

Avant-propos

C'est quoi, l'informatique ?

Si vous demandez à dix personnes : « C'est quoi, l'informatique ? », vous obtiendrez sûrement dix réponses différentes. Chacun de vos interlocuteurs décrira probablement l'usage qu'il fait d'un ordinateur : la secrétaire vous parlera de traitement de texte, l'économiste de tableur, le graphiste de traitement d'images, l'ingénieur de programmation, l'adolescent de jeux vidéo, la bibliothécaire de base de données, etc.



Ce sont des exemples pertinents de ce qu'on peut faire avec un ordinateur, mais est-ce vraiment cela, l'informatique ? Pas vraiment.

L'informatique, ce n'est pas...

Source principale : <https://axiomcafe.fr/qu-est-ce-que-l-informatique>

« La science informatique n'est pas plus la science des ordinateurs que l'astronomie n'est celle des télescopes. »

Edsger Dijkstra

Michael R. Fellows et Ian Parberry

L'informatique n'est pas la « *sciences des ordinateurs* », même si la traduction anglaise est « *computer science* ». Un ingénieur en informatique ne saura pas nécessairement diagnostiquer un problème, réparer un ordinateur ou effectuer des branchements réseaux complexes. Il n'est pas non plus, contrairement au vendeur, formé à vous aider pour votre choix d'ordinateur.

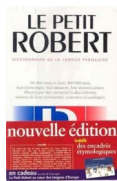
L'informatique n'est pas la « *science des logiciels* ». L'ingénieur en informatique ne connaît pas toutes les fonctions d'un traitement de texte (alors qu'une secrétaire oui). Il ne maîtrise pas les fonds d'écran clignotant ni tous les rouages de Facebook (un adolescent en sait probablement plus sur ce sujet). Il ne sait pas forcément utiliser tous les smartphones du marché : son métier n'est pas synonyme d'utilisateur « ultra compétent ».

Mais alors l'informatique c'est quoi ?

Le mot *informatique* naît en mars 1967 sous l'impulsion d'un des pionniers français de la discipline **Philippe Dreyfus** (1925-2018), comme contraction des mots *information* et *automatique*. Bien qu'étymologiquement le mot *Informatik* fût créé par l'ingénieur allemand **Karl Steinbuch** (1917-2005) en 1957, Dreyfus est le premier à utiliser ce mot en français dès 1962. Le mot ne fut pas immédiatement adopté. Il fallut attendre que **le général de Gaulle** lui-même tranche en conseil des ministres entre *informatique* et *ordinatique*, puis que l'Académie française le consacre en 1967.

L'informatique est le plus souvent associée aux ordinateurs. Mais ce terme regroupe en réalité les

techniques en rapport avec le traitement de l'information et constitue une science formelle, issue notamment des travaux fondateurs d'**Alan Turing**, **Kurt Gödel**, **Alonzo Church** et **Stephen Kleen** dans les années 1930, dont le sujet d'étude est le calcul, sa nature et son optimisation.



Voyons ce que l'on trouve dans le dictionnaire « Le Robert illustré » :

Informatique : Théorie et traitement de l'information à l'aide de programmes mis en œuvre sur ordinateurs.

Programme : Ensemble des instructions, rédigé dans un langage de programmation, permettant à un système informatique d'exécuter une tâche donnée.

Ordinateur : Machine électronique de traitement numérique de l'information, exécutant à grande vitesse les instructions d'un programme enregistré.



Voyons ce que dit le dictionnaire « Petit Larousse Illustré » :

Informatique : Science du traitement automatique et rationnel de l'information en tant que support des connaissances et des communications ; ensemble des applications de cette science, mettant en œuvre des matériels (ordinateurs) et des logiciels.

Quant à la Société Informatique de France, elle propose cette définition :

L'informatique est la science et la technique de la représentation de l'information d'origine artificielle ou naturelle, ainsi que des processus algorithmiques de collecte, stockage, analyse, transformation, communication et exploitation de cette information, exprimés dans des langages formels ou des langues naturelles et effectués par des machines ou des êtres humains, seuls ou collectivement.

De ces définitions, on voit que l'informatique comporte deux aspects principaux :

- l'analyse de l'information en vue de son utilisation par un ordinateur ;
- l'analyse théorique des procédés de traitement de la donnée en vue d'un résultat applicatif pertinent.

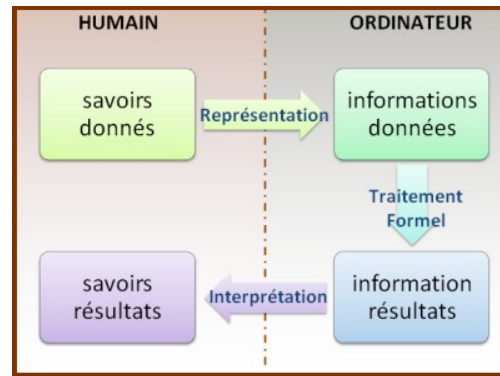
Voici quelques exemples simples de données et de traitements associés :

Données	Traitement	Logiciel
texte	copier, sélectionner, écrire, changer de couleur, ...	traitement de texte
nombres, formules	calculer, trier, ...	tableur
fichiers	renommer, réorganiser, classer, trier, rechercher, transmettre, ...	gestionnaire de fichiers
image	retoucher, assombrir, ...	logiciel de traitement d'image
personnages, décors, objets virtuels	déplacer, régler les interactions, appliquer des règles, ...	jeu
informations	collecter, stocker, trier, analyser, ...	logiciel de base de données
son	transformer, filtrer, créer, ...	logiciel audio

Vous l'aurez compris, **l'informatique est une réflexion en deux temps sur le traitement de l'information** : d'une part comment représenter les choses du monde pour un ordinateur (son, vidéo, texte, ...) et d'autre part comment traiter ces informations de manière automatique et efficace.

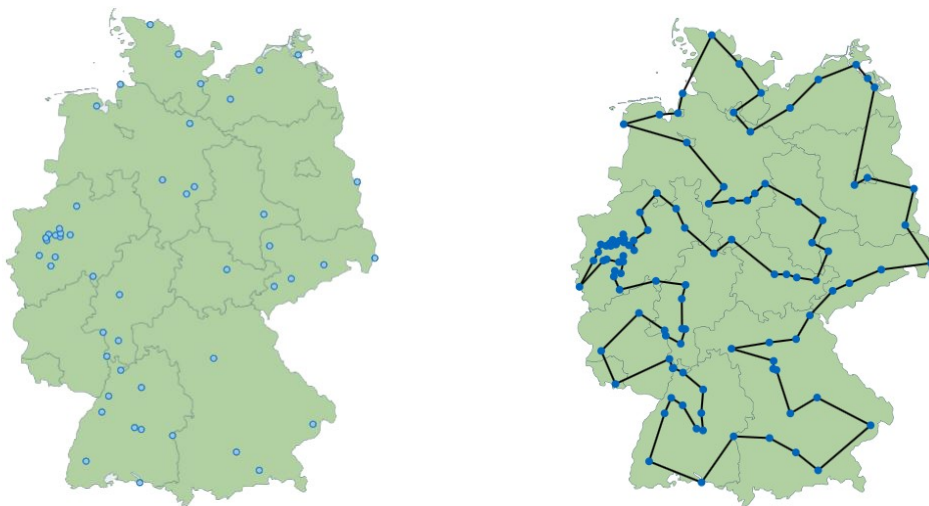
Ces deux points se résument, selon **Jacques Arsac**, par le schéma suivant :

Il est intéressant de constater que le Larousse considère l'informatique comme une science, contrairement au Petit Robert.



Un exemple classique : le problème du voyageur de commerce

Un voyageur de commerce doit visiter plusieurs villes situées sur une carte. Comment trouver le circuit le plus court possible pour qu'il ne passe qu'une et une seule fois par chaque ville (voir dessin ci-dessous) ?



Si n est le nombre de villes, il y a $\frac{(n-1)!}{2}$ circuits possibles.

Ce problème d'apparence simple est en fait extrêmement difficile quand le nombre de villes est très grand (il existe par exemple 181'440 circuits différents pour seulement 10 villes). Ce problème est tellement difficile que l'on ne connaît pas de méthodes pour le résoudre exactement : on doit se contenter de solutions très bonnes, mais probablement pas optimales.

Amusez-vous sur https://algorithms.discrete.ma.tum.de/graph-games/tsp-game/index_en.html

Science ou technologie ?

Pour faire simple : la science est la connaissance, la technologie en est son application. Les deux sont intimement liées, car sans la science pas de technologie, mais sans les outils créés par la technologie pas de science possible de nos jours.

L'informatique est à la fois une science et une technologie : les informaticiens établissent que certaines propositions sont vraies (science), par exemple qu'il n'existe pas d'algorithme de tri en temps linéaire, et fabriquent aussi des objets (technologie), par exemple des programmes de tri. Évidemment, un programme n'est pas un objet matériel et sa fabrication ne demande pas une habileté manuelle. Elle nécessite, en revanche, une **habileté conceptuelle** pour exprimer un algorithme dans un langage de programmation. On appelle cela *implémenter*.

Nos hiérarchies sociales valorisaient la science plus que la technique, mais nous voyons de nos jours apparaître des techniciens qui gagnent des milliards en valorisant une idée abstraite. Le meilleur exemple est *Google* : à partir d'une idée abstraite (une formule mathématique permettant

d'évaluer la pertinence d'une page web), les deux créateurs ont fabriqué le meilleur moteur de recherche actuel. Cette petite entreprise est ensuite devenue très vite le géant que l'on sait.

Buts de ce cours

L'informatique peut se pratiquer sans ordinateur, avec un papier, un stylo, un cerveau et un peu de courage. On appelle cela de l'informatique débranchée.

On parlera peu de programmation. Cela fait l'objet d'un autre cours (voir pré-requis).

Nous allons passer du côté obscur de l'informatique et de présenter cette science du point de vue d'un ingénieur informaticien, tout en restant accessible à un lycéen. Il ne s'agit pas de faire un cours universitaire, mais de survoler certains des domaines les plus intéressants de l'informatique :

- **Chapitre 1 : Histoire de l'informatique.** Qui sont les personnages principaux de l'informatique ? Quelles sont les grandes dates ?
- **Chapitre 2 : Comment ça marche ?** Comment fonctionnent un ordinateur, un disque dur, une clé USB, un smartphone, ... ?
- **Chapitre 3 : Codage de l'information.** Comment des 0 et des 1 peuvent-ils représenter des textes, des chiffres ? Comment repérer et corriger les erreurs de transmission ?
- **Chapitre 4 : Traitement d'images.** Qu'est-ce qu'une image numérique ? Comment modifier une image bitmap ? Comment camoufler un texte dans une image ?
- **Chapitre 5 : Systèmes logiques.** Que sont l'algèbre de Boole, les portes logiques ?
- **Chapitre 6 : Programmation.** Qu'est-ce qu'on appelle *Programmation* ? Que sont des langages de programmation ? Qu'est-ce qu'une machine de Turing ?
- **Chapitre 7 : Récursivité et fractales.** Qu'est-ce que la récursivité ? À quoi sert-elle ? Comment dessiner la courbe du dragon et le flocon de von Koch ?
- **Chapitre 8 : Structures de données.** Quelle est la meilleure façon d'organiser un ensemble de données (des nombres, des textes, ...) pour y accéder rapidement ? Qu'est-ce qu'une file, une pile, un arbre binaire, etc. ?
- **Chapitre 9 : Algorithmique.** Quelles sont les méthodes les plus efficaces pour traiter un problème donné (trier un ensemble d'objets, trouver un objet minimal d'un ensemble, multiplier deux entiers, etc.) ?
- **Chapitre 10 : Intelligence artificielle.** Comment un ordinateur peut-il jouer contre un humain ? Qu'est-ce que l'on appelle « intelligence artificielle » ? Est-ce vraiment de l'intelligence ?
- **Chapitre 11 : Apprentissage.** Comment un ordinateur « apprend » ? Qu'est-ce qu'on appelle l'apprentissage profond (*deep learning*) ? Comment fonctionne un réseau de neurones ?
- **Chapitre 12 : IA génératives.** Qu'est-ce qu'un LLM ? Comment rédiger des prompts efficaces ? Les générateurs d'images. Les nouveaux moteurs de recherche. Les générateurs de code.
- **Chapitre 13 : Réseaux.** Comment installer un réseau chez soi ? Comment fonctionnent les réseaux, Internet, Google ? Comment les ordinateurs communiquent-ils entre eux ?

- **Chapitre 14 : Sécurité informatique.** Quels sont les types d'attaques des pirates informatiques ? Comment s'en protéger ? Comment fabriquer un mot de passe robuste ?
- **Chapitre 15 : Bases de données.** Comment stocker des informations et comment les retrouver ? Par exemple, comment gérer une bibliothèque scolaire ?

Site web compagnon

Ce cours est un *livre étendu*. Vous trouverez pour chaque chapitre des compléments (vidéos, programmes interactifs, corrigés, ...) sur le site www.apprendre-en-ligne.net/info. Les pages web sont signalées par des QR codes en début de chapitre. Par exemple :



Pré-requis



Comme le nom de cette brochure l'indique, on parlera beaucoup d'informatique « théorique ». Cependant, il y aura de temps en temps la possibilité de mettre en pratique cette théorie à travers des exercices de programmation. Ces exercices seront signalés par l'icône ci-contre.

À partir du chapitre 3, la plupart des exemples et les exercices sont écrits dans un langage de programmation appelé **Python 3**. Bien que ce langage soit très lisible, il est préférable, mais pas indispensable, de le connaître.

Mon fascicule « Python 3 : Objectif jeux », est disponible ici : www.apprendre-en-ligne.net/pj/

Table des matières

1. Une petite histoire de l'informatique

2. Comment ça marche

2.1.	Fonctionnement général d'un ordinateur.....	2-1
2.2.	À l'intérieur d'un ordinateur.....	2-3
2.3.	Les mémoires.....	2-5
2.6.	Le disque dur.....	2-7
2.7.	Le disque dur SSD.....	2-10
2.4.	Le BIOS.....	2-11
2.5.	Le système d'exploitation.....	2-12

3. Codage de l'information

3.1.	Vocabulaire.....	3-1
3.2.	Les bases décimale, binaire et hexadécimale.....	3-2
3.3.	Représentation des nombres entiers.....	3-3
3.4.	Représentation des nombres réels.....	3-5
3.5.	Le code ASCII.....	3-7
3.6.	Codes correcteurs d'erreurs.....	3-9
3.7.	Codage de Huffman.....	3-13
3.8.	Les codes-barres.....	3-14

4. Traitement d'images

4.1.	Codage des couleurs.....	4-1
4.2.	Formats d'image.....	4-2
4.3.	Courbe tonale.....	4-4
4.4.	Quelques traitements classiques.....	4-6
4.5.	Les drapeaux.....	4-8
4.6.	Filtrage.....	4-9
4.7.	Le photomaton.....	4-11
4.8.	Stéganographie.....	4-12

5. Algèbre booléenne et circuits logiques

5.1.	L'algèbre de Boole.....	5-1
5.2.	Fonctions logiques et tables de vérité.....	5-2
5.3.	Tables de Karnaugh.....	5-3
5.4.	Circuits logiques.....	5-6

6. Programmation et langages

6.1.	La machine de Turing.....	6-1
6.1.	Un peu d'histoire.....	6-3
6.3.	Transformation du code source.....	6-7
6.4.	Paradigmes.....	6-8
6.5.	Pseudo-code.....	6-10
6.6.	Organigrammes de programmation.....	6-12
6.7.	Les notions principales de programmation.....	6-12

7. Récursivité et fractales

7.1.	La récursivité.....	7-1
7.2.	Fonctions itératives et récursives.....	7-3
7.3.	Les dangers de la récursivité.....	7-6
7.4.	Les tours de Hanoi.....	7-8
7.5.	Le compte est bon.....	7-11
7.6.	Résolution d'un Sudoku.....	7-12
7.7.	Les fractales.....	7-14

8. Structures de données avancées

8.1.	Pile.....	8-1
8.2.	File.....	8-2
8.3.	Arbres.....	8-3
8.4.	Arbres binaires.....	8-5
8.5.	La notation $O(f(n))$	8-7
8.6.	Arbres binaires de recherche.....	8-8
8.7.	Arbres AVL.....	8-11
8.8.	Tas.....	8-14
8.9.	Trie.....	8-16
8.10.	Représentation des graphes.....	8-18
8.11.	Table de hachage.....	8-22

9. Algorithmique

9.1.	Quelques définitions.....	9-1
9.2.	Le problème des huit dames.....	9-2
9.3.	Algorithmes gloutons.....	9-4
9.4.	Algorithmes de tri.....	9-5
9.5.	Tester si un point est dans un polygone.....	9-10
9.6.	Enveloppe convexe.....	9-11

A9. Annexe : métaheuristiques

A9.1.	Quelques définitions.....	A9-1
A9.2.	Algorithmes probabilistes.....	A9-1
A9.3.	Le problème des n dames pour illustrer les métaheuristiques.....	A9-3

10. Intelligence artificielle et jeux

10.1.	Différents types de jeux.....	10-2
10.2.	Utilisation de la force brute : Mastermind.....	10-7
10.3.	Les jeux combinatoires.....	10-7
10.4.	Le jeu de Nim.....	10-8

10.5. Les trois piliers d'un jeu de stratégie.....	10-12
10.6. Le jeu de Shadi.....	10-17
10.7. Othello.....	10-18

11. Apprentissage

11.1. Introduction.....	11-1
11.2. Apprentissage par renforcement.....	11-2
11.3. Q-learning.....	11-5
11.4. Les réseaux de neurones.....	11-13

12. IA génératives

12.1. C'est quoi un LLM ? Comment fonctionnent les moteurs de <i>ChatGPT</i> et consorts ?	12-2
12.2. IA et enseignement.....	12-6
12.3. Prompt engineering	12-7
12.4. Générateurs d'images	12-12
12.5. Demander à <i>ChatGPT</i> de jouer le rôle d'un expert	12-16
12.6. <i>Perplexity AI</i> : votre moteur de recherche est une IA	12-18
12.7. Les générateurs de code	12-20
12.8. Coder avec <i>ChatGPT</i>	12-22

13. Réseaux

13.1. Réseau local (LAN).....	13-1
13.2. Modèles en couches.....	13-3
13.3. World Wide Web.....	13-6
13.4. Proxy.....	13-11
13.5. Réseau privé virtuel (VPN).....	13-12

14. Sécurité informatique

14.1. Logiciels malveillants.....	14-1
14.2. Attaques et fraudes.....	14-6
14.3. Intégrité.....	14-12
14.4. Les mots de passe.....	14-14
14.5. Piratage informatique.....	14-16

15. Bases de données

15.1. Un exemple pour tout expliquer rapidement.....	15-2
15.2. Les bases de données relationnelles.....	15-4
15.3. Modèle entité-association.....	15-4
15.4. Traduction du schéma conceptuel en un modèle relationnel.....	15-7
15.5. Le langage SQL.....	15-9
15.6. Outils de gestion pour MySQL.....	15-11