Informatique en CPGE (2018-2019)
Architecture

1 Introduction

Un système informatique se compose :

- d'une partie matérielle (hardware) qui représente l'ensemble des composants de la machine,
- d'une partie logicielle (software) constituée des logiciels s'exécutant sur le matériel.

Les caractéristiques du matériel influent sur les performances des programmes et une bonne connaissance du fonctionnement interne de l'ordinateur permet de comprendre pourquoi certains algorithmes se révèlent efficaces alors que d'autres sont mal adaptés, par rapport à une architecture donnée, et comment en améliorer le fonctionnement.

1.1 Définition : Ordinateur

Un ordinateur est une machine électronique conçue pour effectuer des calculs et traiter des informations de manière automatique.

Le terme ordinateur a été inventé par Jacques Perret, professeur de philologie latine à la Sorbonne, à la demande d'IBM France en 1955.

Un ordinateur est composé de plusieurs parties appelées :

- composants (carte mère, microprocesseur, barrette de mémoire, carte graphique)
- périphériques (disque dur, lecteur de DVD, clavier, souris, moniteur, ...).

Un périphérique est éloigné de la carte mère alors qu'un composant est en contact direct avec elle.

Pour certains, le terme périphérique fait plutôt référence à tout ce qui est externe au boitier : clavier, souris, moniteur, imprimante... ce qui se trouve à la périphérie.

1.2 Définition : Informatique

Science de la recherche et du traitement de l'information effectué par un ordinateur. Elle comprend l'ensemble des activités consistant à collecter, organiser et traiter de manière automatique les données par un ordinateur.

Le terme informatique a été créé en mars 1962 par Philippe Dreyfus (Directeur du centre national de calcul électronique de la société Bull dans les années 1950) à partir des mots information et automatique.

En anglais on emploie les termes Computer Science ou Computer Engineering.

2 Histoire

2.1 Première génération

Les premiers ordinateurs datent des années 1940, par exemple L'ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer) aux USA, qui pesait 30 tonnes et était utilisé par l'armée, (programmé par des femmes), ou bien le Z1, le Z2 et enfin le Z3, en Allemagne, programmables et utilisant le binaire. Leur technologie était basée sur des tubes électroniques qui prenaient une place importante et dégageaient beaucoup de chaleur. De plus ils coûtaient très cher. Leur puissance de calcul (unité : le Flop, floating point operation per seconde) était comparable à celle d'une petite calculette d'aujourd'hui.

En 1951, c'est la conception du premier compilateur par Grace Hopper (1906 -1992), informaticienne américaine, qui conçoit également le langage COBOL en 1959. Elle est à l'origine de l'expression "bug informatique", (mention dans son journal de bord "first actual case of bug being found").

2.2 Deuxième génération

Vers la fin des années 1950, les tubes sont remplacés par des transistors avec un gain en puissance de calcul. La consommation électrique, la taille et le prix sont réduits. Les ordinateurs rentrent dans les universités.

2.3 Troisième génération

Dans les années 1960, c'est l'invention du circuit intégré, (puce en français, chip en anglais). Un circuit remplace de très nombreux tubes ou transistors. La NASA (National Aeronautics and Space Administration) va pouvoir embarquer un ordinateur pour aller sur la lune.

2.4 Quatrième génération

A partir de 1971, le coeur de l'ordinateur est un ensemble de circuits intégrés appelé processeur. Actuellement, la puissance de calcul d'un ordinateur personnel est d'environ 100 Gigaflops, (Giga = milliards). L'apparition des micro-ordinateurs a permis la démocratisation de l'informatique.

3 Architecture matérielle

3.1 Architecture de Von Neumann

L'architecture des ordinateurs actuels repose sur le modèle de Von Neumann.

John Von Neumann (1903-1957) était un mathématicien américain d'origine hongroise. Il travailla comme consultant dans le projet ENIAC. Selon lui la mémoire de l'ordinateur, qui servait à stocker des données, devait également stocker les programmes : c'est le concept de programme enregistré.

L'organisation était la suivante :

- une mémoire
- une unité de calculs CA (Central Arithmetical part) que nous appelons de nos jours ALU (Arithmetic and Logic Unit)
- une unité de contrôle CC (Central Control device)
- des entrées/sorties
- une horloge

La mémoire stocke des nombres (Standard numbers) et des instructions (Orders) sur 32 bits ou 64 bits pour les ordinateurs les plus récents. Le bit 31 vaut 0 s'il s'agit d'un nombre et 1 dans le cas d'une instruction.

On distingue aujourd'hui la mémoire dite centrale (RAM = Random Access Memory) de la mémoire de masse (qui correspond aux périphériques tels que les disques durs).

Le processeur (CA + CC) communique avec la mémoire et les entrées/sorties par des "bus".

L'horloge est un circuit qui émet un signal périodique afin de synchroniser les circuits qui en ont besoin (en particulier les circuits mémoires).

3.2 Une machine

- Le boîtier contient l'ensemble des composants, (également appelé Unité Centrale) ; c'est un élément important en raison de plusieurs facteurs :
  - — les composants électroniques dégagent de la chaleur qui doit être évacuée sinon on risque une surchauffe qui pourra engendrer des dégâts ;
  - — certains composants comme les disques durs, les ventilateurs font beaucoup de bruit, une bonne isolation phonique apporte un certain confort.
  - — le boîtier est devenu un élément de mode.

- Un bloc d'alimentation convertissant le courant alternatif 220 V en courant continu 12 V et 5V. (Une batterie rechargeable sur les ordinateurs portables).

- Les périphériques externes d'entrée/sortie :
— Moniteur
— Clavier
— Souris
— Enceintes
— Imprimante
— Graveur externe

- L'Unité Centrale :
— Carte mère
— Micro-processeur
— Mémoire (RAM)
— les périphériques internes : disque dur, lecteur DVD, carte graphique, carte réseau, ...
— Ports de communication

L'information est stockée en Mémoire :
- mémoire vive (RAM) accessible en lecture / écriture
- mémoire morte (ROM = Read Only Memory) accessible en lecture seule
- supports de stockage de masse (Disque Dur, clé usb, CDRom, Bandes)

3.2.1 Carte mère

La carte mère est un circuit imprimé qui permet de mettre en contact physique les différents composants et périphériques, et en particulier les trois éléments principaux de l'architecture de Von Neumann que sont : le processeur, la mémoire, les entrées / sorties (périphériques).

C'est l'un des éléments essentiels d'un ordinateur. Les différents composants de la machine sont reliés par des canaux de communication, appelés bus, permettant d'échanger l'information. La carte mère (et notamment son chipset) détermine :
— la vitesse des différents bus
— le type de processeur qui peut être utilisé et la gamme de fréquences
— le type de mémoire qui peut être utilisé, ainsi que la taille maximale de la mémoire

On trouve donc sur une carte mère :
— le socket qui est le support où l'on connecte le processeur et qui détermine son type,
— des connecteurs pour la mémoire qui déterminent le type de mémoire à utiliser ainsi que la taille de la mémoire maximale,
— différents ports :
  - PCI (Peripheral Component Interconnect) pour les cartes d'extension graphique, son, réseau,
  - AGP (Accelerated Graphics Port) pour les cartes graphiques hautes performances,
  - IDE (Integrated Device Electronics) pour les périphériques internes, disques durs, lecteurs/graveurs CD/DVD,
  - USB (Universal Serial Bus), bus série externe destiné à remplacer et unifier les différentes connexions (clavier, souris, imprimante qui utilisent les ports parallèle, port série),
  - FireWire ...

3.2.2 Notion de bus

Dans l'architecture de Von Neumann les différents composants échangent de l'information à travers des canaux appelés bus.

Un bus se décompose en 3 parties :

- le bus d'adresses qui permet de spécifier à quelle adresse mémoire on désire accéder :
- le bus de données qui permet de spécifier d'envoyer ou de recevoir une donnée :
- le bus de commandes qui permet de spécifier si on effectue une lecture ou une écriture.

Sa largeur, (en nombre de bits ou d'octets) indique le nombre de bits qui sont transférés en même temps et sa fréquence, (en hertz), indique la vitesse de transfert de l'information.

La bande passante est : fréquence $\times$ largeur.

3.2.3 Mémoires

On distingue la mémoire vive (ou RAM) de la mémoire morte (ou ROM).

La mémoire vive ou RAM (Random Access Memory) est une mémoire volatile : si l'on coupe l'alimentation, les données qu'elle contient sont perdues. On y stocke les programmes exécutés par le processeur et elle est accessible en lecture et en écriture.

- les registres sont les éléments les plus rapides. Ils sont situés au niveau du processeur et servent au stockage des opérandes et résultats intermédiaires.
- la mémoire cache est une mémoire rapide de faible capacité destinée à accélérer l'accès à la mémoire centrale en stockant les données les plus utilisées.
- la mémoire centrale contient les programmes (code + données) et est plus lente que les deux mémoires précédentes.
- La mémoire d'appui est l'équivalent de la mémoire cache pour la mémoire de masse.

La mémoire de masse est un support de stockage généralement de grande capacité et sert au stockage et à l'archivage des informations.

Les mémoires mortes ou ROM (Read Only Memory) sont des mémoires non volatiles auxquelles on accéde uniquement en lecture. Elles contiennent du code et des données qui ne sont pas amenés à changer souvent. Les ROM contiennent généralement les routines d'accès de base aux périphériques.

Dans les ROM classiques, l'information contenue est enregistrée de manière irréversible lors de la fabrication du circuit.

Le disque dur (hard drive) est un exemple de mémoire de masse, c'est l'un des composants (ou périphérique) de l'ordinateur servant à conserver les données de manière persistante, contrairement à la mémoire vive, qui est volatile. On qualifie également les média de stockage de grande capacité (clé usb) de mémoire de masse.

4 Fonctionnement

Une machine exécute ce qu'on lui demande de faire et elle le fait sans aucune intelligence. Elle ne comprend que le langage "binaire" et on communique avec elle en utilisant un langage de programmation puis en passant par un "traducteur" (compilateur ou assembleur).

On sait représenter un nombre en base deux et on sait que dans un circuit avec un interrupteur, soit il passe du courant si l'interrupteur est fermé, soit il n'en passe pas si l'interrupteur est ouvert. On peut rajouter une lampe dans ce circuit et alors si la lampe est allumée, cela veut dire "un", et si elle est éteinte cela veut dire "zéro". Ainsi une lampe correspond à un bit. On pourra donc représenter physiquement un nombre avec plusieurs circuits en parallèle.

4.1 Systèmes d'exploitation (OS = Operating System)

Un système d'exploitation est un ensemble de programmes qui sont lancés lorsqu'on allume un ordinateur. Tous les systèmes d'exploitation sont basés sur des concepts communs : des objets (les répertoires et fichiers, les processus, le matériel interne et périphérique, ...) chacun avec son outil respectif (gestion des fichiers, gestion des processus, gestion des périphériques). La mise en œuvre de ces concepts dépend du système d'exploitation. Pour Windows, nous avons les formats Fat32 et NTFS avec l'outils "Explorateur de fichiers", les applications, processus ou services avec l'outil "Gestionnaire de tâches", les cartes graphiques, les moniteurs, le réseau avec l'outil "Panneau de configuration".

Le système d'exploitation permet donc de :

- communiquer avec le disque dur afin d'y gérer les fichiers (leur attribuer un nom, les organiser en arborescence, ...).
- gérer les périphériques à l'aide de "pilotes" (souris, écran, imprimante, ...)
- exécuter simultanément plusieurs programmes (en partageant le temps alloué à chacun)
- gérer l'authentification de chaque utilisateur et ses droits d'accès sur les fichiers (lecture, écriture, ...)

4.2 Organisation du disque dur

Un programme permet d'installer sur le disque dur le système d'exploitation. Un partitionnement peut être effectué ; ceci consiste à partager le disque en plusieurs parties afin de séparer par exemple les programmes et les données.

Le disque a subi un "formatage de bas niveau" en usine lors de sa fabrication. Ceci a pour but d'organiser la surface du disque en éléments simples : pistes (cylindres), secteurs qui permettront de localiser l'information. L'installation procède à un "formatage de haut niveau" qui permet d'organiser les pistes et secteurs en un système de fichier qui sera géré par un système d'exploitation (Windows, Linux, Unix, OS2, ...) : système de fichier NTFS pour Windows, système Ext2, Ext3 pour Linux, ...

Le système d'exploitation nous permet de procéder à un formatage de haut niveau autant de fois que l'on veut par la suite.

Durant le formatage on regroupe les secteurs en blocs. Un bloc ou "cluster" devient alors la plus petite unité d'allocation et on crée la FAT (File Allocation Table) qui contient la liste des clusters du disque ou de la partition. Avec le système NTFS, un cluster correspond à quatre Ko (Kilo-octet). Donc pour un fichier de 33,6 Ko, on réserve sur le disque 36 Ko soit $36 \times 1024 = 36864$ octets et pour un fichier de quelques octets, on réserve le minimum, soit 4,00 Ko (4 096 octets).

Remarque : le partitionnement, effectué avant le formatage de haut niveau, permet de placer plusieurs systèmes de fichiers différents (donc plusieurs systèmes d'exploitation) sur le même disque en utilisant les différentes partitions.

Le secteur de démarrage (MBR = Master Boot Record) est le premier secteur d'un disque dur (cylindre 0, tête 0 et secteur 1), il contient la table de partition principale et le code qui, une fois chargé en mémoire, va permettre d'amorcer le système (booter). Le MBR contient toutes les informations relatives au disque dur (fabricant, numéro de série, nombre d'octets par secteur, nombre de secteurs par cluster, nombre de secteurs, ...). C'est le secteur le plus important du disque dur, il sert au setup du BIOS à reconnaître le disque dur. Lorsqu'il est endommagé ou effacé par un virus le système d'exploitation ne peut plus démarrer.