

# **LECON 1 : INTRODUCTION A L'ARCHITECTURE DES ORDINATEURS**

# I. OBJECTIFS

À la fin de cette leçon, vous serez capable de :

- Décrire l'évolution des ordinateurs ;
- D'identifier les différents éléments composant un ordinateur ;
- Décrire l'architecture de base d'un ordinateur
- Décrire les différentes familles d'ordinateur

# II. DEFINITION

L'informatique, est la contraction d'information et automatique, c'est la science du traitement automatique de l'information par le biais d'un ordinateur.

Un ordinateur est une machine électronique programmable permettant de traiter de façon automatique des informations numériques. Il est capable d'acquérir de l'information, de la stocker, de la transformer en effectuant des traitements quelconques, puis de la restituer sous une autre forme.

Un ordinateur est constitué de deux parties : le **hardware** représentant la partie matérielle (unité centrale, mémoire, organes d'entrée et sortie, etc.) et le **software** représentant la partie logicielle (système d'exploitation, bios, applications utilisateurs, etc.)

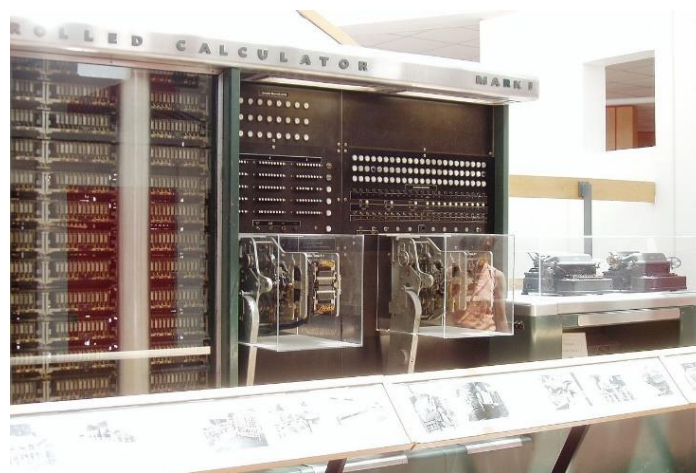
# III. HISTORIQUE

Charles Babbage fût au 19<sup>ème</sup> siècle (1830) le premier à décrire le principe général d'un calculateur d'application (machine pouvant répéter des séquences d'opérations et choisir une série d'opérations particulière en fonction de l'état du calcul). Il a voulu remplacer les hommes qui faisaient des calculs de tables fastidieux (logarithmes, etc.) à la main par des machines programmables. Ses idées étaient cent ans en avance sur la technologie et il a passé quarante ans à essayer de réaliser, sans succès, un ordinateur mécanique appelé «machine analytique».

**Alan Mathison Turing** ouvre la voie de la création de l'ordinateur programmable dès 1936, en publiant son article « On Computable Number with an Application to the Entscheidungsproblem ». Il décrit sa propre machine dite « de Turing », **premier calculateur universel programmable** et invente au passage les concepts de la programmation et de programme.

En 1937, Howard Aiken de l'université Harvard, propose une machine basée sur les idées de Babbage et sur les calculateurs électromécaniques d'IBM. La construction de cette machine, appelée **MARK I**, a été subventionnée par Harvard et IBM et sa réalisation, commencée en 1939, s'est achevée en 1944.

Elle est considérée comme l'un des premiers calculateurs (numériques) universels, avec ceux construits en Allemagne par Konrad Zuse (les séries Z). C'était une machine électromécanique, et même automatique, qui ne disposait toutefois que de possibilités de programmation limitées.



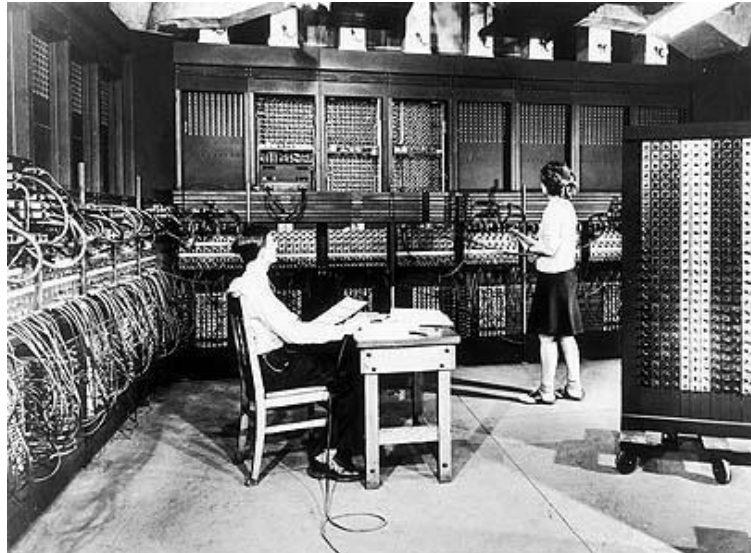
*Figure 1 : Le MARK I*

Puis vint ensuite en 1946 le modèle de Von Neumann posant les bases des machines universelles. On observe généralement 5 générations dans l'évolution de ces machines :

#### **1945-1958**

- Ordinateurs dédiés
- Machines volumineuses et peu fiables
- Technologie à lampes, relais, résistances
- $10^4$  éléments logiques
- Programmation par cartes perforées

- ❖ Le premier ordinateur numérique généraliste est ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), il fut réalisé en 1946 par **P. Eckert** et **J. Mauchly** sous demande de l'armée américaine, et eu pour première tâche des calculs complexes pour l'étude de la faisabilité de la bombe H. Il est composé de 18000 lampes à vide, et occupe une place de 1500 m<sup>2</sup>.
- ❖ 1955, IBM France adopte le mot « ordinateur » en guise d'équivalent au mot anglais « *computer* ».



*Figure 2 : Premier ordinateur numérique ENIAC (1946)*

#### 1958-1964

- Usage général, machine fiable
- Technologie à transistors
- 10<sup>5</sup> éléments logiques
- Apparition des langages de programmation évolués (COBOL, FORTRAN, LISP)

#### 1964-1975

- Technologie des circuits intégrés (S/MSI small/medium scale integration)
- 10<sup>6</sup> éléments logiques
- Avènement du système d'exploitation complexe des mini-ordinateurs.
- 1971, invention par INTEL du microprocesseur Intel 4004, toutes les composantes de la CPU sont réunies sur une même carte. Il permet d'effectuer des opérations sur 4 bits simultanément.
- Années 1970 : création des premiers systèmes d'exploitation, dont l'inévitable UNIX
- C'est en 1971 qu'apparaît le premier micro-ordinateur : le **Kenback 1**, inventé par John V. Blankenbaker avec une mémoire de 256 octets.

- En 1973, le processeur 8080 d'Intel garnit les premiers micro-ordinateurs : le **Micral** (1973 à \$1,750) conçu par François Gernelle de la société R2E, et le **Altair 8800** (1974), avec 256 octets de mémoire. A la fin de l'année 1973, Intel commercialisait déjà des processeurs 10 fois plus rapides que le précédent (le Intel 8080) et comportant 64 ko de mémoire.



KENBAK – 1 (1971)

MICRAL (1973)

ALTIR 8800 (1974)

*Figure 3 : Les premiers micro-ordinateurs*

## 1975-1985

- Technologie LSI (large SI)
- $10^7$  éléments logiques
- Avènement de réseaux de machines
- Traitement distribué/réparti
- En 1976, Steve Wozniak et Steve Jobs créent le **Apple I** dans un garage. Cet ordinateur possède un clavier, un microprocesseur à 1 MHz, 4 ko de RAM et 1 ko de mémoire vidéo. Ecran de 280x192pixels, processeur Zilog Z80, clone du 8080.
- En 1981 IBM commercialise le premier « **PC** » composé d'un processeur 8088 cadencé à 4.77 MHz, (\$3,000, or \$7,500).
- Le 24 janvier 1984, fut lancé le premier Macintosh de Apple. Caractéristiques : Processeur : Motorola 68000, Fréquence d'horloge : 8 MHz, Mémoire morte : 64 Kio, Mémoire vive : 128 Kio. Son prix était fixé à 2 495 USD.



APPLE I (1976)

APPLE II (1977)

1<sup>er</sup> ordinateur PC 5150 (1981)

### ***Figure 4 : Les premiers MAC et PC***

A partir de 1985 fut des machines langages dédiées à L'intelligence artificielle (IA)

- Technologie VL/WSI (very large, wafer)
  - $10^8$  éléments logiques
  - Systèmes distribués interactifs
  - MultiMedia, traitement de données numériques (textes, images, paroles)
  - Parallélisme massif
- 
- ❖ Les avancées technologiques s'accélérent considérablement dans les années 1990. Aujourd'hui, la micro-informatique se développe à un rythme très rapide. Avec la miniaturisation des composants matériels, on parle de nanotechnologie.
  - ❖ De nos jours l'informatique intervient dans pratiquement tous les secteurs d'activité de la vie quotidienne.

**Exemples de traitements de l'information par informatique :**

- démontrer un théorème (*mathématique*)
- faire jouer aux échecs (*intelligence artificielle*)
- dépouiller un sondage (*économie*)
- gérer un robot industriel (*atelier*)
- facturation de produits (*entreprise*)
- traduire un texte (*linguistique*)
- imagerie médicale (*médecine*)
- formation à distance (*éducation*)
- Internet (*grand public*)...etc

## **IV. LE MODELE 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 (1946) d'un modèle de machine universelle de traitement programmé de l'information. Cette architecture sert de base à la plupart des systèmes à microprocesseur actuel. Elle est composée des éléments suivants :

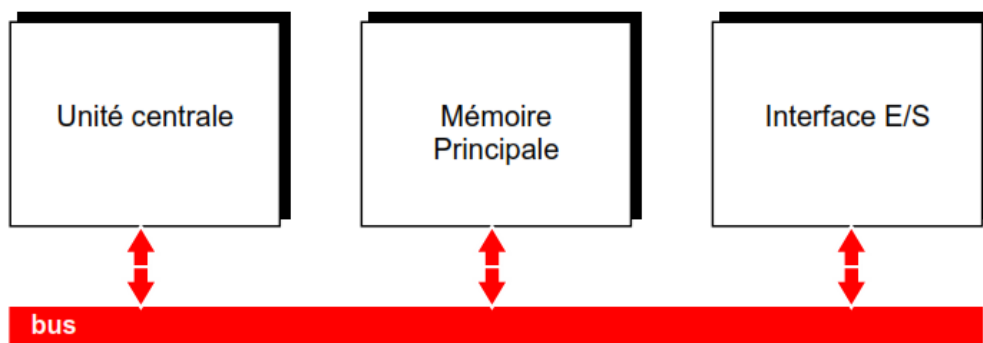
- Une mémoire contenant programme et donnée (mémoire vive, et mémoire morte)
- le processeur ou CPU (Central Processing Unit) ou unité centrale (UC) essentiellement composé d'une horloge, d'une unité arithmétique et logique (UAL ou ALU), d'une unité de commande et de contrôle (UC ou UCC), et des registres.

- des organes périphériques (input- output) permettant :
  - la communication avec l'utilisateur : écran, clavier, souris, imprimante ...
  - le stockage : disque dur, lecteurs de cd, de dvd, de bandes, ...
  - des composants matériels divers : cartes son, vidéo, cartes d'acquisition
- d'un canal de communication (le bus) ou unité d'échange d'information entre la mémoire, le processeur et les périphériques.

Ces dispositifs permettent la mise en oeuvre des fonctions de base d'un ordinateur : le stockage de données, le traitement des données, le mouvement des données et le contrôle. Le fonctionnement schématique en est le suivant : l'UC

1. Extrait une instruction de la mémoire,
2. Analyse l'instruction,
3. Recherche dans la mémoire les données concernées par l'instruction,
4. Déclenche l'opération adéquate sur l'ALU ou l'E/S,
5. Range au besoin le résultat dans la mémoire.

La plupart des machines actuelles s'appuient sur le modèle de Von Neumann.



*Figure 5 : Architecture de Jon Von Neumann*



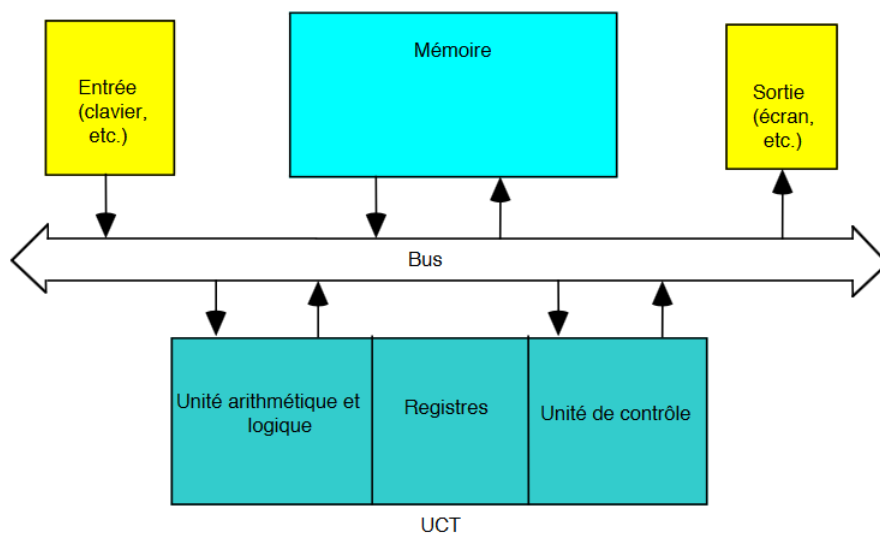
*Figure 6 : John von Neumann (1903 - 1957)*

## V. PRESENTATION DE L'ORDINATEUR

### 1. Les composants matériels d'un ordinateur

Les fonctions de l'ordinateur sont de permettre d'effectuer des calculs, de stocker des données et de communiquer. Pour cela, l'ordinateur a les composants physiques suivants :

- Des éléments permettant la communication entre l'ordinateur et les hommes : **les périphériques**
- Un élément permettant d'exécuter les instructions d'un programme : **le processeur**
- Des éléments permettant stocker les données : **les mémoires**
- Des éléments permettant aux composants de communiquer : **les bus**



*Figure 7 : Structure générale d'un ordinateur*

### 2. Structure d'un ordinateur personnel

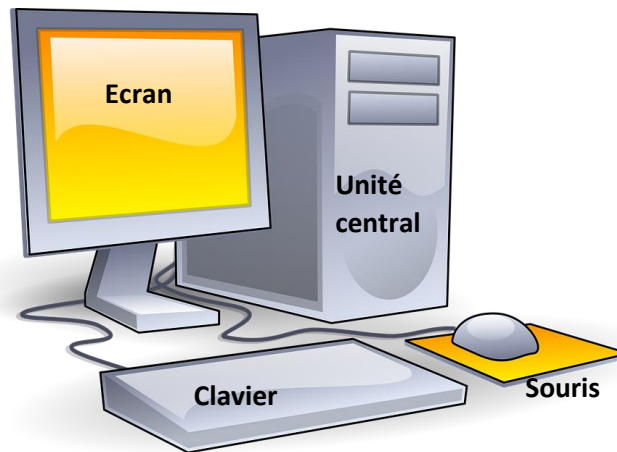
Un **ordinateur personnel** plus connus sous l'abréviation **PC (Personal Computer)** ou **MAC** (Macintosh, appellation des ordinateurs fabriqués par la société Apple) est un **ordinateur** qui répond à des **besoins d'utilisateur**. L'utilisateur peut faire réaliser, exécuter des opérations (des calculs) et d'interagir avec lui par l'intermédiaire de **périphériques**.

Un ordinateur pour être utilisé par l'homme a besoin d'un certains éléments. Les éléments de base d'un ordinateur personnel sont :

- **Le boîtier, appelé unité centrale** : c'est l'élément le plus important, il représente l'ordinateur et contient tous les composants permettant à un ordinateur de fonctionner.



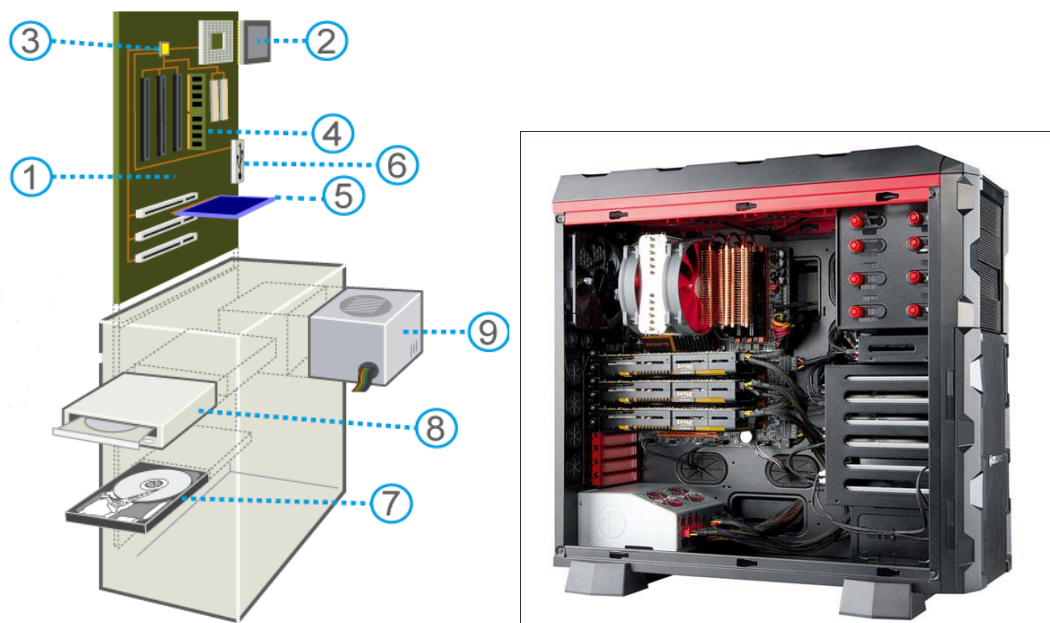
- **L'écran** : permet la visualisation des informations
- **Le clavier** : permet à l'utilisateur d'entrée des informations dans l'ordinateur
- **La souris** : permet à l'utilisateur de se déplacer à l'écran et de piloter l'ordinateur de façon graphique.



*Figure 8 : Un ordinateur personnel de bureau*

### 3. Composition de l'unité centrale (boîtier)

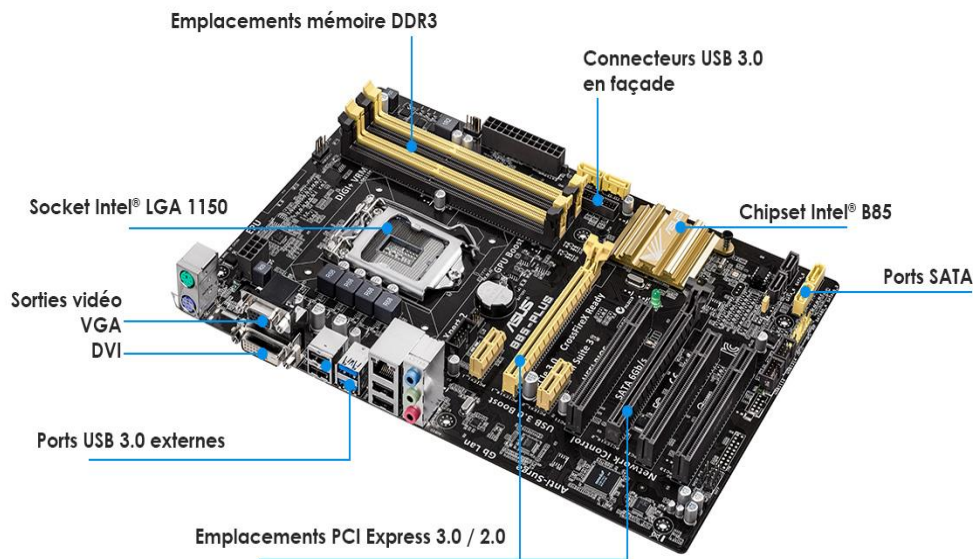
Dans cette partie nous allons décrire un certain nombre d'éléments que nous pouvons avoir à l'intérieur du boîtier d'un ordinateur.



*Figure 9 : Unité centrale ou boîtier*

## a. La carte mère

Elle relie tous les éléments constituant un ordinateur. La principale fonction d'une carte mère est la mise en relation de ces composants par des bus sous forme de circuits imprimés. Elle comporte notamment des emplacements (ou « slots »), prévus pour accepter différents types de composants. Il y a par exemple un ou plusieurs emplacements prévus pour le(s) processeur(s), pour les barrettes mémoire, et des emplacements génériques pour les périphériques.



*Figure 10 : Carte mère*

## b. Le Processeur

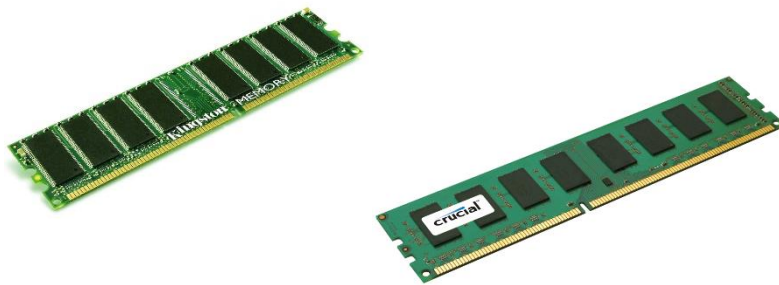
Le **processeur** ou **microprocesseur** (CPU) permet à l'ordinateur d'effectuer les opérations (calculs) demandés. Le microprocesseur est le cerveau de l'ordinateur où se déroulent ces calculs. Un microprocesseur est une puce électronique qui se présente sous la forme d'une boîte, dont la taille et la forme varient selon son degré de perfectionnement et la technologie qui a permis sa fabrication. Lorsque vous regardez à l'intérieur d'un ordinateur, il est souvent caché par un dispositif de refroidissement, qui lui permet de fonctionner à une vitesse élevée en conservant une température optimale.



*Figure 11 : Processeurs d'ordinateur*

### c. La Mémoire vive (RAM)

**Barrette mémoire** ou **mémoire vive** (ou **RAM** pour « Random Access Memory »), la RAM stocke les informations des programmes et données en cours de fonctionnement. C'est l'un des éléments les plus importants d'un ordinateur.



*Figure 12 : Mémoires RAM*

### d. La mémoire morte (ROM)

La mémoire morte ou mémoire ROM est présente dans chaque PC sous la forme d'une petite puce soudée près du processeur. C'est une mémoire non volatile permettant de stocker des données en l'absence de courant électrique. Elle contient le Bios, (mini-système d'exploitation indispensable au fonctionnement de l'ordinateur). Lorsque ce dernier s'allume, la mémoire morte est lue en premier.

Ce type de mémoire permet notamment de conserver les données nécessaires au démarrage de l'ordinateur. En effet, ces informations ne peuvent être stockées sur le disque dur étant donné que les paramètres du disque (essentiels à son initialisation) font partie de ces données vitales à l'amorçage.

Différentes mémoires de type ROM contiennent des données indispensables au démarrage, c'est-à-dire :

- Le **BIOS** est un programme permettant de piloter les interfaces d'entrée-sortie principales du système, d'où le nom de *BIOS ROM* donné parfois à la puce de mémoire morte de la carte-mère qui l'héberge.
- Le **chargeur d'amorce**: un programme permettant de charger le système d'exploitation en mémoire (vive) et de le lancer. Celui-ci cherche généralement le système d'exploitation sur le lecteur de disquette, puis sur le disque dur, ce qui permet de pouvoir lancer le système d'exploitation à partir d'une disquette système en cas de dysfonctionnement du système installé sur le disque dur.

- Le **Setup CMOS**, c'est l'écran disponible à l'allumage de l'ordinateur permettant de modifier les paramètres du système (souvent appelé *BIOS* à tort...).
- Le **Power-On Self Test (POST)**, programme exécuté automatiquement à l'amorçage du système permettant de faire un test du système (c'est pour cela par exemple que vous voyez le système "compter" la RAM au démarrage).

Etant donné que les ROM sont beaucoup plus lentes que les mémoires de types RAM (une ROM a un temps d'accès de l'ordre de 150 ns tandis qu'une mémoire de type SDRAM a un temps d'accès d'environ 10 ns), les instructions contenues dans la ROM sont parfois copiées en RAM au démarrage, on parle alors de *shadowing* (en français cela pourrait se traduire par *ombrage*, mais on parle généralement de *mémoire fantôme*).



*Figure 13 : Une mémoire morte*

## e. Les Bus

Le(s) **bus**, **système de communication entre les composants d'un ordinateur**. Ils permettent de **connecter** les différentes **parties fonctionnelles** de cet ordinateur entre elles. En informatique, un bus permet le transport des informations entre différents composants d'un ordinateur. Il peut par exemple servir à relier le microprocesseur à la mémoire centrale, aux dispositifs de stockage ou aux périphériques. D'un point de vue technique, il est constitué d'un ensemble de fils (i.e. une nappe) ou de « pistes » sur un circuit intégré. Chacune de ces pistes permet de véhiculer une information en parallèle. Par conséquent, leur nombre influe sur la vitesse de transfert des données entre les composants de l'ordinateur.



BUS ORDINATEUR

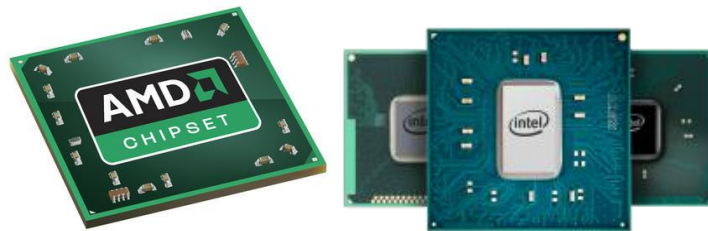
## f. La Carte graphique

La **carte graphique** ou **carte vidéo**, permet de produire une image pouvant être affichée sur un écran. La **carte graphique** envoie à l'écran des images stockées dans sa mémoire (Ram ou disque dur), à une fréquence et dans un format qui dépendent d'une part de l'écran branché et du port sur lequel il est branché (grâce au Plug and Play) et d'autre part de sa configuration interne. La carte graphique dispose de son propre processeur appelé le GPU (Graphic Processing Unit) qui s'occupe de calculs de graphisme 2D ou 3D. En prenant à sa charge la gestion de l'affichage, elle libère le processeur de cette fonction, traite elle-même les informations et utilise sa propre mémoire. On parle d'accélération matérielle qui désigne le fait de confier une tâche de calcul à un composant informatique tiers (carte PCI, PCI Express, AGP...) en vue de soulager le processeur et d'augmenter les performances.



*Figure 14 : Cartes graphique*

La carte graphique peut être remplacée par un chipset intégré (un circuit électronique chargé de coordonner les échanges de données entre les divers composants de l'ordinateur tels que le processeur, la mémoire...) directement à la carte mère. Toutefois, pour certaines applications et notamment les jeux, elle est indispensable.

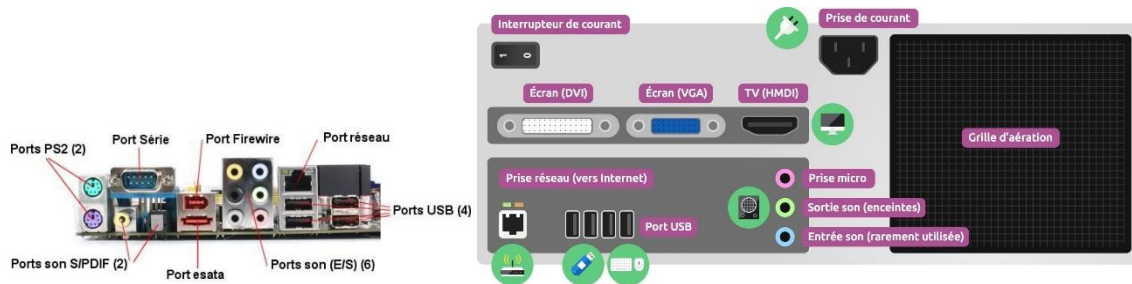


*Figure 15 : CHIPSET*

## g. Les interfaces d'entrées-sorties

**Les interfaces d'entrées-sorties** sont des dispositifs qui permettent de communiquer avec le monde extérieur (Usb, port série, ...).





L'arrière d'un ordinateur.

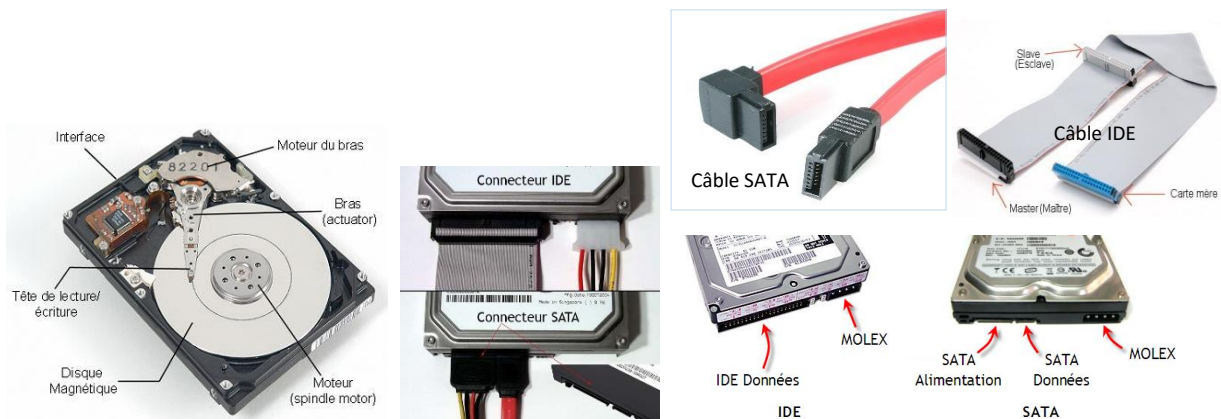
**Figure 16 : Interfaces d'entrée-sortie**

## h. Le Disque dur

Le disque dur (DD), en anglais Hard Disque Drive (HDD ou HD) stocke les données de façon permanente (les fichiers du système d'exploitation, les logiciels et surtout vos données (photo, vidéo, musique, etc.). Il dispose d'une mémoire cache qui conserve les données aux quelles on accède le plus souvent ce qui offre une lecture plus rapide.

On ne voit pas le disque (plateau) en lui-même ni le bras mécanique qui tient la tête de lecture contrairement à l'illustration ci-contre, il se présente sous la forme d'un boîtier rectangulaire, vissé au boîtier du pc. Plus la vitesse de rotation des plateaux est importante, plus les performances sont élevées, on trouve actuellement des disques durs tournant à 5400, 7200, 10000 ou 15000 RPM (Round Per Minute: tours par minute), les vitesses de 7200 et 10000 RPM étant les plus répandues.

Il est relié à la carte mère grâce à une nappe (câble plat) de type IDE ou grâce aux interfaces SATA (Serial ATA) ou SCSI. Un cavalier à positionner à l'arrière du boîtier permet de le désigner comme disque "Maître", le disque dur principal (Master) ou comme "Esclave", un disque auxiliaire (Slave).



*Figure 17 : Le disque dur*

Le disque dur était encore il y a peu indispensable au fonctionnement de l'ordinateur, on peut aujourd'hui le remplacer par un SSD. Les disques SSD pour (Solid-state drive) permettent de stocker des données tout comme le fait un disque dur mais leur conception et leurs caractéristiques sont différentes.

- ✚ Un SSD ne possède pas de bras mécanique ni de plateau rotatif comme le disque dur mais est uniquement fabriqué avec des composants électroniques "solides" et immobiles dans le boîtier (d'où son nom). De ce fait, les SSD tirent leur épingle du jeu sur plusieurs points.
- ✚ Les SSD sont plus résistants aux chocs et plus légers, ce qui en fait un choix intéressant pour les ordinateurs portables. D'autre part ils sont beaucoup plus rapides, ce qui est un atout pour tous les types d'ordinateurs vu que la rapidité d'exécution de l'ensemble des composants peut être ralentie par l'action mécanique du disque dur classique.
- ✚ Le SSD se compose de mémoire flash, plus résistante qu'un HDD, car en déplaçant un ordinateur portable allumé, vous avez un risque de tuer le disque dur à cause des mouvements des têtes des lectures.
- ✚ Le SSD a aussi pour avantage d'être plus silencieux, et surtout beaucoup plus rapide qu'un HDD. La vitesse de lecture et d'écriture peut varier de 27 Mo/s à 3Go/s, on se retrouve rarement à 27 Mo/s. Un HDD quant à lui attendra difficilement les 260 Mo/s qu'il est censé atteindre au maximum.
- ✚ Les SSD ont aussi leurs désavantages, les mémoires flash que l'on peut voir ci-dessus, ont une durée de vie plus limitée que les disques durs classiques, car la mémoire s'use à force de faire des cycles d'écritures et lectures. Il paraîtrait également que le SSD ne garderait pas la mémoire indéfiniment, et que cette dernière s'effacerait au bout d'une dizaine d'années.



*Figure 18 : Disques SSD*

#### i. Lecteur de disque ou lecteur/graveur CD/DVD

**Le lecteur de disque :** Qui peut être un lecteur et graveur en même temps. Le lecteur ou graveur est vissé au boîtier, glissé dans un emplacement ouvert sur l'avant du PC, permettant ainsi l'ouverture du

tiroir qui recevra le disque optique que l'on appelle plus communément CD (Compact Disc) ou DVD (Digital Versatile Disc). Il est connecté à la carte mère par un câble plat (nappe) IDE ou SATA.

Les vitesses en gravure et lecture sont suffisamment grandes de nos jours pour qu'on n'y prête pas le plus grand des intérêts. C'est plutôt le type de disques acceptés en lecture et en écriture qui sera l'objet de notre attention. Les technologies évoluent rapidement mais nous ne reviendrons pas sur ces normes qui sont expliquées dans notre lexique: CD-R ou DVD+-R, CD-RW ou DVD+-RW, DVD-Ram, Double-couche, Blu-ray et HD DVD.



*Figure 19 : Lecteur/graveur CD/DVD*

## j. Le Bloc d'alimentation

C'est lui qui alimente le PC en électricité, il convertit la tension qui arrive pour la rendre compatible avec les circuits de l'ordinateur. Il dispose de plusieurs connecteurs pour les cartes graphiques, disques durs ...

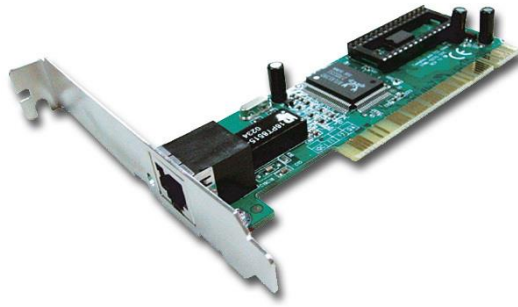


*Figure 20 : Bloc d'alimentation*

## k. La Carte réseaux

C'est elle qui envoie et contrôle les données sur le réseau, elle est identifiée par une adresse MAC, elle traduit les signaux numériques en électriques ou optiques.





*Figure 21 : Carte réseau*

## I. La Carte son

Elle permet de gérer les entrées-sorties sonores de l'ordinateur, dès qu'on branche un micro, un casque. Elle convertit donc les données audio de l'ordinateur en signal et inversement et dispose de connecteurs d'entrées-sorties externes comme la prise jack. On parle de résolution pour le rendu sonore.



*Figure 22 : Carte son*

## m. Le ventilateur

C'est lui qui refroidit votre PC, on le choisit selon sa capacité à faire circuler l'air et son silence de fonctionnement. On peut voir son nombre de tours par minute, plus il en fait, plus il est bruyant, un ventilateur de plus grand diamètre aura moins besoin de tourner.

On parle souvent de **ventirad** qui est contraction des mots ventilateur et radiateur. Le radiateur absorbe la chaleur du processeur, le ventilateur évacue la chaleur du processeur absorbé par le radiateur.



Ventilateur



Ventirad

*Figure 23 : Ventilateur et ventirad*

## VI. LES GRANDES FAMILLES D'ORDINATEURS

On distingue généralement plusieurs familles d'ordinateurs selon leur format, domaines d'applications ou architecture.

### 1. Les Mainframes

Les **mainframes** (en français *ordinateurs centraux*), ou les superordinateurs possédant une grande puissance de calcul (des milliers ou dizaines de milliers de processeurs), des capacités d'entrée-sortie gigantesques et un haut niveau de fiabilité. Les mainframes sont utilisés dans de grandes entreprises pour effectuer des opérations lourdes de calcul ou de traitement de données volumineuses. Les mainframes sont généralement utilisés dans des architectures centralisées, dont ils sont le cœur. En Juin 2016 la chine a construit Le super-ordinateur **Sunway TaihuLight** qui est l'ordinateur le plus puissant du monde.



*Figure 24 : Mainframes*

## 2. Les Ordinateurs personnels

On distingue :

- Les **ordinateurs de bureau** (en anglais *desktop computers*), composés d'un boîtier renfermant une carte mère et permettant de raccorder les différents périphériques tels que l'écran.
- Les ordinateurs portables (en anglais *laptop* ou *notebooks*), composé d'un boîtier intégrant un écran dépliant, un clavier et un grand nombre de périphériques incorporés.
- Les **Ordinateurs serveurs** : Ce sont de puissants ordinateurs conçu pour faire fonctionner des applications en réseau. Ils ont de grandes performances et fonctionnent 24h/24.



Ordinateur de bureau

Ordinateur portable

Ordinateur serveur

*Figure 25 : Ordinateurs personnels*

## 3. Les Tablettes

Appelées *ardoises électroniques*, ils sont composées d'un boîtier intégrant un écran tactile ainsi qu'un certain nombre de périphériques incorporés.



Tablette pc Windows

Tablette Android

*Figure 26 : Tablettes*

## 4. Les Smartphones

Les Smartphones sont des téléphones intelligents dotés de plusieurs fonctions (messagerie, appels, navigation internet, appareil photo etc.)



*Figure 27 : Smartphones*

## 5. Les Systèmes embarqués

Un **système embarqué** est défini comme un système électronique et informatique autonome, souvent temps réel, spécialisé dans une tâche bien précise. Le terme désigne aussi bien le matériel informatique que le logiciel utilisé. Ses ressources sont généralement limitées. Cette limitation est généralement d'ordre spatial (encombrement réduit) et énergétique (consommation restreinte). Un système embarqué est conçu pour une application spécifique contrairement à un système qui peut effectuer toutes sortes de tâches tel qu'un ordinateur de bureau ou laptop.

Les systèmes embarqués utilisent généralement des microprocesseurs ou des micro-contrôleurs pas nécessairement très puissants mais bien adaptés à la tâche. Souvent, le temps d'exécution de la tâche doit être connu et borné et le système doit être fiable et sécuritaire.

Voici des exemples de systèmes embarqués:

- les ordinateurs de bord d'une automobile, d'un avion, d'une navette spatiale;
- les radars, les sonars, les satellites;
- les téléphones portables, les routeurs, les assistants personnels (PDA);
- les robots, les automates programmables, les contrôleurs d'usine, de périphériques industriels;
- les appareils d'imagerie et d'électrophysiologie médicale;
- les systèmes d'alarmes, les contrôleurs de climatisation, d'ascenseurs, d'accès;
- les guichets automatiques, les télévisions, les photocopieurs, les caméscopes;
- etc.



*Figure 28 : Ordinateurs embarqués*

## 6. Les Ordinateurs du futur

### a. Les ordinateurs quantiques

Un **calculateur quantique** (anglais *quantum computer* parfois traduit **ordinateur<sup>note 1</sup> quantique**), utilise les propriétés quantiques de la matière, telle la superposition et l'intrication afin d'effectuer des opérations sur des données. À la différence d'un ordinateur classique basé sur des transistors qui travaille sur des données binaires (codées sur des bits, valant 0 ou 1), le calculateur quantique travaille sur des qubits dont l'état quantique peut posséder plusieurs valeurs.

Ce domaine est soutenu financièrement par plusieurs organisations, entreprises ou gouvernements en raison de l'importance de l'enjeu : au moins un algorithme conçu pour utiliser un circuit quantique, l'algorithme de Shor, rendrait possible de nombreux calculs combinatoires hors de portée d'un ordinateur classique en l'état actuel des connaissances

- en 2009, des chercheurs de l'université Yale créent le premier processeur quantique rudimentaire transistorisé de 2 qubits composés chacun d'un milliard d'atomes d'aluminium posés sur un support supraconducteur., capable d'exécuter des algorithmes élémentaires ;
- en mai 2013, Google lance le Quantum Artificial Intelligence Lab, hébergé par le Centre de recherche Ames de la NASA, avec un ordinateur quantique D-Wave 512 qubit.
- En 2015 la société canadienne D-Wave commercialise l'ordinateur quantique D-Wave 2X a 15 million de dollars avec une puce comportant 1000 qubits permettant à ses clients google et la nasa d'obtenir des performances  $10^8$  plus rapide qu'un ordinateur classique. La société D-Wave vient de sortir un nouveau et quatrième modèle avec 2000 qubits.
- 22 novembre 2016 : Microsoft annonce que l'informatique quantique est désormais *en tête* de ses priorités et qu'elle lui voit davantage d'avenir qu'aux PC;
- En mars 2017, IBM dévoile des nouveaux systèmes équipés de 16 et 17 bits quantiques (qubits) de volume quantique. À cette occasion IBM a confirmé son objectif de faire passer ses systèmes à 50 qubits ou plus dans les prochaines années.



D-Wave 2X



Ordinateur quantique IBM

*Figure 29 : Ordinateurs quantiques*

## b. Les ordinateurs à ADN

L'**ordinateur à ADN** est une des voies non électroniques actuellement explorées pour résoudre des problèmes combinatoires. Il ne prétend pas à la généralité et à la flexibilité d'un ordinateur général. Il s'agit plutôt d'un dispositif spécialisé comme peut l'être un processeur graphique, une carte son ou

un convolveur. Son principe, énoncé par Leonard Adleman en 1994, « consiste à coder une instance du problème avec des brins d'ADN et à les manipuler par les outils classiques de la biologie moléculaire pour simuler les opérations qui isoleront la solution du problème, si celle-ci existe. »

- En 2002, des chercheurs de l'Institut Weizmann à Rehovot, Israël, ont élaboré une machine informatique moléculaire programmable, composée d'enzymes et de molécules d'ADN au lieu de puces électroniques en silicium.
- En janvier 2013, les chercheurs ont pu stocker une photo JPEG, un ensemble de sonnets de Shakespeare, et un fichier audio du discours "I have a dream" de Martin Luther King Jr. dans un stockage de données numériques à ADN.

### c. Les ordinateurs optiques

Un **ordinateur optique** (ou **ordinateur photonique**) est un ordinateur numérique qui utilise des photons pour le traitement des informations, alors que les ordinateurs conventionnels utilisent des électrons.

Les photons ont la particularité de ne pas créer d'interférence magnétique, de ne pas générer de chaleur et de se propager très rapidement. Les transistors optiques sont beaucoup plus rapides que les transistors électroniques. Des ordinateurs optiques pourraient être plus puissants que les ordinateurs conventionnels actuels.

Les chercheurs ont essayé de concevoir des ordinateurs optiques depuis le début des années 1970. Des progrès significatifs ont été effectués dans les années 1980, mais la technologie en est toujours à ses débuts. En 1990, une équipe des laboratoires Bell dirigée par Alan Huang a construit le premier ordinateur optique, un ordinateur composé de séries de lasers, d'optiques et de miroirs capables de faire uniquement des additions.

Les nombreuses difficultés de mise en œuvre d'un ordinateur optique, en particulier la miniaturisation des composants optiques, rendent plus qu'hypothétique la sortie d'un ordinateur classique purement optique dans le proche avenir.

### d. Les ordinateurs neuronaux

Un **ordinateur neuronal** est un ordinateur dans lequel le processeur est constitué d'un ensemble de neurones biologiques ou imitant son fonctionnement.

D'ores et déjà, des circuits basés sur des neurones de sangsue ont réalisé des additions et une impulsion nerveuse circulant entre deux neurones d'escargot a transité par une puce électronique.

À ne pas confondre avec un **ordinateur à réseau de neurones**, qui est un ordinateur doté d'un processeur électronique qui imite le fonctionnement du réseau des neurones du cerveau.

**Date de chat en ligne: le 06 juillet 2017 à partir de 10h**

## **VII. EVALUATIONS**

**Date de l'évaluation en ligne : le 08 juillet 2017**



