gens comme Keynes, y compris comme Jean Perrin, le héros français des atomes, qui était en son temps au début du XX^e siècle, le scientifique français le plus vénéré, prix Nobel et tout ce que vous voulez. Mais un prix Nobel emblématique comme tout le monde et qui pensait que, en un siècle, il n'y aurait plus que quelques heures de travail par jour, ça serait la semaine de 15 heures ou quelque chose comme ça ; que même la science nous aurait délivré de la nécessité d'avoir de l'agriculture. Il n'y aurait plus que la chimie qui nous fournirait quelques pilules. Et puis, qu'on consacrerait tout le temps ainsi libéré, à s'instruire et à devenir intelligent. Bon, et évidemment, l'expérience a montré que ce n'est pas ça qui s'est arrivé. Aucune de ces trois prédictions ne s'est réalisée et donc le sujet est notoirement casse-gueule.

Mais même toutes les études qui se sont multipliées ces dernières décennies sur l'impact de l'IA sur le travail se sont plantées. Alors il y a une règle, une méta-règle qui dit «En cas de changement technique, on surestime les effets à court terme et on sous estime l'effet à long terme ». Et peut-être que ça s'applique ici et que les gens ont voulu voir des changements trop rapides. Et vous aviez toutes ces études qui vous disaient «en dix ans, la moitié des emplois vont disparaître ou la moitié des tâches, etc ». Tout ça, ça ne s'est pas réalisé. De la même façon quand les grands cours en ligne massifs sont arrivés, les MOOC, quand ils ont commencé à se lancer aux États-Unis, les grands fous furieux de la Silicon Valley, les Peter Thiel⁴⁴ et autres, nous prédisaient que l'université c'était fini. « En dix ans, il n'y aura plus que dix universités dans le monde ». C'était une prédiction de Peter Thiel. Bon, ce n'est pas trop ça qui s'est passé. Au contraire, il y a encore plus d'universités maintenant. On a sans arrêt des nouvelles universités qui ouvrent et les MOOC, c'est devenu une brique dans l'ensemble, mais ça n'a pas été la révolution. Et on voit d'ailleurs combien c'est dur de faire les cours à distance, de les suivre pour garder la motivation. Personne n'avait prédit et prévu que ça serait aussi dur d'être motivé à distance devant un écran, de garder la concentration. C'est un fait biologique qu'on a vu à l'expérience. Donc les prédictions sur ces questions de travail, elles sont un exercice casse-gueule et presque vain.

La bonne attitude, c'est de se dire par rapport à notre métier et mon entreprise et ma mission, qu'on est important. Et notre fierté. Mission de parents, mission de participer à tel ou tel projet, mission de sauver la planète ou mission de construire la mobilité du futur ou qui sait quoi? Comment je peux utiliser ces nouvelles fonctions pour travailler plus efficacement? Ça peut être de l'optimisation, ça peut être pour répondre aux clients plus efficacement. Une présidente de caisse primaire d'assurance maladie me disait il n'y a pas longtemps dans un débat, «on a fait l'exercice en interne, la séance de brainstorming de grandes discussions entre nous pour chercher les cas d'usages possibles à l'IA générative. Et on a trouvé 80 cas d'usages possibles. » Si ça se trouve, sur les 80, il y en a trois qui marcheront. Et en tant que tel, ça sera un progrès. Et si on ne les utilise pas, on ne peut pas savoir, si on n'essaye pas, on ne peut pas savoir lesquels marchent et si ça marche, si l'ensemble est bien géré, ça permettra aux humains de se reconcentrer sur notre tâche. Dans un contexte où il y a plein de services pour lesquels il y a du sous-effectif ou du surmenage, ça peut être lié à l'inflation réglementaire, ça peut être lié à qui sait quoi, ça ne sera pas du luxe. Dans bien des cas les IA nous interrogent sur notre pratique en tant qu'humains.

Pourquoi les patients préfèrent le discours de l'IA plutôt que les réponses de leur médecin ?

Exemple : une étude récente montre que quand on s'intéresse au discours qui est tenu à des patients, à des malades, statistiquement les patients préfèrent les phrases de réconfort, d'explication qui leur sont prodiguées par des IA. Pas intuitif. Pourquoi ? Premièrement, quand le médecin vous parle, en même temps il est tout occupé à remplir ses dossiers administratifs. Le médecin est souvent occupé à taper à

44 Peter Thiel : https://fr.wikipedia.org/wiki/Peter_Thiel

l'ordinateur. Visuellement, ce que vous voyez, c'est un dos d'ordinateur, ce qui n'est pas quelque chose de super encourageant, super réconfortant quand vous êtes un malade et inquiet et vous voyez quelqu'un qui est distrait par les tâches.

L'IA, elle, se concentre sur le truc. Elle parle plus. Dans l'expérience qui a été menée et publiée dans un grand journal de médecine, l'IA donne dans le même temps trois fois plus de mots que le médecin, simplement parce que l'IA se concentre à parler tandis que le médecin doit s'interrompre pour faire des tâches, etc etc. Ça, ça nous dit quelque chose sur notre système et ça nous dit aussi que si on arrive à déléguer la partie informatique à l'IA et la partie humaine au médecin, tout le monde y gagnera. Le malade se sentira mieux soigné. Le médecin ne dira pas qu'il est prisonnier de la machine et de l'administration. Le taux de succès sera plus important et ainsi de suite. Donc il y a le défi de souveraineté des tâches, juste on ne va pas attendre le moment où le médecin va être remplacé par un algorithme, ce qui n'a aucun sens. Par définition, un médecin est un être humain à qui vous faites confiance pour vous aider et pour aider vos semblables.

Alors ça c'était pour la première question, quand est-ce que l'IA va prendre le pas sur l'homme en tant que telle ? La question, elle n'a juste pas de sens. Ce qu'on peut demander, c'est quand est-ce que sur telle ou telle tâche, l'IA arrive au niveau de l'humain et on a vu le moment où c'est arrivé pour le jeu d'échecs, pour le jeu de go. On voit aujourd'hui par exemple la mathématicienne Noriko Arai⁴⁵ qui a mené pendant des années à l'université Todai au Japon un projet de robot qui réussit les examens d'université. Et quand elle s'est lancée, personne ne savait si c'était possible ou pas. Et son projet de robot en tout cas, quand on a fait le rapport en 2018, il réussissait, je ne sais plus exactement dans le top 5 % des universités, il passait avec succès le concours d'entrée des universités de 95 %. Maintenant, sans doute, c'est 99 %. Il se classe très bien aux résultats de mathématiques. Il se classe très bien dans les dissertes d'histoire, il se classe très bien dans les examens de géographie, etc. Bon, et alors ? Est-ce que ça change quelque chose pour le problème numéro un des universités, qui n'est pas de donner un diplôme à un algorithme, mais de donner un diplôme à des humains et de faire en sorte qu'on transmette le savoir faire à nos humains, à nos jeunes et qu'ils en soient mieux formés pour l'avenir et ainsi de suite. Ben non, rien du tout. Prendre ça comme une curiosité. Peut-être, ça nous apprend des choses sur les méthodes d'apprentissage, peut-être ça nous apprend des choses sur nos examens et ainsi de suite. Mais en tant que tel, il faut le prendre comme un *sparring partner*.

Après la victoire de AlphaGo sur Lee Sedol au jeu de go, comme Demis Hassabis aime bien le souligner, le nombre de jeux de go vendus dans le monde s'est mis à augmenter. Les humains ne se sont pas dit « ça y est, on est battu par le go à l'algorithme, on va arrêter de jouer au go ». Ben non, un jeu, vous y jouez

45 Noriko Arai : https://fr.wikipedia.org/wiki/Noriko_H._Arai

pour développer votre corps, votre esprit et ainsi de suite, pour en être un humain meilleur. Ce n'est pas parce qu'il y a un algorithme quelque part qui sait faire mieux que vous que vous allez vous arrêter. De la même façon, ce n'est pas parce qu'il y a des voitures qui roulent plus vite que vous, que vous allez vous arrêter de marcher. Bon, évidemment, sur la question de courir, ça fait très longtemps que les systèmes mécanisés ont dépassé les humains. Pour autant, on continue à courir. C'est même un enjeu pour l'humanité que de continuer à courir davantage, de faire du vélo etc., et lutter contre le surpoids qui frappe nos enfants et tout ça.

Et donc la question en tant que telle remplacer l'humain par l'IA, elle est mal posée. Et ce n'est pas la question. La question c'est comment nous dans tout ça on va en être meilleur. En être meilleur, ça veut dire être plus intelligent, en meilleure forme physique et utiliser ces algorithmes pour en tirer plus de plus de bonheur. De la même façon que moi, comme n'importe quel intellectuel qui a appris à utiliser les outils de recherche et Google ou autre, on sait en trouver des façons de s'informer mieux, de construire des textes qui sont plus riches, de faire des articles mieux construits, parce qu'on a trouvé ces nouvelles façons d'aller à la pêche aux informations, de satisfaire notre curiosité en ayant bien conscience qu'il y a des défauts, que parfois on se fait manipuler, etc. Mais oui, mais on l'intègre tout ça. Si vous l'intégrez, vous pouvez en tirer le profit. D'où l'importance de la culture scientifique et technique.

Impact écologique de l'IA

Alors l'impact écologique? L'impact écologique est mauvais et je répète mauvais. Aujourd'hui, l'IA est un ennemi de la transition écologique. Pas dans sa structure, mais du fait, premièrement de la façon dont il s'est construit, de son architecture. Et deuxièmement, des activités humaines qu'il soutient.

Premièrement, au niveau de l'architecture, l'IA qui s'est développée, c'est une IA qui repose sur la centralisation de quantité de données et sur une énorme multiplication des unités qui sont concernées. Beaucoup de matériel, beaucoup d'énergie. Un grand pont de un grand acteur américain, un senior, la soixantaine, me disait il n'y a pas longtemps, «j'ai connu le moment où dans nos entreprises, on comparait le nombre d'employés pour la puissance, puis le moment où on comparait le nombre de milliards. Et maintenant on compare la quantité d'énergie qu'on est capable de déployer pour entraîner nos modèles.» Et les boîtes demandent si elles ne vont pas investir dans leur propre centrale nucléaire et des choses comme ça. Bon, évidemment ça vous montre que ce sont des choix gourmands en ressources qui ont été faits. Et si Microsoft a explosé ses propres engagements climat l'an dernier, c'est parce que, en anticipant la demande accrue en IA, ils se sont mis à construire à tout va des centres de données pour héberger les données des clients qui utiliseront l'IA pour ci et ça. Donc des choix gourmands.

Ensuite des choix qui sont centralisateurs et dans lesquels il y a beaucoup de tâches bêta, simplistes à l'entrée pour être intégrées. Ce qui a ouvert la voie à un énorme phénomène de cyber-colonisation.

Démarche cyber-coloniale dans laquelle vous avez ici, là, un peu partout, des petites mains dans le monde, aux Philippines, au Kenya, à payer quelques dollars de la journée qui annotent des données ou qui font les petites tâches qui permettent aux algorithmes utilisés dans la Silicon Valley ou en Europe de tourner au mieux. Toute la valeur ajoutée est captée par le pays en bout de chaîne et pas par l'utilisateur. Donc des emplois à la limite de l'exploitation et parfois à la limite de l'esclavage, qui se sont retrouvés aussi favorisés par ce type d'architecture sur lequel s'est déployé l'IA.

Et puis d'habitude quand on demande un pacte écologique, on pense consommation d'énergie et consommation de matière, mais il y a aussi les impacts indirects. A coup sûr, ils sont plus durs à estimer, mais à coup sûr, ils sont plus importants. Premier impact indirect le simple fait que l'IA va favoriser aussi bien les activités humaines qui vont dans le bon sens pour l'écologie que les activités humaines qui vont dans le mauvais sens. L'IA va favoriser aussi bien la réduction de la consommation d'énergie ou la rénovation des bâtiments thermiques que la découverte et l'exploitation de nouveaux puits de pétrole. Exemple : l'*ultra fast fashion* de Chine et autre qui est en train de déstabiliser toutes les structures de recyclage de vêtements parce que ça produit à tout va et du non recyclable et ainsi de suite. Et il n'y a pas photo dans le monde d'aujourd'hui, si vous regardez ce qui est écologiquement vertueux et ce qui ne l'est pas, ce qui ne l'est pas de très loin dépasse ce qu'il est. Ou regardez les estimations. De toute façon, les trajectoires du GIEC, de l'IPBES⁴⁶ sont là pour nous montrer qu'en matière d'écologie, la trajectoire continue à se dégrader de façon considérable. Le mix énergétique aujourd'hui du monde, c'est très dominant du fossile, le charbon est ce qui est employé le plus dans le monde même pour faire de l'électricité et on consomme aujourd'hui de l'énergie fossile sept fois plus que en 1945.

Je dis 1945 comme référence parce que c'est le début de l'ère atomique et qu'à cette époque-là, tous les scientifiques sont persuadés que l'énergie atomique va remplacer tout le pétrole en un rien de temps. Bon, on est 80 ans plus tard et l'énergie atomique c'est genre 2 % du mix énergétique mondial. Donc on est dans une trajectoire aujourd'hui non soutenable et mécaniquement l'IA qui se met au service de toutes les activités, elle va les favoriser, elle va avoir un impact, ce sera bien pire. Sauf si c'est encadré et sauf si justement par décision politique, on décide que le mix énergétique qui sera comme ci ou que telle entreprise est favorisée parce qu'elle va dans la bonne direction, etc. Etc. Et ce n'est pas la technique, c'est bien la finalité qu'il faut arbitrer là dedans.

Impact indirect sur la démocratie

Il y a un autre effet indirect qu'il ne faut pas négliger, c'est l'effet démocratique. Transition écologique, c'est plein de choses, mais ce sont des choix de société, c'est aussi des transformations d'habitudes, c'est des décisions politiques et donc le débat politique est phénoménal. Grande erreur des gens du GIEC,

⁴⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Plateforme_intergouvernementale_scientifique_et_politique_sur_la_biodiversité_et_les_services_écosystémiques

comme le disait Jean Jouzel⁴⁷. On se disait le jour où on aura démontré scientifiquement que le réchauffement climatique est là et que c'est une catastrophe et où on commencera à en voir les effets calamiteux, la société va changer. Non, non, non ! Rétrospectivement, on se dit quelle naïveté ! Tout le gros du travail restait à faire, parce qu'il y a les questions des intérêts, les questions des habitudes, le débat démocratique, etc. De toute façon, la simple arrivée de Donald Trump au pouvoir puis au «repouvoir», c'est pour le monde entier une régression considérable. L'arrivée de Donald Trump au pouvoir, elle a aussi à voir avec l'avènement de l'intelligence artificielle, parce que derrière, c'est la gestion algorithmique des informations, la distorsion sur laquelle surfent les gens. C'est le fou furieux de Elon Musk qui se met au service de Donald Trump dans une alliance où l'IA se met au service de toute cette déstabilisation. Dans l'interview de Donald Trump sur X, en une heure Donald Trump a explosé tous les records, a fait au moins 100 mensonges. Il a dit les pires n'importe quoi. C'est là qu'il a expliqué que les immigrés haïtiens mangeaient les chiens et les chats et tout ça. Et ça a marché. Je viens de voir aujourd'hui que l'élection présidentielle en Roumanie est ajournée. Mais il y a encore quelques heures, c'était le candidat, le favori pour devenir président. Un gars qui vous dit qu'il a rencontré les extraterrestres, qu'il y a des micropuces dans les sodas pour vous espionner, qui a traduit en roumain les délires de Kennedy junior, complotiste bien connu aux États-Unis, qui est un agent pro-Poutine et tout ce que vous voulez. Bon, et évidemment, dans une offensive de réseaux sociaux phénoménale à coup de TikTok, à coup de réseaux, à coup d'algorithmes derrière, parfois pour partie voulus et partie qui vient juste de la façon dont nous interagissons avec les algorithmes et les phénomènes de bulles et tout ça, ça s'est avéré super efficace.

Deux références remarquables dans le domaine : du côté scientifique, David Chavalarias, *Toxic Data*⁴⁸, ouvrage à lire pour voir toutes les distorsions du débat démocratique par les algorithmes. Et l'autre ouvrage de Giuliano da Empoli, *Les ingénieurs du chaos*⁴⁹. Et dans les deux, vous voyez cette menace majeure sur la démocratie. Et pourquoi je parle de ça dans la question de l'empreinte écologique ? D'abord, selon les définitions, parfois on intègre la démocratie dans l'écologie, au sens où il s'agit des relations harmonieuses entre les humains. Mais dans un sujet qui est éminemment politique, transition écologique ou pas, la déstabilisation du débat par l'IA a des conséquences phénoménales, indirectes. Donc pour toutes ces raisons, l'impact de l'IA est juste pas bon mais vraiment pas bon.

Alors en plus, ajouter à ça que ça implique les capitaux. Il y a quelques semaines, Eric Schmidt⁵⁰, l'ancien PDG de Google, vous dit dans une interview que de toute façon, nous n'arriverons pas à atteindre les objectifs climat. Autant les abandonner et tout miser sur le développement d'une intelligence artificielle super puissante qui nous apportera les solutions. Ça revient à dire que nous autres humains, on est

47 https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean_Jouzel

48 Editions [Flammarion](#), 2022

49 Editions [JC Lattès](#), 2019

50 Eric Schmidt : https://fr.wikipedia.org/wiki/Eric_Schmidt

incapable de se prendre en main, admettons le et misons tout sur la solution. C'est comme si vous êtes sous dépendance à la cocaïne et vous dites «non mais de toute façon, je n'arriverai jamais à me guérir et à me sortir de là. Je vais payer plein pot pour qu'un médecin me trouve le remède miracle qui va me guérir parce que moi, je suis incapable d'arrêter la drogue. » C'est à ce niveau là. Sauf que là, c'est l'ancien PDG de Google qui vous dit ça, donc quelqu'un qui est assez influent. Et l'idée que l'IA peut nous ramener plus de stabilité et sérénité dans nos affaires humaines, c'est une idée qui est d'une naïveté telle que n'importe quel gamin normalement comprendrait au vu de ce qui s'est passé avant que c'est pas ça qui va se faire.

Alors très vite, parce que j'ai débordé et parce que désolé, il n'y aura pas le temps pour un second round de questions. Mais je serai à la dédicace, vous aurez la possibilité de me cuisiner pendant ce temps. Très vite sur les autres questions.

L'informatique quantique

L'informatique quantique, c'est un sujet important du point de vue de la programmation quantique, du point de vue des capteurs quantiques, du point de vue de la communication quantique. Mais l'ordinateur quantique, personne ne sait quand il existera. Si ça se trouve, c'est dans dix ans. Si ça se trouve, c'est dans cent. Et tant qu'il n'y a pas d'ordinateurs pour mettre en œuvre les algorithmes quantiques, personne ne sait si ça aura un impact si important ou pas. Même si l'ordinateur quantique est là, trouver quels bons algorithmes vont être efficaces en quantique et pas, ça demandera encore du travail. Probablement, il y aura une sorte de partage des tâches, de la même façon qu'aujourd'hui sur nos ordinateurs actuels, il y a une tâche qu'on donne aux processeurs classiques et d'autres aux processeurs graphiques dont je vous parlais tout à l'heure. Il y aura sans doute un troisième type de tâches qu'on donnera à l'ordinateur quantique et c'est à voir.

Les libertariens et les transhumanistes

Les libertariens et les transhumanistes. Libertariens, c'est un peu flou, mais en tout cas, ce sont des communautés qui luttent contre l'influence de l'État. En tout cas, qui est anti-étatique, anti administration, avec un côté anarchiste. Mais ce serait plutôt anarchiste de droite qu'anarchiste de gauche. Du genre que le meilleur gagne après tout. Et très influents dans certains milieux américains, en particulier les transhumanistes convaincus que la technologie va quasiment s'hybrider presque charnellement avec nous et que nous serons des humains meilleurs parce que augmentés, comme si on avait tous des prothèses et tout ça. Et je dirais que pour l'instant, ils ont joué peut-être de bonne foi, un rôle parfaitement délétère dans l'ensemble du débat.

Etudier la vie sur terre

Est-ce que l'IA est utilisée pour étudier la vie sur Terre ? Je ne sais pas vous dire si elle l'est aujourd'hui, mais c'est très clair qu'elle le sera. Aujourd'hui, il y a des techniques d'IA – c'est dans les news il n'y a pas longtemps – utilisées pour bien comprendre ce qui se passe au moment où un spermatozoïde

rencontre un ovule, la structure fine moléculaire de ce qui se passe là. Et ce sont des débats liés à de la chimie. La chimie, c'est toujours de la complexité, de la combinatoire phénoménale. Et l'IA, c'est très bon pour explorer la combinatoire là où nous autres humains, on ne pourrait pas le faire. Et donc c'est très clair. La vie sur Terre, c'est un sujet fascinant, ravivé récemment aussi par tous les progrès sur les exoplanètes, par les questions astrophysiques et tout ça.

L'IA, un outil pour l'art ?

Est ce que l'IA a un futur ? La réponse est oui. Et depuis toujours les nouvelles techniques ont eu de l'hybridation sur l'art, donnant de nouveaux outils pour les artistes. Attention, un artiste, c'est pas juste quelqu'un qui sait appliquer l'algorithme ou qui écrit le bon prompt pour que l'image devienne un truc. Un artiste, c'est quelqu'un qui a passé – et ça vaut pour les artistes peintres comme pour les artistes musiciens comme pour les artistes mathématiciens – quelqu'un qui a passé des années et des années de sa vie à réfléchir au sujet, à travailler, à se remodeler le cerveau pour voir les choses d'une certaine manière, avoir tel réflexe et tel savoir faire. Et c'est des milliers d'heures de travail et de pratique derrière. Et certainement certains de ces artistes là utiliseront aussi l'algorithme. Mais ça ne changera rien au fait que artistes ils sont. Ça voudra dire qu'ils auront passé ces milliers d'heures humaines à se retravailler eux-mêmes pour en être parmi les humains les personnes qui iront explorer de nouveaux territoires de la vision, des nouvelles poésies, et les partager avec leurs frères et sœurs humaines.

IA et langage animalier

Il y a un impact sur le décryptage du langage animalier. Oui, absolument. Ça s'est déjà fait pour analyser les sons des cétacés. Pour les animaux, il n'y a pas longtemps, c'est avec des techniques d'IA qu'on a pu remarquer que, en un sens, certains éléphants s'appellent par leur prénom⁵¹. Comme ça, il y a des façons différentes de s'adresser selon qu'on est plus ou moins proche. Il y a des recherches aussi sur l'Internet des animaux. Il y a quelques temps, Xavier De La porte⁵², dans son excellente émission *Le code a changé* y avait consacré un des épisodes de son podcast.

Alors j'ai parlé un peu plus dans les questions de l'IA générative, IA générative qu'il faut penser comme réseau de neurones plus les transformeurs qui sont une structure dans l'apprentissage permettant d'insister sur l'attention. C'est quoi l'attention ? Quand vous lisez un texte, vous avez des points d'attention plus particuliers. Si il y a un truc dans le texte, vous le savez, vous faites gaffe, vous allez avoir quelque chose d'autre. Si quelque part est marqué « premièrement », vous le savez, quelque part, il y aura marqué « deuxièmement ». Et si le langage sémantique est là, vous savez que peut-être c'est important qu'il y ait tel ou tel mot. Donc il y a des endroits du texte qui demandent plus ou moins d'attention, et vous avez tous ces mécanismes qui viennent à renforcer là aussi ce qu'on va regarder. Pas basés sur l'intelligence,

51 : Un article de *Reporterre*, un autre de *National Géographic* sur cette étude publiée par *Nature*.

52 Xavier de La Porte : https://fr.wikipedia.org/wiki/Xavier_de_La_Porte

juste basés sur le fait que dans le texte, dans tout le corpus, ces structures sont là, récurrentes. L'idée, c'est ça, et c'est encore tous ces algorithmes. Il n'y a derrière pas une once d'émotion, ni de conscience, ni d'intelligence au sens où nous l'entendons en tant qu'intelligence incarnée. En revanche, il y a une super analyse de corpus et une façon de mettre les paramètres au point pour insister là dessus, et c'est assez bluffant.

Alors les IA qu'on voit aujourd'hui, elles sont aussi une part d'entraînement humain. Il y a des humains qui s'assoient devant leur écran et qui disent cette phrase là, elle va bien cette phrase là, elle va pas bien. Je te donne tel score, etc pour que ça améliore davantage.

Un appauvrissement général ?

Avec la logique, est-ce que les IA, à force de se nourrir de leurs données, vont se retrouver consanguines avec un appauvrissement général ? La réponse est oui. Et dans certains cas, il y a des mesures qui ont été faites, des articles de recherche là-dessus. C'est normal dans un milieu consanguin effectivement, vous avez des tares qui se reproduisent. Même dans le monde de la recherche, quand vous avez des communautés qui deviennent trop fermées et qui se citent trop les unes les autres, ça se met à tourner en rond et ainsi de suite. Évidemment, c'est un danger pour le web, c'est quelque chose qui arrivera, il y aura une sorte de perte de contenu général. Ça n'empêche pas qu'il pourra toujours y avoir des procédures actives pour garder de l'originalité dans telle ou telle chose. Et à nous des réflexes qu'on apprendra pour détecter ce qui est original ou ce qui est rabâché. De toute façon, même dans les affaires humaines je dirais, on est déjà entraînés. On sait que dans tel journal, ça répète toujours la même chose. Que dans tel ou tel auteur, etc etc. On est habitués, on a appris les mécanismes de défense par rapport à ça. C'est à nous de les trouver pour le le reste.

Quels conseils pour les jeunes ?

Et puis la dernière question, c'est quels conseils aux jeunes ? La question de l'accès aux informations, c'est une grande révolution et un grand drame de l'humanité. C'était un Graal depuis l'invention du télégraphe. Non, pas du télégraphe, comment il s'appelle ? [Dans la salle : le sémaphore !]. Merci. Depuis les sémaphores qui sont des enfants de la Révolution française, c'était le grand rêve d'arriver à communiquer les informations de plus en plus vite. Au début, c'était plus vite qu'un cheval, plus tard, c'était plus vite qu'une voiture et plus vite qu'un bateau. Et qui sait quoi ? Ça a été une aventure technique extraordinaire jusqu'à arriver à son point culminant. Jusqu'à arriver à l'accomplissement en un sens, ça c'est fait récemment, y a 20 ans peut-être, ce moment où à peu près n'importe qui peut discuter avec à peu près n'importe qui, à condition d'être connecté à travers ce réseau mondial instantanément et en transmettant des longues données et tout ça : la communication instantanée. Et ce grand rêve a apporté à l'humanité plein d'efficacité sur ci et ça.

Mais plein de problèmes dont on ne sait toujours pas sortir. Notre cerveau n'est pas câblé pour recevoir des messages toutes les minutes. Nos sociétés et notre développement intellectuel n'est pas câblé pour que certaines informations ou certaines images arrivent. On sait que l'âge d'exposition de nos enfants aux images violentes, aux crimes, à la pornographie a baissé, baissé, baissé au cours des années. Et LE fautif numéro un, si on peut le dire, ce sont les techniques de télécommunication et de façon générale, toute la déstabilisation du débat public, de la concentration que j'évoquais. On a vu l'impact considérable.

Alors conseil majeur pour les jeunes, évidemment, c'est un lieu commun que je vais dire. On peut utiliser toutes les techniques à condition de bien avoir en tête que le gros enjeu au début, c'est de se faire ses réflexes intellectuels, son jugement, son développement et de savoir les choses. Et moi, je suis aujourd'hui, vous me voyez, proche de mon smartphone comme d'une drogue. Une étude a montré que le simple fait de l'avoir dans le langage visuel fait baisser vos performances aux tests de QI, tellement qu'il y a une dépendance par rapport à ça. Mais j'ai eu la chance de grandir dans un monde où il n'existait pas quand mon système neuronal s'est formé, il n'y avait pas ce problème. C'était quelque chose qui semblait banal, banal de rester des heures à lire un bouquin sans être dérangé, des heures à attendre. Par exemple, quand vous avez une décision de changement à faire dans votre vie, les spécialistes de neurosciences nous disent «C'est très important qu'il y ait une période qui ait de l'attente, qui ait du vide, qu'il y ait suffisamment de temps pour que les choses mûrissent, sans être sollicité, sans être dérangé.» Très important. Dans mes recherches mathématiques, il y a eu de ces centaines et centaines d'heures dans lesquelles j'étais parfois toute la journée, penché sur mon truc, dérangé de temps en temps par un email ou deux, mais sans commune mesure avec ce que le bombardement de télécommunications peut faire. Donc avoir bien ça en tête. L'objectif du développement à l'école, c'est de se développer soi et avec ça en tête, être prêt à se lancer dans le décryptage.

Alors deuxième conseil, apprendre à programmer, même si certains prédisent la fin de la programmation, y compris dans la tech. D'une part, je n'y crois pas. D'autre part, le simple fait d'apprendre à programmer, c'est en soi un art, quelque chose qui a accompagné l'humanité depuis longtemps, quelque chose qui est très important sur le développement de l'apprentissage de la logique, l'apprentissage d'une langue non-maternelle, d'une grammaire avec la discipline qui va avec, la façon de visualiser ce que c'est que l'exécution d'une tâche. Façon de comprendre aussi quels sont les ressorts du monde tel qu'il est. Tout à l'heure, je vous parlais de moi, gamin faisant du Basic ou du Pascal. Aujourd'hui, vous avez des dizaines et des dizaines de langages. Les jeunes dans ma famille, je vois que ceux qui font de l'informatique, ils ont eux-même parfois programmé dans 20 langages différents. Et vous allez me dire mais le langage qu'on apprend aujourd'hui sera périmé dans quelques années. Peu importe, apprendre à programmer dans un langage, quel qu'il soit, pour les réflexes et là encore pour la façon dont ça va vous vous perfectionner.

Et puis le dernier conseil que je vais donner : même dans un monde de numérique, espace d'accès à l'information extraordinaire, le papier reste aujourd'hui l'espace d'approfondissement le plus important. Alors, papier, vous allez me dire, ça peut aussi être le livre numérique, mais en tout cas la forme livre de très loin est ce qui vous donne le plus de clés d'approfondissement. Et le fait de passer beaucoup de temps à lire, on ne peut pas estimer l'importance que ça peut avoir, y compris aussi de se plonger en détail sur certains textes, d'apprendre des textes et ainsi de suite. Bill Gates aime bien raconter que dans ses règles personnelles, il avait pendant presque toute sa vie, il avait pour discipline, chaque jour, une heure de lecture au minimum et sur tous les sujets possibles et dans bien des activités.

Aujourd'hui, sur ces sujets là, je vous ai donné des conseils de lecture au fur et à mesure de l'exposé. Dans ces bouquins, vous trouverez bien plus d'approfondissement que ce que je pouvais vous dire. Et puis les bouquins font référence eux-même à d'autres bouquins, et ainsi de suite. Et en ce sens, pour ce qui est de l'accès à l'approfondissement, le livre, vous donne une quantité, une surface si je peux dire, beaucoup plus importante. Sur un sujet donné, le livre va vous donner encore aujourd'hui, vous donne la profondeur. Gardez ça en tête, chers amis. Merci, chers amis.