



IAM Ouaga
Année universitaire : 2019 – 2020
Réseaux Télécoms et Informatique de Gestion
1^{ère} année de licence (L1)
Enseignant : M. SANA

Architecture des ordinateurs

Chap 01: Structure générale de l'ordinateur

Enseignant : M. SANA

Table des matières

I.	HISTORIQUE DES CALCULATEURS ET GENERALITES	3
I.1	LA GENERATION ZERO (1642-1945)	3
I.2	LA PREMIERE GENERATION (1945-1955)	3
I.3	LA DEUXIEME GENERATION (1955-1965)	4
I.4	LA TROISIEME GENERATION (1965-1980)	4
I.5	LA QUATRIEME GENERATION (A PARTIR DE 1980)	4
I.6	GENERALITES	4
II.	MODELE DE VON NEUMANN	5
III.	LE PROCESSEUR ET LES MEMOIRES	6
III.1	LE PROCESSEUR	6
III.1.1	Définition	6
III.1.2	Composition d'un processeur	6
III.1.3	Architecture et caractéristique	7
III.1.4	Classification des architectures	8
III.1.5	Les opérations du processeur	8
III.1.6	Vitesse de traitement	9
III.2	LA MEMOIRE PRINCIPALE	9
III.3	LES MEMOIRES SECONDAIRES	9
IV.	LES ENTREES/SORTIES	10
V.	LES BUS	10

I. Historique des calculateurs et généralités

I.1 La génération zéro (1642-1945)

En 1642 : Pascal a construit une machine entièrement mécanique à base d'engrenages. Cette machine n'effectuait que les additions et les soustractions (voir figure 1.2).

En 1728 : Leibniz a développé une machine basée sur celle de pascal, qui fait en plus la multiplication et la division

Vers 1833 : Charles Babbage a proposé une machine analytique comportant quatre parties.

- ✓ Magasin : (mémoire)
- ✓ Moulin (unité de calcul)
- ✓ Entrée (lecteur de carte perforé)
- ✓ Sortie (sous forme d'impression de perforation).

Cette machine était irréalisable avec les outils et les techniques de son temps.

Vers 1838 : George Boole a créé l'algèbre de Boole.

Fin 19eme siècle : Hollerith (américain) construit un calculateur de statistique fonctionnant avec des cartes perforées et inventa un système de codage qui porte son nom.

En 1936 : Alain Turing énonce le principe d'une machine purement imaginaire « la machine de Turing » qui préfigure les caractéristiques de l'ordinateur moderne.

En 1940 : Le premier ordinateur, appelé ABC (Atanasoff And Berny Computer), est apparu. Il était non programmable.

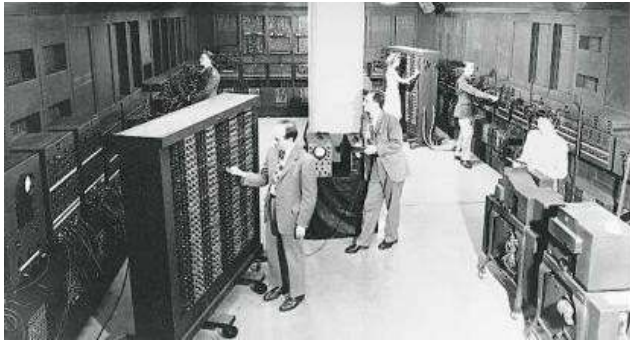
Pendant la deuxième guerre mondiale, les deux ordinateurs ENIGMA (Allemagne) et COLOSSUS (Bretagne), ont vues le jour, pour déchiffrer les messages codés.



I.2 La première génération (1945-1955)

C'était la génération des tubes à vide. Elle est caractérisée par la naissance du premier ordinateur programmable aux USA appelé ENIAC (Electrical Numerical Integrator And Calculator). Cet ordinateur est une sorte de calculatrice électronique s'appuyant sur la technologie des lampes. Il comportait presque 20 000 lampes, pesait 30 tonnes, consommait 140 kw et occupait une surface de plusieurs dizaines de m². Cette machine possède les inconvénients suivants :

- ✓ Peu fiable.
- ✓ Durée de vie des lampes très limitée.
- ✓ Sa programmation nécessite le branchement et le débranchement de plusieurs dizaines de câbles (pour passer d'un calcul à un autre).



I.3 La deuxième génération (1955-1965)

C'était la génération des composants à base de semi-conducteurs : diodes et transistors). La fiabilité, le temps de réponse ainsi que la taille se sont améliorés. Les machines de cette génération sont caractérisées par la multiprogrammation et l'apparition de disques durs et de langages de programmation notamment algol, PL1 et COBOL.

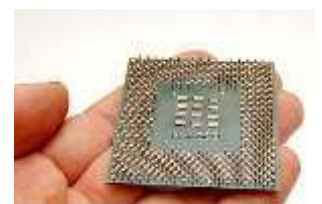
I.4 La troisième génération (1965-1980)

Cette génération est caractérisée par l'apparition des techniques d'intégration des transistors. On pouvait intégrer deux transistors sur une plaque en silicium d'un cm², puis dix jusqu'à quelques centaines et ce pour réaliser les circuits de calcul. La fiabilité, le temps de réponse ainsi que la taille ont connu des améliorations de plus en plus importantes.



I.5 La quatrième génération (à partir de 1980)

Elle concerne l'intégration à large échelle (Large Scale Integration) dans laquelle un ordinateur complet tient sur 2 à 3 plaques de 5 à 10 cm de côté. Elle est caractérisée par l'apparition des processeurs (UCT sur une seule puce), ainsi que leur utilisation pour fabriquer des petits ordinateurs qui utilisent des systèmes d'exploitation faciles à manipuler.



I.6 Généralités

L'informatique, contraction d'information et automatique, est la science du traitement de l'information. Apparue au milieu du 20^{ème} siècle, elle a connu une évolution extrêmement rapide.

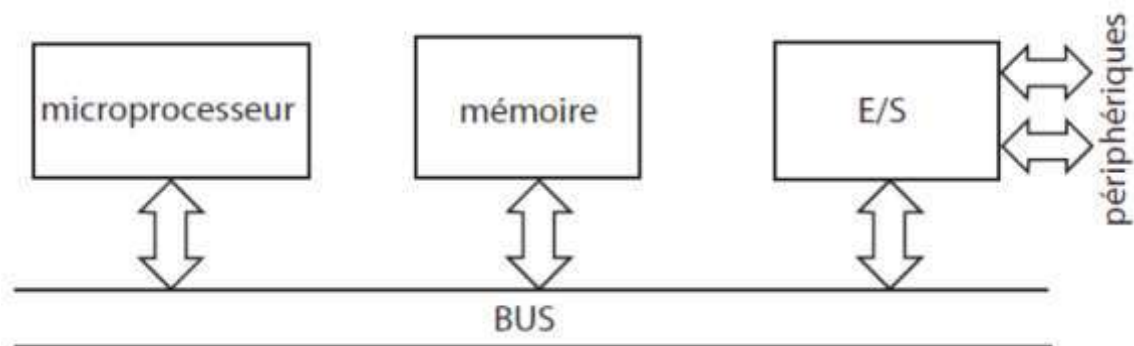
A sa motivation initiale qui était de faciliter et d'accélérer le calcul, se sont ajoutées de nombreuses fonctionnalités, comme l'automatisation, le contrôle et la commande de processus, la communication ou le partage de l'information.

Le cours d'architecture des ordinateurs expose les principes de base du traitement programmé de l'information. La mise en œuvre de ces systèmes s'appuie sur deux modes de réalisation distincts, le matériel et le logiciel.

- Le matériel (**hardware**) correspond à l'aspect concret du système : unité centrale, mémoire, organes d'entrées-sorties, etc...
- Le logiciel (**software**) correspond à un ensemble d'instructions, appelé programme, qui sont contenues dans les différentes mémoires du système et qui définissent les actions effectuées par le matériel.

II. Modèle de Von Neumann

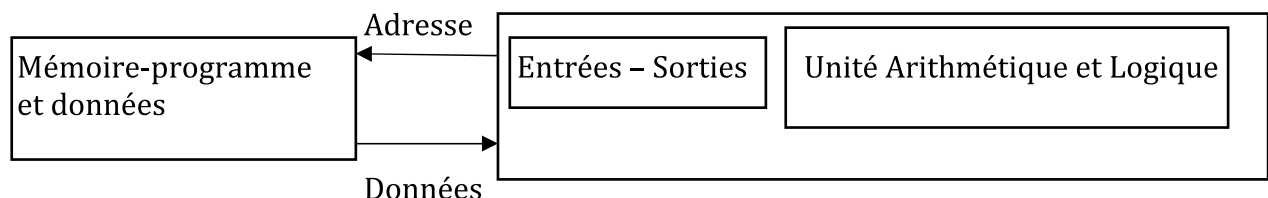
Pour traiter une information, un microprocesseur seul ne suffit pas, il faut l'insérer au sein d'un système minimum de traitement programmé de l'information.



John Von Neumann est à l'origine d'un modèle de machine universelle de traitement programmé de l'information (1946). Cette architecture sert de base à la plupart des systèmes à microprocesseur actuel. Elle est composée des éléments suivants :

- Une unité centrale
- Une mémoire principale
- Des interfaces d'entrées/sorties

Les différents organes du système sont reliés par des voies de communication appelées **bus**.



III. Le processeur et les mémoires

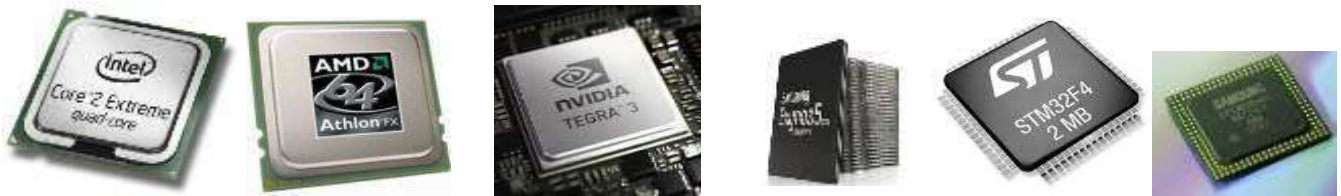
III.1 Le processeur

III.1.1 Définition

Le processeur (CPU : Central Processing Unit) est un composant qui exécute séquentiellement un programme (des instructions et des données).

Il possède généralement :

- ✓ Une unité de calcul (UAL)
- ✓ Une unité de commande
- ✓ Des registres
- ✓ Une horloge
- ✓ Une mémoire cache



III.1.2 Composition d'un processeur

Les parties essentielles d'un processeur sont :

- **Unité Arithmétique et Logique (UAL)** : prend en charge les calculs arithmétiques et logiques élémentaires
- **Unité de contrôle** : Unité qui coordonne le fonctionnement des autres éléments dans le but d'exécuter une séquence d'instructions. Constituée de plusieurs éléments :
 - Registre d'Instruction (RI) : reçoit le code de la prochaine instruction à exécuter
 - Décodeur : détermine l'opération à exécuter à partir du code de l'instruction
 - Horloge : permet de synchroniser les différents éléments du processeur
 - Compteur Ordinal (CO) : registre contenant l'adresse du mot mémoire stockant le code de la prochaine instruction
 - Séquenceur : Automate générant les signaux de commande contrôlant les différentes unités. Il existe 2 façons de réaliser cet automate : séquenceur câblé ou un séquenceur microprogramme
- **Registres** : sont des cases mémoires de petite taille (quelques octets). L'UAL est capable de manipuler leurs contenus à chaque cycle de l'horloge
- **Horloge**
 - Synchronise toutes les actions d'un système embarqué

- Présente uniquement dans les processeurs synchrones
- Définit le cycle de base : cycle machine (1/fréquence)
- Le temps d'exécution d'une instruction n'est généralement pas égal au cycle machine, car il faut plusieurs cycles machine pour pouvoir séquentiellement récupérer l'instruction, la décoder et récupérer les données qu'elle doit traiter
- Exemple : sur les microcontrôleurs PIC (Microship), il faut 4 cycles d'horloge pour exécuter une instruction

➤ **Unité d'entrée-sortie**

- Prend en charge la communication avec la mémoire de système
- Assure la transmission des ordres destinés à piloter quelques processeurs spécialisés
- Permettant au processeur d'accéder aux périphériques de système

Les processeurs actuels intègrent également des éléments plus complexes :

- **Plusieurs UAL** : Ce qui permet de traiter plusieurs instructions en même temps. Chaque UAL pouvant exécuter une instruction indépendamment de l'autre
- **Un pipeline** permet de découper temporellement les traitements à effectuer
- **Une unité de calcul en virgule flottante** (*Floating Point Unit - FPU*), qui permet d'accélérer les calculs sur des nombres réels codés en virgule flottante (selon le format défini par IEEE754)
- **La mémoire cache**
 - Permet d'accélérer les traitements en diminuant les temps d'accès à la mémoire
 - Ces mémoires sont beaucoup plus rapides que la RAM et ralentissent moins le CPU
 - Le cache instructions reçoit les prochaines instructions à exécuter, le cache de données manipule les données
 - Parfois, un seul cache est utilisé pour le code et les données
 - Plusieurs niveaux de caches peuvent coexister, on les désigne souvent sous les noms de L1, L2, L3 ou L4

III.1.3 Architecture et caractéristique

Un processeur est défini par :

- Son architecture
 - Son jeu d'instructions (*ISA, Instructions Set Architecture*)
 - La largeur de ses registres internes de manipulation de données (8, 16, 32, 64, 128) bits et leurs utilisations
 - Les spécifications des entrées/sorties, de l'accès à la mémoire, etc.
- Ses caractéristiques
 - La cadence de son horloge exprimée en MHz ou GHz

- Sa finesse de gravure exprimée en nm (nanomètres) – la technologie de fabrication
- Le nombre de noyaux de calcul (cœurs)

III.1.4 Classification des architectures

On classe les architectures en plusieurs grandes familles :

- CISC (Complex Instruction Set Computer) : Choix d'instructions aussi proches que possible d'un langage de haut niveau. Le jeu d'instructions comporte souvent de nombreuses instructions complexes qui seront réalisées en plusieurs cycles
 - Exemples : x86 (Intel et AMD), Motorola 680x0
- RISC (Reduced Instruction Set Computer) : Choix d'instructions plus simples. Chacune de ces instructions est censée être exécutée en un seul cycle. L'architecture propose en général un nombre important de registres généraux
 - Exemples : SPARC, PowerPC, MIPS, ARM
- Architecture VLIW (Very Long Instruction Word): Ce concept fait reposer une partie de la gestion du pipeline sur le compilateur : le processeur reçoit des instructions longues qui regroupent plusieurs instructions plus simples
- DSP (Digital Signal Processor): sont des processeurs spécialisés pour les calculs liés au traitement de signaux
- Un processeur softcore est un « circuit logique programmable » et n'a plus du tout de fonction pré-câblée

III.1.5 Les opérations du processeur

- Le rôle fondamental de la plupart des processeurs est d'exécuter une série d'instructions stockées en mémoire appelées « programme »
- Les instructions et les données transmises au processeur sont exprimées en mots binaires (code machine). Le séquenceur ordonne la lecture du contenu de la mémoire
- Le langage le plus proche du code machine appelé langage assembleur. Toutefois, l'informatique a développé toute une série de langages, dits de « haut niveau » (comme le Pascal, C, C++, Fortran, Ada, etc), destinés à simplifier l'écriture des programmes
- Le programme est représenté par une série d'instructions qui réalisent des opérations en liaison avec la mémoire vive (RAM). Il y a quatre étapes que presque toutes les architectures utilisent :
 - fetch - recherche de l'instruction
 - decode - décodage de l'instruction (opération et opérandes)
 - execute - exécution de l'opération
 - writeback - écriture du résultat

III.1.6 Vitesse de traitement

- La vitesse de traitement d'un processeur est exprimée en MIPS (million d'instructions par seconde) ou en mégaFLOPS (millions de floating-point opérations per second) pour la partie virgule flottante (FPU)
- Les processeurs sont basés sur différentes architectures et techniques de parallélisme des traitements qui ne permettent plus de déterminer simplement leurs performances
- Des programmes spécifiques d'évaluation des performances (benchmarks) ont été mis au point pour obtenir des comparatifs des temps d'exécution de programmes réels : dhrystone, cyclesoak, lmbench, ...

III.2 La mémoire principale

Elle contient les instructions des programmes en cours d'exécution et les données associées à ces programmes.

Physiquement, elle se décompose souvent en :

- Une mémoire morte (**ROM = Read Only Memory**) chargée de *stocker le programme*. C'est une *mémoire à lecture seule*.
- Une mémoire vive (**RAM = Random Access Memory**) chargée de *stocker les données intermédiaires ou les résultats de calculs*. On peut lire ou écrire des données dedans, ces données sont perdues à la mise hors tension.

III.3 Les mémoires secondaires

Les mémoires auxiliaires, appelés aussi **secondaires** ou **périphériques**, sont des mémoires permettant le stockage permanent d'un très grand nombre d'informations. Elles sont composées principalement de disques (magnétiques, magnéto-optique, optiques), de bandes magnétiques ou de cartouches magnétiques.

On trouve deux catégories de mémoires auxiliaires :

- les mémoires fixes
- les mémoires amovibles.

Les mémoires fixes sont les disques durs magnétiques fixes.

Les dispositifs amovibles (bandes, disques) servent généralement de mémoire d'archivage.

Les disques magnétiques servent de mémoire pour le support des fichiers et n'offrent qu'une capacité limitée de quelques Gbytes, chaque unité de disque contenant un ou plusieurs disques fixes. Les mémoires d'archivage amovibles, telles que le **disque dur, bandes, cartouches magnétique** ou **disques optiques**, offrent de plus grandes capacités de stockage, chaque unité n'étant pas liée à un seul disque ou cartouche. On peut les changer à volonté.

L'accès à ces mémoires est plus long que l'accès aux disques fixes. Elles sont généralement utilisées pour sauvegarder le contenu des disques.



IV. Les entrées/sorties

Les interfaces d'entrées/sorties permettent d'assurer la communication entre le microprocesseur et les périphériques (clavier, moniteur (ou écran ou afficheur), imprimante, modem, etc...).



V. Les bus

Un bus est un ensemble de fils qui assure la transmission du même type d'information.

On retrouve trois types de bus véhiculant des informations en parallèle dans un système de traitement programmé de l'information :

- **Un bus de données** : permet les transferts entre le microprocesseur et la mémoire ou les entrées/sorties (E/S).
Il est bidirectionnel qui assure le transfert des informations entre le microprocesseur et son environnement, et inversement. Son nombre de lignes est égal à la capacité de traitement du microprocesseur.
- **Un bus d'adresses** : permet au microprocesseur de spécifier l'adresse de la case mémoire à lire ou à écrire.
Il est unidirectionnel qui permet la sélection des informations à traiter dans un espace mémoire ou espace adressable qui peut avoir 2^n emplacements, avec n est le nombre de conducteurs du bus d'adresses.
- **Un bus de commande** : permet la gestion du matériel, via les interruptions et transmet les ordres de lecture et d'écriture de la mémoire et des E/S.
Il est constitué par quelques conducteurs qui assurent la synchronisation des flux d'informations sur les bus des données et des adresses.

Remarque : les bus de données et de commande sont bidirectionnels, le bus d'adresse est unidirectionnel : seul le microprocesseur peut délivrer des adresses.

