



Chapitre 8

Cours: Systèmes Logiques et Architecture des Ordinateurs

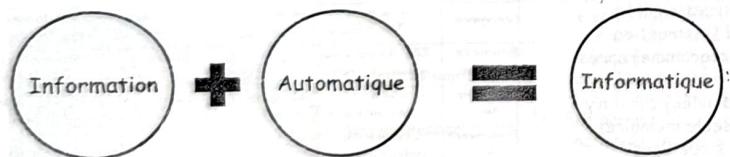
Dr. Safa Teboulbi

Année universitaire : 2024-2025



Introduction à la notion d'architecture des ordinateurs

Le mot **informatique** vient de la contraction des mots **information** et **automatique**.

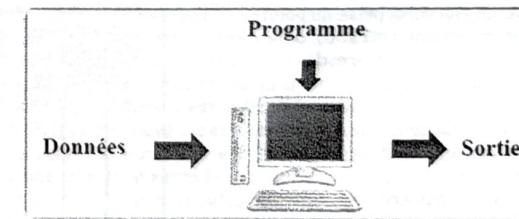


L'informatique, désigne l'ensemble des sciences et des techniques en rapport avec le traitement automatique de l'information et ce traitement est effectué par un système, concret (machine) ou abstrait.

1

Qu'est-ce qu'un ordinateur ?

L'ordinateur est une machine électronique programmable servant au traitement de l'information (texte, image, signal, vidéo) 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 ».

2

Un ordinateur est formé de trois composants :

1. Le processeur (ou UC unité centrale, ou CPU pour Central Processing Unit)
 2. Les mémoires
 3. Les dispositifs d'entrée-sortie
- Ces éléments étant interconnectés entre eux par des bus.



Qu'appelle-t-on architecture des ordinateurs ?

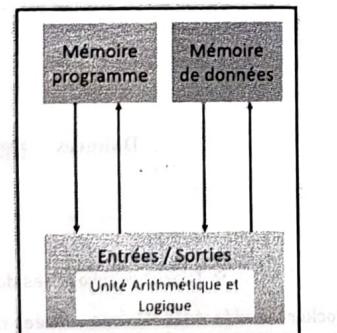
- L'architecture des ordinateurs est la discipline qui correspond à la façon dont on conçoit les composants d'un système informatique.
- En informatique, le terme architecture désigne l'organisation des éléments d'un système et les relations entre ces éléments. Il y a :
 - ❖ L'architecture matérielle : concerne l'organisation des différents dispositifs physiques que l'on trouve dans un ordinateur.
→ Fonctionnement logique de chaque composant et le dialogue entre les composants.
 - ❖ L'architecture logicielle : concerne l'organisation de différents programmes entre eux.
→ Codage de l'information et jeu d'instruction de la machine c-à-d l'ensemble des opérations que la machine peut exécuter.

3

L'Architecture 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).

- ❖ 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.



5

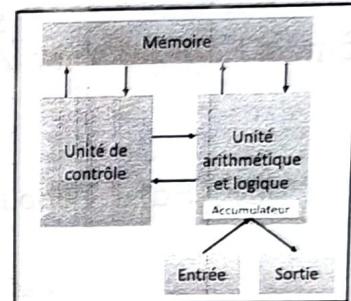
Machine de Von Neumann et machine de Harvard

Il existe deux architectures informatiques, qui diffèrent dans la manière d'accéder aux mémoires : L'Architecture de Von Neumann et l'Architecture de Harvard.

L'Architecture de Von Neumann

Cette architecture est appelée ainsi en référence au mathématicien John Von Neumann qui a élaboré en juin 1945 dans le cadre du projet EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), la première description d'un ordinateur dont le programme est stocké dans sa mémoire.

- ❖ L'architecture de Von Neumann décompose l'ordinateur en quatre parties :
 1. Unité Arithmétique et Logique (UAL) : effectue les calculs (les opérations de base).
 2. Unité de contrôle (UC) : commande les autres unités ; qui est chargée du séquençage des opérations.
 - a. Envoie des signaux de contrôle aux autres unités.
 - b. Supervise le fonctionnement de l'UAL.
 - c. Envoie des signaux d'horloge aux autres unités...
 3. Mémoire : dispositif de stockage de données et programme.
 4. Dispositifs d'Entrée-Sortie : permettent l'échange d'informations avec les dispositifs extérieurs
- ❖ Les différents organes du système sont reliés par des voies de communication appelées bus (Bus d'adresse et bus de données).



4

La différence entre l'architecture de Von Neumann et Harvard

- ❖ 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.

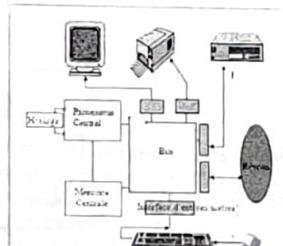
Différence	Architecture de Von Neumann	Architecture de Harvard
Nom	Elle porte le nom du mathématicien et informaticien John Von Neumann	Le nom provient du Harvard Mark I, un ancien ordinateur à relais, projet réalisé à l'université Harvard
Conception	La conception de l'architecture de Von Neumann est simple.	La conception de l'architecture de Harvard est complexe.
Système de mémoire	Elle a besoin d'une seule mémoire pour les instructions et les données.	Elle a besoin de deux mémoires pour les instructions et les données.
Système de bus	Ne requiert qu'un seul bus pour les instructions et les données.	Nécessite un bus séparé pour les instructions et les données.
Traitements des instructions	Le processeur a besoin de deux cycles d'horloge pour terminer une instruction.	Le processeur peut compléter une instruction en un cycle.
Performance	Faible performance par rapport à l'architecture de Harvard.	Plus facile à canaliser, donc de hautes performances peuvent être atteintes.
Coût	Coût moins cher.	Coût relativement élevé.
Utilisation	Principalement utilisé sur toutes les machines (des ordinateurs de bureau, des ordinateurs portables et stations de travail hautes performances).	Concept utilisé principalement dans les microcontrôleurs et le traitement du signal numérique (DSP - Digital Signal Processor).

6

Principaux composants d'un ordinateur

- ❖ Un ordinateur est une machine électronique capable de résoudre et traiter des problèmes en appliquant des instructions probablement définies. Donc il permet :
 - D'acquérir des informations.
 - De conserver des informations.
 - D'effectuer des traitements sur les informations.
 - De restituer des informations.
- ❖ Concernant l'organisation de base d'un ordinateur, il doit posséder les unités fonctionnelles suivantes :

- Unité de traitement (Processeur) : cerveau de l'ordinateur, supervise les autres unités et effectue les traitements (exécution et calcul).
- Unités de stockage (Mémoire) : lieu de stockage des informations (programmes et données).
- Unités d'entrées et de sorties (Périphériques) : ce sont les unités qui sont destinées à recueillir les informations en entrée et à les restituer en sortie.
- Bus de communication assurent les connexions entre les différentes unités.



La structure d'un ordinateur général

7

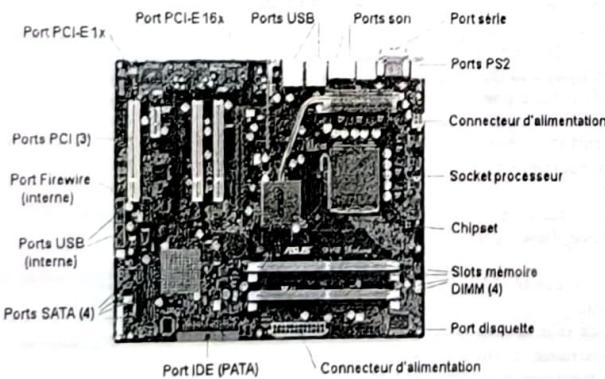
Composants de l'ordinateur

- ❖ Un ordinateur est un ensemble de composants électroniques modulaires, c'est-à-dire des composants pouvant être remplacés par d'autres composants ayant éventuellement des caractéristiques différentes, capables de faire fonctionner des programmes informatiques.
- ❖ La mise en œuvre de ces systèmes s'appuie sur deux modes de réalisation distincts :
 - Le matériel (hardware) correspond à l'aspect concret ou physique de l'ordinateur : unité centrale, mémoire, organes d'entrées-sorties, etc...
 - Le logiciel (software) désigne au contraire tout ce qui n'est pas matériel est qui correspond à un ensemble d'instructions, appelé programme, qui sont contenues dans les différentes mémoires du système d'un ordinateur et qui définissent les actions effectuées par le matériel.
- ❖ Les composants matériels de l'ordinateur sont architecturés autour d'une carte principale comportant quelques circuits intégrés et beaucoup de composants électroniques tels que condensateurs, résistances, etc...
- ❖ Tous ces composants sont soudés sur la carte et sont reliés par les connexions du circuit imprimé et par un grand nombre de connecteurs : cette carte est appelée « carte mère ».

8

Présentation de la carte mère

L'élément constitutif principal et essentiel de l'ordinateur est la carte mère (en anglais « Mainboard » ou « Motherboard »).



- La carte mère est la plus grande carte électronique prenant la forme d'un circuit imprimé. C'est le système nerveux de l'ordinateur car elle assemble et met en relation tous les composants matériels.
- Elle permet à tous ses composants de fonctionner ensemble efficacement car elle assure la connexion physique des différents composants (processeur, mémoire, carte d'entrées/sorties, ...) par l'intermédiaire de différents bus (adresses, données et commande).
- La qualité de la carte mère est vitale puisque la performance de l'ordinateur dépend énormément d'elle.

9

Caractéristiques d'une carte mère

Il existe plusieurs façons de caractériser une carte mère, notamment selon les caractéristiques suivantes :

- Le facteur d'encombrement (ou facteur de forme, en anglais form factor) : on désigne par ce terme la géométrie, les dimensions, l'agencement et les caractéristiques électriques de la carte mère. Il existe différents formats de cartes mères, comme par exemple : en 1995 ATX (Advanced Technology eXtended), en 2005 BTX (Balanced Technology eXtended.), en 2009 ITX (Information Technology eXtended), ... etc.
- Le chipset : (traduisez jeu de composants ou jeu de circuits) : c'est une interface d'entrée/sortie. Elle est constituée par un jeu de plusieurs composants chargés de gérer la communication entre le microprocesseur et les périphériques. C'est le lien entre les différents bus de la carte mère.
- Le bios (Basic Input Output Service) : c'est un programme responsable de la gestion du matériel (clavier, écran, disque dur, liaisons séries et parallèles, etc..). Il est sauvegardé dans une mémoire morte (ROM de type EEPROM) et agit comme une interface entre le système d'exploitation et le matériel.
- Le type de support : On distingue deux catégories de supports :
 - Sockets** : un socket (en anglais) est le nom du connecteur destiné au processeur. Il s'agit d'un connecteur de forme carré possédant un grand nombre de petits connecteurs sur lequel le processeur vient directement s'enficher.
 - Slots** : un slot (en anglais) est une fente rectangulaire dans laquelle on insère un composant. Selon le type de composant accueilli, on peut utiliser d'autres mots pour désigner des slots :
 - Un port d'extension ou un connecteur d'extension pour enficher une **carte d'extension**.
 - Un support pour enficher une barrette de **mémoire vive**.
 - Un slot pour enficher un **processeur**, à ne pas confondre avec un socket car certains processeurs conditionnés sous forme de cartouche.

10

e. Les ports de connexion : ils permettent de connecter des périphériques sur les différents bus de la carte mère.
Il existe deux sortes de connecteurs (ou ports) :

1. **Les connecteurs internes** : Il existe des connecteurs internes pour connecter des cartes d'extension (PCI 'Peripheral Component Interconnect', ISA 'Industry Standard Architecture', AGP 'Accelerated Graphics Port').

2. **Les connecteurs externes** (aussi appelé I/O Panel (Input/Output Panel) en anglais) : Il existe des connecteurs externes pour connecter d'autres périphériques externes à l'ordinateur : USB 'Universal Serial Bus', RJ45 'Registered Jack', VGA 'Video Graphics Array', DVI 'Digital Visual Interface', HDMI 'High Definition Multimedia Interface', DisplayPort, audio analogiques, audio numériques, Firewire.

Processeur

Le processeur (CPU, pour Central Processing Unit, soit Unité Centrale de Traitement) est le cerveau de l'ordinateur. Il permet les échanges de données entre les différents composants (disque dur, mémoire RAM, Carte graphique, ...) et de manipuler des informations numériques, c'est-à-dire des informations codées sous forme binaire et d'exécuter les instructions stockées en mémoire. Sa puissance est exprimée en Hertz.

Electroniquement, le processeur est une puce (circuit intégré complexe) d'environ 4cm de côté et quelques millimètres d'épaisseur en silicium regroupant quelques centaines de millions de transistors, qui chauffe beaucoup car il est très sollicité. Au-dessus du radiateur, un ventilateur va se charger d'évacuer cette chaleur.



11

12

Unités d'un processeur

Le processeur est constitué d'un ensemble d'unités fonctionnelles reliées entre elles.

Les rôles des principaux éléments d'un microprocesseur sont les suivants :

1. Une unité d'instruction (ou **unité de commande**, en anglais control unit), qui contrôle toutes les composantes et qui lit les données arrivantes, les décode puis les envoie à l'unité d'exécution. L'unité d'instruction est notamment constituée des éléments suivants :

a. Séquenceur (ou **bloc logique de commande**) chargé de synchroniser l'exécution des instructions au rythme d'une horloge. Il est ainsi chargé de l'envoi des signaux de commande.

b. Compteur ordinal contenant l'adresse de l'instruction en cours.
c. Registre d'instruction contenant l'instruction à exécuter.

d. Décodeur d'instruction identifie l'instruction à exécuter qui se trouve dans le registre RI, puis d'indiquer au séquenceur la nature de cette instruction afin que ce dernier puisse déterminer la séquence des actions à réaliser.

2. Une unité d'exécution (ou **unité de traitement**), qui accomplit les tâches que lui a donné l'unité d'instruction. L'unité d'exécution est notamment composée des éléments suivants :

a. L'unité arithmétique et logique (notée UAL ou en anglais ALU pour Arithmetical and Logical Unit) pour le traitement des données.

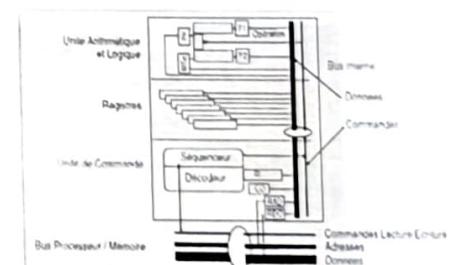
b. L'unité de virgule flottante (notée FPU, pour Floating Point Unit), qui accomplit les calculs complexes non entiers que ne peut réaliser l'unité arithmétique et logique.

c. Le registre d'état est généralement composé de 8 bits à considérer individuellement. Chacun de ces bits est un indicateur dont l'état dépend du résultat de la dernière opération effectuée par l'UAL. On les appelle indicateurs d'état ou flag ou drapeaux. Dans un programme le résultat du test de leur état conditionne souvent le déroulement de la suite du programme.

On peut citer par exemple les indicateurs de : Retenu (carry : C), Débordement (overflow : OV ou V), Zéro (Z)

d. Le registre accumulateur sert à stocker les données traitées par l'UAL.

3. Une unité de gestion des bus (ou **unité d'entrées-sorties**), qui gère les flux d'informations entrant et sortant, en interface avec la mémoire vive du système.



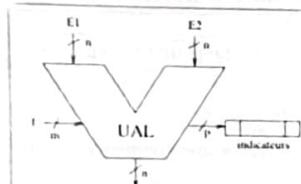
L'architecture générale d'un processeur

13

14

Unité Arithmétique et Logique

C'est le cœur du processeur, l'UAL (l'abrévégé de l'unité arithmétique et logique) est chargé de l'exécution de tous les calculs que peut réaliser le microprocesseur.



L'unité arithmétique et logique

- C'est un circuit combinatoire qui produit un résultat (S) sur n bits en fonction des données présentes sur ses entrées (E_1 et E_2) et de la fonction à réaliser (f) et met à jour les indicateurs.
- L'UAL permet de réaliser différents types d'opérations sur des données de la forme $S = f(E_1, E_2)$:
 - Des opérations arithmétiques : additions, soustractions, ...
 - Des opérations logiques : ou, et, ou exclusif, ...
 - Des décalages et rotations.

15

L'architecture de l'unité centrale de traitement (CPU) permet de fonctionner à l'endroit où elle a été conçue. La conception architecturale du CPU est basée sur le système d'instructions réduit (RISC) et sur le système d'instructions complexe (CISC).

Architecture CISC

L'architecture CISC (Complex Instruction Set Computer, soit « ordinateur à jeu d'instruction complexe ») consiste à câbler dans le processeur des instructions complexes, difficiles à créer à partir des instructions de base. L'architecture CISC est utilisée en particulier par les processeurs de type 80x86. Ce type d'architecture possède un coût élevé dû aux fonctions évoluées imprimées sur le silicium. D'autre part, les instructions sont de longueurs variables et peuvent parfois nécessiter plus d'un cycle d'horloge. Or, un processeur basé sur l'architecture CISC ne peut traiter qu'une instruction à la fois, d'où un temps d'exécution conséquent.

Architecture RISC

Un processeur utilisant la technologie RISC (Reduced Instruction Set Computer, soit « ordinateur à jeu d'instructions réduit ») n'a pas de fonctions évoluées câblées. Les programmes doivent ainsi être traduits en instructions simples, ce qui entraîne un développement plus difficile et/ou un compilateur plus puissant. Une telle architecture possède un coût de fabrication réduit par rapport aux processeurs CISC. De plus, les instructions, simples par nature, sont exécutées en un seul cycle d'horloge, ce qui rend l'exécution des programmes plus rapide qu'avec des processeurs basés sur une architecture CISC. Enfin, de tels processeurs sont capables de traiter plusieurs instructions simultanément en les traitant en parallèle.

17

Familles

Chaque type de processeur possède son propre jeu d'instruction. On distingue ainsi les familles de processeurs suivants, possédant chacun un jeu d'instruction qui leur est propre :

• 80x86 : le « x » représente la famille. On parle ainsi de 386, 486, 586, 686, etc.

- ARM
- IA-64
- MIPS
- Motorola 6800
- PowerPC
- SPARC...

Cela explique qu'un programme réalisé pour un type de processeur ne puisse fonctionner directement sur un système possédant un autre type de processeur, à moins d'une traduction des instructions, appelée émulation. Le terme « émulateur » est utilisé pour désigner le programme réalisant cette traduction.

Jeu d'instructions

On appelle jeu d'instructions l'ensemble des opérations élémentaires qu'un processeur peut accomplir. Le jeu d'instruction d'un processeur détermine ainsi son architecture, sachant qu'une même architecture peut aboutir à des implémentations différentes selon les constructeurs. Le processeur travaille effectivement grâce à un nombre limité de fonctions, directement câblées sur les circuits électroniques. La plupart des opérations peuvent être réalisées à l'aide de fonctions basiques. Certaines architectures incluent néanmoins des fonctions évoluées courante dans le processeur.

16

CISC Versus RISC

CISC	RISC
Le processeur CISC dispose d'instructions complexes prenant plusieurs cycles d'horloges pour l'exécution.	Les processeurs RISC ont des instructions simples prenant environ un cycle d'horloge.
Les performances sont optimisées en mettant davantage l'accent sur le matériel.	Les performances sont optimisées avec plus de focus sur les logiciels
Peu de registres	Beaucoup de registres
Le temps d'exécution est très élevé	Le temps d'exécution est très bas
Il nécessite une mémoire externe pour des calculs	Il ne nécessite pas de mémoire externe pour des calculs
Compilateur simple	Compilateur complexe
Plus d'instructions disponibles: programmation plus simple et souple	Peu d'instructions disponibles: programmation difficile
Beaucoup de modes d'adressage	Peu de mode d'adressage
Décodage complexe et lent	Décodage simple et rapide
Toutes les instructions sont susceptibles d'accéder à la mémoire	Seules les instructions de chargement et de rangement ont accès à la mémoire.

18

BUS

Un bus est un ensemble de fils (conducteurs électriques) qui assure la transmission des informations binaires entre les éléments de l'ordinateur. Il y a plusieurs bus spécialisés en fonction des types de périphériques concernés et de la nature des informations transportées : adresses, commandes ou données.

Caractéristiques d'un bus

Un bus est caractérisé par :

- a. Sa largeur : un bus est caractérisé par le volume d'informations qui peuvent être envoyées en parallèle (exprimé en bits) correspond au nombre de lignes physiques sur lesquelles les données sont envoyées de manière simultanée. Ainsi la largeur désigne le nombre de bits qu'un bus peut transmettre simultanément.

$$1 \text{ fil transmet un bit, } 1 \text{ bus à } n \text{ fils} = \text{bus } n \text{ bits}$$

Exemple : une nappe de 32 fils permet ainsi de transmettre 32 bits en parallèle.

- b. Sa vitesse : est le nombre de paquets de données envoyés ou reçus par seconde. Elle est également définie par sa fréquence (exprimée en Hertz).

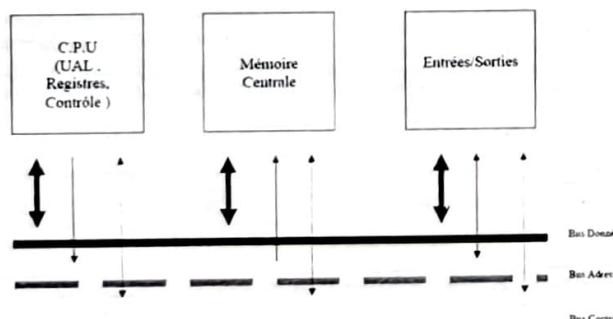
On parle de cycle pour désigner chaque envoi ou réception de données. Un cycle mémoire assure le transfert d'un mot mémoire :

$$\text{Cycle mémoire (s)} = 1 / \text{fréquence}$$

19

Différents types de bus

Selon la nature de l'information à transporter, on retrouve trois types de bus d'information en parallèle dans un système de traitement programmé de l'information :



Les différents types de bus

21

- c. Son débit : Le débit maximal du bus (ou le taux de transfert maximal) est la quantité de données qu'il peut transférer par unité de temps, en multipliant sa largeur par sa fréquence.

$$\text{Débit (octets/s)} = (\text{nombre de transferts par seconde} * \text{largeur}) / 8$$

$$\text{Bande passante (en Mo/s)} = \text{largeur bus (en octets)} * \text{fréquence (en Hz)}$$

Exercice : Un bus de 8 bits, cadencé à une fréquence de 100 MHz. Calculer le taux de transfert.

Solution :

Le bus possède donc un taux de transfert égal à :

$$\begin{aligned} \text{Taux de transfert} &= \text{largeur bus} * \text{fréquence} \\ &= 8 * 100 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^8 \text{ bits/s} = 10^8 \text{ octets/s} = 10^5 \text{ K octets/s} = 10^2 \text{ M octets/s} \end{aligned}$$

20

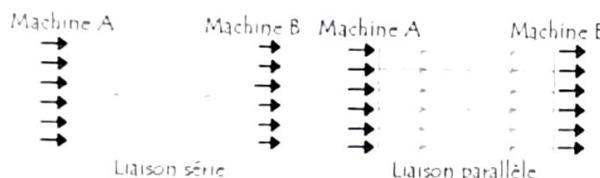
- a. Bus de données : c'est un bidirectionnel, il assure le transfert des informations (opérations et données) entre le microprocesseur et son environnement, et inversement. Son nombre de lignes est égal à la capacité de traitement du microprocesseur.
- b. Bus d'adresses (bus d'adressage ou mémoire) : c'est un bus unidirectionnel, il permet la sélection des informations à traiter dans un espace mémoire (ou espace adressable) selon la demande du processeur pour lire ou écrire une donnée. Il peut avoir 2^n emplacements, avec n = nombre de conducteurs du bus d'adresses.
- c. Bus de commande (bus de contrôle) : c'est un bidirectionnel, constitué par quelques conducteurs qui assurent la synchronisation des flux d'informations. Il transporte les signaux de contrôle (lecture ou écriture mémoire, opération d'entrées/ sorties, ...), dont les éléments sont disponibles sur les bus données ou adresses.

22

Types de bus de données

Il existe deux grands types de bus de données selon le type de transmission :

- Les bus **séries** : ils permettent des transmissions sur de grandes distances. Ils utilisent une seule voie de communication sur laquelle les bits sont envoyés les uns à la suite des autres. Exemples : USB, SATA.
- Les bus **parallèles** : sur un bus parallèle plusieurs bits sont transmis simultanément. Ils sont utilisés sur des distances courtes par exemple pour relier le processeur à la mémoire. Exemple : PATA.



Les types de bus de données

Principaux bus

On distingue généralement sur un ordinateur deux principaux bus :

- Bus système** (*bus interne* en anglais *internal bus* ou *front-side bus*, note FSB) permet au processeur de communiquer avec la mémoire centrale du système (mémoire vive ou RAM) comme les bus d'adresse et de données.
- Bus d'extension** (*bus d'entrée sortie*) permet aux divers composants liés à la carte-mère (USB, série, parallèle, cartes branchées sur les connecteurs PCI, disques durs, lecteurs et graveurs de CD-ROM, etc.) de communiquer entre eux. Il permet aussi l'ajout de nouveaux périphériques grâce aux connecteurs d'extension (appelés slots) qui lui y sont raccordés.

Remarque :

La performance d'un bus est conditionnée par sa capacité de transport simultané (16, 32, 64 bits...) et par l'électronique qui le pilote (le **chipset**).

23

24

Registres

Lorsque le processeur exécute des instructions en cours de traitement, les données sont temporairement stockées dans de petites mémoires (rapides de 8, 16, 32 ou 64 bits) que l'on appelle **registres**. Selon le type de processeur le nombre global de registres peut varier d'une dizaine à plusieurs centaines.

Il existe deux types de registres :

- Registres visibles par l'utilisateur (manipulable par le programmeur) : un registre utilisateur est un registre référencable pour les instructions exécutées par le processeur. On trouve différentes catégories :
 - **Données** : ne peuvent pas être employées pour le calcul d'adresses
 - **Adresses** : souvent dévolues à un mode d'adressage particulier (contenant des valeurs de base ou d'index).
 - **Conditions (flags)** : constitués d'une suite de bits indépendants dont chacun est positionné en fonction du résultat d'une opération.
 - **Autres** : n'ont pas de fonction spécifique.

Les registres de l'UAL (unité arithmétique et logique), qui sont accessibles au programmeur, contrairement aux registres de l'UCC (unité de contrôle et commande). On dénombre :

- **Registre accumulateur (ACC)**, stockant les résultats des opérations arithmétiques et logiques des données en cours de traitement.
- **Registres arithmétiques** : destinés pour les opérations arithmétiques (+, -, *, /, complément à 1, ...) ou logiques (NOT, AND, OR, XOR), l'accumulateur (ACC) pour stocker le résultat, ...
- **Registres d'index** : pour stocker l'index d'un tableau de données et ainsi calculer des adresses dans ce tableau.
- **Registre pointeur** : d'une pile ou de son sommet
- **Registres généraux** : pour diverses opérations, exemple stocker des résultats intermédiaires.
- **Registres spécialisés** : destinés pour certaines opérations comme les registres de décalages, registres des opérations arithmétiques à virgule flottante, ...etc

25

26

- b. **Registres de contrôle et des statuts (non visible par le programmeur)** : utilisés par l'unité de commandes pour contrôler l'activité du processeur et par des programmes du système d'exploitation pour contrôler l'exécution des programmes. Quatre registres sont essentiels à l'exécution d'une instruction. Ils sont utilisés pour l'échange avec la mémoire principale :
- **Le compteur ordinaire** (CO ou PC, pour Program Counter) : contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter.
 - **Le registre d'instruction** (RI ou IR, pour Instruction Register) : contient l'instruction en cours de traitement.
 - **Le registre d'adresse mémoire** (MAR, pour Memory Address Register) : contient une adresse mémoire et il est directement connecté au bus d'adresse.
 - **Le registre tampon mémoire** (MBR, pour Memory Buffly Register) : contient un mot de données à écrire en mémoire ou un mot lu récemment. Il est directement connecté au bus de données et il fait le lien avec les registres visibles par l'utilisateur.

Mémoires

Un ordinateur a deux caractéristiques essentielles qui sont la **vitesse** à laquelle il peut traiter un grand nombre d'informations et la **capacité de memoriser ces informations**.

On appelle « **mémoire** » tout dispositif capable d'**enregistrer**, de **conserver** aussi longtemps que possible et de les **restituer** à la demande. Il existe deux types de mémoire dans un système informatique

- **La mémoire centrale** (ou interne) permettant de mémoriser temporairement les données et les programmes lors de l'exécution des applications. Elle est très rapide, physiquement peu encombrante mais coûteuse. C'est la *mémoire de travail de l'ordinateur*.
- **La mémoire de masse** (ou auxiliaire, externe) permettant de stocker des informations à long terme, y compris lors de l'arrêt de l'ordinateur. Elle est plus lente, assez encombrante physiquement, mais meilleur marché. C'est la *mémoire de sauvegarde des informations*.

27

28

Caractéristiques d'une mémoire

Les principales caractéristiques d'une mémoire sont les suivantes :

- 1- **La capacité** (la taille) : représentant le volume global d'informations (en bits et aussi souvent en octet) que la mémoire peut stocker
- 2- **Le format des données** : correspondant au nombre de bits que l'on peut mémoriser par case mémoire. On dit aussi que c'est la largeur du **mot** mémorisable.
- 3- **Le temps d'accès** : correspondant à l'intervalle de temps entre la demande de lecture/écriture (en mémoire) et la disponibilité sur le bus de donnée T_a
- 4- **Le temps de cycle** : représentant l'intervalle de temps minimum entre deux accès successifs de lecture ou d'écriture T_c . On a $T_a < T_c$ à cause des opérations de synchronisation, de rafraîchissement, de stabilisation des signaux, ... etc. On $T_c = T_a + \text{temps de rafraîchissement mémoire}$.
- 5- **Le débit** (vitesse de transfert ou bande passante) : définissant le volume d'informations échangées (lues ou écrites) par unité de temps (seconde), exprimé en bits par seconde : $\text{Débit} = n / T_c$ et n est le nombre de bits transférés par cycle
- 6- **La non volatilité** : caractérisant l'aptitude d'une mémoire à conserver les données lorsqu'elle n'est plus alimentée électriquement et volatile dans le cas contraire.

Mémoire interne

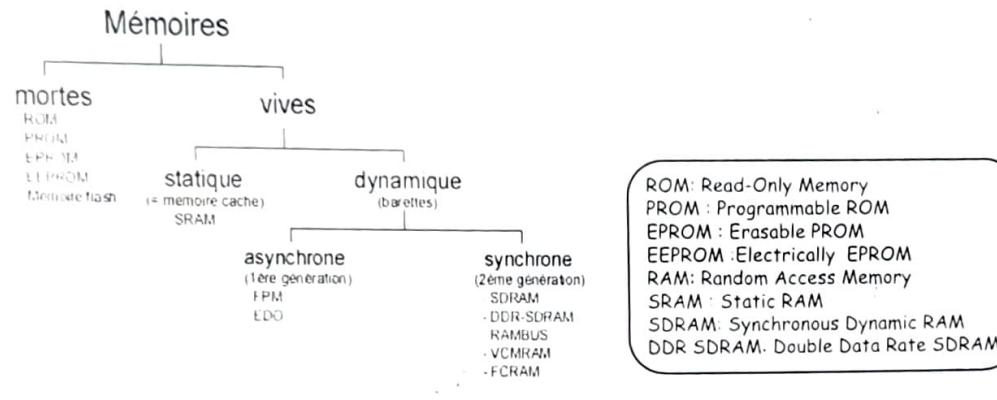
La mémoire centrale (MC) représente l'espace de travail de l'ordinateur car c'est l'organe principal de **rangement** des informations utilisées par le processeur.

Dans une machine (ordinateur - calculateur) pour exécuter un programme il faut le charger (copier) dans la mémoire centrale. Le **temps d'accès** à la mémoire centrale et sa **capacité** sont deux éléments qui influent sur le **temps d'exécution** d'un programme (performance d'une machine).

Les mémoires composant la mémoire principale sont des mémoires à base de **semi-conducteurs**, employant un mode d'accès aléatoire. Elles sont de deux types : volatiles ou non. Voici un schéma qui résume les différents types de mémoires.

29

30



31

- La capacité de stockage de la mémoire est définie comme étant le nombre de mots constituant.
- Avec une adresse de n bits il est possible de référencer au plus 2^n cases mémoire
- Chaque case est remplie par un mot de données (sa longueur m est toujours une puissance de 2)

$$\boxed{\text{Capacité} = 2^n \text{ Mots mémoire} = 2^n * m \text{ Bits}}$$

- Le nombre de fils d'adresses d'un boîtier mémoire définit donc le nombre de cases mémoire que comprend le boîtier.

$$\boxed{\text{Nombre de mots} = 2^{\text{nombre de lignes d'adresses}}}$$

- Le nombre de fils de données définit la taille des données que l'on peut sauvegarder dans chaque case mémoire.

$$\boxed{\text{Taille du mot (en bits)} = \text{nombre lignes de données}}$$

32