

Chapitre 11 – De la machine de Turing à l'intelligence artificielle

Activité 1 – Histoire du traitement de l'information

a. Cartes utilisées pour la machine analytique p. 252

Afin d'aider les marins dans leur navigation, Babbage envisage en 1822 de créer une machine qui produise une feuille de route en calculant la carte du ciel jour après jour pour les semaines à venir. Il réalise en 1834, qu'il peut créer une machine plus performante, capable d'exécuter n'importe quelle tâche qui pourrait lui être décrite. Inspiré par le métier à tisser de Jacquard, il envisage que cette description, qui n'est qu'une succession de calculs, soit réalisée par des cartes perforées. Ada Lovelace va réellement comprendre tout ce que la machine analytique de Babbage rend possible et créer en 1843 le premier programme de l'histoire. Elle introduit alors la notion d'instruction conditionnelle.

« La machine analytique n'a nullement la prétention de créer quelque chose par elle-même. Elle peut exécuter tout ce que nous saurons lui ordonner d'exécuter [...] »

Son rôle est de nous aider à effectuer ce que nous savons déjà dominer. »

Ada Lovelace

b. D'un questionnement mathématique à

l'informatique moderne : le rôle d'Alan Turing p. 252

Peut-on tout calculer ? Pour toute propriété mathématique, peut-on dire si elle est vraie ou fausse ? Pour répondre à ces questions, Alan Turing publie en 1937 l'article considéré comme fondateur de la science informatique : il y propose une machine abstraite, qui n'est pas destinée à être fabriquée concrètement, et formalise la notion d'algorithme. « Cette machine se décrit très simplement. Elle utilise un ruban qui contient une suite de cases dans lesquelles sont inscrites des données (des 0 et des 1). La machine est capable de lire ce qu'il y a dans les cases, de se déplacer sur le ruban d'une case à gauche ou à droite, et d'écrire dans une case. »

Avec cette machine, Alan Turing montre qu'il est possible de remplacer n'importe quelle autre machine, en écrivant sur le ruban le « programme » de la machine remplacée (par exemple la multiplication) et ensuite les « données » sur lesquelles appliquer ce programme. Cette façon de mettre ensemble le programme et les données dans une machine est fondamentale et se trouve aujourd'hui dans tous les ordinateurs.

D'après pixees.fr/eclairage-scientifique-petite-histoire-de-linformatique.

c. Von Neumann : inventeur de l'architecture des ordinateurs p. 253

Von Neumann, en s'inspirant des travaux de Babbage et de Turing, comprend que la façon de mettre ensemble le programme (les instructions) et les données dans une machine de Turing est fondamentale.

Il élabore en 1945 la première description d'un ordinateur dont le programme est stocké dans sa mémoire : ici, l'ordinateur dispose d'un processeur pour exécuter les instructions et d'une structure de stockage unique pour conserver à la fois les instructions et les données demandées ou produites par le calcul.

C'est le premier modèle de calculateur universel programmable concret dont le premier modèle sera commercialisé en 1951.

Activité 2 – Numérisation de l'information

a. Claude Shannon, le père de la théorie de l'information p. 254

Dans son article fondateur de la Théorie de l'Information *A Mathematical Theory of Communication* publié en 1948, Claude Shannon définit la notion de bit comme abréviation de *binary digit*, élément binaire : un bit ne peut donc prendre que deux valeurs, par exemple 0 ou 1.

En théorie de l'information, un bit est la quantité minimale d'information transmise par un message, c'est le plus petit élément d'information stockable par un ordinateur.

Activité 3 – Bugs informatiques

e. Un outil pour traquer les *bugs* p. 257

Afin d'éviter les bugs, un logiciel est testé puis validé. Dans *The Art of Software Testing*, Glenford Myers propose la définition de test de logiciel suivante : « *Testing is the process of executing a program with the intent of finding errors* ».

Pour tester un programme, on commence par le tester sur un jeu de données, c'est à dire un ensemble de valeurs pour lesquelles les résultats attendus sont connus.

D'après Glenford Myers, *The Art of Software Testing*, 1979.

h. Correction d'un algorithme p. 257

En 2017, des scientifiques ont estimé la masse totale de déchets plastiques dans les océans à 300 millions de tonnes et ont prévu une augmentation de 5,4 % par an au cours des prochaines années. L'algorithme ci-dessous a pour objectif de déterminer en quelle année la masse totale de ces déchets plastiques dépassera 500 millions de tonnes.

```
N ← 2017
U ← 300
Tant que U > 500
  N ← N+1
  U ← U+U*5.4
Fin Tant que
```

D'après Bac STMG 2019.

Activité 4 – Intelligence artificielle

a. Objectifs d'une intelligence artificielle p. 258

Mais qu'est-ce que l'intelligence ? La notion d'intelligence artificielle est difficile à cerner et à l'heure actuelle aucune définition n'est unanimement acceptée. Stuart Russell et Peter Norvig proposent dans leur ouvrage de référence, *Artificial Intelligence, A Modern Approach*, de mieux circonscrire ce que l'on peut attendre d'une intelligence artificielle à l'aide du tableau ci-dessous.

<p>a</p> <p>Penser comme un humain</p> <p>Se dit d'une machine dont le mode de fonctionnement interne reproduit le mode de pensée humain.</p>	<p>b</p> <p>Penser rationnellement</p> <p>Se dit d'une machine dont le mode de fonctionnement interne ne se base que sur des déductions logiques.</p>
<p>c</p> <p>Agir comme un humain</p> <p>Se dit d'une machine capable de reproduire un comportement qui ressemble, vu de l'extérieur, à celui d'un humain.</p>	<p>d</p> <p>Agir rationnellement</p> <p>Se dit d'une machine dont le comportement, vu de l'extérieur, semble rationnel.</p>

Le second tableau recense quelques définitions possibles de l'intelligence artificielle.

<p>1</p> <p>The exciting new effort to make computers think... machines with minds, in the full and literal sense. (Haugeland, 1985)</p>	<p>2</p> <p>The study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act. (Winston, 1992)</p>
--	---

<p>3</p> <p>The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people. (Kurzweil, 1990)</p>	<p>4</p> <p>Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents. (Poole et al., 1998)</p>
--	---

e. Une intelligence artificielle en boîtes d'allumettes

Dès 1943, Donald Michie et Alan Turing envisagent la possibilité de créer des machines qui pourraient faire preuve d'intelligence et être capables d'apprendre par elles-mêmes à jouer aux échecs. En 1961, Donald Mitchie développe une machine, nommée MENACE, qui apprend à jouer au Morpion. Elle est composée de... 304 boîtes d'allumettes vides et de perles de couleur. L'objectif de Donald Michie est de construire un dispositif qui ne connaît que les règles du jeu et devient un joueur expert avec de la pratique.

Activité 5 – Apprentissage automatique : de l'importance des données

e. Un exemple de données biaisées p. 260

Au début des années 1980, la *St George's Hospital Medical School* a utilisé un algorithme pour aider à sélectionner les candidats à un poste au sein de l'établissement. Cet algorithme avait été entraîné en se basant sur les données des admissions des dix années précédentes.

Au cours de cette décennie, les responsables des admissions avaient favorisé les hommes au détriment des femmes et les noms européens en discriminant ceux ne semblant pas d'origine européenne. Comme le dit Cathy O'Neil, « la machine a appris à partir des humains comment discriminer, et a fait le travail avec une efficacité à couper le souffle ».

D'après Cathy O'Neil, *Weapons of Math Destruction* (2016).

h. E-learning Nestor p. 261

L'intelligence artificielle qui détecte le manque d'attention des élèves.

Si les cours à distance laissent jusqu'ici libre choix aux élèves d'être attentifs ou non, le logiciel Nestor pourrait à terme faire régner la discipline. Cette intelligence artificielle est en effet capable de détecter le manque de concentration d'un élève. Cet algorithme fondé sur la reconnaissance des évolutions du visage, est capable d'analyser et de comprendre 300 réactions différentes. Nestor, comme toute intelligence artificielle, n'a pas manqué de s'attirer quelques critiques, notamment sur l'ingérence dans la sphère privée. Son concepteur a toutefois assuré que

les données collectées resteraient anonymes.

D'après <https://www.educadis.fr>, 2017.

i. Recommandations pour l'élaboration d'IA p. 261

Une IA digne de confiance comporte les trois éléments suivants :

1. elle doit être licite, en assurant le respect des législations et réglementations applicables ;
2. elle doit être éthique, en assurant l'adhésion à des principes et valeurs éthiques,
3. elle doit être robuste, sur le plan tant technique que social car, même avec de bonnes intentions, les systèmes d'IA peuvent causer des préjudices involontaires.

Groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle constitué par
la Commission européenne, en 2018.

Activité 7 – Intelligence artificielle générative

d. L'IA et les antibiotiques p. 265

Deux molécules ciblant les staphylocoques dorés multirésistants identifiés par une IA

Dans une étude publiée dans *Nature*, des chercheurs du MIT, à Boston, ont identifié de nouvelles substances aux propriétés antibiotiques après avoir passé au crible 12 millions de molécules grâce à une IA. Ces composés seraient efficaces pour traiter les infections dues à une bactérie résistante à la méticilline, le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*). C'est la première étude à utiliser un modèle d'apprentissage pour prédire l'activité antibiotique de composés ainsi que leur cytotoxicité.

Dans un premier temps, les scientifiques ont nourri l'IA avec 39 000 composés dont la structure chimique et les effets sur trois types de cellules humaines sont déjà connus. Une fois entraîné, le modèle a réussi à prédire la toxicité et les propriétés antimicrobiennes de 12 millions de composés cibles. Après une forte sélection, 280 composés ont été testés en laboratoire. Parmi ces composés, deux candidats se sont révélés prometteurs, en réduisant d'un facteur 10 la population de bactéries infectieuses.

D'après Elisa Doré, « Un nouvel antibiotique prometteur contre de graves infections nosocomiales », [lefigaro.fr](https://www.lefigaro.fr), 3 janvier 2024.

Exercices

17. Fonte d'un glacier alpin p. 275

Le glacier d'Aletsch, le plus grand des Alpes, pourrait disparaître d'ici à 2100.

Il se situe en Suisse et alimente en eau la vallée du Rhône. En 1900, ce glacier mesurait 25,6 km de long. Tous les 20 ans ont été effectués des relevés du recul du glacier, relevés au cours desquels on a mesuré le recul par rapport à la position où se trouvait initialement le pied du glacier en 1900.

L'Express, le 12/09/2019.