

Chapitre 1

Brève histoire de l'informatique

1.1 La mécanisation des calculs

Plongez-vous un instant dans la peau d'un riche propriétaire de trois troupeaux de chèvres et moutons en Mésopotamie il y a cinq mille ans. L'un de vos bergers, analphabète, part estiver six mois. Comment être certain qu'il reviendra avec le même nombre d'animaux (sans en vendre quelques-uns) ? En modelant en argile une sphère creuse contenant des jetons de différentes formes qui permettent de dénombrer le troupeau. Codage, mémoire et premiers algorithmes (car les sumériens savaient calculer) sont déjà nés !

Les **abaques** (tables sur lesquelles étaient posées des petites pierres) ont été utilisés par les civilisations européennes, indiennes, chinoises et mexicaines. Les plus anciens datent d'environ -500 av. J.-C. Rappelons que le mot **calcul** vient du latin *calculus* qui signifie caillou. Créé à la même époque, le **boulier** est toujours utilisé en Chine et au Japon.

Une étape historique a été la construction de la *pascaline* au XVII^e siècle, machine inventée par **Blaise Pascal** qui effectue les quatre opérations arithmétiques classiques. Une première machine à calculer **programmable** (technologie inspirée de celle des métiers à tisser) est inventée en 1834, mais jamais réalisée à son époque par **Charles Babbage**. Les programmes, écrits sur des cartes perforées, technique utilisée jusqu'au milieu des années 1980, sont inventés par la mathématicienne **Ada Lovelace**, qualifiée de « première programmeuse au monde ». Dès le début du XX^e siècle, des entreprises naissantes comme IBM ou Bull, ont créé des machines (mécaniques) enregistreuses, additionneuses et multiplicatrices. Elles furent vendues par milliers aux entreprises et administrations. À la fin du XIX^e siècle, l'électricité permet de motoriser ces calculateurs. C'est le début de l'électromécanique. La microélectromécanique n'a cependant émergé que dans les années 1970. L'ordinateur personnel a connu son essor dix ans plus tard.

1.2 Avancées logiques et premiers « ordinateurs »

Parallèlement à ces avancées technologiques, des idées ont, elles aussi, contribué aux progrès scientifiques. Les **algorithmes** les plus anciens sont attestés par des tables datant

de l'époque d'Hammurabi (env. -1750 av. J.-C.) en Mésopotamie. De nombreux autres algorithmes furent décrits par la suite. C'est toujours le cas aujourd'hui : la compression des images en jpeg s'appuie sur des algorithmes datant de la fin des années 1990.

En logique (domaine des mathématiques lié à l'informatique), **George Boole** démontre que tout processus logique est décomposable en une suite d'opérations logiques (ET, OU, NON) appliquées sur deux états (VRAI-FAUX). Des questions plus profondes comme celle consistant à savoir si un mécanisme permet d'affirmer si une proposition est vraie ou fautive furent soulevées par **David Hilbert** dès 1928. Les logiciens **Kurt Gödel** et **Alan Turing** ont aussi participé à des avancées dans ce domaine de la logique.

La *machine de Turing* (1936) est un modèle abstrait permettant de mettre en œuvre n'importe quel algorithme. C'est en quelque sorte le modèle abstrait d'un ordinateur où la technologie permet de répondre à des questions algorithmiques.

De nombreux calculateurs programmables, dont les plus connus sont ceux appelés bombes (à cause du bruit engendré par leur fonctionnement) et dont le but était d'aider à décrypter les messages allemands durant la seconde guerre mondiale, sont construits entre 1936 et 1956. Alan Turing a participé à la conception de ces bombes.

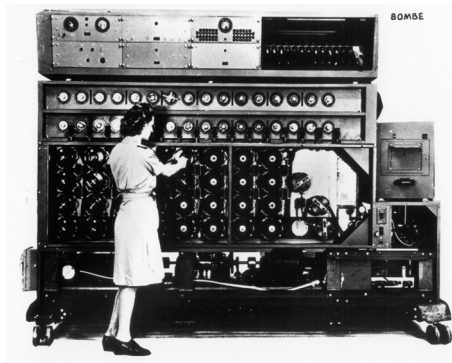


Fig. 1.1 – US Navy Bombe (1942), assez semblable aux bombes anglaises ; Alan Turing participa à leur conception. Archive de la NSA.

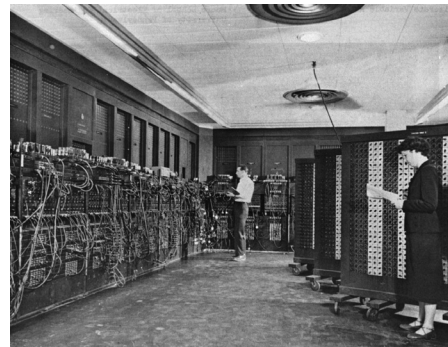


Fig. 1.2 – L'ENIAC (env. 1950), le premier ordinateur entièrement électronique, programmable mais incapable d'enregistrer les programmes.

En 1948, **Claude E. Shannon**, précurseur de la théorie de l'information, popularise l'utilisation du mot **bit** comme mesure élémentaire de l'information numérique, information qui devient mesurable et réductible à **deux signaux** élémentaires (notés 0 et 1).

Voici un exemple de **codage de l'information** issu du code ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*, voir le tableau 9.1 page 78) :

lettre «A» ↔ code 65 ↔ bits 1000001 ↔ signaux électriques

Fig. 1.3 – Codage d'une lettre en signaux électriques

À partir de 1948 apparurent les premières machines à **architecture de Von Neumann**. Ce modèle d'architecture utilise une structure unique de stockage pour les données et les instructions ; un ordinateur peut alors modifier les instructions, effectuer des boucles, ce

que les programmes venant de cartes perforées ne permettaient pas. Tous les ordinateurs actuels possèdent une architecture issue de celle décrite par **John Von Neumann**.

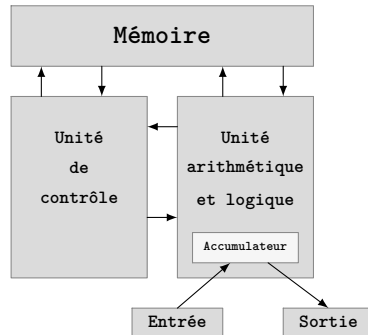


Fig. 1.4 – Architecture de Von Neumann

L'architecture de Von Neumann décompose l'ordinateur en quatre parties distinctes :

- l'unité arithmétique et logique qui effectue les opérations de base ;
- l'unité de contrôle, chargée du « séquençage » des opérations ;
- la mémoire qui contient à la fois les données et le programme qui indiquera à l'unité de contrôle quels sont les calculs à effectuer sur ces données. La mémoire se divise en mémoire volatile (programmes et données en cours de fonctionnement) et mémoire permanente (programmes et données de base de la machine) ;
- les dispositifs d'entrée-sortie (périphériques) pour communiquer avec l'extérieur.

EXERCICES

EXERCICE 1.1 Code 2 parmi 5 POSTNET et clés de contrôle

Le code 2 parmi 5 POSTNET est un code-barres symbolisant le code-postal américain à 5 chiffres et utilisé par le service postal des États-Unis pour l'aiguillage du courrier. Ce code représente chaque chiffre de 0 à 9 par des *mots* de 5 bits (ensuite convertis en barres de deux hauteurs), chaque mot contenant exactement 2 bits égaux à 1. Voici ce code :

Chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
Code	11000	00011	00101	00110	01001	01010	01100	10001	10010	10100	c_n

1. Sachant qu'un code-barres commence et finit toujours pas une grande barre, lire la valeur du code-barres suivant :



2. Le *checkdigit*, ou **clé** de contrôle, est un entier rajouté à un code-barres afin de contrôler la validité de celui-ci ; une fois la clé rajoutée, la somme des chiffres codés doit être un multiple de 10. Le code-barres précédent possède-t-il une clé ? Si la réponse est non, quelle clé rajouter (à droite) à ce code-barres pour qu'il possède une clé de contrôle ?

3. Le code 374420 possède-t-il une clé de contrôle correcte ?
4. Le VRC (*Vertical Redundancy Check*) est une technique de contrôle de transfert du code : à chaque mot on ajoute un nouveau bit appelé *bit de parité* de façon à ce que la somme des bits du mot soit toujours paire. Le VRC a-t-il été appliqué au code 2 parmi 5 ? Trouver un défaut au VRC et une limite à cette technique.
5. Le LRC (*Longitudinal Redundancy Check*) fonctionne sur le même principe mais il protège l'ensemble des bits de plusieurs mots d'un message en ajoutant un mot de même longueur dans lequel chaque bit protège par parité les bits de même rang des mots du message. Par exemple pour un message de deux mots 11000 et 10011 alors le message transmis est 11000 10011 01011 car le calcul du LRC est

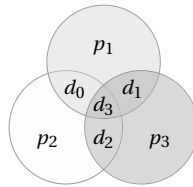
$$\begin{array}{r} 11000 \\ 10011 \\ \hline 01011 \end{array}$$

Quel est le code POSTNET avec LRC du code-postal 11052 (Port Washington, NY) ?

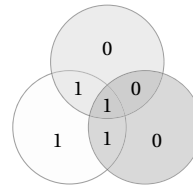
EXERCICE 1.2 Un code correcteur, le code de Hamming (7,4)

Le Code de Hamming (7,4) est un code qui permet de corriger toutes les erreurs de transmission de mots binaires de 7 bits. Sur ces 7 bits, 4 contiennent les données (ou information, les d_i) et 3 (les p_j) sont des bits de contrôle. \mathcal{H} est l'ensemble des mots de ce code. Par exemple 0010111 et 1101001 sont deux mots codés de \mathcal{H} .

Le mot $d_3d_2d_1d_0$ d'un message sera codé par $p_1p_2d_0p_3d_1d_2d_3$ avec $p_1 = d_0 \oplus d_1 \oplus d_3$, $p_2 = d_0 \oplus d_2 \oplus d_3$ et $p_3 = d_1 \oplus d_2 \oplus d_3$, le symbole \oplus désignant l'addition modulo 2. Cette addition vérifie $0 \oplus 0 = 1 \oplus 1 = 0$ et $0 \oplus 1 = 1 \oplus 0 = 1$ (voir chap. 3 pour plus de détails).



Représentation des quatre bits de données et des trois bits de parité. Cas général à gauche, un exemple à droite, celui du message 1101 codé par 0110011.



1. Décoder les mots 1000011 et 1111110 puis coder les mots 1010 et 0011.
2. Deux questions uniquement pour ceux qui connaissent déjà Python.
 - a. Écrire en Python une fonction `code_h` qui prend en argument un entier `mot` de quatre digits et renvoie son code de Hamming (7,4) de sept digits.
 - b. Écrire en Python une fonction `decode_h` qui prend en argument un mot codé `mcode` de sept digits (de type chaîne) et renvoie le mot de quatre digits décodé.
3. Combien l'ensemble \mathcal{H} contient-il d'éléments ?
4. La **distance de Hamming** $d_h(i, j)$ entre deux mots i et j de codes respectifs c_i et c_j est le nombre de bits (notée $d'_h(c_i, c_j)$) de même rang (ou position) différents entre ces deux codes. Ainsi $d_h(0000, 0011) = d'_h(0000000, 0111100) = 4$.
Calculer toutes les distances entre 1010, 1110, 1100 et 0001.
5. Plus généralement, la distance de Hamming $d_{\mathcal{H}}$ est le minimum de l'ensemble des entiers $\{d'_h(c_i, c_j), c_i \in \mathcal{H}, c_j \in \mathcal{H}\}$. Déterminer \mathcal{H} puis prouver que $d_{\mathcal{H}} = 3$.
6. Le mot 1100100 a été reçu. Est-il correct ? Sinon, en admettant qu'il n'y a qu'une erreur, quel mot avait été transmis ?

Chapitre 2

Architecture matérielle et logicielle

L'objectif de ce chapitre est de découvrir l'architecture matérielle et logique des ordinateurs individuels, les PC (*Personal Computer*). Il existe bien d'autres formes d'ordinateurs dont ceux de l'informatique embarquée par exemple.

On ne parlera pas dans ce chapitre de la souris, du clavier ou des écrans qui sont des périphériques et sans lesquels un ordinateur peut fonctionner malgré tout (même si l'intérêt de ce mode de fonctionnement vous en paraît réduit).

2.1 Le boîtier

Le boîtier (souvent une tour) ne fait que protéger un ordinateur. Cependant ses dimensions correspondent à des normes, en particulier celles des ouvertures, qui permettent déjà d'observer un grand nombre de pièces.



Fig. 2.1 – Arrière d'un boîtier et ses nombreuses entrées/sorties.

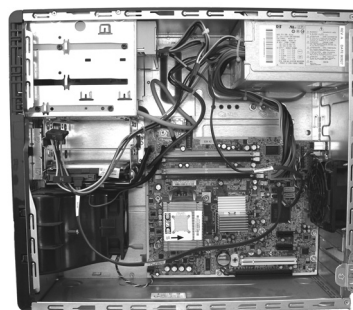


Fig. 2.2 – À l'intérieur du boîtier (bien visibles, les fils d'alimentation et de données).

Sur la face avant sont généralement présents :

- le bouton de démarrage/arrêt ;
- un lecteur (ou graveur) CD/DVD (périphérique d'entrée/sortie) ;
- un ou des ports USB (périphérique d'entrée/sortie) ;
- éventuellement d'autres lecteurs (cartes SSD, ...).

On trouve sur la face arrière (détails de ports en 2.2) :

- l'alimentation et son radiateur associé ;
- une sortie VGA (sortie vidéo, de plus en plus rare et remplacée par la sortie suivante) ;
- une sortie HDMI (souvent sortie de la carte vidéo) ou DisplayPort (ou les deux) ;
- des ports PS/2 (clavier, souris) ;
- un port Série COM1 (souvent associé à la norme RS232, de plus en plus rare) ;
- des ports USB ;
- un port RJ45 (pour internet en particulier, présent sur la carte mère ou une carte réseau).

2.2 Quelques ports fréquents

2.2.1 Port Com1

Historiquement, le port série **Com1** est le premier port de communication utilisant une transmission série (norme RS232). Son débit est au maximum de 19 200 bps (bits/s). Il a été très longtemps utilisé pour sa simplicité de configuration, de pilotage et sa robustesse. Il tend à disparaître des PC. On l'utilisait pour relier une souris ou un modem.



Fig. 2.3 – Prise mâle Port COM1.

2.2.2 Port PS/2

PS/2 : *Personal System/2*, appelé aussi port mini-Din. Port de communication de taille réduite ayant succédé au PS/1 (Din, le même en plus encombrant) permettant la connexion du clavier ou de la souris mais démocratisé en 1995 suite à son intégration sur les cartes mères de type ATX. Il a également été supplanté par le standard USB depuis quelques années et actuellement de plus en plus par le Bluetooth.

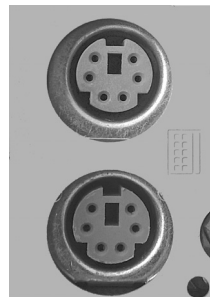


Fig. 2.4 – Deux ports femelles PS/2.

2.2.3 Port VGA

VGA : *Video Graphics Array*. Ce port est de type analogique. Il était souvent utilisé pour relier un PC à une sortie vidéo (écran, vidéo projecteur, ...). Il tend à disparaître au profit de l'HDMI.



Fig. 2.5 – Prise VGA femelle.

2.2.4 Port DVI

DVI : *Digital Visual Interface*. Ce port est de type numérique non HD. Il apporte une amélioration en terme de réduction du bruit par rapport au connecteur VGA analogique. Il est intéressant pour les dispositifs d'affichage tels que les écrans LCD et plasma.



Fig. 2.6 – Prise DVI (convertisseur DVI/VGA)

2.2.5 Port HDMI

Le port **HDMI** (*High Definition Multimedia Interface*) est de type numérique et permet la transmission de signaux au format HD. Il existe différents niveaux de norme HDMI. Il remplace peu à peu le port DVI pour relier des écrans, vidéoprojecteurs (sorties) ou encore des lecteurs Blu-ray (entrées).

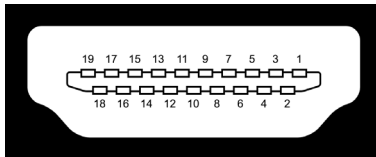


Fig. 2.7 – Prise HDMI de type A et ses 19 broches.



Fig. 2.8 – Différents types de prises HDMI.

2.2.6 Port USB

USB : *Universal Serial Bus*. Cette norme de communication série est apparue en 1996. Le protocole série associé a révolutionné la liaison PC-périphériques, uniformisant beau-

coup de modes de communication. C'est le **bus de communication** le plus fréquent. Ses nouveaux concurrents sont les protocoles sans fil Bluetooth et WiFi.



Fig. 2.9 – Différents types de prises USB.

Version	Année	Débit
USB1.0	1996	0,19 Mo/s
USB1.1	1998	1,5 Mo/s
USB2.0	2000	60 Mo/s
USB3.0	2008	600 Mo/s
USB3.1	2014	1,2 Go/s

Fig. 2.10 – Évolution des débits des normes USB.



Fig. 2.11 – Symbole de la norme USB.

2.2.7 Port Réseau RJ45

RJ45 (RJ pour *Registered Jack*). Ce port permet la connexion filaire réseau ethernet (dénommé LAN pour *Local Area Network*) par câble. Différents protocoles existent, spécifiant différents débits.

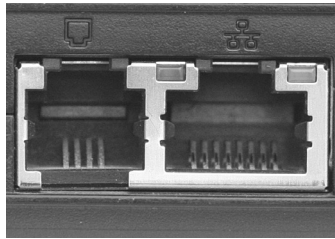


Fig. 2.12 – Prises Réseau RJ45 à droite (RJ11 à gauche, plus lente).

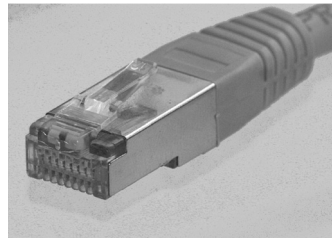


Fig. 2.13 – Câble Réseau RJ45.

2.3 La carte mère

La **carte mère** (*mother board*) est l'élément central de l'architecture d'un PC. À la carte mère sont reliés :

- le microprocesseur ;
- la mémoire vive appelée RAM (*Random Access Memory*) ;
- le disque dur (HDD, *Hard Disk Drive*) ;
- l'horloge interne ;
- le BIOS ;
- la mémoire CMOS ;
- un chipset ;
- des bus de communication (bus de données, bus d'adresses, ...) ;