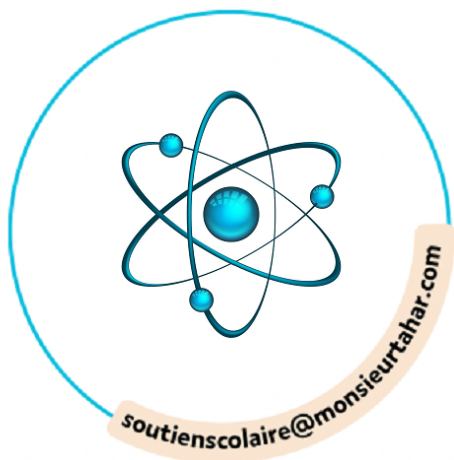


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



PHYSIQUE - CHIMIE

CHAPITRE 7

L'histoire de l'informatique et des ordinateurs



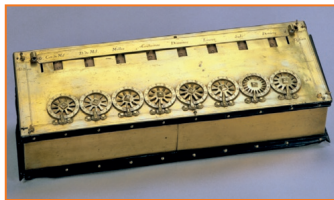
L'histoire des ordinateurs remonte au milieu du xx^e siècle. Ils sont les héritiers de machines, comme les calculateurs ou les métiers à tisser.

I La naissance de l'ordinateur

1 Les premières machines traitant de l'information

Le **premier calculateur mécanique**, appelé Pascaline, est réalisé par le mathématicien français Blaise Pascal, en 1642. Cette machine peut effectuer les **quatre opérations arithmétiques**.

DOC. 1. Machine arithmétique de Pascal, 1645



Les **premiers systèmes de programmation** sont mis au point par Jacques Vaucanson et Joseph Marie Jacquard, entre 1725 et 1728, pour commander des **métiers à tisser** grâce à des cylindres métalliques perforés. Ils sont adoptés dans le monde entier.

En 1833, Charles Babbage conceptualise la « **machine analytique** » destinée à résoudre des équations et des opérations complexes.

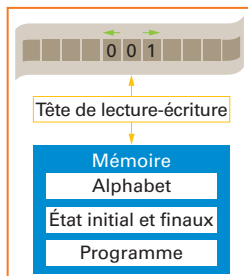
La mathématicienne Ada Lovelace (1815-1852) conçoit quant à elle une **suite d'instructions** (cartes perforées) pour la machine de Charles Babbage, ce qui fait d'elle la première programmeuse au monde.

2 La machine de Turing

La machine de Turing est avant tout un concept abstrait. Imaginée en 1936 par Alan Turing, elle **modélise le fonctionnement d'appareils mécaniques de calcul**, comme les futurs ordinateurs.

Elle possède une mémoire qui contient un nombre fini d'états, les instructions (programme) et l'alphabet des symboles utilisés.

DOC. 2. Schéma d'une machine de Turing

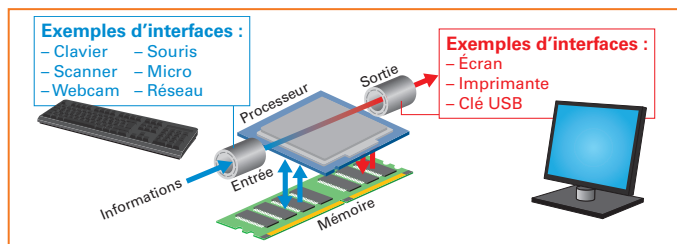


II Les premiers vrais ordinateurs

Les premiers vrais ordinateurs, créés entre 1937 et 1946, occupent alors des bâtiments entiers et sont programmés pour réaliser des **calculs complexes dans des domaines précis** (recherche aéronautique, décryptage de codes militaires, balistique).

Par la suite, l'utilisation des **transistors** puis des **circuits intégrés** va permettre de développer des machines plus petites, plus performantes et moins coûteuses.

DOC. 3. Schéma d'un système de traitement des informations



Un ordinateur exécute ses calculs grâce à son processeur qui comprend un nombre limité d'instructions (ex. : lire une donnée, écrire une donnée), représentées par des suites de bits.

Les **ordinateurs** permettent la généralisation du **traitement de texte** ou des **bases de données** dans les domaines industriels, administratifs ou financiers.

À partir des années 1970, les ordinateurs se démocratisent, offrant leurs performances au **grand public**.

À noter

Le mot « **ordinateur** » est inventé en 1955 par IBM. La société cherche alors un terme commercial pour se démarquer du « **calculateur** », traduction littérale du mot anglais « **computer** ».

ZOOM

Une machine de Turing dans Minecraft

Vue d'ensemble des mécanismes d'une machine de Turing à l'intérieur du jeu Minecraft



Des programmes et des bugs



Un logiciel informatique est composé de plusieurs « programmes », des séquences d'instructions interprétables par une machine.

I Les programmes et les instructions

1 Deux types de programmes

On distingue deux types de programmes :

- Les **programmes binaires** : suite de **bits** indiquant au processeur les instructions à exécuter, écrits en langage machine.
- Les **programmes sources** : codes écrits dans un **langage de programmation**, qui sont ensuite interprétés ou compilés sous une forme binaire.

Mot clé

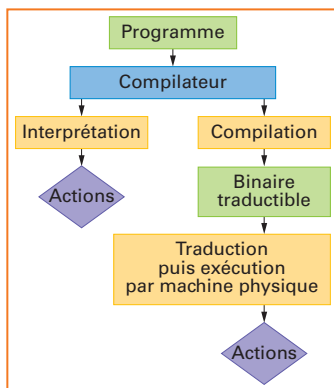
Un **bit** est une unité élémentaire d'information ne pouvant prendre que deux valeurs, notées 0 ou 1.

2 Les langages de programmation

Un **langage machine** est une suite de bits interprétée par le processeur d'un ordinateur, composé d'instructions et de données à traiter, codées en binaire. C'est le seul langage que le processeur peut traiter directement, il est dit **natif**. Les humains n'utilisent que très rarement le langage machine car ce serait laborieux et les programmes ne pourraient pas être utilisés sur des processeurs de marques différentes.

Un **langage de programmation** est une notation permettant de coder des instructions complexes, qui seront traduites en langage machine. Il est composé d'un vocabulaire, d'une syntaxe et de règles propres. Il est mis en œuvre par un compilateur ou interpréteur, qui est lui-même un programme. Les langages les plus proches de la machine sont dits de bas niveau (langage C par exemple) alors que les langages plus proches de l'humain sont dits de haut niveau (Python, Javascript, Java).

DOC. 1. Schéma d'exécution d'un programme





II Les bugs et leurs conséquences

1 Qu'est-ce qu'un bug ?

■ Avec le développement de l'informatique, les programmes peuvent atteindre des **millions de lignes de code**, ce qui génère des erreurs.

■ En informatique, un **bug** est un **défaut de conception d'un programme** qui génère un dysfonctionnement. La machine va alors essayer de réaliser une opération impossible ou indésirable.

■ Contrairement à d'autres sources de dysfonctionnement, le bug n'est généralement pas d'origine malveillante. Il résulte d'**erreurs humaines** dans le codage : erreur de syntaxe, mauvaise gestion de la mémoire, erreur de variables, etc.

À noter

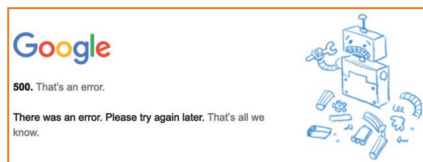
Le mot « **bug** » (insecte en anglais) vient du jargon des ingénieurs et remonte à 1870.

En français, ce mot a été traduit par « bogue ».

2 Quelles conséquences peut-il avoir ?

Les conséquences d'un bug sont variables : il peut s'agir de simples **problèmes d'affichage**, d'arrêts de logiciels ou du système entier.

DOC. 2. Écran d'erreur 500 de Google



ZOOM

Destruction d'Ariane 5

Le 4 juin 1996, lors du vol inaugural de la fusée Ariane 5, un bug informatique provoque le crash d'un des appareils fournissant des données de navigation au pilote automatique. La fusée s'autodétruit peu après le décollage. Ce bug est un des plus coûteux de l'histoire.



L'Intelligence Artificielle



Ensemble de théories et de technologies diverses, l'intelligence artificielle permet la résolution de problèmes complexes. Si elle obtient des résultats impressionnants, il faut distinguer la réalité de la fiction.

I Naissance de l'Intelligence Artificielle

1 Définition et origines de l'IA

● L'Intelligence Artificielle ou IA est définie par l'un de ses créateurs, **Marvin Lee Minsky**, comme « la construction de **programmes informatiques** s'adonnant à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains, car elles demandent des **processus mentaux de haut niveau** ».

● Bien que l'idée d'une machine reproduisant les comportements humains remonte aux légendes antiques, ce que l'on nomme aujourd'hui IA est théorisé par **Alan Turing** en 1950.

● À partir de là, des systèmes de plus en plus performants verront le jour, capables de surpasser l'humain pour des tâches bien précises ou de l'assister au quotidien.

2 Les techniques d'IA

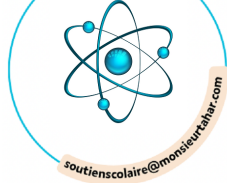
● Il n'existe pas une seule mais **plusieurs techniques d'IA**, dont la classification est toujours sujette à débat. On peut cependant discerner trois grandes techniques.

- Les **systèmes experts** reproduisent des opérations précises trop laborieuses ou trop longues à réaliser pour un être humain. Ils permettent gain de temps et aide à la décision (finance, secteur médical).

- La **résolution de problèmes** détermine la bonne solution ou le meilleur chemin à emprunter en fonction de contraintes de départ (GPS...).

- Le **machine learning** ou apprentissage automatique utilise des méthodes statistiques et d'énormes quantités de données combinées à des algorithmes « auto-apprenants ».

Par extension, les **réseaux neuronaux** tentent de simuler le fonctionnement synaptique du cerveau humain dans les échanges d'informations et permettent une forme évoluée de *machine learning*, appelée **deep learning**. Celui-ci est très utilisé pour la reconnaissance d'images, bien que les cerveaux humains restent plus efficaces dans ce domaine.



II Applications de l'IA : entre réalité et SF

1 Les applications des IA faibles et fortes

■ Les **IA** actuelles **dites faibles** trouvent des applications dans une grande variété de domaines : traitement des images et des vidéos, traitement du langage, analyses prédictives, jeux vidéo, automatisation intelligente, conception de robots, santé ou même art.

Pour ces **IA faibles**, le système se contente de reproduire un comportement spécifique mais ne le comprend pas, il **imite l'intelligence humaine dans un domaine précis** pour résoudre des problèmes et apprendre. La machine donne donc l'impression d'être intelligente mais ce n'est qu'une simulation.

■ Une **IA dite forte** est capable de **comprendre ses propres raisonnements**, de réfléchir à ses actions voire d'**avoir une conscience de soi et de ses émotions**. Elle pourrait ainsi égaler l'humain, voire le dépasser, ce qui pose des questions **éthiques**.

À noter

L'IA forte n'appartient, pour l'instant, qu'au domaine de la **science-fiction** et l'estimation de sa faisabilité fait toujours débat parmi les spécialistes.

2 Algorithmes et biais

Un des problèmes récurrents avec les différentes IA actuelles, et notamment celles utilisant le *machine learning*, vient du fait qu'on ne se doute pas forcément de comment, et selon quels critères, celle-ci va choisir et faire évoluer son algorithme. Il est donc difficile d'anticiper ses **biais** et ses erreurs ou discriminations non voulues.



Zoom

Recrutement chez Amazon : une IA sexiste

En 2018, Amazon met fin à un ambitieux projet visant à construire une IA capable de traiter les candidatures et de repérer les meilleurs talents. Et pour cause, cette IA, constatant que la majorité des employés actuels étaient des hommes, en avait déduit que le critère féminin était disqualifiant et refusait donc systématiquement les candidatures comportant le mot « femme ».



L'apprentissage automatique



L'apprentissage automatique, inventé par Arthur Samuel en 1959, est aujourd'hui exploité par une vaste majorité d'IA. L'arrivée du big data a permis de développer encore plus son potentiel.

I Les modes d'apprentissage automatique

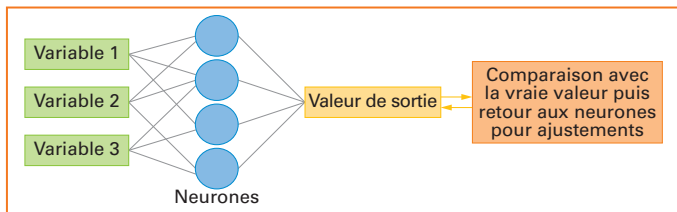
1 Principales méthodes d'apprentissage

- Il existe trois grandes méthodes d'apprentissage, toutes basées sur des **principes de statistiques et de probabilités**, et nécessitant un **grand nombre de données** (big data).
- L'**apprentissage supervisé** : apprentissage à partir d'un grand nombre d'exemples où on donne à la machine les données d'entrée et le résultat attendu. Par exemple, en fournissant des milliers de photos de chats à la machine, elle finira par reconnaître des chats dans un jeu d'images.
- L'**apprentissage non supervisé**, encore balbutiant : apprentissage prédictif dans lequel la machine va « découvrir » les données d'entrée, émettre des « hypothèses » et les vérifier au fur et à mesure.
- L'**apprentissage par renforcement** : le programme va progresser par essais successifs, en posant une entrée et en testant les sorties possibles.

2 Le deep learning et les réseaux de neurones

- Le *deep learning* est un système d'apprentissage qui s'appuie sur des **réseaux de neurones artificiels** pour en démultiplier l'efficacité.
- Un réseau de neurones artificiels est un ensemble d'**algorithmes** qui vont fonctionner comme des neurones formels, c'est-à-dire des représentations mathématiques du fonctionnement d'un neurone biologique. Un tel neurone possède plusieurs entrées et une sortie.

DOC. Schéma simplifié d'un réseau de neurones



II Les inférences bayésiennes et la mémorisation

● La méthode d'inférence bayésienne permet de calculer les **probabilités de causes** à partir de l'**observation d'évènements connus**. La probabilité correspond au degré de confiance à accorder à une cause hypothétique. Dans le cas d'un réseau de neurones, ceux-ci vont alors renforcer le poids des causes les plus probables dans leurs calculs et délaisser celles qui paraissent improbables, un peu comme le ferait un neurone biologique en renforçant les connexions les plus efficaces.

● Cette méthode se base sur le **théorème de Bayes** ; si A et B sont deux événements relatifs à la même expérience, alors :

$$P_B(A) = \frac{P_A(B) \times P(A)}{P(B)}$$

où $P_B(A)$ est la probabilité conditionnelle de A sachant B, c'est-à-dire la probabilité que A soit réalisé sachant que B est réalisé.

● Cette technique va trouver un intérêt particulier pour effectuer des diagnostics (médicaux ou industriels), modéliser les risques, détecter les spams ou même faire du **data mining**.

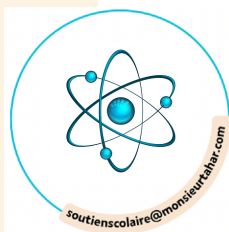
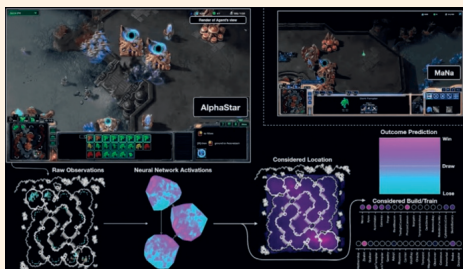
Mot clé

Le **data mining** consiste à utiliser des techniques automatiques pour extraire des connaissances à partir de quantités massives de données.



ZOOM

AlphaStar contre Starcraft 2



En 2019, le programme AlphaStar de Google DeepMind se hisse parmi les meilleurs joueurs mondiaux du célèbre jeu vidéo de stratégie en temps réel : Starcraft 2. Utilisant le *deep-learning*, grâce à un réseau de neurones, et combinant des méthodes d'apprentissage supervisé et de renforcement, le programme s'entraîne directement à partir de données brutes de parties antérieures.