

TP 6 - Architectures matérielles et systèmes d'exploitation

Sources : en grande partie, Éditions Ellipses, NSI par Balabonski et cie , NSI par Serge Bays et éditions Nathan, NSI site David Roche : https://pixees.fr/informatiquelycee/n_site/nsi_prem_html

I - Architectures matérielles

A - Composants d'un ordinateur

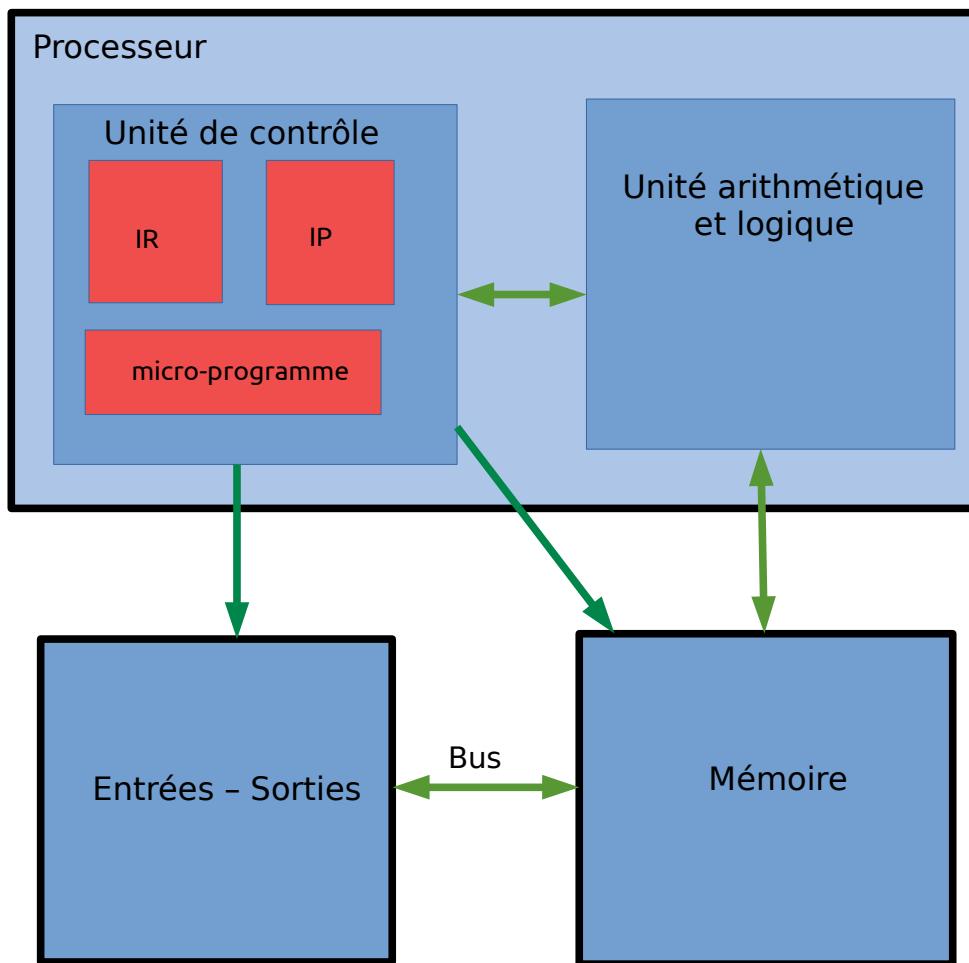
Les grands principes de fonctionnement des ordinateurs tels que nous les connaissons aujourd'hui reposent sur des travaux réalisés au milieu des années 40 par une équipe de chercheurs de l'université de Pennsylvanie. Ces travaux concernaient la conception d'un ordinateur dans lequel les programmes à exécuter étaient stockés au même endroit que les données qu'ils devaient manipuler, à savoir la mémoire de l'ordinateur. Cette idée d'utiliser une même zone de stockage pour les programmes et les données est toujours utilisée aujourd'hui. Cette architecture est appelée modèle de von Neumann, en l'honneur du mathématicien et physicien John von Neumann qui l'a imaginé en 1945.

Une machine doit s'organiser avec :

- une mémoire,
- une unité de calcul,
- une unité de contrôle,
- des systèmes d'entrées/sorties,
- une horloge pour synchroniser le fonctionnement.

1 – L'architecture d'un ordinateur

Architecture de von Neumann



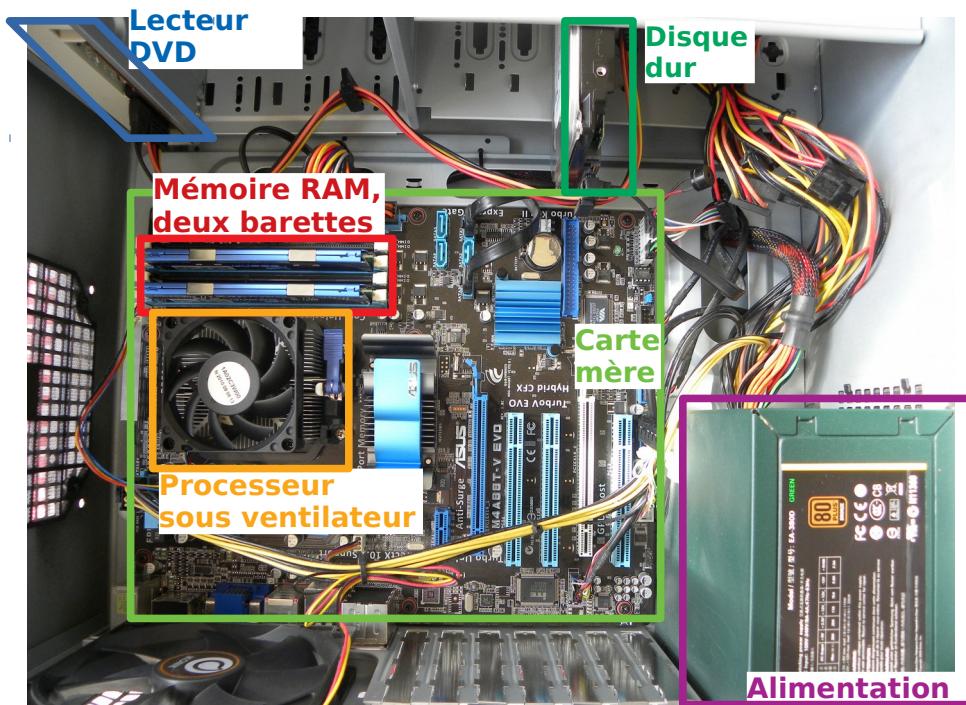
Concrètement un ordinateur est constitué de plusieurs éléments.

- Une machine, c'est-à-dire un boîtier contenant une carte mère c'est-à-dire un circuit imprimé avec,
en contact direct :

- un microprocesseur,
- des barrettes de mémoire,
- une carte graphique,
- une carte réseau,

des ports (ou prises) de communication,
en éloigné, des périphériques :

- un ou des disques durs, un lecteur CD ou DVD.



- Des périphériques externes, connectés par des ports :

- un moniteur,
- un clavier,
- une souris,
- des enceintes ou des écouteurs,
- une imprimante,

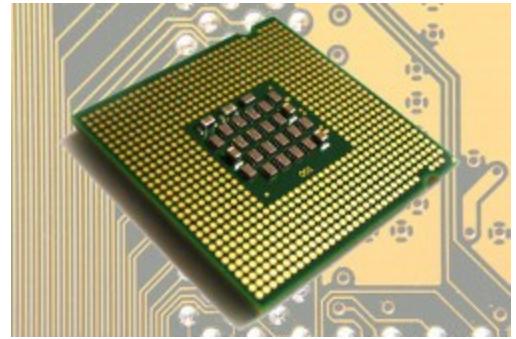
ou par des systèmes sans fil comme le Bluetooth ou la wifi.

Les échanges de données entre la carte mère et les périphériques se font à travers des "câbles" appelés des bus.



2 – Les composants

1 - Le **processeur** est l'unité centrale de traitement ou **CPU** (control processing unit). Il est composé de l'unité de contrôle et de l'unité arithmétique et logique.



- a) L'**unité de contrôle** ou **CU** (control unit) joue le rôle de chef d'orchestre de l'ordinateur. Elle est constituée de deux registres (ce sont des mémoires très rapides ; temps d'accès aux données : 1 ns, nanoseconde : milliardième de seconde) et d'un micro-programme.
- l'**IR** ou **Registre d'instruction**, contient l'instruction courante à décoder et à exécuter,
 - l'**IP** ou **pointeur d'instruction** (2^e registre), indique l'emplacement mémoire de la prochaine instruction à exécuter,
 - le **micro-programme**, contrôle presque tous les mouvements de données de la mémoire vers l'ALU (voir après) et réciproquement ou les périphériques d'entrée-sortie.

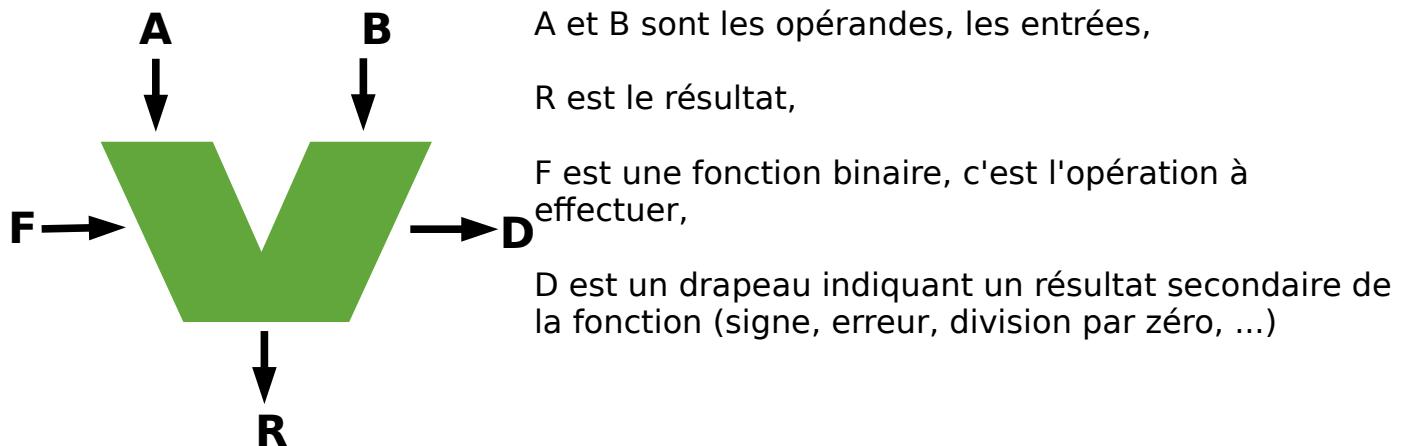
- b) L'**unité arithmétique et logique** **UAL** ou **ALU** (arithmetic logic unit) est **le cœur de l'ordinateur**.

C'est un circuit électronique qui effectue des opérations arithmétiques et des opérations sur les bits de nombres entiers en binaire.

Elle est constituée :

- de plusieurs **registres de données**,
- d'un registre appelé **accumulateur** dans lequel s'effectue tous les calculs,
- de nombreux circuits électroniques.

On la représente habituellement par ce schéma :



Les **ALU de bases** peuvent réaliser les opérations suivantes :

- additions, soustractions, multiplications, divisions ;
- opérations logiques (et, ou, non) ;
- opérations de comparaison (<, >, =).

Des **ALU sont spécialisées** : calcul sur les nombres à virgule flottante, cartes graphiques, cartes sons, ...

Un même processeur peut contenir plusieurs ALU :

- dans certaines architectures, les ALU sont spécialisées et ne fonctionnent pas simultanément,

- dans les architectures multi-cœurs, les ALU fonctionnent en parallèle, ce qui augmente la puissance de calcul.

c) Le CPU dispose d'une horloge interne qui cadence ou rythme l'accomplissement des instructions et détermine la fréquence du processeur.

Exemple : le processeur Intel(R) Core(TM) i5-5300U CPU @ 2,30GHz 2,29GHz peut atteindre 2,3GHz selon le constructeur, c'est-à-dire 2 300 000 000 cycles d'horloge par seconde.

La fréquence de base, ici 2,3GHz, décrit la fréquence à laquelle les **transistors** du processeur s'ouvrent et se ferment. La fréquence est mesurée en gigahertz (GHz) ou en milliards de cycles par seconde.

2 - La **mémoire** contient à la fois les données et les programmes.

L'ordinateur utilise uniquement 2 états, la mémoire va donc stocker les données sous forme de bits (0 ou 1), mais il ne faut pas s'imaginer que la mémoire est pleine de "petit 0" et de "petit 1", ce sont des "états électriques" qui sont stockés dans cette mémoire.

La mémoire ne gère pas les bits 1 par 1, mais 8 par 8, la mémoire gère donc des octets.

On distingue plusieurs types de mémoires :

- les mémoires de masses, de grandes capacités : disques durs, clés USB.

Les données sont conservées, l'accès se fait en lecture et en écriture et n'est pas très rapide : 20 ms (millisecondes).

- la mémoire interne vive ou volatile qui perd son contenu quand on éteint l'ordinateur.

Le principal avantage est la rapidité d'accès aux données (de 5 à 60 ns ; nanoseconde : milliardième de seconde).

Le processeur utilise cette mémoire pour stocker toutes sortes de données dont il a besoin rapidement. On parle de mémoire **RAM** (Random-Access Memory).

Elle se présente le plus souvent sous la forme de barrettes que l'on peut retirer ou ajouter dans un ordinateur. On peut l'imaginer comme un ensemble de cellules où chacune aurait sa propre adresse et la capacité de stocker un octet.



source : <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?>

- la mémoire interne non volatile ou morte qui ne perd pas son contenu une fois l'ordinateur éteint. Elle sert au démarrage de l'ordinateur ou tout autre information dont l'ordinateur a besoin pour fonctionner (cas du BIOS). On parle de mémoire **ROM** (Read-Only memory), elle n'est donc accessible qu'en lecture. Son temps d'accès est de l'ordre de 150 ns (ce qui est relativement lent).

Il existe un autre exemple de mémoire morte, la mémoire flash qui est modifiable un certain nombre de fois. Ces mémoires sont lentes pour lire ou modifier des données.

- les registres au niveau du processeur sont les éléments de mémoire les plus rapides (1 ns) et ils stockent les nombres et les résultats intermédiaires.
- la mémoire cache dans le processeur stocke les données les plus souvent utilisées. Elle est de faible capacité mais très rapide.

Pour ces éléments de mémoire, plus on s'éloigne du processeur, plus leur capacité grandit et plus leur temps d'accès augmente.

3 - Les **entrées - sorties** sont les périphériques d'un ordinateur.

On peut les classer en familles.

a) Les **périphériques d'entrée** :

- clavier, souris,
- manettes de jeu,
- scanners, appareils photo, webcams,
- micro,
- écrans tactiles,
- capteurs ;

b) les **périphériques de sortie** :

- écrans et vidéo-projecteurs,
- casque de réalité virtuelle,
- imprimantes,
- haut-parleurs, etc ;

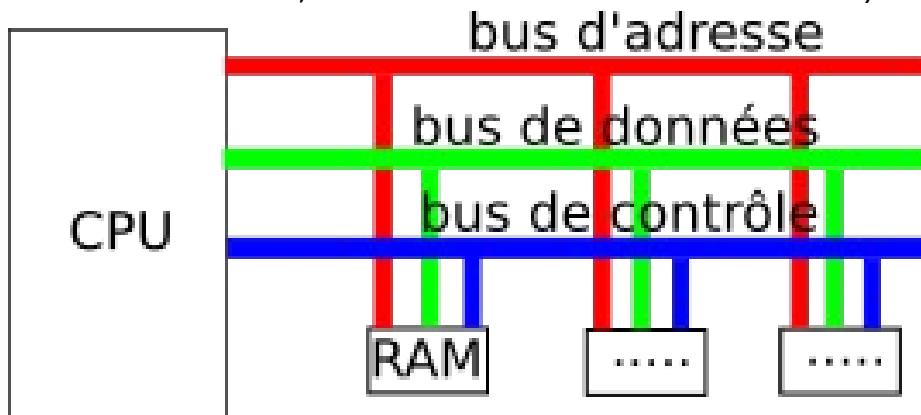
c) les **périphériques d'entrée et de sortie** :

- lecteurs de disques (CD, Blue-Ray, ...),
- disques durs, clés usb, cartes SD,
- cartes réseaux Ethernet, wifi.

4 - Le **bus** est le système permettant les **échanges de données** entre les différents composants de la machine, notamment entre la mémoire vive et le CPU.

Il existe, sans entrer dans les détails, 3 grands types de bus :

- Le bus d'adresse permet de faire circuler des adresses (par exemple l'adresse d'une donnée à aller chercher en mémoire),
- Le bus de données permet de faire circuler des données,
- Le bus de contrôle permet de spécifier le type d'action (exemples : écriture d'une donnée en mémoire, lecture d'une donnée en mémoire).



Les bus permettent les échanges

3 - Conclusion

Ainsi les données et les instructions sont stockées et se partagent la mémoire vive.

C'est John von Neumann (mathématicien et physicien américano-hongrois 1903-1957) qui a eu l'idée en 1945 d'utiliser une structure de stockage unique pour les données et les instructions, voilà pourquoi on parle d'architecture de von Neumann.

Encore aujourd'hui, tous les ordinateurs fonctionnent sur ce principe.

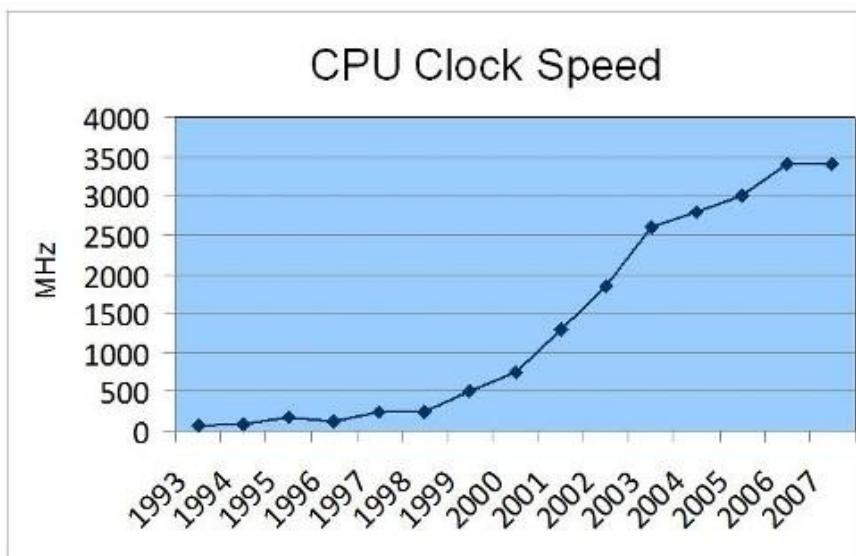
À noter que John von Neumann était un véritable génie "touche à tout" puisqu'il a laissé son nom dans l'histoire de la mécanique quantique, dans l'histoire de la théorie des ensembles et comme nous venons de le voir, dans l'histoire de l'informatique. Il a aussi participé à l'élaboration de la bombe atomique américaine lors de la 2e guerre mondiale (projet Manhattan).



https://fr.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann

Pendant des années, pour augmenter les performances des ordinateurs, les constructeurs augmentaient la fréquence d'horloge des microprocesseurs : la fréquence d'horloge d'un microprocesseur est liée à sa capacité d'exécuter un nombre plus ou moins important d'instructions machines par seconde.

Ainsi pour simplifier, plus la fréquence d'horloge du CPU est élevée, plus ce CPU est capable d'exécuter des instructions machines par seconde.



Comme vous pouvez le remarquer sur le graphique ci-dessus, à partir de 2006 environ, la fréquence d'horloge a cessé d'augmenter.

Ceci est dû à une contrainte physique : en effet plus on augmente la fréquence d'horloge d'un CPU, plus ce dernier chauffe.

Il devenait difficile de refroidir le CPU, les constructeurs de microprocesseurs (principalement Intel et AMD) ont décidé d'arrêter la course à l'augmentation de la fréquence d'horloge et d'adopter une nouvelle tactique : augmenter le nombre de coeurs présent sur un CPU !

Dans un microprocesseur, un cœur est principalement composé :

- d'une UAL,
- de registres (R0, R1...) et
- d'une unité de commande,

un cœur est donc capable d'exécuter des programmes de façon autonome.

La technologie, permettant de graver toujours plus de transistors sur une surface donnée, il est donc possible, sur une même puce, d'avoir plusieurs cœurs, alors qu'auparavant on trouvait un seul cœur dans un CPU.

Cette technologie a été implémentée dans les ordinateurs grand public à partir de 2006.

En 2019 on trouvait sur le marché des CPU possédant jusqu'à 18 cœurs ! Même les smartphones possèdent des microprocesseurs multicœurs : le Snapdragon 845 en possède 8.

On pourrait penser que l'augmentation du nombre de cœurs entraîne obligatoirement une augmentation des performances du CPU mais c'est plus que complexe que cela : pour une application qui n'aura pas été conçue pour fonctionner avec un microprocesseur multicœur, le gain de performance sera très faible, voire nul. En effet, la conception d'applications capables de tirer profit d'un CPU multicœur demande la mise en place de certaines techniques de programmation.

Il faut aussi avoir conscience que les différents cœurs d'un CPU doivent se "partager" l'accès à la mémoire vive : quand un cœur travaille sur une certaine zone de la RAM, cette même zone n'est pas accessible aux autres cœurs, ce qui, bien évidemment va brider les performances.

De plus, on trouve à l'intérieur des microprocesseurs de la mémoire "ultrarapide" appelée mémoire cache (à ne pas confondre avec les registres).

Le CPU peut stocker certaines données dans cette mémoire cache afin de pouvoir y accéder très rapidement dans le futur, l'accès à cette mémoire cache étant beaucoup plus rapide que l'accès à la RAM.

La mémoire cache coûtant assez chère, la quantité présente au sein d'un CPU est assez limitée, les différents cœurs vont donc devoir se partager cette mémoire cache, ce qui peut aussi provoquer des ralentissements.

En fait il existe plusieurs types de mémoire cache appelés L1, L2 et L3, chaque cœur possède son propre cache L1, alors que les caches L2 et L3 sont partagés par les différents cœurs.