

L'HISTOIRE DE L'IA

L'INVENTION DES ALGORITHMES



Statue représentant le mathématicien Al-Kwārizmī, Khiva, Ouzbekistan

*En intelligence artificielle, des algorithmes sont utilisés lors du processus d'apprentissage des machines car ils constituent un ensemble de règles et de procédures mathématiques qui permettent à un ordinateur d'apprendre à partir de données pour effectuer des tâches spécifiques sans être explicitement programmé. Le mot « algorithme » vient du nom d'un mathématicien persan du IX^e siècle, Al-Kwārizmī. Il a écrit un livre qui a été traduit au XII^e siècle sous le titre *Algoritmi de numero Indorum* (Algorithmes des nombres indiens). Ce travail est à l'origine du mot que nous utilisons aujourd'hui.*





Un algorithme classique est la description d'une suite d'étapes permettant d'obtenir un résultat à partir d'éléments fournis en entrée. Par exemple, une recette de cuisine peut être assimilée à un algorithme permettant d'obtenir un plat à partir de ses ingrédients. La particularité des algorithmes d'IA est que seuls les ingrédients et le résultat attendu sont indiqués, les instructions ne sont pas fournies, c'est l'algorithme d'IA qui en déduit les règles.

ALGORITHME CLASSIQUE

Données :



Instructions :

-  1 Mettre la farine dans un récipient et former un puits.
-  2 Y déposer les œufs, le sucre, l'huile et le beurre.
-  3 Mélanger avec un fouet en ajoutant le lait.
-  4 Faire chauffer une poêle et y verser une louche de pâte. Cuire ainsi toutes les crêpes.

Sortie :



ALGORITHME D'IA

Données :



Instructions :



Des algorithmes d'IA apprennent par l'exemple, sans qu'on leur donne explicitement les règles. Ils analysent et trouvent les règles cachées.

Ils sont utiles là où un algorithme classique ne peut pas fonctionner efficacement, notamment pour les tâches complexes, évolutives et basées sur de grandes quantités de données.

Sortie :



L'HISTOIRE DE L'IA

LES PRÉCURSEURS DU XIX^e SIÈCLE

ADA LOVELACE

Ada Lovelace, de son vrai nom Augusta Ada King, est une figure incontournable de l'histoire de l'informatique. Elle est célèbre pour avoir imaginé, au XIX^e siècle, le premier algorithme conçu pour être exécuté par une machine, la « machine analytique » inventée par Charles Babbage. Bien que cette machine n'ait jamais vu le jour à son époque, les travaux d'Ada Lovelace montrent qu'elle avait déjà compris que les machines pouvaient aller bien au-delà des simples calculs, en devenant capables de manipuler des symboles et des données. Cela fait d'elle la toute première programmatrice de l'histoire.



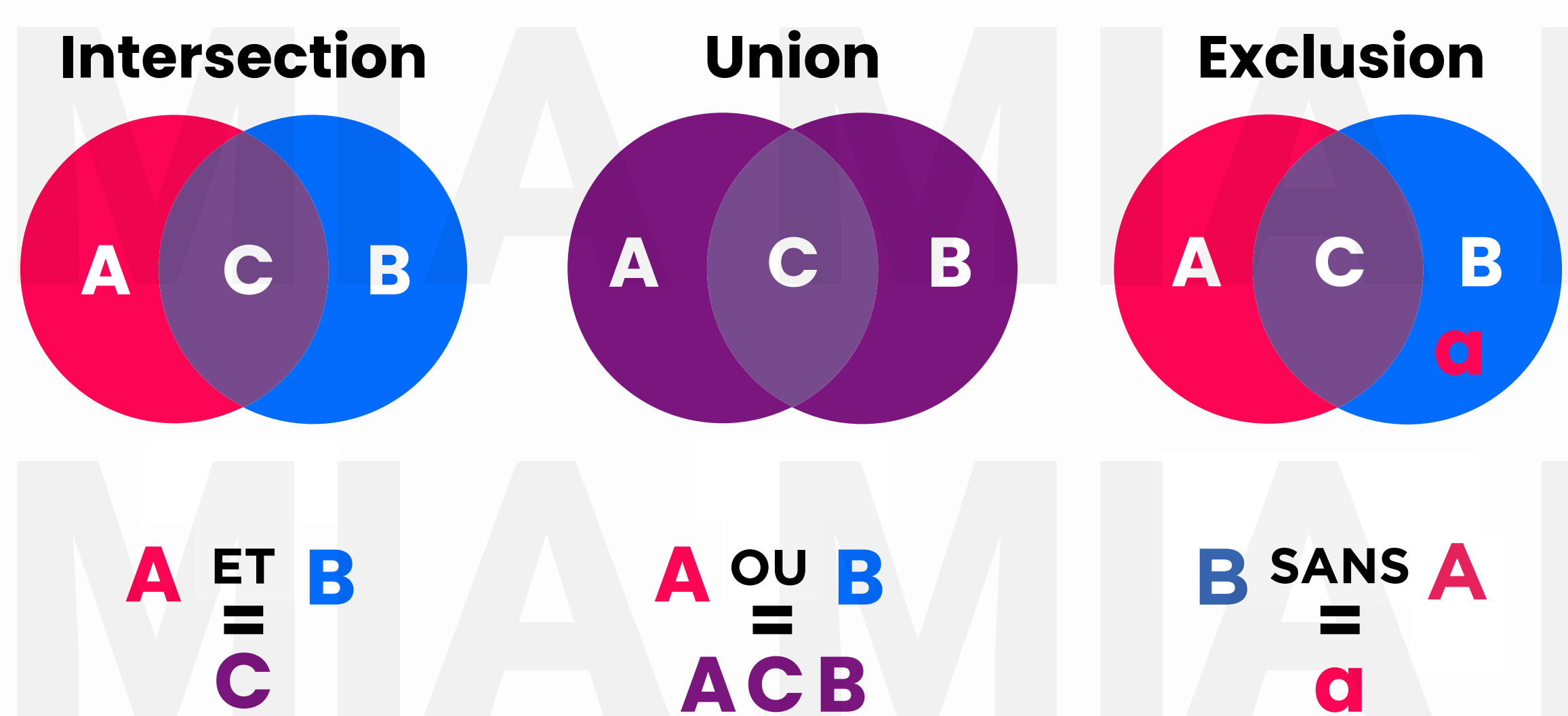
Portrait d'Ada Lovelace

TABLE DE VÉRITÉ DE LOGIQUE BOOLÉENNE

x	y	x AND y	x OR y	NOT x	NOT y
0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

OPÉRATEURS BOOLÉENS

Les opérateurs booléens servent à relier les idées / concepts / mots-clés utilisés lors de la recherche afin de trouver les résultats les plus pertinents possibles.



GEORGE BOOLE



George Boole

En 1854, le mathématicien britannique George Boole publie *An Investigation of the Laws of Thought*, un ouvrage fondamental dans lequel il développe une approche algébrique de la logique. Il y introduit une méthode pour représenter les raisonnements logiques à l'aide d'un système binaire, utilisant deux valeurs : 0 pour le faux et 1 pour le vrai. Boole définit également des opérateurs logiques tels que ET (AND), OU (OR) et SAUF (NOT), permettant de combiner ou de modifier ces valeurs logiques. Cette formalisation, connue sous le nom d'algèbre de Boole, a jeté les bases de l'informatique moderne en offrant un cadre mathématique pour le traitement logique des informations.

L'HISTOIRE DE L'IA

LES MACHINES PENSANTES ET LA NAISSANCE DE L'IA



Portrait d'Alan Turing

En 1950, le mathématicien britannique Alan Turing a publié un article intitulé « Computing Machinery and Intelligence » dans la revue *Mind*.

Dans cet article, Turing explore la question « Les machines peuvent-elles penser ? » et propose une expérience connue sous le nom de « test de Turing ». Ce test consiste à évaluer si une machine peut imiter les réponses humaines de manière à ce qu'un interrogateur humain ne puisse pas distinguer la machine d'un être humain. Si l'interrogateur ne parvient pas à faire la distinction, la machine est considérée comme ayant réussi le test, suggérant qu'elle possède une forme d'intelligence. Ce concept a jeté les bases de nombreuses recherches en intelligence artificielle et continue d'influencer les débats sur la capacité des machines à reproduire la pensée humaine.

L'idée que des machines puissent apprendre et penser émerge dans les années suivant la Seconde Guerre Mondiale :



Affiche du film The Imitation Game



Test de Turing

Durant l'été 1956, une conférence a lieu à l'université de Dartmouth (New Hampshire, États-Unis) durant laquelle l'idée d'intelligence artificielle est évoquée pour la première fois par l'informaticien américain John McCarthy (1927-2011).

Il écrit dans un manifeste : « *Nous proposons que soit menée pendant l'été une étude sur l'intelligence artificielle. Nous conjecturons que tous les aspects de l'apprentissage ou de tout autre élément d'intelligence peuvent être décrits de façon si précise qu'on peut créer une machine pour les imiter.* »



Des scientifiques américains au Dartmouth College, 1956

L'HISTOIRE DE L'IA

LES RÉSEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS ET LA NOTION DE PONDÉRATION

En biologie, le neurone (ou cellule nerveuse) est une cellule qui constitue la base fonctionnelle du système nerveux chez l'être humain. Un cerveau de mammifère contient entre 100 millions et 100 milliards de neurones en fonction de l'espèce.

Dès 1943, les progrès en neurosciences ont permis d'imaginer le premier neurone artificiel sous la forme d'un outil mathématique. Les différentes données à l'entrée du neurone sont pondérées en fonction de leur nature. Chaque donnée reçue n'aura pas forcément le même poids dans le calcul de la valeur en sortie.

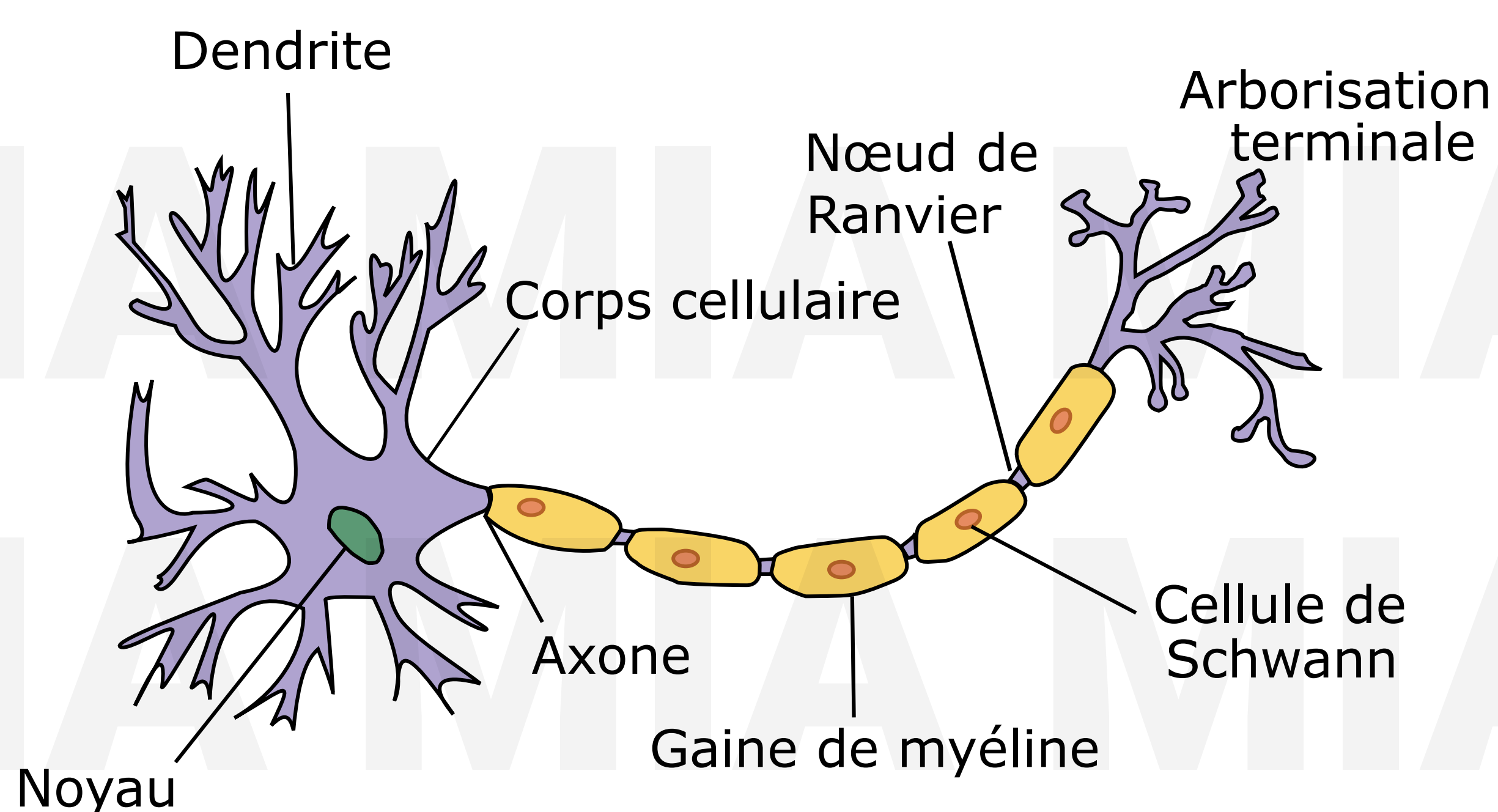


Schéma complet d'un neurone humain



Neurone humain

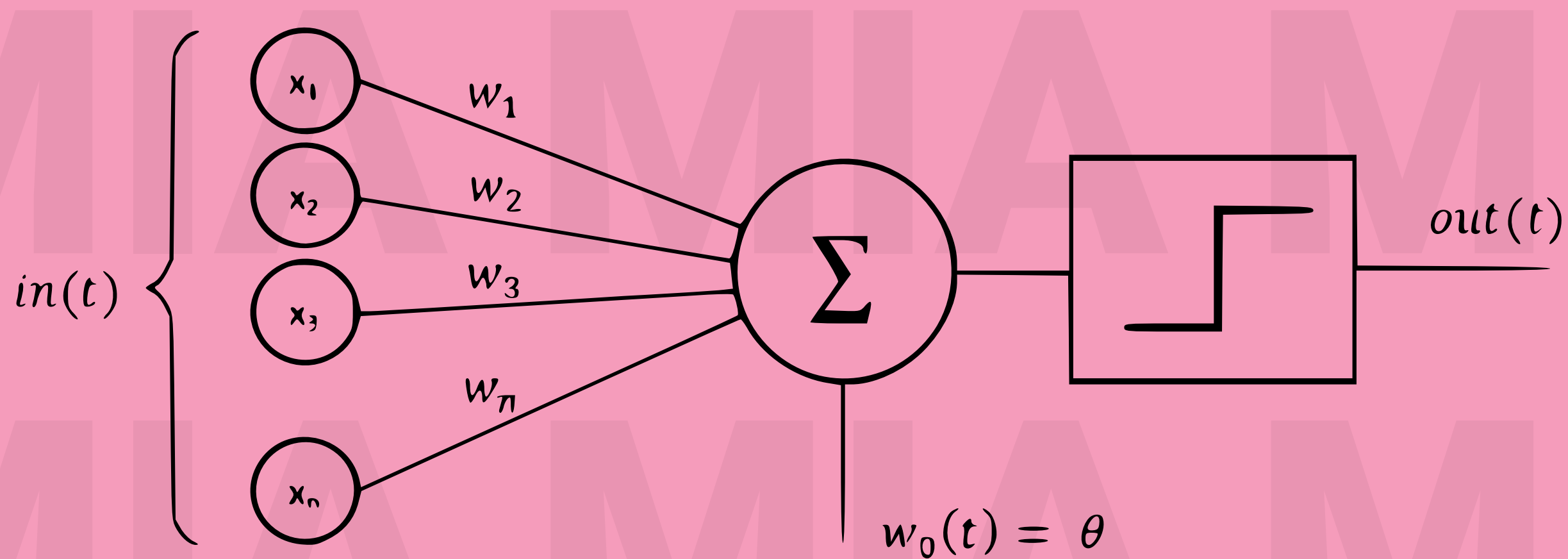
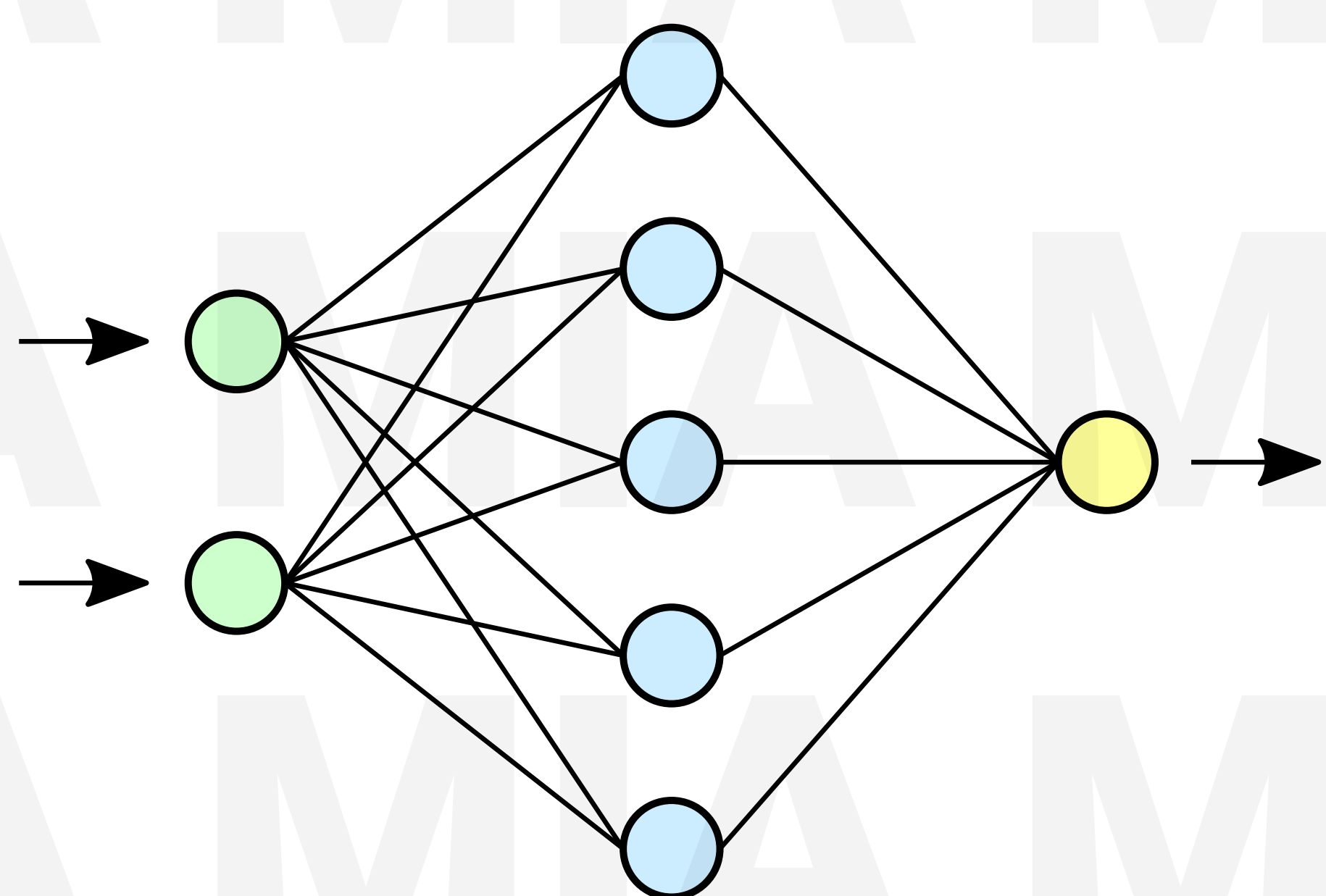


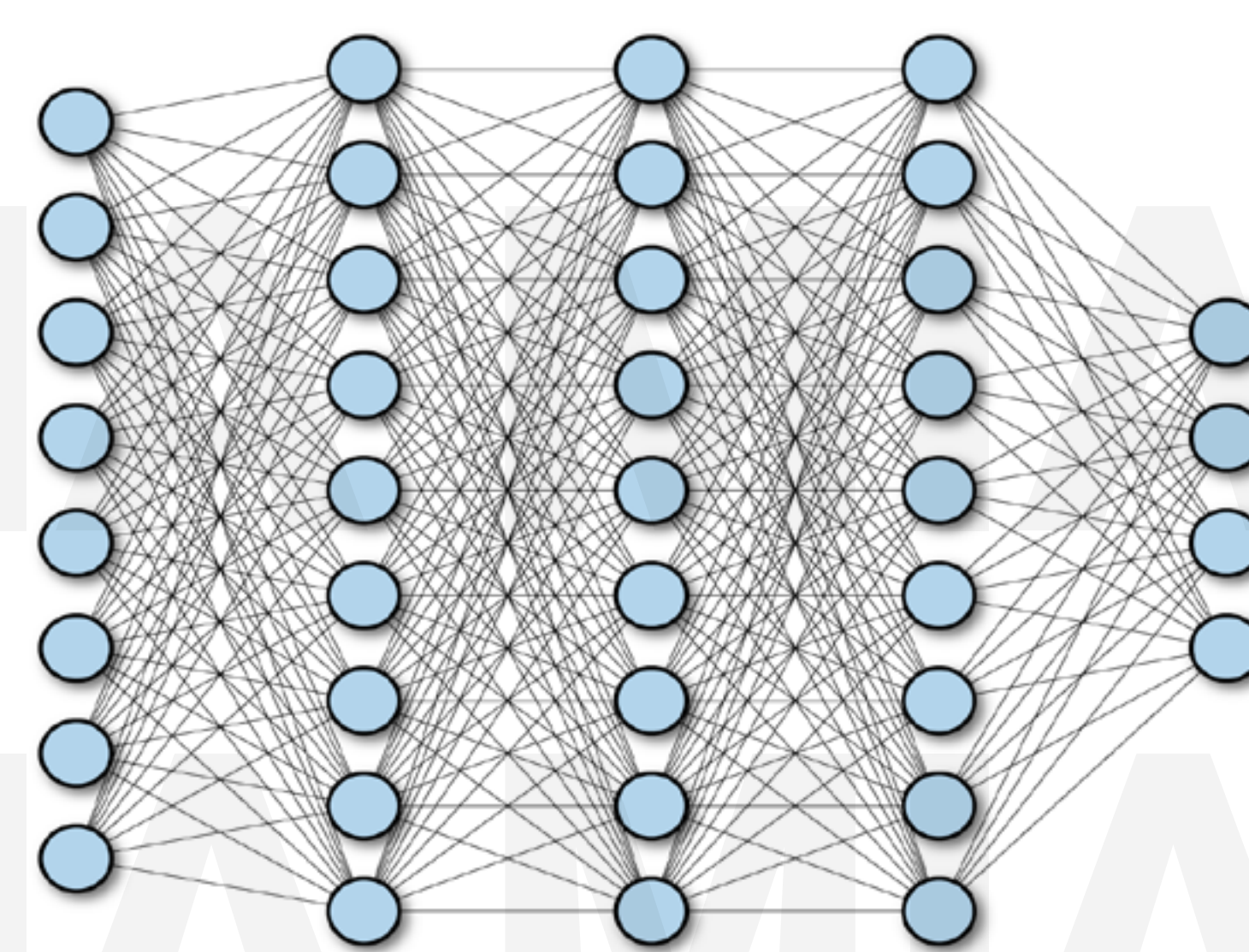
Schéma simplifié du fonctionnement d'un neurone artificiel avec pondération des données

En 1957, Frank Rosenblatt, un psychologue américain, a développé le perceptron, considéré comme le premier modèle de réseau de neurones artificiels. Inspiré par le fonctionnement des neurones biologiques, le perceptron traite l'information en attribuant des poids à chaque donnée d'entrée pour produire un résultat. Il a été conçu pour effectuer des tâches simples de classification, comme distinguer des formes géométriques ou reconnaître des lettres. Bien que le perceptron initial soit constitué d'une seule couche, ses principes fondamentaux ont jeté les bases des réseaux de neurones multicouches utilisés dans l'apprentissage profond (deep learning) moderne, capables de résoudre des problèmes complexes tels que la reconnaissance vocale et l'analyse d'images.

UN RÉSEAU DE NEURONES SIMPLE



UN RÉSEAU DE NEURONES COMPLEXE



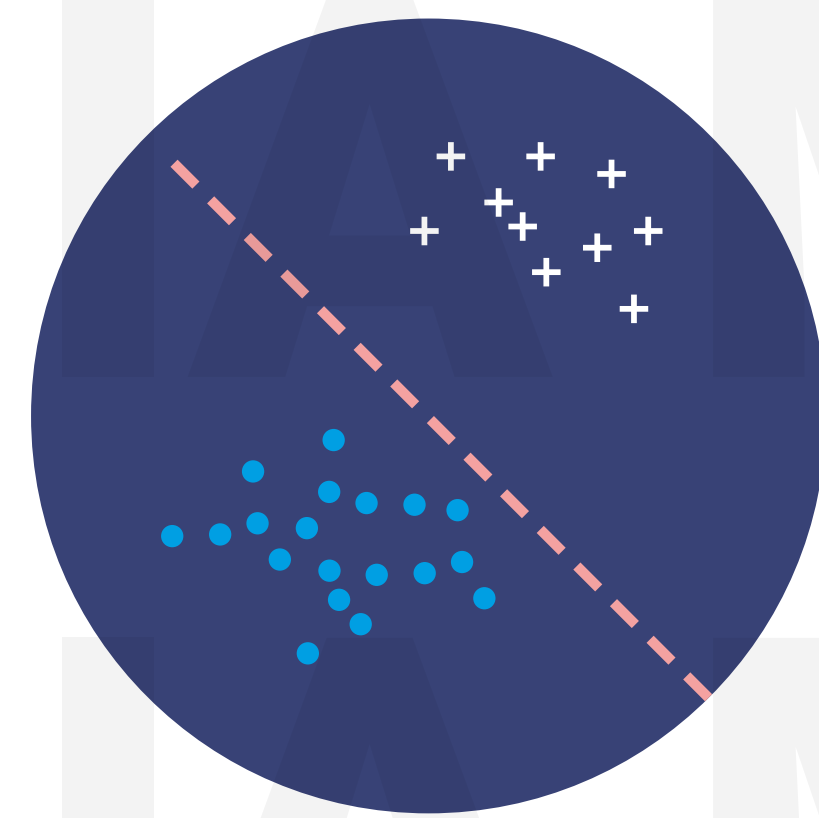
COMMENT LA MACHINE APPREND-ELLE ?

L'APPRENTISSAGE MACHINE (MACHINE LEARNING)

L'apprentissage automatique, ou machine learning, est une branche de l'intelligence artificielle qui permet aux ordinateurs d'apprendre et de s'améliorer à partir de données, sans être explicitement programmés pour chaque tâche spécifique. En analysant de vastes ensembles de données, ces systèmes identifient des motifs et des tendances, ce qui leur permet de faire des prédictions ou de prendre des décisions basées sur ces informations. Par exemple, les services de streaming utilisent l'apprentissage automatique pour recommander des films ou des chansons en fonction de vos préférences passées entre autres.

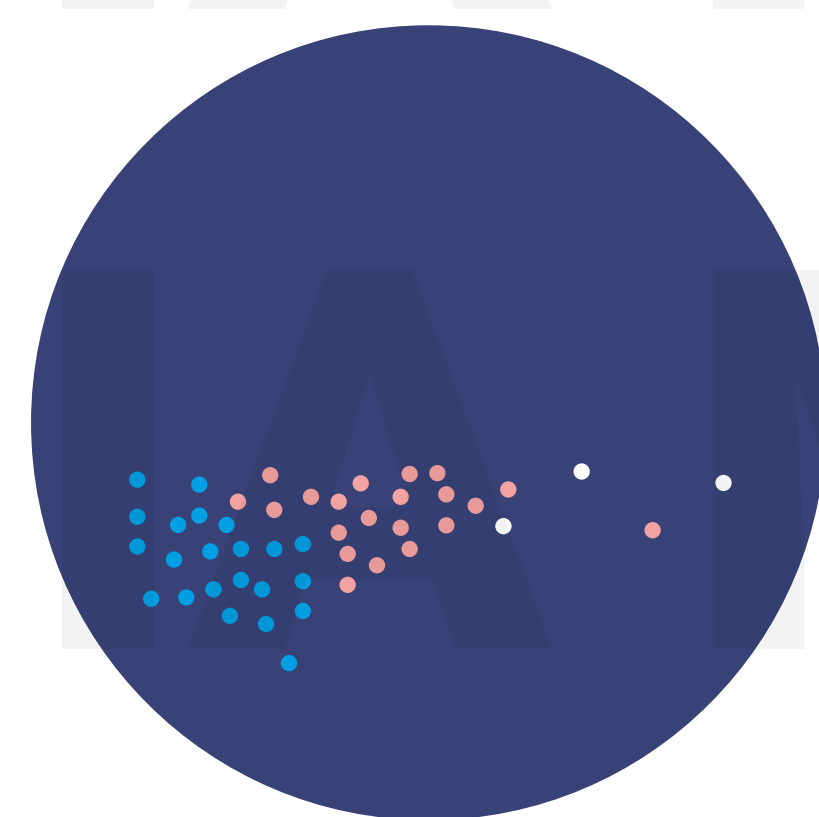
Cette capacité à apprendre des données et à s'adapter est essentielle dans de nombreux domaines, tels que la reconnaissance vocale, la détection de fraudes ou encore les véhicules autonomes.

Il existe trois types principaux d'apprentissage machine :



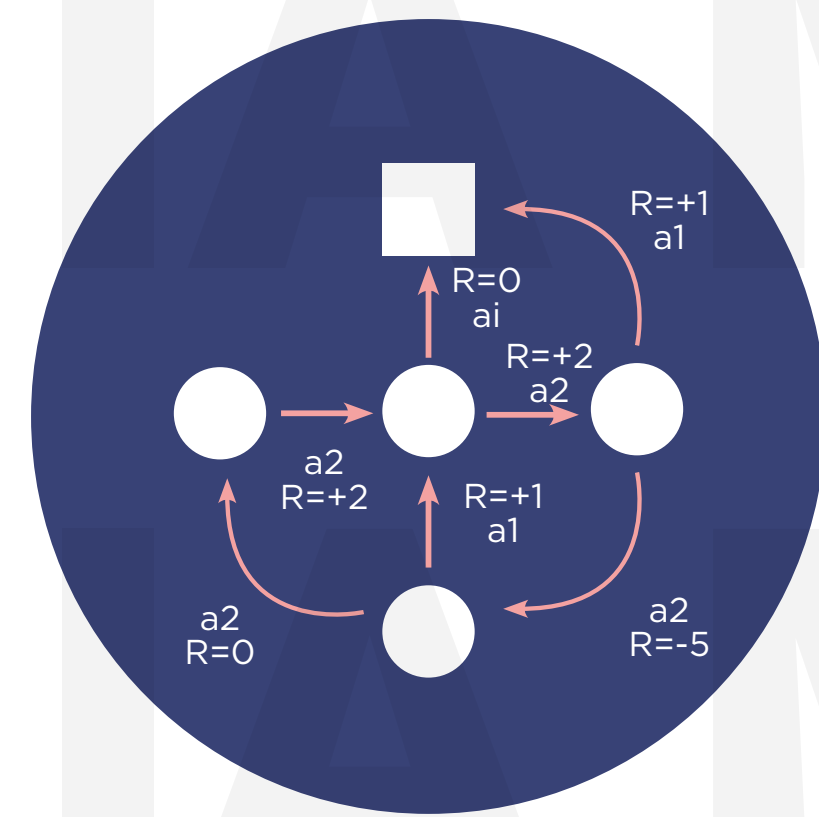
APPRENTISSAGE SUPERVISÉ

L'algorithme est entraîné sur un jeu de données étiquetées.



APPRENTISSAGE NON SUPERVISÉ

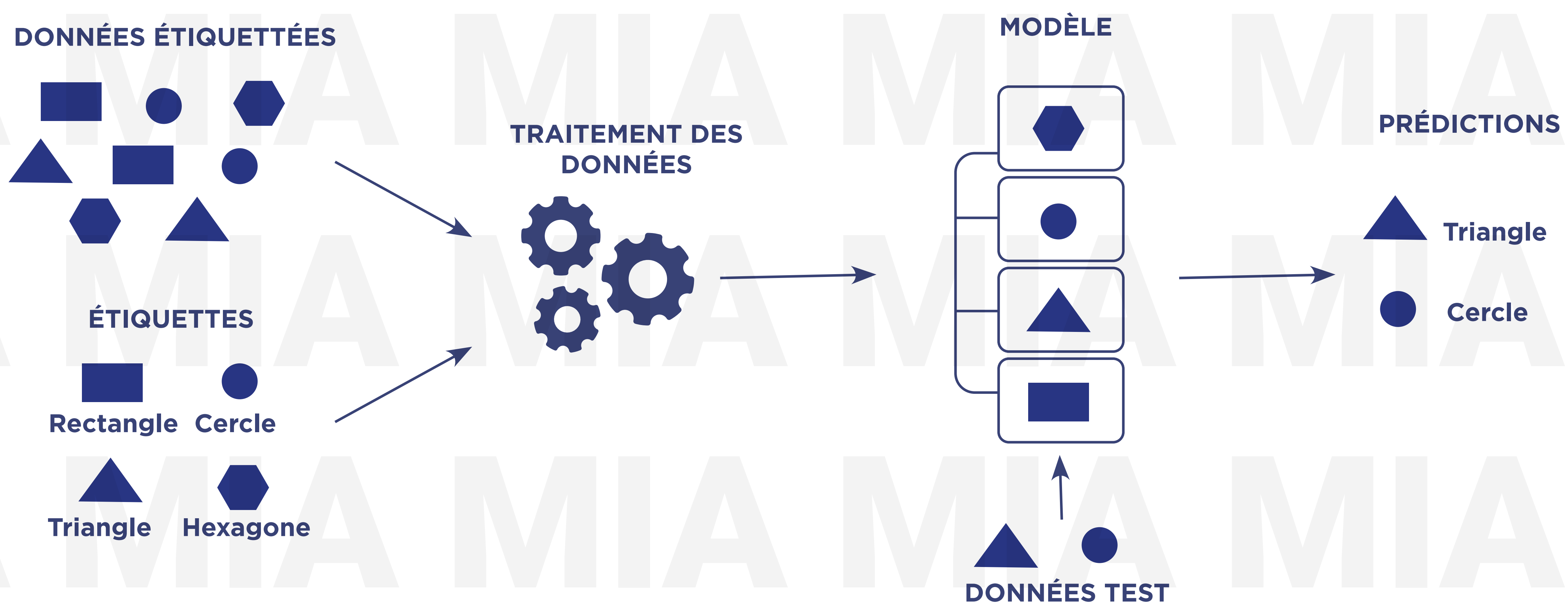
Les algorithmes ne disposent pas de données d'entrées étiquetées pour leur entraînement. L'objectif est plutôt d'identifier des modèles ou des structures, et des relations parmi les données d'entrée.



APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT

Ce type d'apprentissage s'inspire du dressage animal. L'algorithme s'améliore en interagissant avec son environnement. Après chaque action, la machine reçoit une récompense, un signal numérique qui indique la qualité de l'action en termes de l'objectif final. L'objectif de l'agent est de maximiser la récompense cumulée sur le long terme.

APPRENTISSAGE SUPERVISÉ



APPRENTISSAGE NON SUPERVISÉ



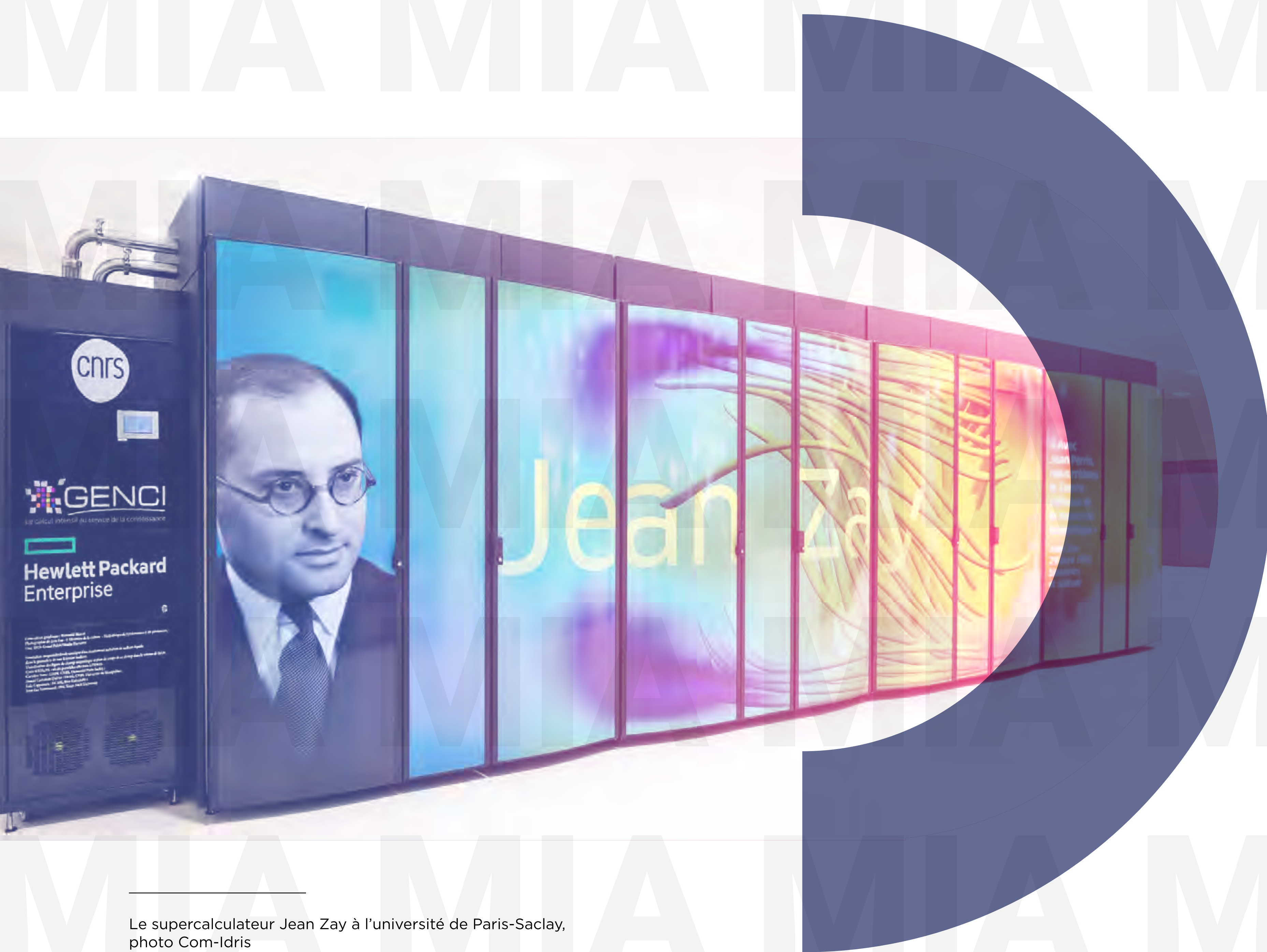
COMMENT LA MACHINE APPREND-ELLE ?

L'APPRENTISSAGE EN PROFONDEUR ET L'IA GÉNÉRATIVE

Depuis les années 2000, l'augmentation significative de la puissance de calcul des cartes graphiques (GPU) et la disponibilité de vastes ensembles de données ont permis des avancées majeures dans le domaine des réseaux de neurones artificiels. Ces progrès ont facilité le développement de réseaux de neurones profonds, composés de nombreuses couches intermédiaires, capables de traiter des tâches complexes telles que la reconnaissance d'images, la traduction automatique et la conduite autonome. L'apprentissage en profondeur, ou *deep learning*, est une branche de l'apprentissage automatique qui exploite ces réseaux neuronaux multicouches pour modéliser et résoudre des problèmes sophistiqués.



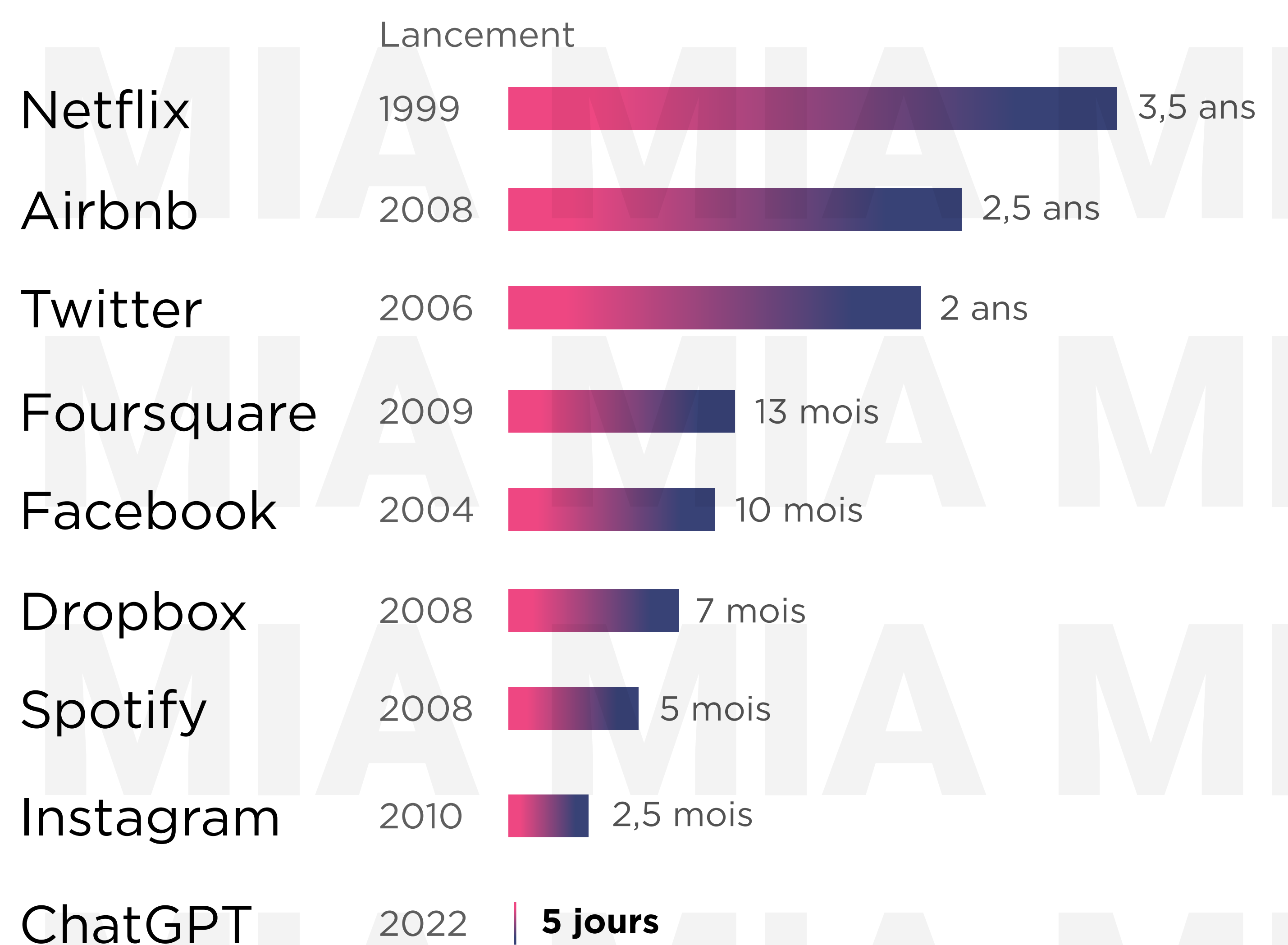
Yoshua Bengio, Yann Le Cun, Geoffrey Hinton (lauréats du prix Turing 2018)



Le supercalculateur Jean Zay à l'université de Paris-Saclay, photo Com-Idris

C'est grâce au *deep learning* que l'IA fait des progrès considérables depuis ces dernières années et a élargi considérablement son nombre mondial d'utilisateurs. Il est important de noter que le *deep learning* nécessite généralement de grandes quantités de données d'entraînement et une puissance de calcul considérable.

TEMPS POUR ATTEINDRE 1 MILLION D'UTILISATEURS



L'intelligence artificielle générative est un domaine de l'IA qui se concentre sur la création de systèmes capables de produire de nouvelles données à partir d'un ensemble de données d'entraînement. Contrairement aux systèmes d'IA traditionnels qui se contentent d'analyser ou de classer les données, les modèles d'IA générative sont capables de générer des contenus originaux qui n'existaient pas auparavant, comme du texte, des images, du code ou de la musique.

COMMENT LA MACHINE APPREND-ELLE ?

LE TRAITEMENT DU LANGAGE NATUREL (TALN)

Le traitement automatique du langage naturel, (TALN) ou en anglais Natural Language Processing (NLP), est une branche de l'intelligence artificielle qui permet aux machines de comprendre et de manipuler le langage humain. Il se divise principalement en deux domaines : la compréhension du langage, qui consiste à analyser et interpréter les mots et les phrases, et la génération du langage, qui permet aux machines de produire des textes cohérents et pertinents.

LE DIALOGUE HOMME-MACHINE

Les machines ne traitent pas l'information de la même manière que nous. Lors d'un échange avec un modèle de langage, le texte subit plusieurs transformations.

C'est grâce au TALN (Traitement Automatique du Langage Naturel) que les machines sont capables de :

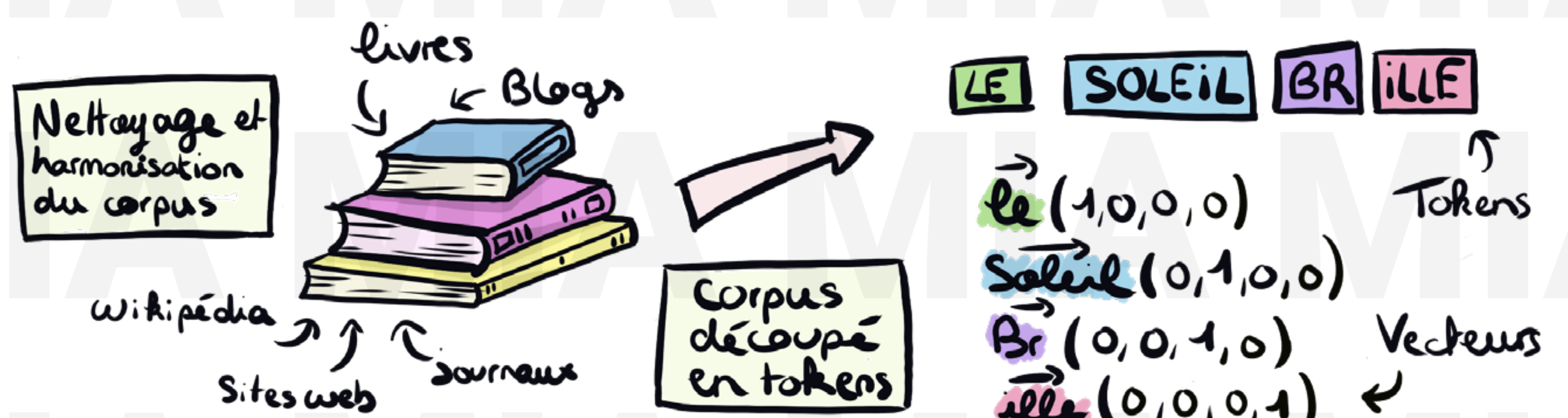
- Traduire
- Résumer
- Générer du texte
- Comprendre une opinion
- Analyser des informations subjectives, etc.

Les modèles de langage tels que Le Chat de Mistral ou ChatGPT de OpenAI en sont directement issus.

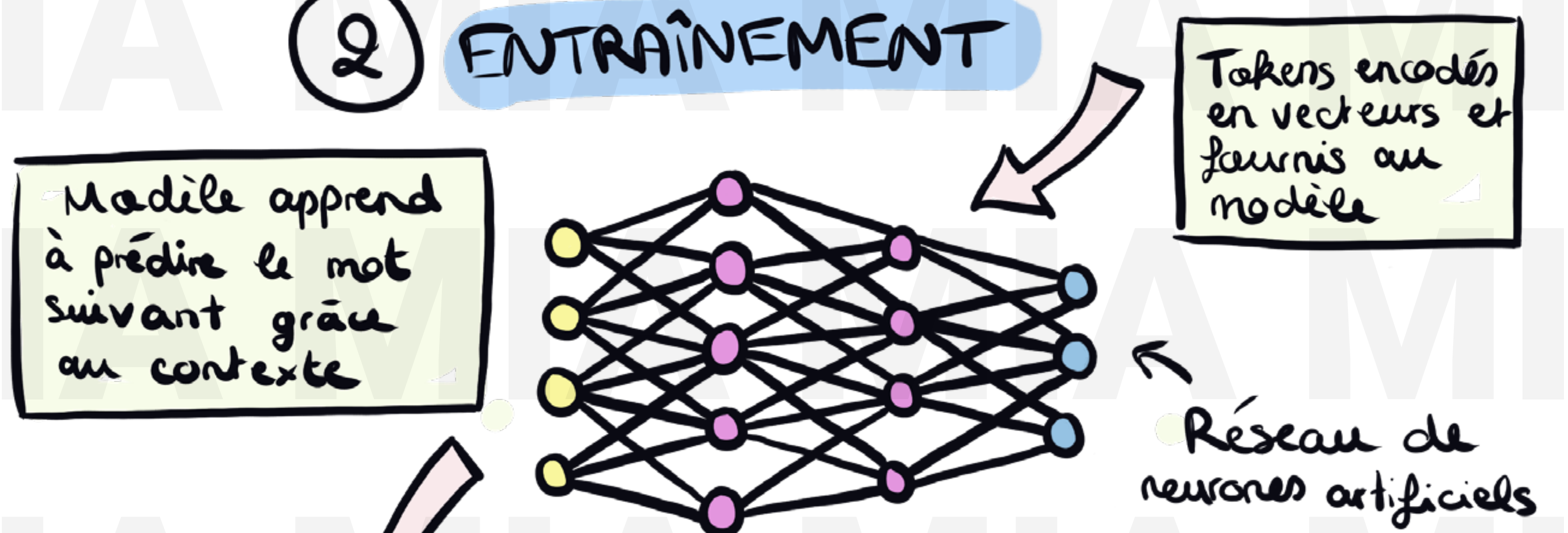
Cette technologie permet également de modérer du contenu publié en ligne en détectant et signalant des termes potentiellement dangereux ou inappropriés. Les assistants vocaux comme Siri, Google Assistant ou Alexa utilisent le TALN, notamment pour convertir la parole en texte (Speech-to-Text), avant de traiter et répondre aux demandes des utilisateurs.

L'APPRENTISSAGE DES MODÈLES DE LANGAGE

1 COLLECTE DE DONNÉES



2 ENTRAÎNEMENT



3 AFFINAGE



4 DEPLOIEMENT & UTILISATION

Eloise

COMMENT LA MACHINE APPREND-ELLE ?

LES GRANDES VICTOIRES MÉDIATISÉES DES MACHINES

L'histoire de l'intelligence artificielle est jalonnée par de grandes victoires médiatiques de machines face à des joueurs humains dans les jeux de stratégie les plus répandus :

En 1997, l'ordinateur Deep Blue, conçu par IBM, a battu le champion du monde d'échecs Garry Kasparov lors d'un match historique. Deep Blue utilisait une puissance de calcul impressionnante, capable d'évaluer jusqu'à 200 millions de positions par seconde, ce qui lui a permis de surpasser Kasparov après plusieurs parties.



Garry Kasparov contre Deep Blue

En 2016, l'intelligence artificielle AlphaGo, développée par DeepMind (une filiale de Google), a battu le joueur professionnel Lee Sedol, considéré comme l'un des meilleurs joueurs de Go au monde. AlphaGo a remporté le match avec un score de 4 à 1, marquant une étape importante dans le développement des IA, car le jeu de Go est infiniment plus complexe que les échecs, avec un nombre de combinaisons possibles presque illimité.



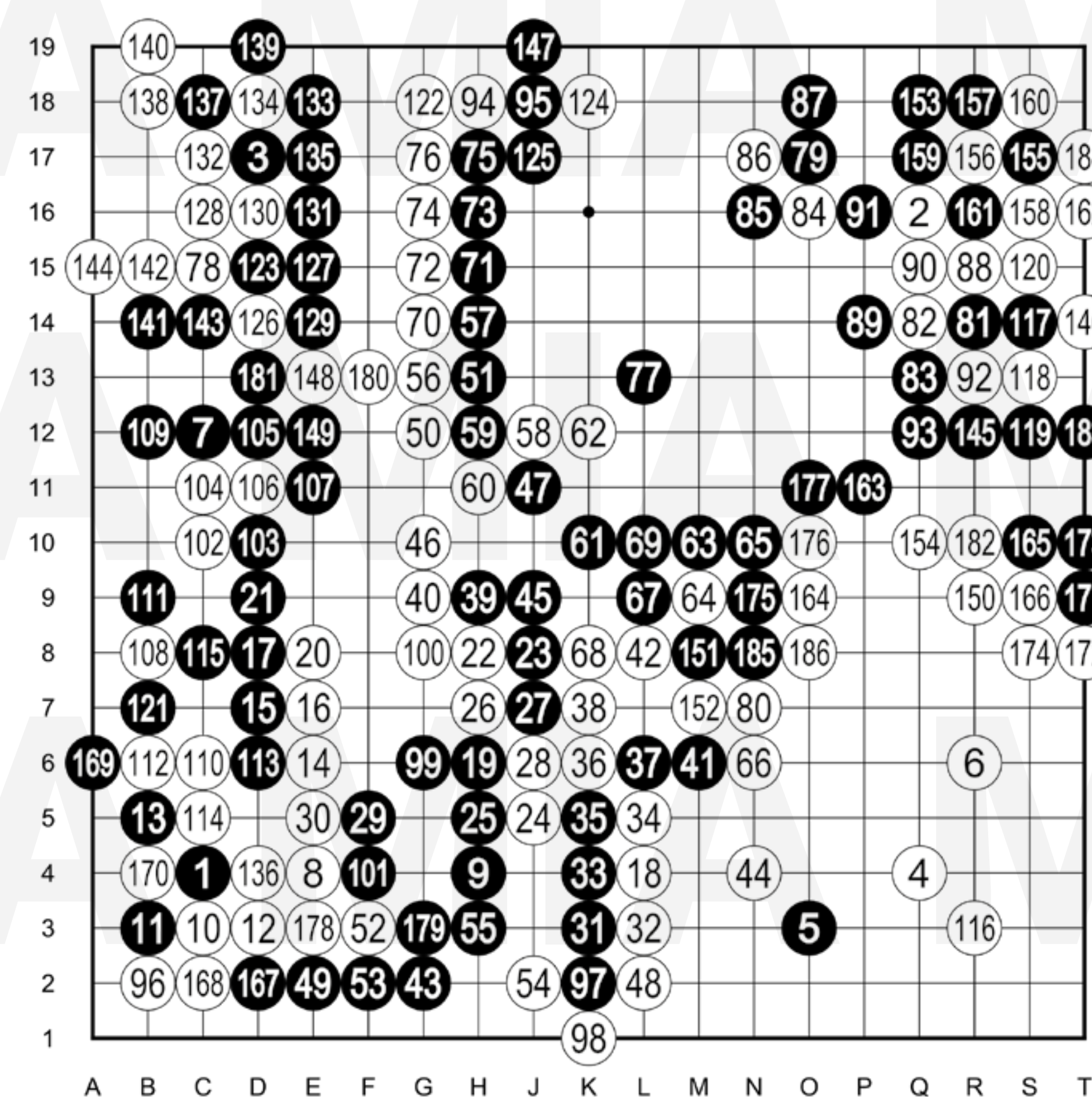
NORIKO ARAI

Noriko Arai (née en 1962) est une chercheuse japonaise spécialisée en logique mathématique et en intelligence artificielle. Elle est connue pour son projet visant à tester les capacités d'une IA en lui faisant passer l'examen d'entrée de l'Université de Tokyo. En 2015 et 2016, son programme, surnommé *Todai Robot*, a réussi à surpasser 80 % des candidats à l'Université, démontrant les avancées impressionnantes de l'IA dans la compréhension et l'analyse de textes complexes.

Noriko Arai

LEE SEDOL VS ALPHAGO

En 2017, le programme *AlphaZero*, développé par *DeepMind*, a marqué une nouvelle étape dans l'intelligence artificielle. Contrairement à ses prédécesseurs, *AlphaZero* a appris à jouer aux échecs sans aucune donnée humaine, simplement en jouant contre lui-même à partir des règles du jeu. En moins de 24 heures, il est devenu capable de battre les meilleurs programmes d'échecs du monde, prouvant la puissance de l'apprentissage par renforcement.



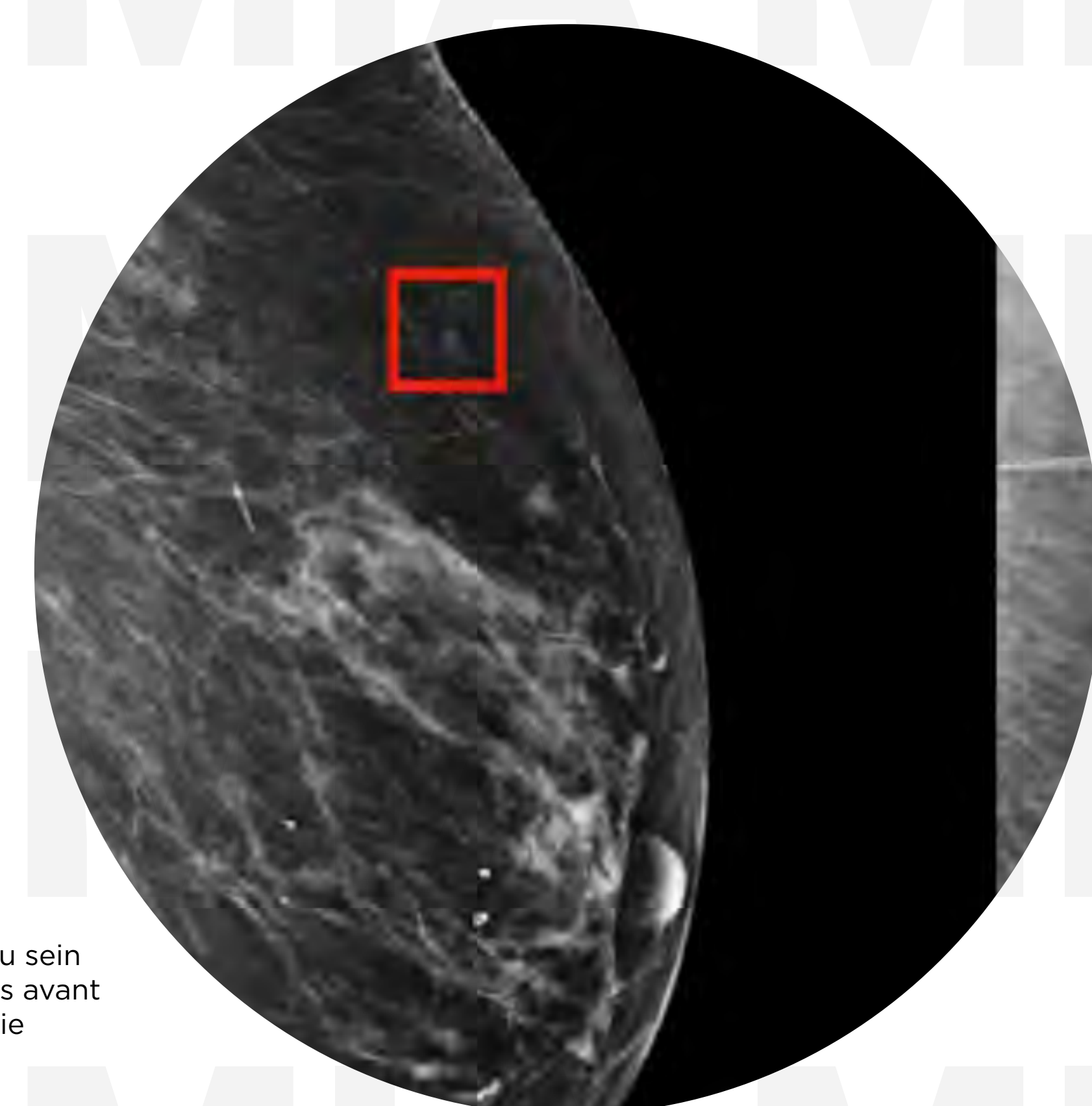
Lee Sedol (B) vs AlphaGo (W) - Game 1

La partie de go de Lee Sedol contre AlphaGo

L'IA DANS LE QUOTIDIEN

DE NOMBREUX DOMAINES D'ACTIVITÉ IMPACTÉS

Analyse des données et prévisions : les milieux de la santé, de la finance, du marketing peuvent identifier des modèles et faire des prévisions ou diagnostics plus précis. L'IA joue notamment un rôle croissant dans la détection précoce des cancers avant que les signes soient cliniquement observables.



Identification d'un cancer du sein par une équipe du MIT 4 ans avant qu'il n'apparaisse à l'imagerie



L'IA pour détecter plus facilement les objets à risque dans les aéroports

Reconnaissance d'image : les algorithmes peuvent être utilisés pour reconnaître des images et des objets. Les applications sont multiples : reconnaissance faciale sur le téléphone, analyse d'images médicales ou encore détection d'objets. Cette technologie est par exemple utilisée dans les aéroports afin d'analyser les images des scanners de bagages.

Traitement du langage naturel : les machines comprennent et génèrent le langage humain, elles peuvent ainsi interagir avec nous. Ce type de technologie se retrouve dans les assistants vocaux intelligents, les chatbots permettant un service client automatisé, la traduction ou bien la transcription automatique, utile pour transcrire des audios en temps réel.



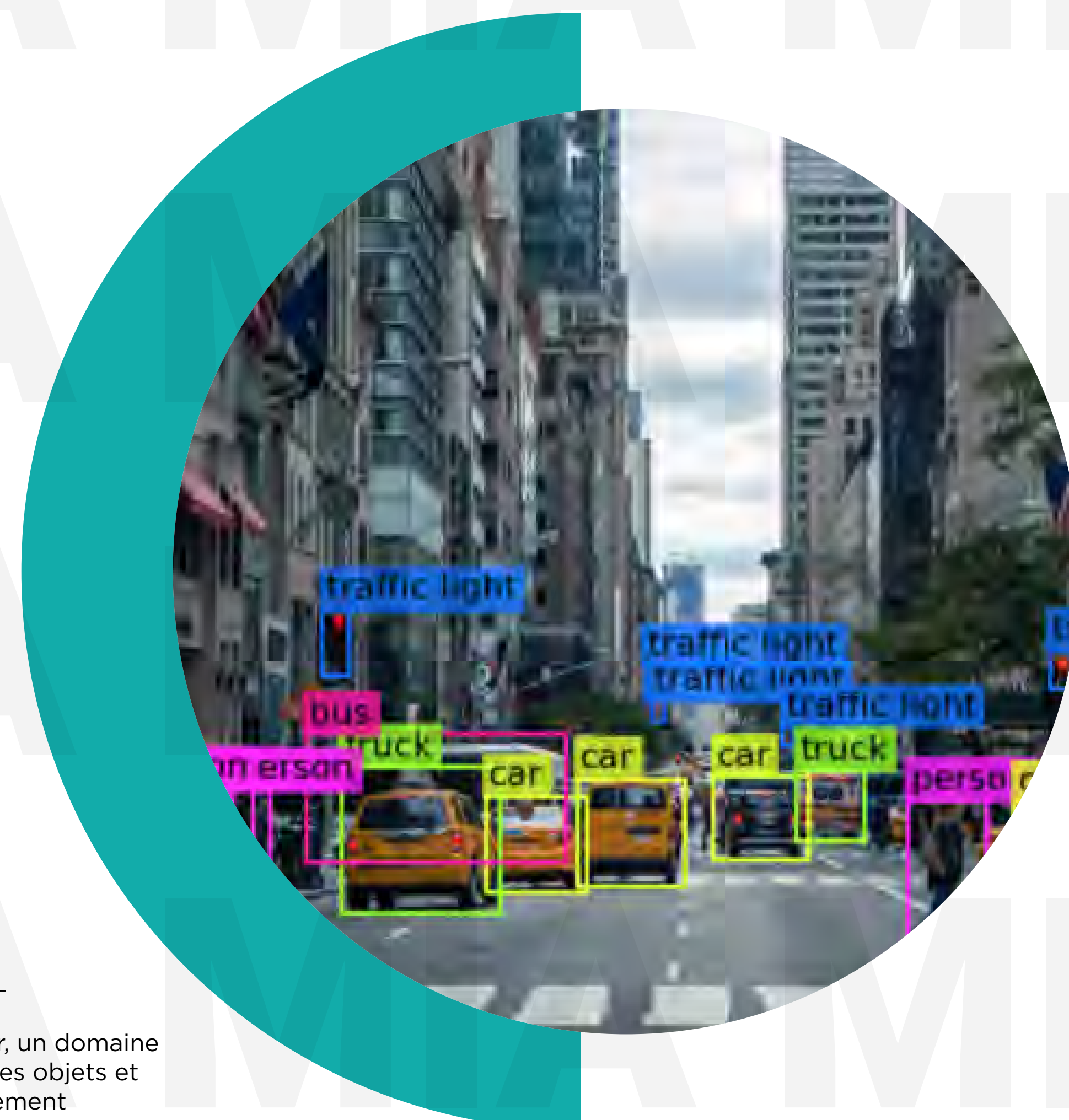
Alexa, l'assistant personnel intelligent développé par Amazon

Recommandations : les algorithmes de recommandation peuvent suggérer à un consommateur de nouveaux produits, films, livres, morceaux de musique à écouter, ou relations sur les réseaux sociaux. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications comme Netflix, YouTube, Spotify, Instagram ou encore TikTok.



Les nombreuses applications pouvant utiliser des algorithmes de recommandation

Systemes autonomes et robotique : l'interaction avec l'environnement permet à la machine de prendre des décisions en fonction du contexte, à l'image d'une voiture autonome qui freine devant un obstacle. Des objets du quotidien comme les robots aspirateurs en sont déjà équipés.



La vision par ordinateur, un domaine de l'IA pour identifier des objets et comprendre l'environnement

BIAIS EN IA : ENJEUX ET RÉALITÉS

Les biais de l'IA désignent les systèmes d'IA qui produisent des résultats déformés, reflétant et perpétuant les préjugés au sein d'une société. Ils peuvent provenir de plusieurs sources : conception des modèles, données d'entraînement et biais cognitifs humains.

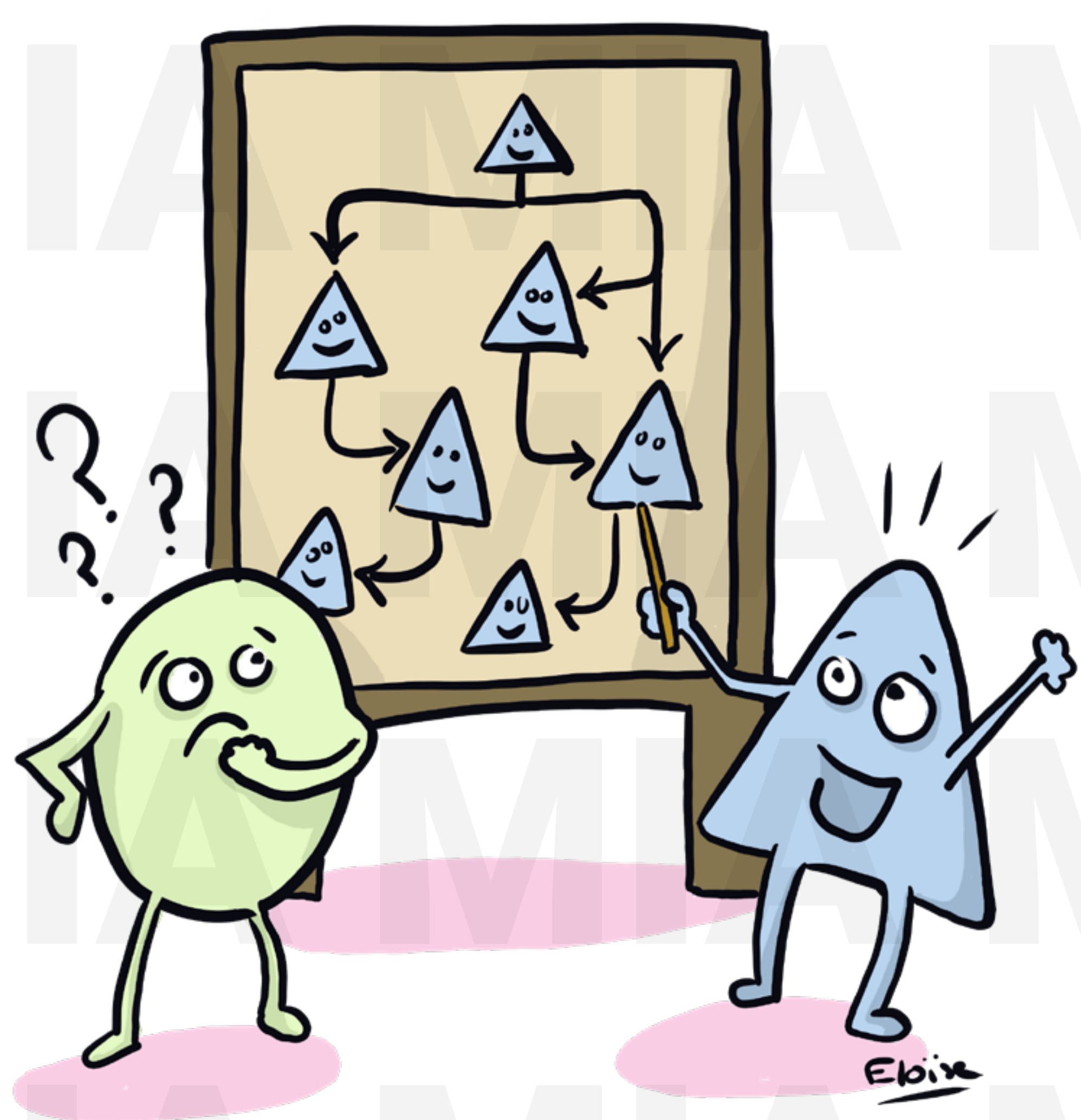
LES BIAIS LIÉS À LA MACHINE

Biais des données :

L'IA apprend à partir des données fournies. Si elles sont incomplètes, fausses ou de mauvaise qualité, ses résultats seront erronés. Par exemple, un modèle entraîné avec uniquement des pommes rouges ne reconnaîtra pas, ou mal, les vertes. D'où l'importance de données diversifiées.

Les biais algorithmiques :

L'algorithme détecte des corrélations mais pas la causalité. Un système de recrutement pourrait favoriser les hommes si les données historiques montrent leur présence majoritaire. En effet, s'il n'est pas bien régulé, il pourrait considérer le genre comme un critère de réussite, même s'il n'a rien à voir avec les compétences requises.



LES BIAIS LIÉS À L'HUMAIN

Biais cognitifs et émotionnels :

Nos émotions et nos sentiments influencent notre perception et nos jugements, pouvant rendre certaines interactions avec l'IA moins objectives. Notre tendance à faire confiance notamment peut nous pousser à nous appuyer entièrement sur l'IA. Or, certaines situations ne peuvent pas être déléguées à la machine. Si un médecin suivait aveuglement un diagnostic automatisé sans vérifier d'autres analyses, ce serait problématique.

Biais issus des interactions et des normes sociales :

L'IA apprend des humains et peut reproduire leurs préjugés. Un chatbot exposé à des discours haineux risque de les intégrer. De plus, les normes sociales influencent ses résultats : un algorithme de traduction peut par exemple attribuer un genre aux professions, renforçant ainsi certains stéréotypes.

COMMENT LIMITER CES BIAIS ?

- Diversifier et nettoyer les données d'entraînement.
- Auditer et tester les modèles avec des groupes variés.
- Impliquer des experts en éthique et des personnes d'horizons différents dans la conception des algorithmes.
- Sensibiliser les utilisateurs aux limites des systèmes d'IA.

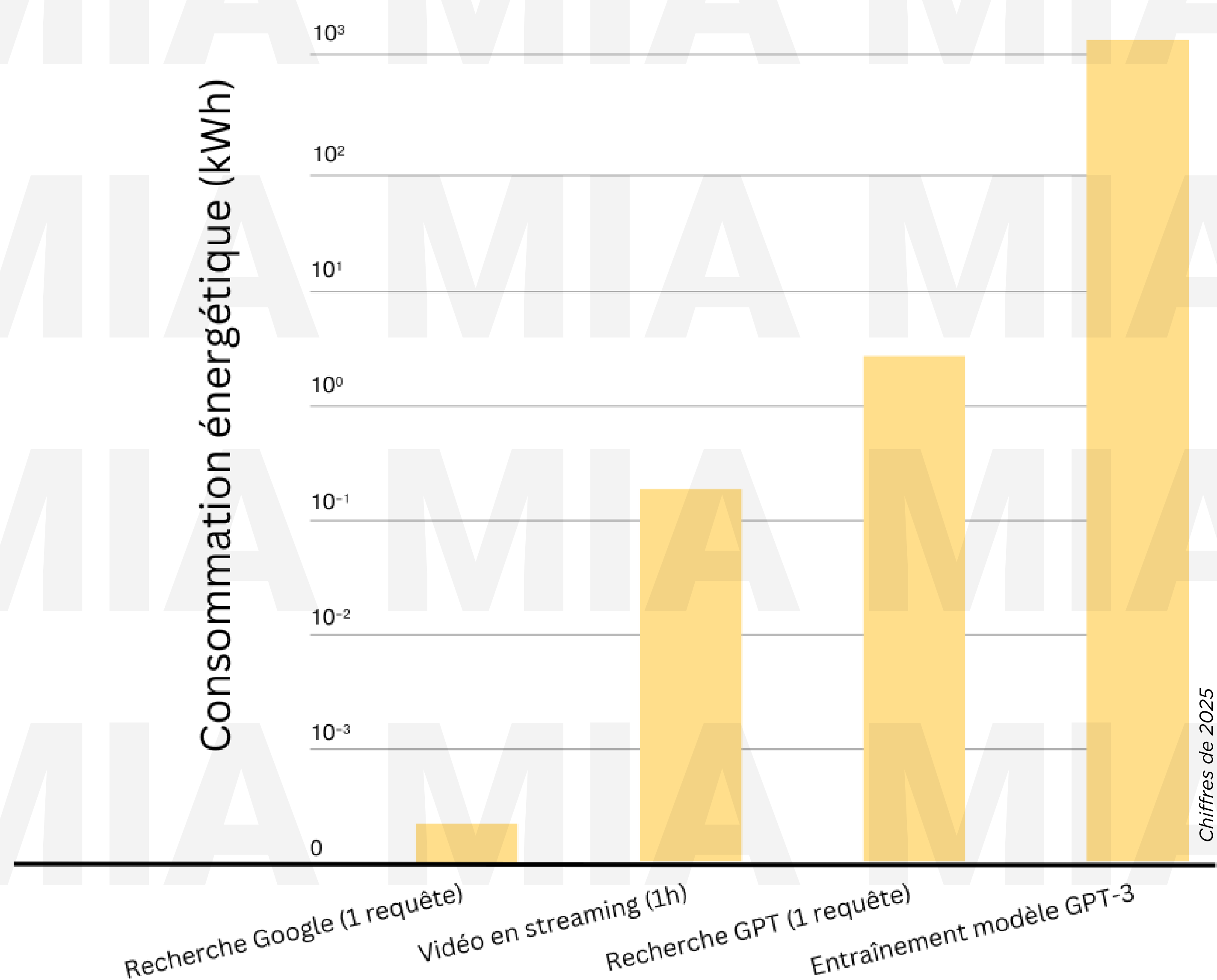


LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'intelligence artificielle (IA) est partout : dans nos téléphones, nos réseaux sociaux et même dans les jeux vidéo ! Mais derrière ces technologies impressionnantes, il y a un coût environnemental important.

L'IA consomme de l'énergie

Les modèles d'IA ont besoin d'une puissance de calcul énorme. Pour entraîner une IA comme ChatGPT, il faut utiliser des centres de données (data centers) remplis de serveurs qui tournent 24h/24. Cela consomme autant d'électricité qu'une petite ville !



L'IA consomme de l'eau

Les data centers chauffent beaucoup. Pour les refroidir, on utilise de l'eau en grande quantité.

Pour info : en 2022, un grand centre de données a utilisé 5 milliards de litres d'eau pour refroidir ses serveurs !



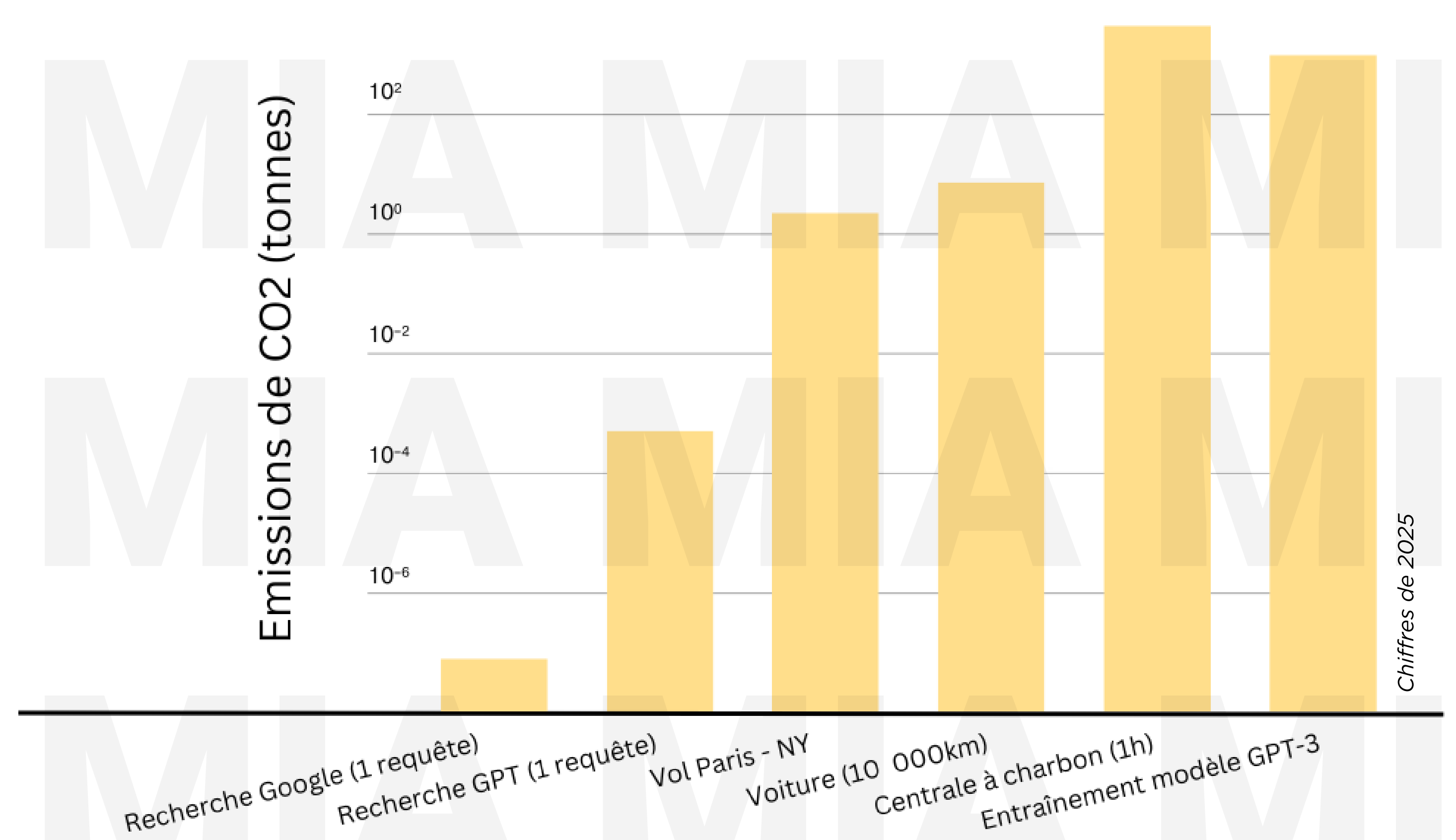
Quelques actions concrètes

- **Se questionner avant d'utiliser l'IA :** « Ai-je vraiment besoin d'une IA pour cette recherche ? » Souvent, une simple fouille sur internet ou un raisonnement suffit.
- **Limiter l'usage des IA génératives :** éviter de générer des images ou du texte inutilement juste pour s'amuser, car cela consomme de l'énergie.
- **Privilégier des IA « légères » :** des IA plus écologiques existent !
- **Sensibiliser vos proches :** parler des impacts de l'IA avec vos amis et votre famille, pour que tous adoptent une utilisation responsable.

UN IMPACT À COMPRENDRE

L'IA rejette du CO₂

De nombreux data centers dans le monde utilisent encore majoritairement de l'électricité provenant de sources fossiles (charbon, gaz, pétrole). A chaque kWh produit, du CO₂ est émis.



UNE IA PLUS VERTE

ÉTHIQUE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

DÉVELOPPER ET UTILISER L'IA AUJOURD'HUI



Les députés européens lors du vote sur l'AI Act

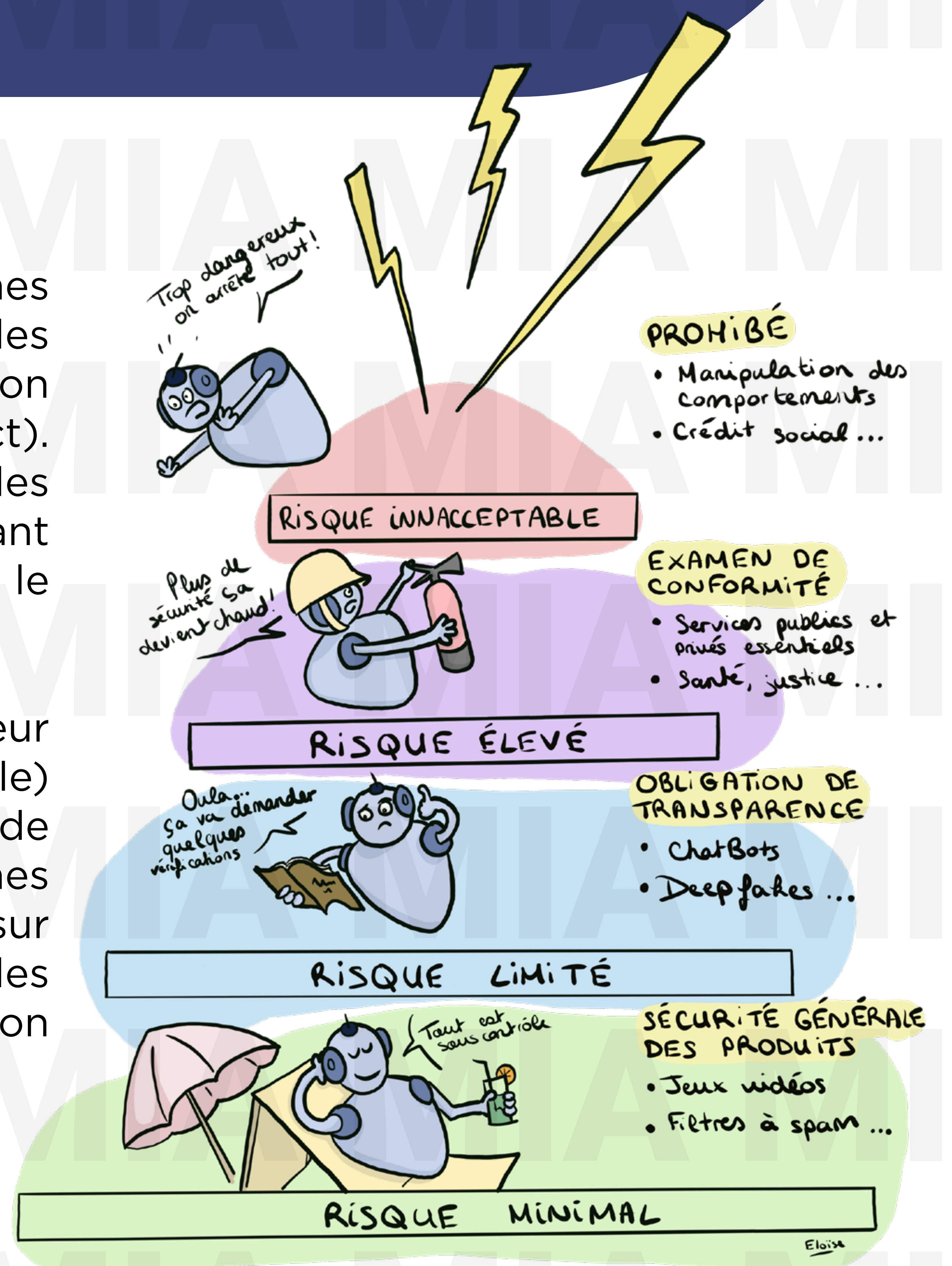
Une utilisation éthique de l'intelligence artificielle implique le respect des principes de transparence, d'équité, de responsabilité et de respect de la vie privée. Les systèmes d'IA doivent être conçus de manière transparente, de sorte que les utilisateurs comprennent comment les décisions sont prises. Ils doivent également être justes et ne pas perpétuer les biais existants.

Les concepteurs d'IA sont responsables de leurs systèmes et doivent être en mesure de les expliquer et de les corriger en cas d'erreur. Aujourd'hui, la commercialisation des systèmes d'IA est encadrée par l'IA Act (ou AI Act). Cette réglementation européenne vise à protéger les droits fondamentaux des citoyens, tout en favorisant l'innovation et la compétitivité des entreprises dans le domaine de l'IA.

Adoptée en 2024, elle classe les systèmes d'IA selon leur niveau de risque (minimal, limité, élevé, inacceptable) et impose des obligations spécifiques en matière de transparence, de sécurité et d'éthique. Ainsi, les systèmes permettant par exemple la notation sociale basée sur le comportement ou les caractéristiques personnelles sont jugés inacceptables et sont interdits en Union européenne.

LE RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE PROTECTION DES DONNÉES (RGPD)

Les systèmes d'IA doivent également respecter le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données), afin de protéger la vie privée des utilisateurs et leurs données personnelles. Ces dernières sont très variées, il peut s'agir de l'âge, du nom, de l'adresse ou encore des problèmes de santé, des activités favorites etc. Le RGPD est une forme de cadenas placé sur nos informations pour qu'elles ne soient pas divulguées et utilisées par n'importe qui.



UNE UTILISATION RESPONSABLE

Par ailleurs, l'IA ne doit pas être utilisée à des fins malveillantes, comme la création de contenu pouvant nuire à la réputation d'une personne. Une utilisation éthique de l'IA est essentielle pour garantir la confiance du public et pour réaliser pleinement le potentiel de cette technologie.