



IA et machine quantique, concepts nébuleux



Émission animée par Claude Marson



Intelligence Artificielle : stop à la folie

- ❖ IA ne veut pas dire robotique
 - ❖ La robotique (Wikipedia) est l'ensemble des techniques qui permettent la conception et la réalisation de machines automatiques, des robots ou systèmes à commande automatiques, qui effectuent une tâche bien précise pour laquelle ils ont été conçus, dans le domaine industriel, scientifique, militaire ou domestique.

Définition

- ❖ Marvin Minsky : "La construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant accomplies de manière plus satisfaisante par des êtres humains, car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique".

Cognitif (Wikipedia)

- ❖ La cognition est l'ensemble des grandes fonctions de l'esprit liées à la connaissance : perception, langage, mémoire, raisonnement, décision, mouvement...
- ❖ Les fonctions cognitives supérieures désignent les facultés que l'on retrouve chez l'être humain : raisonnement logique, jugement moral, esthétique



L'Intelligence Artificielle est-elle intelligente ?

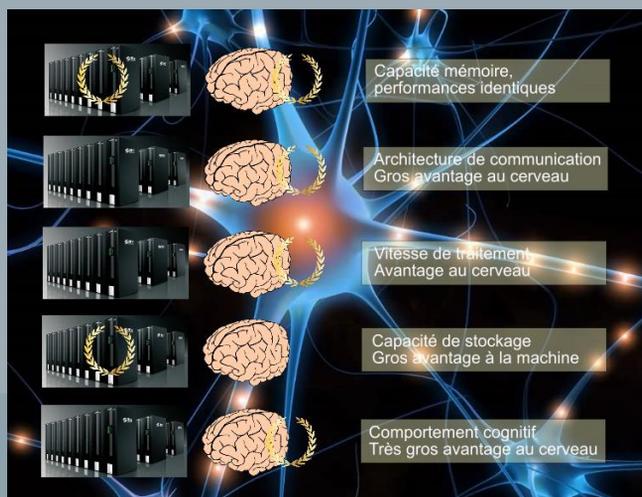
Bien sûr que non...

- ❖ L'intelligence, c'est quoi exactement ?
- ❖ Généralement, on associe l'intelligence au « **libre arbitre** ». A notre capacité de décider d'une conduite à tenir, sans contrainte.
- ❖ Une machine, fut-elle dotée des algorithmes les plus sophistiqués d'IA, n'aura pas cette liberté. Encore pour quelques temps, l'algorithme ne pourra décider d'une conduite à tenir qu'en fonction d'un traitement et d'une analyse de données, sa décision étant l'aboutissement d'un cheminement algorithmique bien précis qui n'a rien à voir avec le « libre arbitre ».
- ❖ Autre différence : l'être humain a **conscience de ce qu'il fait**. Pour lui, la décision est distincte de la conscience qu'il en a. L'algorithme d'IA, lui, n'a pas cette perception.
- ❖ Certains spécialistes pensent que la conscience correspond à des emplacements précis du cerveau...que l'on n'a pas encore détectés.
- ❖ Andrew Moore, VP Google pour l'IA dans le Cloud : "AI is currently very, very stupid"



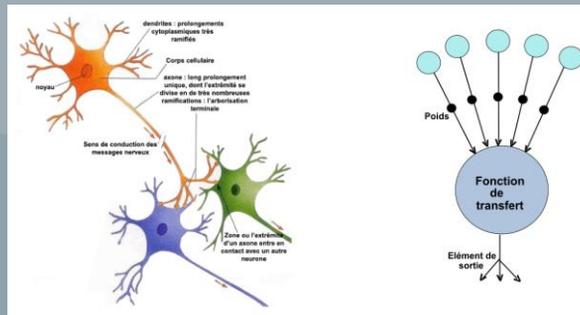
Cerveau contre ordinateur : l'impossible comparaison

Mais pourtant, on se laisse prendre au piège...

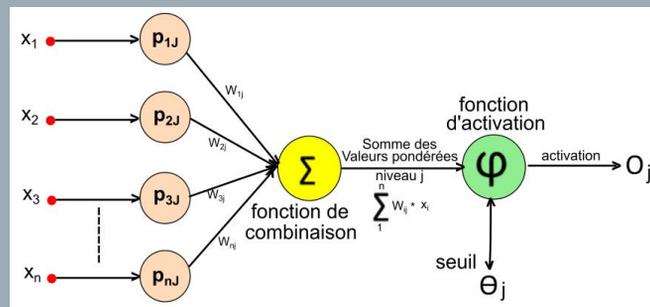


Les réseaux neuronaux : la science du tâtonnement

- ❖ Les réseaux neuronaux sont des plates-formes matérielles, sur lesquelles sont implémentées des algorithmes, qui simulent le comportement d'un cerveau humain (neurones et synapses), par un système de couches de processeurs (neurones), reliées par des connexions réseaux (synapses et dendrites).
- ❖ Un neurone biologique reçoit des signaux transmis par d'autres neurones (interaction dendrites-synapses), les stimuli.
- ❖ Le neurone analyse ces signaux en les sommant. Si le résultat obtenu est supérieur au seuil d'activation(excitabilité), il envoie un signal (potentiel d'action) le long de son axone vers d'autres neurones biologiques.
- ❖ Ce signal peut renforcer ou diminuer l'activité des neurones qui le reçoivent, selon que les synapses sont excitatrices ou inhibitrices.
- ❖ Un neurone biologique est connecté à plusieurs milliers d'autres neurones.
- ❖ Un neurone formel ou artificiel simule le fonctionnement d'un neurone biologique :
 - ❖ Les synapses sont modélisées par des poids
 - ❖ Le corps cellulaire est modélisé par une fonction de transfert, dite fonction d'activation
 - ❖ L'axone est l'élément de sortie.



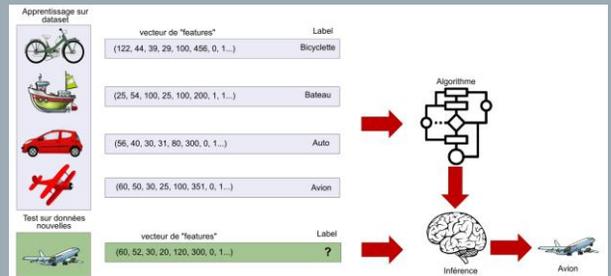
Les principes (de base) d'un réseau neuronal



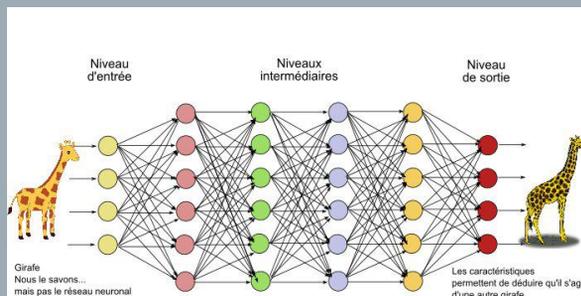
- ❖ Les poids sont notés P_{ij} , qui vont du neurone i au neurone j : on voit bien que chaque poids témoigne de l'importance de l'entrée sur le résultat
- ❖ Chaque poids pondère le stimulus émis par le neurone source X_i
- ❖ Le neurone j fait la somme des stimuli pondérés : $\Sigma(P_{ij} * X_i)$
- ❖ S'il y a n neurones sources i liés au neurone j , celui-ci va calculer : $\Sigma(P_{ij} * X_i)$, avec i de 1 à n
- ❖ C'est cette valeur que le neurone j va traiter par une fonction de transfert
- ❖ La fonction de transfert (activation, seuillage, combinaison) est essentielle : c'est elle qui va déclencher un stimuli vers le niveau $j+1$ si la somme des pondérée niveau j est supérieure au seuil d'excitation
- ❖ Les neurones formels (artificiels) organisés en couches successives deviennent des réseaux de neurones

Définition du Machine Learning

- ❖ Technique d'analyse des données qui consiste à apprendre à un algorithme à tirer parti de l'expérience des... humains
- ❖ Basée sur deux concepts : l'apprentissage et l'inférence
- ❖ Ce sont des algorithmes qui "apprennent" à partir de données qui leur sont soumises, dont il détermine les "features" (vecteur) en fonction du résultat souhaité
- ❖ Deux formes d'apprentissage, supervisé ou non, avec des variantes (ssemi-supervisé)
- ❖ Ils s'adaptent et deviennent de plus en plus performants au fur et à mesure que le nombre d'informations d'apprentissage augmente
- ❖ On parle d'apprentissage automatique, parce que l'algorithme apprend et se familiarise avec un concept de manière progressive : un objet, un visage, une langue, un comportement, un sentiment, une valorisation... Il établit un modèle : le vecteur.
- ❖ Si par la suite, on lui soumet une autre instance de ce concept, il sera capable de le reconnaître, avec ou sans aide. Toute la question étant de lui « apprendre » à effectuer cette reconnaissance.
- ❖ L'inférence revient à tester le modèle sur de nouvelles données et à recalculer les features, puis à faire une prédiction.



Deep Learning (apprentissage profond)



- ❖ Le « deep learning » ou apprentissage en profondeur, est un ensemble de méthodes qui bénéficient des progrès des réseaux neuronaux, pour reconnaître des objets, images, images dans les images, sons, phrases dans une communication téléphonique, etc.
- ❖ C'est une branche particulière du "Machine Learning", mais avec un grand nombre de couches "cachées", d'où l'idée de "deep" (100 à 200 couches contre quelques couches pour le "Machine Learning")
- ❖ Extraction automatique des caractéristiques d'entrée : l'algorithme analyse les données soumises
- ❖ Plusieurs différences avec le machine learning
 - ❖ Le gros volume de données traitées labellisées, pour l'entraînement
 - ❖ Nécessite une grande puissance de calcul (GPU...)

L'IA et les emplois



- Concurrence** : rester compétitif, si possible devant les autres et être perçu comme tel par les clients : Robots (70 %)/IA (30 %)
- Economie** : réduire au maximum les coûts de fabrication et de conception : Robots (100 %)
- Productivité** : améliorer l'efficacité de la production, réduire les rejets, limiter les stocks morts : Robots (50 %)/IA (50 %)
- Résilience** : réagir au plus vite aux événements du marché, à l'arrivée de nouveaux besoins : Robots (20 %)/IA (80 %)
- Innovation** : anticiper sur les marchés, éventuellement les « fabriquer » : IA (100 %)

- ❖ Six domaines professionnels sur dix verront 30 % de leurs activités impactées par l'automatisation et l'IA d'ici 2030. Ce qui ramené aux 2,6 milliards de travailleurs de la planète, représente 780 millions de jobs (hypothèse haute) ou 390 millions (hypothèse basse).
- ❖ Il va se créer au moins autant de "jobs", mais ce ne seront pas les mêmes.
- ❖ HBR (Harvard Business Review) indique que 60 % des jobs de la planète comportent au moins 30 % de tâches qui pourraient être automatisées (robotisées ?) n mais que 5 % de ces tâches l'ont déjà été

L'IA est devenue une arme politique

- ❖ Pour Donald Trump, l'IA peut être une arme utilisée contre les minorités (on ne sait si c'est de l'humour...) : surveillance des individus et restriction des libertés
- ❖ C'est la période des grandes manœuvres avec focalisation des conflits entre les Etats-Unis la Chine et l'Europe
- ❖ Les Etats-Unis vont perdre la bataille face la Chine, celle-ci disposant d'atouts qu'ils n'ont pas ou n'ont plus



L'IA est un enjeu colossal pour les années à venir : Donald Trump et le président chinois Xi Jinping s'affrontent dans un conflit dont sont exclus les autres pays, tels l'Europe. Avantage à la Chine.

Les algorithmes vont-ils dominer le monde ?



- ❖ Il y a deux écoles : ceux qui voient les machines et leurs algorithmes nous dépasser et nous ramener au rôle d'observateur « zombique » qui n'aura plus de prise sur les événements et ceux qui, au contraire, pensent que les êtres humains vont trouver les ressources nécessaires pour se « transhumaniser », modifier leur comportement génétique et créer un genre nouveau, peut-être éloigné de ce qu'il est aujourd'hui.

- ❖ Pour **Elon Musk** « *Il faut être très prudent avec l'Intelligence Artificielle. S'il fallait miser sur ce qui constitue notre plus grande menace pour l'existence, ce serait ça. De plus en plus de scientifiques pensent qu'il devrait y avoir une surveillance réglementée, au niveau national et international, juste pour nous assurer que nous ne faisons rien de stupide* ».
- ❖ Le britannique **Stephen Hawking** est allé encore plus loin : « *Le développement d'une Intelligence Artificielle complète peut signifier la fin de l'espèce humaine. Une fois que les humains l'auront développée, elle va prendre son envol et se reconstruire à un rythme de plus en plus rapide. Les humains, limités par leur lente évolution biologique, ne pourront suivre et seront remplacés* ».



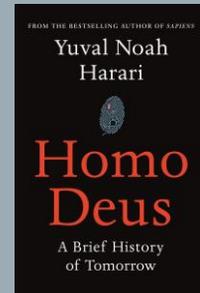
Les algorithmes ont-ils besoin d'être intelligents pour nous remplacer ?

- ❖ L'idée que prônent certains scientifiques est que l'IA n'a pas besoin de nous être supérieure au sens intelligence du terme, pour nous remplacer et donc de disposer de sa propre conscience et libre-arbitre.
- ❖ La raison : nous ne sommes pas un modèle d'efficacité et il n'y a aucune raison de vouloir nous imiter.
- ❖ Au contraire, c'est en s'améliorant sur ses points forts, le traitement des données, que l'algorithme saura d'abord nous accompagner, puis nous supplanter.
- ❖ Les tenants de la « singularité technologique », prévoient l'arrivée d'une super intelligence artificielle, qui s'auto-améliorera jusqu'à dépasser l'intelligence humaine et signera du même coup sa fin. C'est le livre de Raymond Kurzweil en 2005 : « The singularity is near : when humans transcend biology », qui a mis le feu aux poudres et continue de susciter les commentaires les plus enflammés.
- ❖ Avec deux variantes : ceux qui croient que l'IA se débrouillera seule et ceux qui estiment que cette future intelligence sera plutôt le résultat de la collaboration entre les algorithmes et les cerveaux humains, qui eux-mêmes auront progressé.
- ❖ Le fil rouge de ces interrogations est que l'être humain risque de perdre la position dominante qu'il occupe depuis toujours, voire devenir spectateur de sa propre évolution.

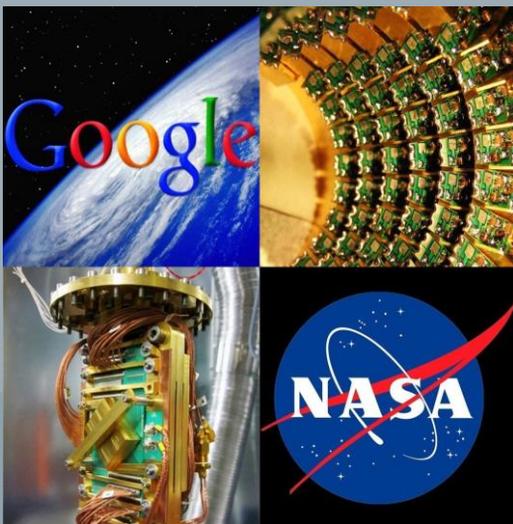


Dataïsme : la religion des données

- ❖ Le livre de Yuval Noah Harari, « Homo Deus », est venu apporter un éclairage intéressant au débat.
- ❖ Pour l'historien, l'Homo Sapiens que nous sommes perd le contrôle de sa destinée : « *Les gens ne devraient pas se concentrer sur la question de savoir comment arrêter le progrès technologique, parce que c'est impossible* ». Il en déduit que les progrès de la bio-ingénierie, des interfaces cerveau-ordinateur et des algorithmes en général, font qu'il est très probable que dans un siècle ou deux, l'Homo Sapiens aura disparu, remplacé par une sorte de mutant numérique.
- ❖ Yuval Noah Harari constate qu'une nouvelle philosophie est en train de s'installer, qui trouve ses racines en Californie, le dataïsme, qui possède déjà ses « grands prêtres », les évangélistes technologiques. Pour ces nouveaux prophètes, le dataïsme est une foi universelle dans le pouvoir des algorithmes.



Les ordinateurs quantiques

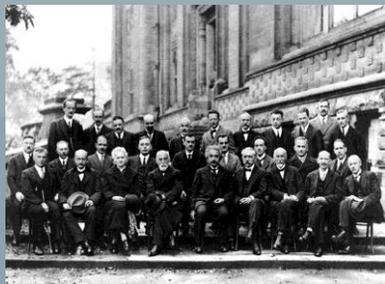
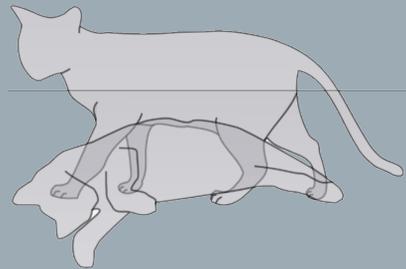


- ❖ Après les machines supraconductrices, la machine de Turing qu'il est impossible de construire, on nous parle de la machine quantique qui devrait tout bouleverser
- ❖ C'est faux, on en est encore au concept de Von Neumann et la machine quantique reste encore aujourd'hui un fantôme, entretenu par les centres de recherche et quelques grands acteurs



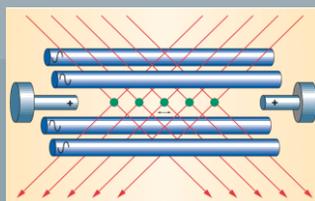
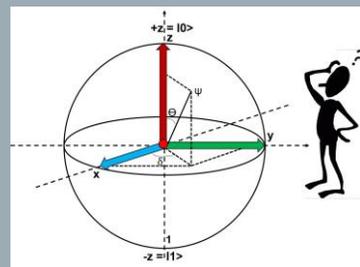
Mécanique quantique : 120 ans d'histoire

- ❖ Cela fait maintenant 20 ans qu'on nous parle de l'ordinateur quantique, cette machine mythique pour laquelle IBM, Google et de nombreux autres, dépendent des fortunes. Mais on ne voit pas venir grand chose... de concret
- ❖ La machine quantique est une application concrète de la mécanique quantique, dont on ne peut pas dire que c'est ce qu'il y a de plus facile à comprendre...
- ❖ Deux grands principes de la mécanique quantique :
 - ❖ La superposition des états
 - ❖ L'intrication ou la propriété que peuvent avoir les particules d'être liées comme des sœurs jumelles et tout ce qui est réalisé par l'une a des conséquences sur l'autre
 - ❖ (extraordinaire expérience chinoise avec des photons intriqués en deux blocs distincts de 1 200 km)



Voyons un peu les principes

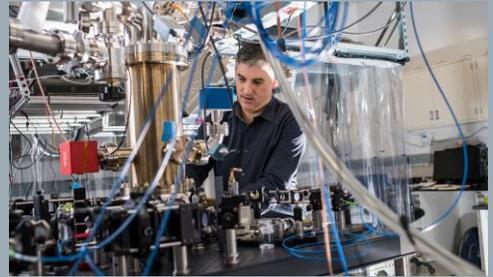
- ❖ Contrairement au bit qui ne peut avoir que 2 états : 0 ou 1, le qubit qui est l'unité de base de la machine quantique peut avoir plusieurs états. Soit 0 ou 1, mais aussi la superposition de ces états, le tout simultanément : le chat est à la fois malade, en bonne santé, mort et vivant, le tout en même temps (métaphore de Schrödinger).
- ❖ En mécanique quantique, la simultanéité de plusieurs états est parfaitement normale.
- ❖ Notre qubit pourra être dans ces différents états en même temps : 0 et 1 et la superposition de ces 0 et 1, ce que l'on représente par la formule : $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, α et β étant des nombres complexes et $\alpha^2 + \beta^2$ étant les probabilités d'existence de ces états, reliés par la norme $\alpha^2 + \beta^2 = 1$ (ouf)
- ❖ **Un qubit est un élément quantique, sur lequel agit l'ordinateur quantique, susceptible d'exister sous une infinité d'états intermédiaires.**



Un état quantique de qubit est représenté par un point ψ (psi) sur la sphère dite de Bloch (ou de Poincaré), telle que $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, expression dans laquelle α et β sont des nombres complexes qui représentent des probabilités et $\alpha|0\rangle$ et $\beta|1\rangle$ sont les « kets » 0 et 1

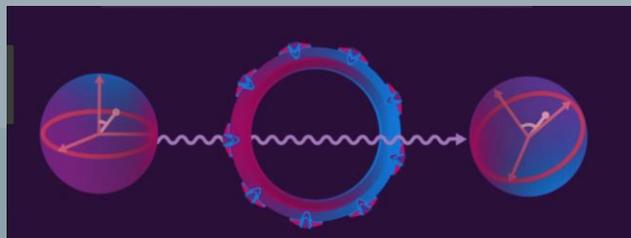
Le mystère des qubits

- ❖ Avec 2 qubits, il y aura 4 états distincts (00, 01, 10, 11), plus une infinité de superpositions :
- ❖ $\alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$, cette fois avec $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 = 1$
- ❖ avec 2 qubits on aura le double d'états superposables et la puissance de la machine sera multipliée par 2.
- ❖ Avec 3 qubits, il y aura 8 états différents : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 qui se superposent en :
- ❖ $\alpha|000\rangle + \beta|001\rangle + \gamma|010\rangle + \delta|011\rangle + \epsilon|100\rangle + \theta|101\rangle + \lambda|110\rangle + \mu|111\rangle$ toujours avec $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 + \epsilon^2 + \theta^2 + \lambda^2 + \mu^2 = 1$
- ❖ Tout le secret d'une machine quantique tient au fait qu'elle est capable de manipuler cette superposition d'états quantiques et que sa puissance sera multipliée par 2 à chaque fois qu'on lui ajoutera un qubit, mais toujours pour ne produire qu'un seul résultat.
- ❖ **Extraordinaire : une machine à n états capables de les manipuler à une vitesse vertigineuse... Oui, mais...**



Les problèmes spécifiques d'une machine quantique

- ❖ Le plus gros problème d'une machine quantique est son incapacité à conserver son état au-delà d'un temps très court, qui devrait être au minimum celui du temps de calcul (sensibilité à l'environnement électromagnétique, température...) : le temps de cohérence.
- ❖ Il va falloir affecter de nombreux qubits pour éviter la décohérence, car la machine a tendance à tomber dans un état erroné beaucoup plus vite qu'un ordinateur classique.
- ❖ Il faudra la conserver quasiment au zéro absolu.
- ❖ Il faudra l'isoler totalement de l'extérieur.
- ❖ Il faudra enfin que le « travail » s'effectue sans la moindre perte d'information.
- ❖ Pas simple...



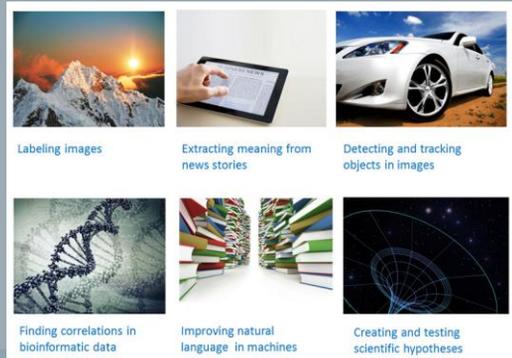
La fabrication

- ❖ Un ordinateur quantique pourra être construit sur différents matériaux, à condition que ceux-ci présentent cette caractéristique de superposition d'états quantiques.
- ❖ D'autres technologies pourraient être exploitées, qui font l'objet actuellement de projets concrets : les ions piégés, la résonance magnétique nucléaire, les atomes issus d'un condensat de Bose-Einstein, certains circuits supraconducteurs, les micro-ondes résonnants, etc.
- ❖ Ce sont les ions piégés (atomes ionisés bloqués dans une enceinte sous vide grâce à des lasers) et la supraconductivité qui tiennent la corde...



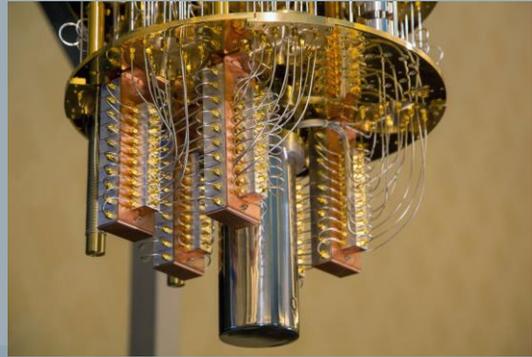
Pour faire quoi ?

- ❖ La grande différence entre une machine traditionnelle et un ordinateur classique est que la première effectue un nombre relativement limité de calculs sur des données nombreuses et sort des résultats tout aussi nombreux, alors qu'une machine quantique va se contenter de peu de données en entrée, ne fournira qu'un résultat, mais sera capable d'effectuer un nombre considérable d'opérations.
- ❖ Elle pourra déterminer les facteurs premiers d'un nombre gigantesque, de 1000 chiffres par exemple, qui dépasse (et de loin) l'entendement humain et ce en un temps acceptable, ce qu'aucun ordinateur de la planète n'est capable de faire.
- ❖ La cryptographie pourrait être une grande consommatrice d'algorithmes quantiques et aucun système de cryptographie actuel ne saurait résister à son introspection.
- ❖ En tout cas, ce n'est pas fait pour trier le fichier client d'une base de données.



Scepticisme général

- ❖ Il y a peu d'acteurs dans ce domaine : le canadien D-Wave, Google, IBM, Intel et les centres de recherche
- ❖ La communauté scientifique est très sceptique sur les prouesses de D-Wave.
- ❖ Pour être vraiment utile, la machine quantique devrait fonctionner sur des milliers de qubits...on est loin du compte
- ❖ Les acteurs se focalisent sur la suprématie quantique, le point au-delà duquel les machines quantiques seraient plus efficaces que les ordinateurs traditionnels
 - ❖ Google l'a annoncé (sans le faire exprès), via la NASA : une machine 53 Qbits (Sycamore), vient après une machine 72 Qbits
 - ❖ Google fait état d'un traitement qui a demandé 3 mn et 20 sec à Sycamore, alors que la machine la plus puissante du monde aurait mis 10 000 ans
 - ❖ Fantôme ?
- ❖ IBM a annoncé une machine 53 Qbits, accessible dans le Cloud et ouvre un "Quantum Computation Center" à New York, avec 5 machines 20 Qbits et le nouveau 53 Qbits
- ❖ Intel a fabriqué un processeur quantique à 49 Qbits



Nos prochains rendez-vous

- Lundi 21 octobre 2019 : **BYOD, à prendre avec prudence**
- Mercredi 13 novembre 2019 : **Actualités**
- Mercredi 18 novembre 2019 : **Transformation digitale, restons sérieux...**
- Vendredi 29 novembre 2019 : **Les nouveaux concepts du datacenter : SaaS, FaaS, serveurs désagrégés...**
- Vendredi 6 décembre 2019 : **Actualités**
- Vendredi 13 décembre 2019 : **Programmation fonctionnelle, de nouvelles pratiques à acquérir**
- Vendredi 20 décembre 2019 : **Gestion des identités, les habilitations transparentes en continu**



Je vous remercie de votre attention et à bientôt