

Introduction

Vu de l'extérieur, un ordinateur est une machine de *traitement de l'information* : il est capable d'acquérir de l'information, de la stocker, de la transformer en effectuant des traitements quelconques, puis de la restituer sous une autre forme. L'information est bien sûr prise au sens large : ce peut être du texte, des nombres, des sons, des images, etc.

Vu de l'intérieur, un ordinateur est un ensemble de composants électroniques qui coexistent et qui interagissent ensemble afin d'obtenir le résultat voulu par l'utilisateur.

1 Schéma fonctionnel d'un ordinateur

Vu de l'extérieur, le fonctionnement d'un ordinateur peut être représenté par la figure suivante :

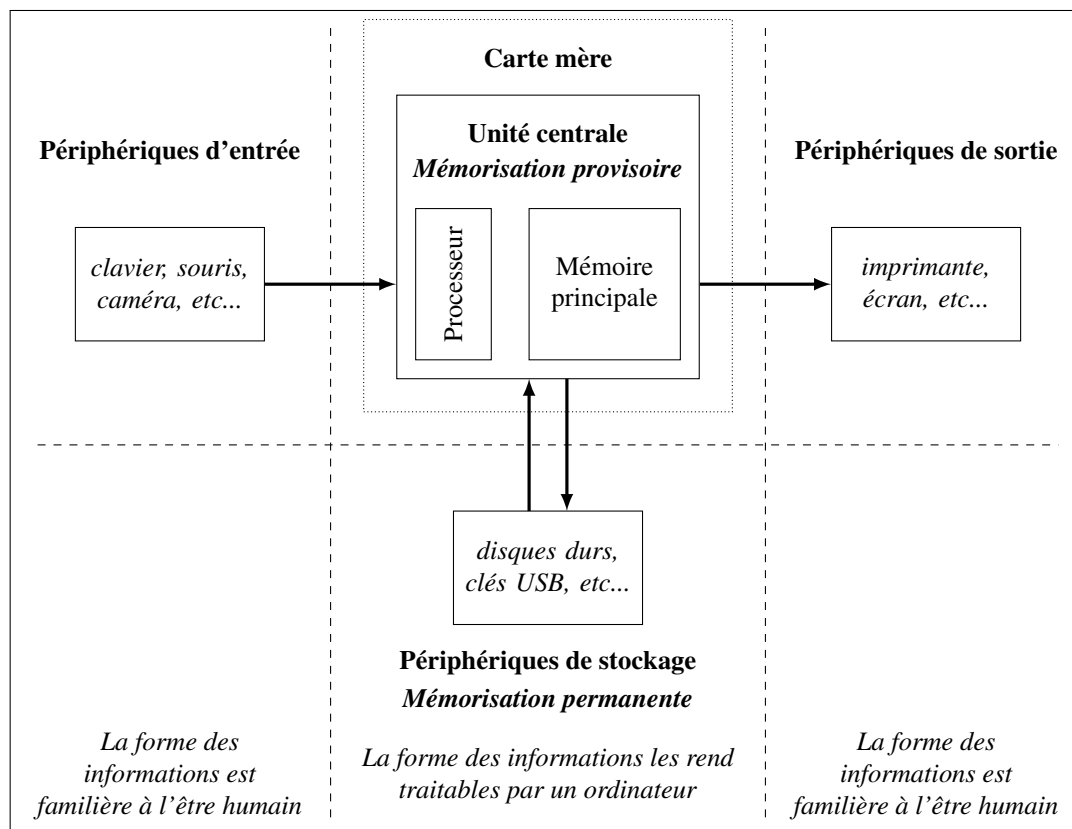


FIGURE 1 – Schéma fonctionnel d'un ordinateur

Rapidement dit, un ordinateur est donc un composant électronique (la *carte mère*) pouvant « dialoguer » avec des objets (les *périphériques*) par l'intermédiaire d'une *unité centrale* contenant un (ou plusieurs) *processeur* et de la *mémoire*.

Le but de cette partie sur l'architecture des ordinateurs est de comprendre comment fonctionnent et interagissent entre eux tous ces composants. Dans ce chapitre, nous nous intéressons plus précisément à la description globale et sommaire des différents composants de l'ordinateur. Dans le chapitre 3, nous nous focaliserons plus sur les composants de l'unité centrale. Le chapitre 4 abordera la structure profonde de l'ordinateur avec une présentation de différents circuits électroniques fondamentaux. Enfin, dans le chapitre 5, nous verrons comment interagissent entre eux les différents composants de l'unité centrale au travers d'un langage de programmation de bas niveau : le langage assembleur.

2 La carte mère

La *carte mère* constitue le cœur même de l'ordinateur. Elle est essentiellement composée de circuits imprimés¹ et de ports de connexion² qui assurent la liaison de tous les composants et périphériques.

La carte mère regroupe en particulier tous les circuits principaux de l'ordinateur :

- ★ l'*unité centrale* (processeur et mémoire principale);
- ★ les *éléments intégrés* et les *cartes optionnelles* (carte graphique, carte son, carte réseau, etc.);
- ★ le *chipset* qui regroupe deux puces de communication entre le processeur et les périphériques : le *pont nord* gérant les communications avec les périphériques « rapides » (mémoire vive, bus AGP³ et PCI Express⁴ pour carte graphique, etc.) et le *pont sud* gérant les communications avec les périphériques lents (clavier, souris, etc.);
- ★ le support de toutes les interconnexions entre les circuits intégrés (bus et alimentation des composants);
- ★ les connecteurs pour les cartes optionnelles et les interfaces des périphériques internes ou externes (PCI⁵, USB, HDMI, etc.).

Exemple 2.1 Dans la figure 2 ci-dessous, on distingue au centre à gauche en blanc le support du microprocesseur, en bleu deux connecteurs mémoire et à droite les connecteurs (PCI) pour les cartes d'extension. On distingue également devant des connecteurs VGA, HDMI, Ethernet et USB.

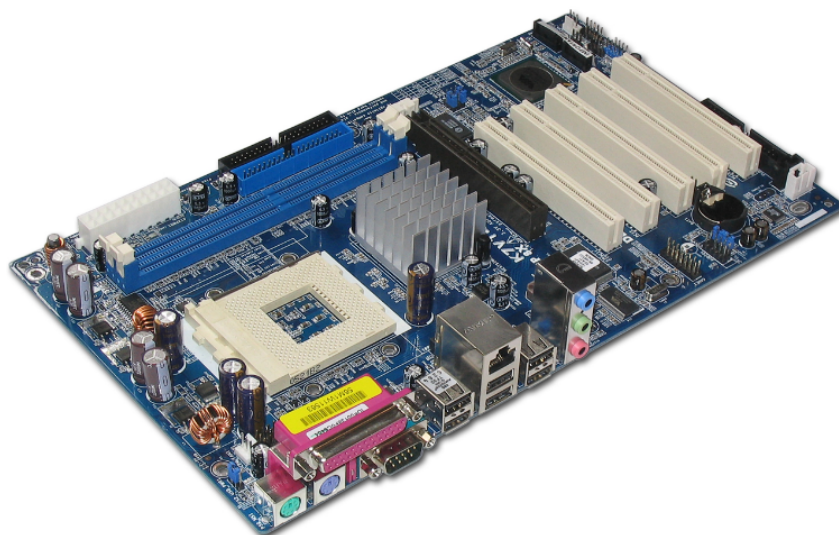


FIGURE 2 – Exemple d'une carte mère

Source : CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=235545>

Licence Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 2.5 Générique (CC BY-SA 2.5)

1. Un circuit imprimé (ou PCB de l'anglais Printed Circuit Board) est un support, en général une plaque, permettant de maintenir et de relier électriquement un ensemble de composants électroniques entre eux, dans le but de réaliser un circuit électronique complexe.

2. Un port matériel est conçu pour brancher un certain type de périphérique, soit directement, soit au moyen d'un câble. Il est soumis à des normes aussi bien sur ses caractéristiques physiques (forme, considérations électriques ou optiques) que logiques (à quoi sert chaque fil/patte/connecteur, que signifie tel ou tel signal en entrée, en sortie).

3. le port AGP (de l'anglais Accelerated Graphics Port signifiant littéralement port graphique accéléré, en français), est un port interne destiné exclusivement aux cartes graphiques. Il est le successeur pour ces périphériques du bus PCI.

4. Le PCI Express, abrégé PCI-E ou PCIe (anciennement 3GIO, 3rd Generation Input/Output) est un standard développé par Intel et introduit en 2004. Il spécifie un bus local série (« bus PCI Express ») et un connecteur qui sert à connecter des cartes d'extension sur la carte mère d'un ordinateur. Il est destiné à remplacer tous les connecteurs d'extension d'un PC, dont le PCI et l'AGP.

5. L'interface PCI (de l'anglais Peripheral Component Interconnect) est un standard de bus local permettant de connecter des cartes d'extension sur la carte mère comme carte son, carte graphique, carte réseau, etc. L'un des intérêts du bus PCI est que deux cartes PCI peuvent dialoguer entre elles sans passer par le processeur.

3 Les différents types de mémoire

La mémoire est un dispositif électronique qui sert à stocker des informations (stockage de données). Elle est un composant essentiel, présent dans tous les ordinateurs, les consoles de jeux, les GPS et de nombreux appareils électroniques.

Il en existe de plusieurs types (mortes, vives, flashes, virtuelles, etc.) qui peuvent être volatiles (c'est-à-dire dont le contenu est perdu lors de la mise hors tension de l'appareil) ou non (on parle alors dans ce cas de mémoires rémanentes).

3.1 Les mémoires mortes

Définition 3.1 Les *mémoires mortes* (ou ROM pour Read Only Memory en anglais) sont des mémoires non volatiles dont le contenu est fixé lors de la fabrication, mais qui peuvent être parfois modifiées par des utilisateurs expérimentés.

◁ **Accès.** Le temps d'accès à une mémoire morte est de l'ordre de 150 nanosecondes.

◁ **Exemples d'utilisation.** Les mémoires mortes sont utilisées principalement pour stocker des informations nécessaires au démarrage de l'ordinateur (BIOS, instructions de démarrage, etc.) Elles servent également à stocker des tables de constantes ou des tables de facteurs de conversion.

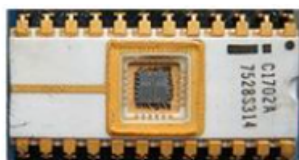
◁ **Classification.** Les mémoires mortes sont classées selon la possibilité de les programmer et de les effacer :

- ★ ROM (Read Only Memory) : contenu défini lors de la fabrication ;
- ★ PROM (Programmable Read Only Memory) : programmable une seule fois par l'utilisateur en raison du moyen de stockage (utilisation de fusibles) ;
- ★ EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) : effaçable manuellement et programmable par l'utilisateur ;
- ★ EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) : effaçable électriquement et programmable par l'utilisateur.

Les mémoires EEPROM sont beaucoup plus facile à utiliser que les EPROM car elle ne nécessite pas de manipulations physiques. Ces mémoires ont également remplacées les mémoires UVPROM (Ultra Violet Programmable Read Only Memory) qui nécessitaient une chambre à ultraviolet pour pouvoir être effacées avant d'être reprogrammées. Les mémoires EEPROM constituent à présent le principal type de mémoire morte utilisée (mémoires SD, USB, CompactFlash, etc.).



(a) Mémoire PROM



(b) Mémoire UVPROM



(c) Programmeur EEPROM

FIGURE 3 – Quelques exemples de mémoires mortes

3.2 Les mémoires vives

Définition 3.2 Les *mémoires vives* (ou RAM pour Random Access Memory en anglais) sont des mémoires généralement volatiles permettant de stocker, modifier et effacer des données sur lesquelles travaille l'ordinateur.

◁ **Accès.** Les mémoires vives sont à accès *direct* et *non séquentiel*, c'est-à-dire que l'on peut accéder directement à tout endroit de celles-ci. Leur accès est également très rapide (de l'ordre de 10 nanosecondes), ce qui est essentiel pour fournir rapidement les données au processeur.

◁ **Exemples d'utilisation.** Les mémoires vives sont principalement utilisées dans la mémoire principale de l'unité centrale, ainsi que dans les mémoires caches⁶ des processeurs. Elles sont également utilisées dans certaines cartes.

◁ **Classification.** Il existe deux types principaux de mémoires vives :

★ les *mémoires vives statiques* qui sont regroupées en plusieurs familles :

- les SRAM (Static RAM) : mémoires volatiles, très rapides, chères et volumineuses (principalement utilisées pour les mémoires caches des processeurs) ;
- les DPRAM (Dual Ported RAM) : mémoires volatiles similaires aux SRAM, mais utilisant un port double afin de permettre des accès multiples quasi-simultanés en entrée et en sortie ;
- les MRAM (Magnetic RAM) : mémoires non volatiles utilisant la charge magnétique de l'électron pour enregistrer les informations (datent de 2006) ;
- les PRAM (Phase-change RAM) : mémoires non volatiles utilisant le changement de phase du verre pour enregistrer les informations (datent de 2012).

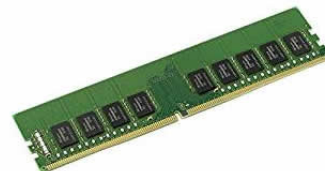
★ les *mémoires vives dynamiques* DRAM qui sont volatiles, compactes, faciles à mettre en œuvre et peu chères. Toutefois, elles nécessitent d'être rafraîchies périodiquement pour que les informations ne disparaissent pas. Ce « rafraîchissement » consiste à lire les informations contenues dans la mémoire et à les réécrire immédiatement sans modification.



(a) Mémoire SRAM



(b) Mémoire MRAM



(c) Mémoire DRAM

FIGURE 4 – Quelques exemples de mémoires vives

6. Il s'agit de mémoires enregistrant temporairement des copies de données afin de diminuer le temps d'un accès ultérieur.

4 Les périphériques

Il existe différents types de périphériques : les *périphériques d'entrée*, les *périphériques de sortie* et les *périphériques de stockage*, même si la plupart d'entre eux jouent peuvent jouer plusieurs rôles simultanément.

4.1 Les périphériques d'entrée

Les périphériques d'entrée permettent à l'utilisateur de fournir sous forme numérique des informations (données et programmes) à l'ordinateur. Ils sont conçus comme des *numériseurs*, c'est-à-dire qu'ils transforment un comportement (appui d'une touche, mouvement de la souris, etc.) ou un objet (feuille de papier, paysage, etc.) en une suite de bits.



FIGURE 5 – Exemples de périphériques d'entrée

4.2 Les périphériques de sortie

A l'inverse des périphériques d'entrées, les périphériques de sorties permettent de transmettre des données internes à l'ordinateur à l'extérieur afin de les visualiser. Ils sont donc conçus de façon à transformer une suite de bits en informations interprétables par les humains.



FIGURE 6 – Exemples de périphériques de sortie

4.3 Les périphériques de stockage

Les périphériques de stockage sont également appelés *mémoires de masse*. Ce sont des composants qui permettent de stocker à long terme des données internes à l'ordinateur. Ils sont conçus de façon à ce que l'ordinateur puisse y lire et y écrire. Ils peuvent également permettre de créer de la *mémoire virtuelle* afin de donner plus de mémoire au processeur pour travailler.



FIGURE 7 – Exemples de périphériques de stockage

5 Le démarrage de l'ordinateur

5.1 BIOS et UEFI

Lorsque l'on allume son ordinateur, le microprocesseur va démarrer et lire le *BIOS* (Basic Input Output System) et/ou l'*UEFI* (Unified Extensible Firmware Interface). Ce sont des programmes spécifiques qui vont procéder à l'initialisation des composants de la carte mère et du chipset, à l'amorçage des disques, à la mémorisation de la configuration des disques durs et de la mémoire RAM et à la reconnaissance, la configuration et l'initialisation des différents périphériques et horloges. Ce sont enfin eux qui vont lancer un système d'exploitation.

Le BIOS, également appelé *système élémentaire d'entrée/sortie*, est situé dans la mémoire ROM de la mémoire principale et dans la mémoire modifiable EEPROM de la carte mère. Il est écrit en langage assembleur et permet de démarrer des secteurs de taille inférieure à 2,2 To.

L'UEFI, ou *interface micrologicielle extensible unifiée*, est quant à lui situé dans la mémoire modifiable EEPROM de la carte mère. Il n'est toutefois pas encore présent à l'heure actuelle sur toutes les cartes et coexistent souvent avec le BIOS. Il est écrit en langage C et permet de démarrer des secteurs de taille pouvant aller jusqu'à 9,4 Zo (soit 9,4 milliards de To).

5.2 Le système d'exploitation

Le *système d'exploitation*, également appelé *OS* (Operating System) est le deuxième (après le BIOS/UEFI) et principal programme exécuté lors de la mise en marche de l'ordinateur.

Comme le montre la figure 3 ci-dessous, le système d'exploitation est l'intermédiaire entre les applications (le *software*) que nous utilisons (logiciels de bureautique, jeux vidéo, logiciel de retouchage photo, etc.) et le matériel informatique (le *hardware*).

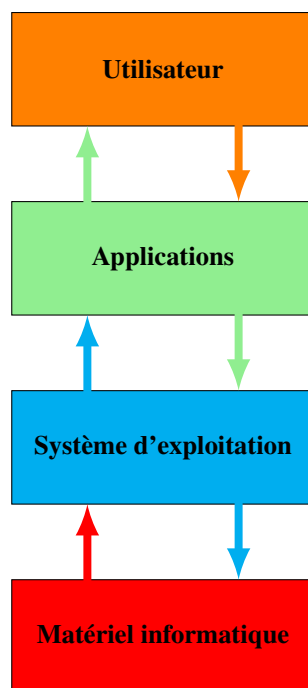


FIGURE 8 – De l'utilisateur au matériel

En particulier le système d'exploitation gère :

- ★ l'exécution simultanée de programmes en partageant le temps système entre les différents programmes, en utilisant au mieux les capacités matérielles de l'ordinateur (utilisation de plusieurs processeurs en parallèle par exemple);
- ★ les périphériques grâce à des logiciels appelés *pilotes*;
- ★ le disque dur, son découpage en fichiers et l'organisation des données;
- ★ le réseau, les comptes utilisateurs et leurs droits en lecture et écriture de données.

Il existe deux grandes familles de système d'exploitation : UNIX (Linux et Android, Mac OS X, BSD) et Windows.