

# Architecture matérielle

*Un petit questionnaire vous attend en fin de travail sur l'architecture.*

## I. Genèse et histoire

### 1) Introduction

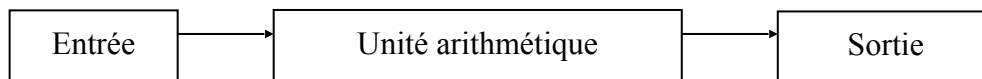
Entre le XI<sup>e</sup> et le XVII<sup>e</sup> siècle, l'ordinateur désigne celui qui est chargé de « régler les affaires publiques ». La définition a énormément évolué au fil du temps et surtout ces derniers 60 ans.

Celle de Wikipedia est aboutie : « machine électronique qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instructions qui lui font exécuter des opérations logiques et arithmétiques sur des chiffres binaires ». Nous avons déjà vu l'aspect « lecture séquentielle d'instructions », en écrivant des programmes, et l'aspect binaire dans le cours sur le codage. Nous allons dans ce chapitre voir comment l'architecture permet d'effectuer les « opérations arithmétiques et logiques ».

### 2) Un peu d'histoire

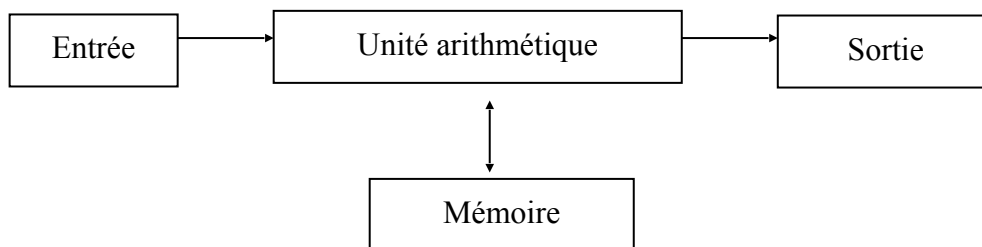
Les premières machines à calculer datent du XVII<sup>e</sup> siècle. La pascaline est la plus connue, c'est en fait la seule dont on soit sûr de l'existence puisqu'il en existe toujours une dizaine. Elle ne pouvait faire que des additions, mais Blaise Pascal avait trouvé la méthode du complément à 10 (sur le principe du complément à 2 vu dans le dernier chapitre) pour faire des soustractions.

On a le schéma suivant :



Leibniz, en 1673, rajoute la mémorisation des résultats intermédiaires : sa machine pouvait faire ainsi des multiplications et des divisions.

D'où le schéma :



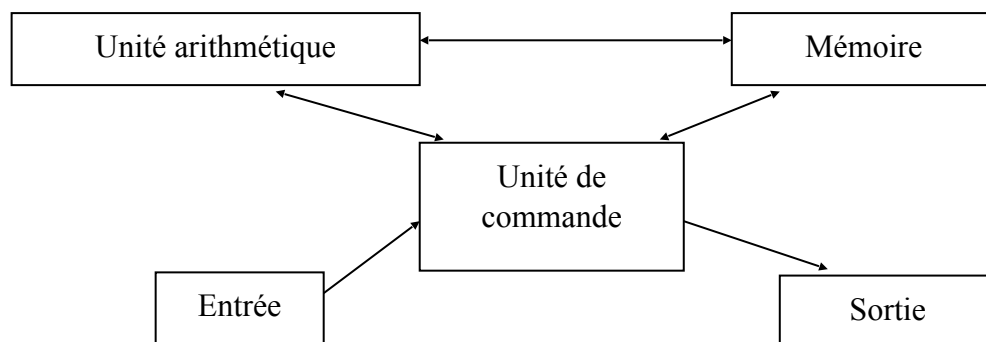
Leibniz évoque de plus la représentation binaire grâce... à la Chine. En effet, il connaît le « Yi-King », traité de divination, dont les tirages divinatoires se font en fait en binaire. Il communique sur le binaire à l'Académie des Sciences en 1703.

150 ans plus tard, en 1847, Georges Boole fonde l'algèbre de Boole, que l'on verra très prochainement. Cette algèbre est basée sur les valeurs de vérité Vrai ou Faux, et permet notamment de fabriquer des circuits électroniques compacts.

À peine plus tôt, en 1834, **Charles Babbage** a l'idée d'incorporer dans la machine à calculer des cartes perforées, pour donner la suite d'instructions à exécuter. Il est à noter que cette idée datant de 1834 n'a pas été réalisée matériellement qu'à la fin des années 1890 et est à la base de la notion d'entrée/sortie des ordinateurs actuels.

Babbage ne put jamais réaliser sa machine la plus performante, faute de fonds suffisants. Ada Lovelace, qui travailla avec Babbage, écrit le premier véritable programme informatique de l'histoire. Son nom a été donné à un langage de programmation, et son portrait figure sur les hologrammes d'authentification des produits Microsoft.

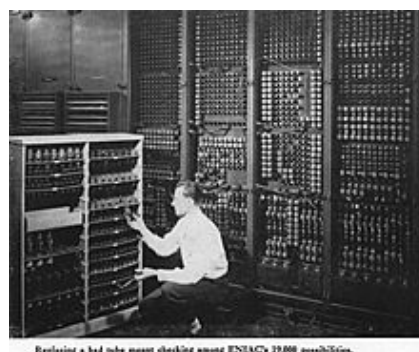
Depuis cette époque, le schéma qui va servir de référence est celui-ci :



Le premier calculateur utilisant l'électricité et le binaire fut le Z1, conçu en 1936 par l'ingénieur allemand Konrad Zuse, qui crée aussi le premier langage de haut niveau. Ce langage fut oublié, faute de machine capable de le supporter, jusqu'en 1972. Il n'a été implémenté qu'en 2000, à titre historique. Quant à l'ordinateur, dont la troisième version, le Z3, fut détruite par les alliés à la fin de la guerre, il semblerait qu'il était bien plus avancé que ses concurrents directs, dont l'ENIAC (cf. ci-dessous).

C'est Claude Shannon, spécialiste de la théorie de l'information, qui expose en 1938 comment utiliser l'algèbre de Boole pour construire des machines à calculer basées sur des commutateurs et des relais.

Le premier ordinateur « moderne », l'ENIAC, est mis en service en 1946 sur une base de l'architecture de Von Neumann. Einstein et Gödel (vous connaissez le premier, le deuxième est un génie de la logique) estimaient que cette coûteuse réalisation n'apporterait aucune contribution à la science... Cet ordinateur de première génération (1946-1956) fonctionnait avec des lampes à vide (toujours utilisées dans les amplificateurs audio de grande qualité), de durée de vie très limitée. La durée moyenne entre deux pannes était de quelques heures. Une fausse origine du terme « bug » est l'une des causes de pannes : un insecte (bug) qui, se posant sur un tube, brûle et cause la rupture du tube. En fait ce terme est bien plus ancien, il désigne depuis le XIXe siècle les dysfonctionnements dans des éléments mécaniques.



En 1947 apparaît le transistor, petit, fiable, et peu coûteux. Il remplace les lampes à vide dans les ordinateurs de deuxième génération (1956-1963).

Enfin les circuits intégrés formés de quelques dizaines à plusieurs centaines de millions de transistors voient le jour en 1958. Ils sont au cœur des ordinateurs de troisième génération (1963-1971).

Nous sommes dans la quatrième génération d'ordinateurs, celle qui utilise des microprocesseurs, qui ont permis la naissance des micro-ordinateurs. Selon certaines sources, le premier micro-ordinateur, serait français : le Micral, créé en 1972.

Selon la loi de Moore, la densité des composants électroniques sur une puce suit une croissance exponentielle (suite géométrique), en doublant



tous les deux ans. Le premier microprocesseur, un Intel était une unité de calcul sur 4 bits, tournant à 108 kHz et intégrant 2300 transistors. Un Intel actuel (un des i7) comporte 3,2 milliards de transistors, tourne à 3,7 Ghz, et calcule sur 64 bits. La loi de Moore s'est vérifiée jusqu'en 2010, mais la miniaturisation devient telle que des limites physiques infranchissables se dressent.

Les recherches se portent actuellement sur le long terme, avec des ordinateurs quantiques, où un bit peut superposer en même temps les valeurs 0 et 1...

### **3) L'architecture de la Machine de Von Neumann**

L'architecture générale des ordinateurs a été fournie par John Von Neumann en 1945. Cette architecture est identique du nano-processeur qui équipe la machine à laver jusqu'au superordinateur.

On retiendra les principes suivants :

- ❖ La fonction de calcul est réalisée par *l'UAL (unité arithmétique et logique)* ;
- ❖ La fonction d'enregistrement est réalisée par la *mémoire* ;
- ❖ Le déroulement séquentiel est réalisé par *l'unité de commande*.
- ❖ Les *registres* stockent temporairement des données.

Pour simplifier un peu la situation, nous dirons que l'UAL et l'unité de commande sont regroupés dans le processeur, qui communique avec la mémoire par un bus.

Ces composants constituent l'unité centrale, située sur la carte mère de votre pc. L'ensemble est rythmé par une horloge, c'est la fréquence du microprocesseur. Exemple : 3,4 GHz, soit 3 milliards 400 000 000 cycles d'horloge par seconde pour un Core i7-2600 K.