

# Chapitre I :

## *Introduction à l'architecture des ordinateurs*

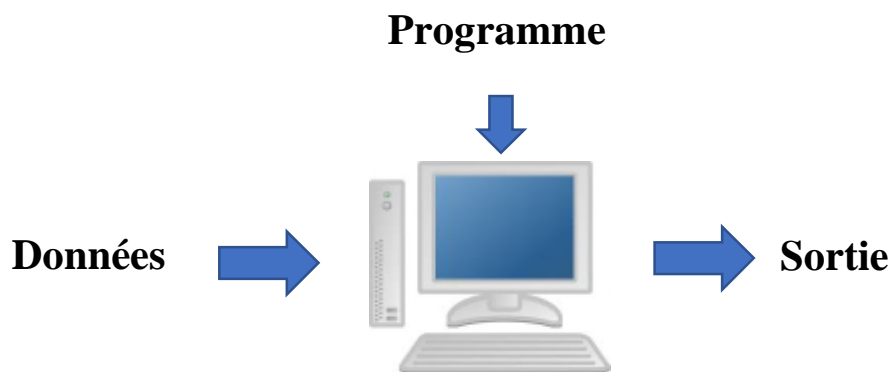
1. Introduction à la notion d'architecture des ordinateurs
2. Machine de Von Neumann et machine de Harvard

### 1.1. Introduction à la notion d'architecture des ordinateurs

L'**informatique**, contraction d'**in**formation et **automatique**, désigne l'ensemble des sciences et des techniques en rapport avec le **traitement automatique de l'information** et ce traitement est effectué par un système, concret (machine) ou abstrait.

#### Qu'est-ce qu'un ordinateur ?

L'**ordinateur** est une machine électronique programmable servant au traitement de l'information codée sous forme numérique.



- Il peut **recevoir** des **données** en **entrée** → « *fonction d'entrée* ».
- **Stocker** ou **effectuer** sur ces données des **opérations** en fonction d'un **programme** → « *fonction de traitement* ».
- Et enfin **fournir** des **résultats** en **sortie** → « *fonction de sortie* ».

L'**information** traitée par l'ordinateur peut se présenter sous forme : *numérique, texte, son, dessin ou graphique, image ...* mais aussi *instructions* composant un programme. Cette information est représentée (codée) sous forme de suites de chiffres binaires 0 et 1.

**Définition ordinateur** (selon le dictionnaire Hachette)

n. m. INFORM Machine capable d'effectuer automatiquement des opérations arithmétiques et logiques (à des fins scientifiques, administratives, comptable, etc.) à partir de programmes définissant la séquence de ces opérations.

**Terminologie**

**1955** : Création du mot français « Ordinateur », déposé d'abord par IBM, pour désigner ce qui est en anglais un "Computer".

- Français → Ordinateur → Ordre (commande et organisation)
- Anglais → Computer → Calculateur
- Arabe → الكمبيوتر, الحاسوب

**Chronologie de l'ordinateur**

Pour comprendre l'architecture d'un ordinateur d'aujourd'hui, il faut comprendre son évolution et comment ont fonctionné ses ancêtres et par quelles évolutions on est parvenu à l'architecture moderne des ordinateurs (voir tableau ci-dessous).

Après la machine mécanique de **Blaise Pascal** (1643), qui automatisait à l'aide de roues dentées les opérations arithmétiques et celle du Britannique **Charles Babbage** (1833), qui les enchaînait grâce à une complexe tringlerie lisant le programme sur un ruban perforé. Les « calculateurs électroniques » ont fait leur apparition dans les années 1940-1950.

<i>Génération</i>	<i>Caractéristiques</i>
<p><b>1<sup>ère</sup> génération</b>                      1945-55 : Les ordinateurs mécaniques</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie à lampes, relais, tubes à vider, résistances.</li> <li>- Premiers calculateurs électroniques.</li> </ul> <p><b>1946 EDVAC</b> (Electronic Discrete Variable Automatic Compute) par Von Neumann et mise en service en 1951 (programme et données enregistrés en mémoire)</p>
<p><b>2<sup>ème</sup> génération</b>                      1955-65 : Les ordinateurs à transistors</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie à transistors (remplacent les tubes à vides).</li> <li>- Apparition des langages de programmation évolués.</li> </ul> <p><b>1955 IBM 650</b> 1<sup>er</sup> ordinateur fabriqué en série</p>
<p><b>3<sup>ème</sup> génération</b>                      1965-71 : Les ordinateurs à circuits intégrés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie des Circuits Intégrés (puces) SSI/MSI (Small Scale Integration / Medium Scale Integration) qui permettent de placer un nombre important de transistors sur une même puce en silicium.</li> <li>- Avènement du système d'exploitation complexe.</li> </ul> <p><b>1971 Kenback 1</b> 1<sup>er</sup> micro-ordinateur</p>
<p><b>4<sup>ème</sup> génération</b>                      1971-77 : La micro-informatique</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie LSI (Large SI).</li> <li>- Avènement de réseaux de machines.</li> </ul> <p><b>1976 Apple I</b> (S. Wozniak &amp; S. Jobs,) muni de clavier</p>

<p><b>5<sup>ème</sup> génération</b>  <i>1977 et plus : des ordinateurs partout</i></p>	<p>- Technologies VLSI / ULSI (Very Large / Ultra large SI) l’intégration de milliers à des milliards de transistors sur une même puce.  <b>1981 PC (Personal Computer)</b> par IBM</p>
<p><b>Et depuis 1990</b>  <i>Nouveaux outils</i></p>	<p>- Miniaturisation des composants matériels, on parle de la <b>nanotechnologie</b>.  <b>2007 iPhone 1<sup>er</sup> smartphone</b> par Appel</p>

**Qu’appelle-t-on architecture des ordinateurs ?**

L’*architecture des ordinateurs* est la **discipline** qui correspond à la façon dont on conçoit les composants d’un **système informatique**.

En informatique, le terme **architecture** désigne l’organisation des éléments d’un système et les relations entre ces éléments. Il y a :

- L’**architecture matérielle** : concerne l’organisation des différents dispositifs physiques que l’on trouve dans un ordinateur.
- L’**architecture logicielle** : concerne l’organisation de différents programmes entre eux.

**1.2. Machine de Von Neumann et machine de Harvard**

**1.2.1. Machine de Von Neumann**

A la fin de **1946** « John Von Neumann » un physicien et mathématicien d’origine Hongroise, propose un modèle d’ordinateur qui fait abstraction du programme et se lance dans la construction d’un EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Il a introduit deux (2) nouveaux concepts dans le traitement digital de l’information :

**a. Programme enregistré**

Von Neumann, a eu l’idée d’utiliser les mémoires du calculateur pour emmagasiner les programmes

**b. Rupture de séquence**

Von Neumann, a eu l’idée de rendre automatique les opérations de décision logique en munissant la machine d’une instruction appelée **branchement conditionnelle**.

**❖ Description de l’architecture de Von Neumann**

C’est **Von Neumann** qui a défini en **1944** l’architecture des ordinateurs modernes encore largement utilisés aujourd’hui (seules les technologies ont changé).

Dans cette architecture, on utilise une **seule mémoire** pour les programmes et les données, tandis que l’unité centrale (processeur) est composée d’unité de contrôle et d’unité arithmétique et logique. Elle est constituée d’un bus de données (programme et données) et d’un bus d’adresse (programme et données).

L’architecture de Von Neumann décompose l’ordinateur en quatre parties :

- **Unité Arithmétique et Logique (UAL)** : effectue les calculs (les opérations de base).

- **Unité de contrôle (UC)** : commande les autres unités. Elle est chargée du séquençage des opérations
  - Envoie des signaux de contrôle aux autres unités
  - Supervise le fonctionnement de l'UAL
  - Envoie des signaux d'horloge aux autres unités...
- **Mémoire** : dispositif de stockage des informations (données et programme).
- **Dispositifs d'Entrée-Sortie** : permettent l'échange d'informations avec les dispositifs extérieurs.

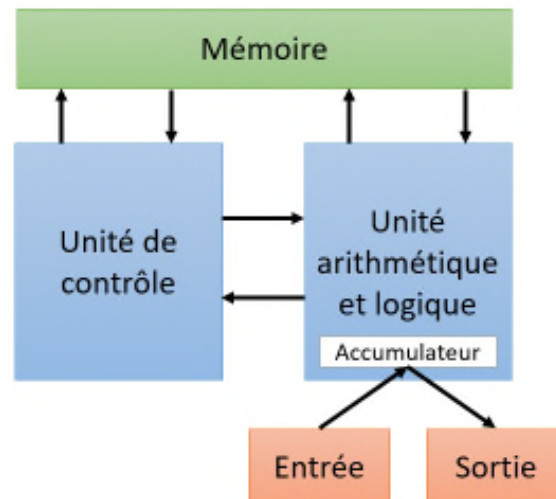


Figure 1: L'architecture de Von Neumann.

Les différents organes du système sont reliés par des voies de communication appelées **bus** (bus d'adresse et bus de données).

C'est avec cette architecture que sont construits tous les ordinateurs, du nanoprocesseur (que l'on trouve par exemple dans une machine à laver) au super-ordinateur (calcul intensif).

### 1.2.2. Machine de Harvard

Le nom de cette structure vient du nom de l'université de **Harvard** où une telle architecture a été mise en pratique pour la première fois avec le **Harvard Mark 1** créé par **Howard Aiken** et fut construit par **IBM** en **1944**. Également appelé par **IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC)**. Il fut le premier ordinateur à utiliser des systèmes de mémoire séparés (des données et des instructions).

#### ❖ Description de l'architecture de Harvard

Dans l'architecture dite de **Harvard** (mise au point dans cette université américaine en **1930**), on **sépare** systématiquement **la mémoire de programme** de **la mémoire des données** : l'adressage de ces mémoires est indépendant. Une architecture simple de **Harvard**, constituée d'un bus de données, d'un bus de programme et de deux bus d'adresses.

Les échanges s'effectuent de manière double entre l'unité centrale et les deux mémoires, ce qui permet une grande souplesse pour l'enregistrement et l'utilisation des données. D'ailleurs, la mémoire de programme est également utilisée en partie comme mémoire de données pour obtenir encore plus de possibilités de traitement avec des algorithmes complexes.

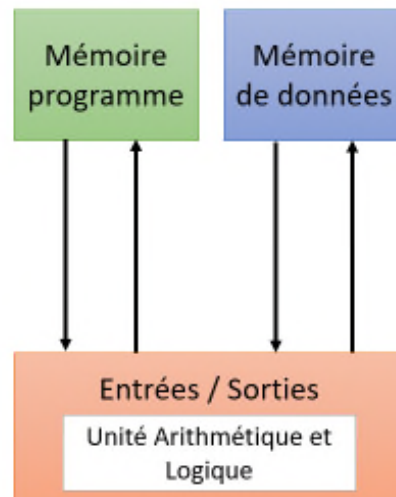


Figure 2 : L'architecture de Harvard.

**Architecture Harvard** n'est normalement **utilisé** que dans les deux systèmes spécialisés ou à des usages très spécifiques, elle est utilisée dans le **traitement du signal numérique spécialisé** (DSP Digital Signal Processing), typiquement pour le traitement des données vidéo et audio. Elle est également utilisée dans de nombreux petits **microcontrôleurs** dans des applications de l'électronique.

### 1.2.3. La différence entre l'architecture de Von Neumann et Harvard

Différence	Architecture de Von Neumann	Architecture de Harvard
<b>Nom</b>	Elle porte le <b>nom</b> du mathématicien et informaticien <b>John Von Neumann</b>	Le <b>nom</b> provient de « <b>Harvard Mark I</b> », un ancien ordinateur à relais, projet réalisé à l'université Harvard
<b>Conception</b>	La conception de l' <b>architecture</b> de Von Neumann est <b>simple</b> .	La conception de l' <b>architecture</b> de Harvard est <b>compliquée</b> .
<b>Système de mémoire</b>	Elle a besoin d' <b>une seule mémoire</b> pour les instructions et les données.	Elle a besoin de <b>deux mémoires</b> pour les instructions et les données
<b>Système de bus</b>	Ne requiert qu' <b>un seul bus</b> pour les <b>instructions et les données</b> .	Nécessite <b>un bus séparé</b> pour les <b>instructions et les données</b> .
<b>Traitement des instructions</b>	Le <b>processeur</b> a besoin de <b>deux cycles</b> d'horloge pour terminer une instruction.	Le <b>processeur</b> peut compléter une instruction en <b>un cycle</b> .
<b>Performance</b>	<b>Faible performance</b> par rapport à l'architecture de Harvard.	Plus facile à canaliser, donc de <b>hautes performances</b> peuvent être atteintes.

<i>Coût</i>	Coût <b>moins cher.</b>	Coût <b>relativement élevé.</b>
<i>Utilisation</i>	Principalement utilisée sur toutes les machines ( <i>des ordinateurs de bureau, des ordinateurs portables et stations de travail hautes performances</i> ).	Concept utilisé principalement dans les microcontrôleurs et le traitement du signal numérique (DSP 'Digital Signal Processor')

**Remarque :**

- Dans *l'architecture de Von Neumann* la conception et le développement de l'unité de contrôle sont **simplifiés**, étant donné que les instructions et les données utilisent le **même système de bus**, ce qui permet de **réduire les coûts** de productions à un minimum.
- Dans *l'architecture de Harvard* le développement de l'unité de contrôle est **plus coûteux** que l'ancien en raison que l'architecture est **complexe**, car elle utilise **deux bus** pour les instructions et les données.
- Dans *l'architecture de Von Neumann* le processeur a besoin de **deux cycles d'horloge** pour exécuter une instruction, il lit d'abord l'instruction (mémoire programme) après il accède à la donnée (mémoire donnée) car il n'y a qu'une seule mémoire.
- Tandis que dans *l'architecture de Harvard* le processeur prend un **cycle d'horloge** pour compléter une instruction, il peut lire une instruction et accéder à la donnée en même temps car les deux mémoires sont séparées.