

## Un peu d'histoire

### La machine de Turing

En 1936, Alan Turing, décrit une machine abstraite qu'il a inventée pour expliquer la notion de « procédure mécanique » : on parle d'algorithme.

Cette machine est la plus élémentaire possible destinée à mettre en oeuvre des mécanismes de calcul, numériques ou symboliques, comme le feront plus tard les ordinateurs. C'est pour ça que l'on considère la machine de Turing comme la base à la conception des ordinateurs.

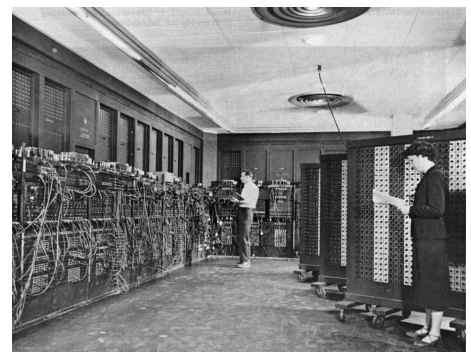


### La naissance des calculateurs

Les travaux de Turing ont sans doute eu une influence sur la conception en 1943-44 du calculateur Colossus à Bletchley Park en Angleterre, mais il s'agit d'une machine spécialisée dont le seul objectif, qui sera d'ailleurs atteint, est le décryptage du code secret de la machine Lorenz, successeur de l'Enigma, utilisée par l'armée allemande.

### L'ENIAC

Le département américain de la Défense finance un projet ambitieux lancé en 1943 à l'Université de Pennsylvanie par J. Presper Eckert et John Mauchly. Cet effort aboutira à la construction d'un grand calculateur électronique, l'ENIAC.



Il avait des dimensions imposantes : plus de 20 m de long, 2,50 m de haut, 30 tonnes. Comportant 18 000 tubes électroniques, il consommait 150 kilowatts. Les données étaient lues sur cartes perforées, mais le programme était représenté sur un support externe, sous la forme d'un panneau de connexion analogue à celui d'un standard téléphonique. Pour programmer une application (initialement, le calcul de tables de tir pour l'artillerie), il fallait faire un plan des connexions nécessaires, puis procéder au câblage physique, un travail long, fastidieux, et sujet aux erreurs. La détection et la correction des fautes étaient également laborieuses

## Von Neumann

En 1944, John von Neumann est introduit dans le projet ENIAC, dans le but de participer à la conception de l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), le successeur de l'ENIAC.

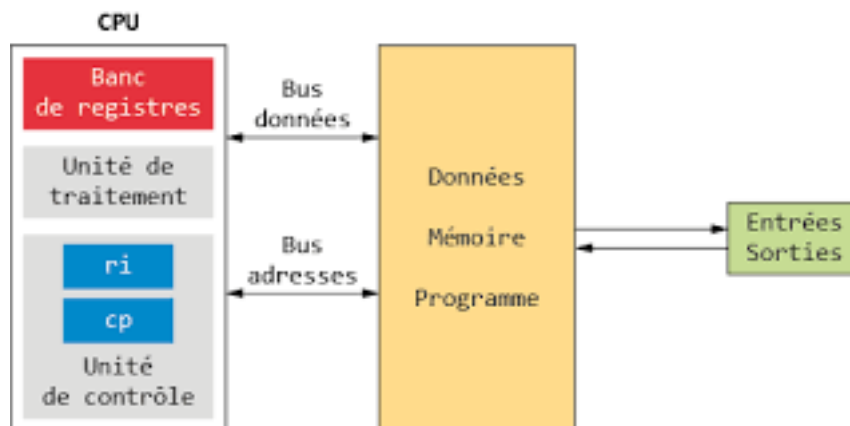
Dans un document de travail, le **First Draft of a Report on EDVAC**, Von Neumann va décrire d'une part un schéma d'architecture de calculateur, organisé en trois éléments (unité arithmétique, unité de commande et mémoire contenant programme et données), d'autre part des principes de réalisation pour ces éléments, notamment les opérations arithmétiques.

Si ce dernier aspect dépend partiellement de la technologie connue à l'époque, et a donc nécessairement vieilli, le modèle d'architecture, qui marque une transition profonde avec les pratiques antérieures, reste d'une étonnante actualité. .



## L'architecture Von Neumann

Ce modèle, auquel reste attaché le nom de von Neumann, est représenté par le schéma ci-dessous :



1. Une unité de commandes qui organise le flot de séquençement des instructions
2. Une unité arithmétique, chargée de l'exécution proprement dite de ces instructions
3. Un emplacement mémoire qui contient indifféremment des instructions et des données. Une idée, présente en germe dans la machine de Turing, trouve ici sa concrétisation : Un programme peut être considéré comme une donnée pour un autre.

L'EDSAC comportait 1024 emplacements de mémoire de 18 bits et représentait les entiers en complément à 2 (le mode de codage le plus courant à l'heure actuelle). Il n'avait pas à proprement parler de système d'exploitation, mais des « ordres initiaux » câblés, qui remplissaient les fonctions d'un chargeur. Une invention

déterminante, due à David Wheeler, fut celle des sous-programmes. La bibliothèque de sous-programmes (une centaine) était stockée sous forme de bandes de ruban perforé. Pour utiliser un sous-programme, on devait le copier physiquement sur le ruban contenant le programme utilisateur. La fonction d'éditeur de liens était donc réalisée à la main par des moyens mécaniques!

<https://interstices.info/le-modele-darchitecture-de-von-neumann/>

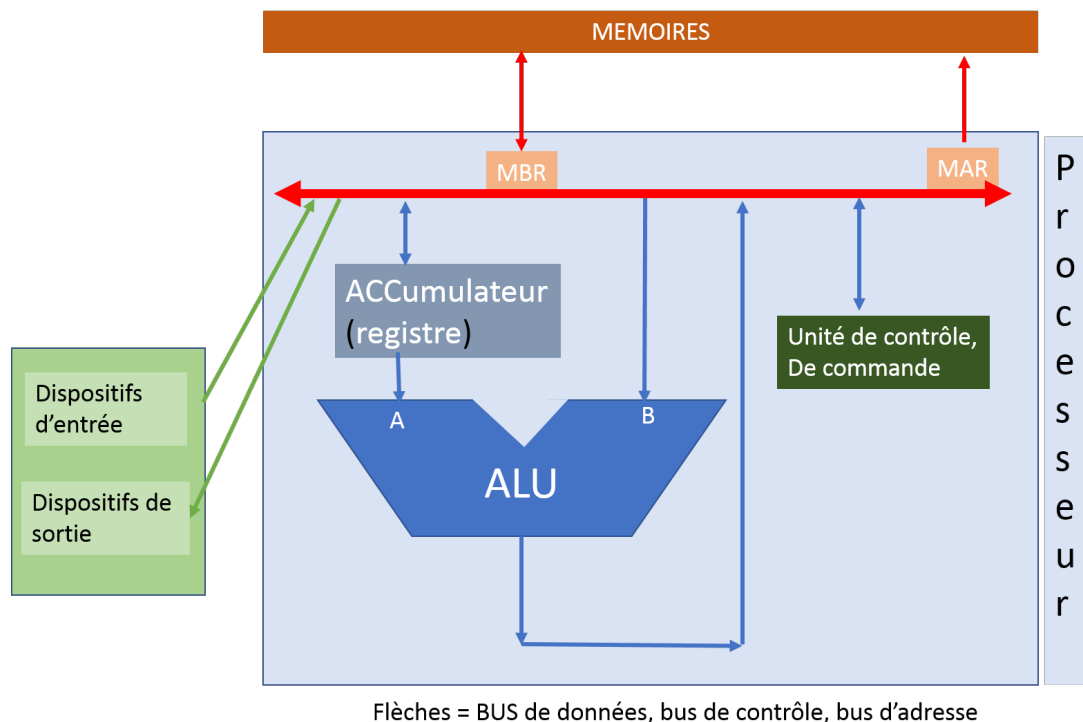
## Evolution

Plus de soixante ans après son invention, le modèle d'architecture de von Neumann régit toujours l'architecture des ordinateurs. Par rapport au schéma initial, on peut noter deux évolutions.

1. Les entrées-sorties, initialement commandées par l'unité centrale, sont depuis le début des années 1960 sous le contrôle de processeurs autonomes (canaux d'entrée-sortie et mécanismes assimilés). Associée à la multiprogrammation (partage de la mémoire entre plusieurs programmes), cette organisation a notamment permis le développement des systèmes en temps partagé.
2. Les ordinateurs comportent maintenant des processeurs multiples, qu'il s'agisse d'unités séparées ou de « cœurs » multiples à l'intérieur d'une même puce. Cette organisation permet d'atteindre une puissance globale de calcul élevée sans augmenter la vitesse des processeurs individuels, limitée par les capacités d'évacuation de la chaleur dans des circuits de plus en plus denses. rapport

## Detail de l'Architecture Von Neumann

L'architecture de Von Neumann (le MBR=memory buffer register contient les données/instruction à être stockées/lu on l'appelle aussi MDR : memory data register. Le MAR (memory adress register) : registre contenant l'adresse de la mémoire où sera stocké la donnée.)



L'unité arithmétique et logique (UAL ou ALU en anglais) et l'unité de commande sont à l'intérieur du processeur et communiquent avec la mémoire par trois bus : le bus d'adresse, le bus de contrôle et le bus de données.

L'unité de contrôle (appelé aussi séquenceur, unité de commande) gère le processeur. Elle décode les instructions, choisit les registres (petites mémoires internes 64bits sur un pc 64 bits) à utiliser et assure la communication avec les entrée-sortie, la mémoire. En particulier le registre du compteur ordinal CO et

le registre d'instruction RI qui contiennent respectivement l'adresse mémoire de la prochaine instruction et l'instruction en cours de traitement. Elle utilise aussi les registre ACC accumulateur qui stocke les opérandes intermédiaires et CC le code condition pour les instructions conditionnelles qui vont donc impliquer un saut dans la mémoire en fonction de la condition.

L'UAL est la partie qui effectue les calculs. A minima, sur les entiers, elle effectue les opérations arithmétiques de base, les opérations logiques (ou, et, complément à 1 etc), les comparaisons. Certaines ALU sont spécialisées et permettent de faire des calculs à virgule flottante, d'autres encore plus spécialisées implémentent des fonctions mathématiques ou calculs vectoriels. Il peut y avoir plusieurs ALU dans un processeur et peuvent alors fonctionner en parallèle.

### Le cycle fetch

Voici ci dessous ce qu'il se passe indéfiniment dans votre ordinateur. Il lance un cycle fetch pour chercher l'instruction à l'adresse demandée et se place le CO à la prochaine instruction. Ensuite il décode l'instruction, l'envoie à l'ALU qui fait soit des calculs, soit des comparaisons. L'ALU renvoie soit une nouvelle adresse au CO, soit des résultats dans un type de sortie (mémoire, périphérique externe,...)



L'alu va soit écrire le résultat dans un registre, dans la mémoire principale, ou vers un périphérique externe. L'ALU peut aussi modifier le CO s'il a traité une condition !

Etape	Description
1	Le CO donne l'adresse mémoire de la nouvelle instruction à aller chercher
2	La valeur du CO est incrementé de 1 et donc pointe vers la nouvelle instruction
2	Cette adresse est copiée depuis le CO vers MAR via le bus d'adresse
3	L'instruction correspondante à l'adresse contenu dans MAR est copiée dans le MDR
4	L'instruction du MDR est transmise au CIR
6	L'instruction est décodée et exécutée par l'Unité de contrôle
7	On recommence