

Cours

Architectures des Ordinateurs

2^{ème} Année Licence en Informatique

Partie 1



☐ **Références bibliographique**

☐ **Conception & Architecture des ordinateurs :**

Interface Matériel / Logiciel David Patterson / John Hennessy

➤ **Code 004, DE 2/10 à 10/10**



Introduction

- ❑ L'Architecture des Ordinateurs expose les principes de fonctionnement des ordinateurs.
- Il ne s'agit pas seulement d'apprendre à programmer en langage machine, mais aussi de comprendre, à bas niveau, l'organisation de ces machines et leurs paramètres tels que les instructions du microprocesseur, les jeux de registres, la méthodologie de gestion de la mémoire, et d'autres fonctions ...

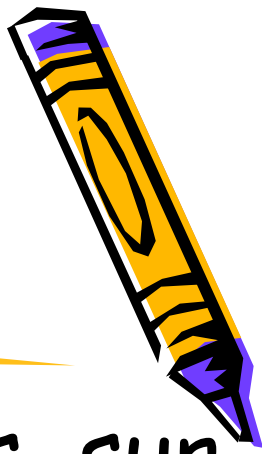


Introduction

- la représentation des données à l'intérieur de la machine,
- le processeur et son langage machine,
- les fonctions de base de son système d'exploitation (BIOS),
- les mécanismes de communication avec l'extérieur (entrées/sorties).



Introduction



- Dans ce cours nous nous appuierons sur l'étude détaillée de l'architecture du PC, dont nous étudierons l'architecture de base d'un ordinateur selon le modèle de Von Neumann,



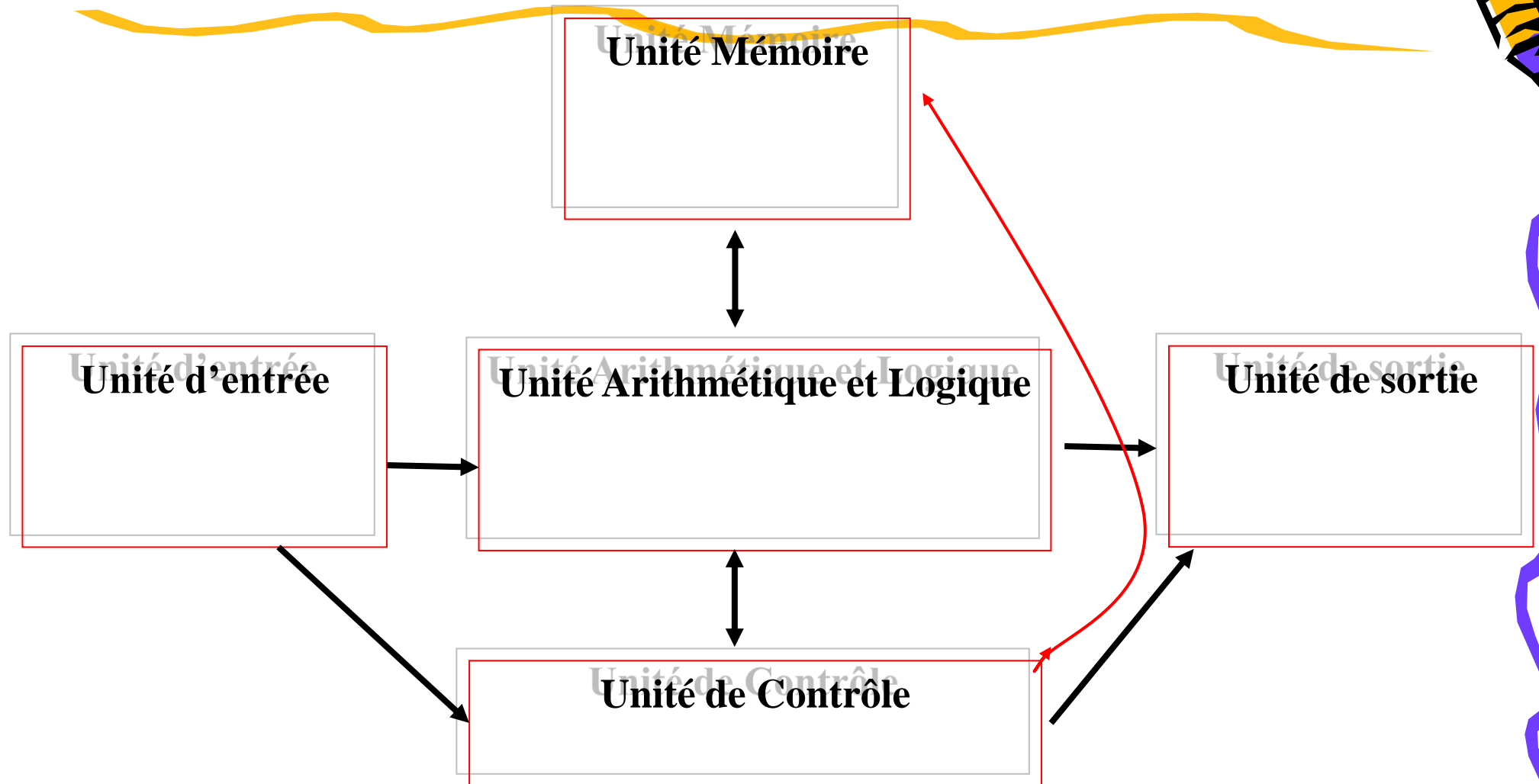
Introduction

□ Architecture de Von Neumann

□ L'architecture de Von Neumann est un modèle structurel d'ordinateur dans lequel une unité de stockage (mémoire) unique sert à conserver à la fois les instructions et les données demandées ou produites par une unité de calcul. Les ordinateurs actuels sont tous basés sur des versions améliorées de cette architecture.



Introduction



Le modèle de Von Neumann

Qu'est ce qu'un ordinateur ?



□ Un ordinateur est une machine de traitement de l'information. Il est capable d'acquérir de l'information à partir d'un organe d'entrée (par exemple un clavier), de la stocker dans la mémoire centrale pour la faire traiter (transformer) par son processeur en fonction d'un programme pour en fin délivrer des résultats en sortie, via un organe de sortie (par exemple un écran).



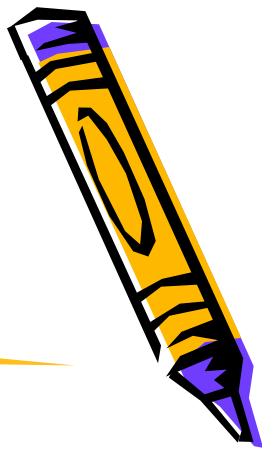
Qu'est ce qu'un ordinateur ?



- ☐ Le mot "informatique" vient de la contraction des mots "information" et "automatique".
- ☐ Nous appelons information tout ensemble de données.



Qu'est ce qu'un ordinateur ?



□ On distingue généralement différents types d'informations :

- textes, nombres, sons, images, etc., mais aussi les instructions composant un programme.
- Mais, à l'intérieur de la machine toutes ces informations sont manipulée sous forme binaire (ou numérique).



Principaux composants d'un ordinateur



- Il y a deux types de composants d'un ordinateur,
 - Composants matériels (Hardwares).
 - Composants logiciels (Softwares).



Principaux composants d'un ordinateur



❑ Composants matériels d'un ordinateur (Hardwares),

❑ Un ordinateur se compose de :

- une unité centrale (mémoire centrale + processeur) pour le traitement des données
- un ensemble de périphériques permettant l'échange d'informations avec l'unité centrale.



Principaux composants d'un ordinateur



❖ L'unité centrale se compose de:

✓ un processeur

✓ une mémoire centrale



Principaux composants d'un ordinateur



- Le processeur central ou CPU correspond au moteur de la machine : il exécute les instructions (opérations) des programmes
- La mémoire centrale contient les programmes (listes d'opérations) de traitement et les informations (données) à traiter
- Le clavier, la souris, la camera numérique et le scanner permettent l'interaction avec les utilisateurs



Principaux composants d'un ordinateur



En faisant entrer leurs informations (données) vers l'unité centrale.

L'écran, l'imprimante et le haut-parleur (son) permettent l'interaction avec les utilisateurs

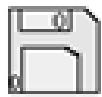
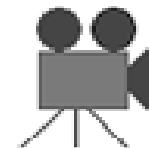
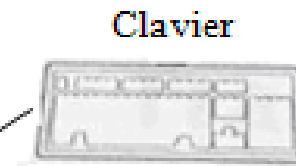
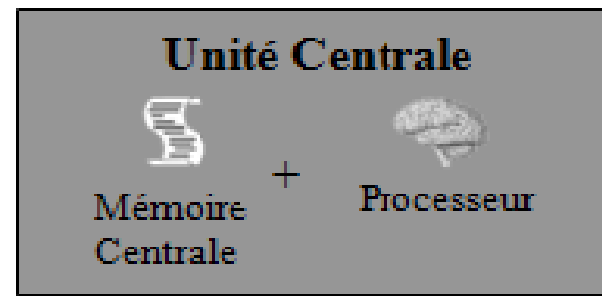
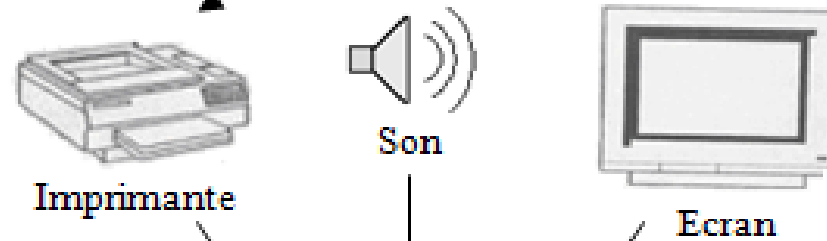
En leur faisant sortir les résultats des traitements.
Le disque dur, le CD-ROM, le flash disque et l'unité de disquette permettent le stockage permanent des informations.



Principaux composants d'un ordinateur



Périphériques de sortie des informations



Périphériques de stockage des informations

Périphériques d'entrée des informations



Principaux composants d'un ordinateur



❑ Composants logiciels d'un ordinateur (Softwares)

- Un logiciel (Software) est une série d'instructions (opérations) exécutées par un ordinateur pour réaliser une tâche particulière, il est appelé aussi programme.

❖ Il existe deux types principaux de logiciels :

Les logiciels système
(système d'exploitation)

Les logiciels d'applications
(programmes)



Principaux composants d'un ordinateur



- ❑ Les logiciels système (système d'exploitation) : ensemble de programmes qui gère le fonctionnement du micro ordinateur vis-à-vis de ses périphériques et qui assure un «pont» entre l'utilisateur et la machine physique

❖ Exemples :

- ✓ MS-DOS,
- ✓ Windows 9x,
- ✓ Windows 2000,
- ✓ Windows XP,
- ✓ Linux, etc.).



Principaux composants d'un ordinateur



- ❑ Les logiciels d'applications (programmes) : Programmes qui exécutent les tâches que les utilisateurs attendent des ordinateurs, ce sont des programmes développés généralement par des entreprises de logiciels (des groupes d'ingénieurs) ou par des utilisateurs eux-mêmes (dans le cas des programmes simples).

❖ Exemple de logiciels

❖ Word et Excel sont des logiciels développées par Microsoft (entreprise de logiciels),

- **Remarque** : On assimile souvent les logiciels à des données
- un logiciel indique au matériel comment traiter les données. Un logiciel est «**exécuté**», tandis que les données sont «**traitées**».



Architecture de base d'un ordinateur



□ Dans cette partie, nous décrivons rapidement l'architecture de base d'un ordinateur et les principes de son fonctionnement.

□ nous rappelons qu'un ordinateur est une machine de traitement de l'information.

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



Architecture de base d'un ordinateur



□ Nous appelons *information* un ensemble de données.

- On distingue généralement différents types d'informations :
 - ❖ *textes, nombres, sons, images, etc.,*
- *mais aussi les instructions composant un programme.*
- *Comme on l'a vu précédemment , toute information est manipulée sous forme binaire (ou numérique) par l'ordinateur.*



Architecture de base d'un ordinateur

□ Composantes principales d'un ordinateur selon Von Neumann :

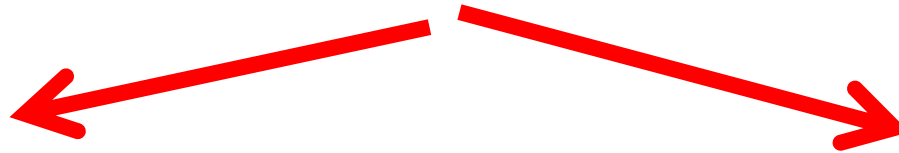
❖ L'architecture, dite «architecture de Von Neumann» décompose l'ordinateur en quatre parties distinctes :



Architecture de base d'un ordinateur



1. Le processeur ou CPU (Central Processing Unit) est divisé en deux parties (voir la figure suivante, Fig - 3.1),

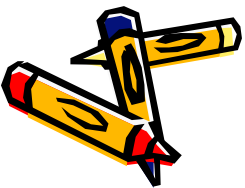


✓ l'unité de contrôle ou « commande »

Elle est responsable de la lecture en mémoire, du décodage des instructions et du séquençage des opérations nécessaires à l'exécution d'une instruction ;

✓ unité de traitement

Aussi appelée Unité Arithmétique et Logique (UAL ou ALU en anglais), réalise les opérations arithmétiques de base (addition, soustraction, multiplication, ...) demandées dans une instruction,



Architecture de base d'un ordinateur

2. La mémoire qui contient à la fois les données à traiter et le programme exécuté par l'unité de contrôle.

La mémoire se divise entre

❖ mémoire volatile ou
RAM

(Random Access Memory)
qui contient programmes et
données en cours de
traitement

❖ mémoire permanente ou
ROM

(Read Only Memory)
qui stocke
programmes et données
de base de la machine



Architecture de base d'un ordinateur



3. Les dispositifs d'entrée-sortie : permettant de communiquer avec le monde extérieur.

4. Les bus pour relier les différents composants de la machine.



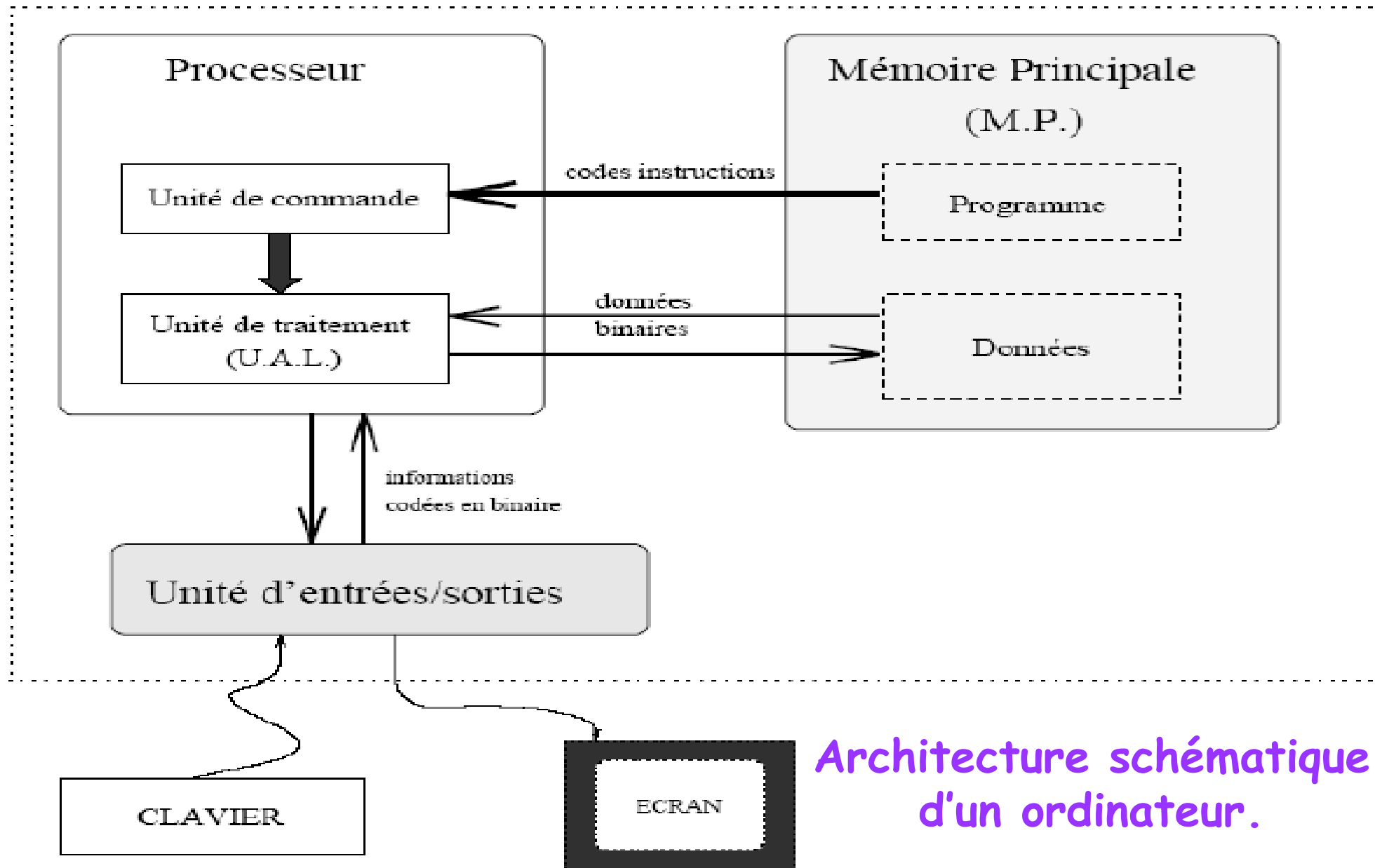
Architecture de base d'un ordinateur



- ❑ Pour chaque instruction stockée dans la mémoire centrale, le processeur effectue schématiquement les opérations suivantes :
 - Lire en mémoire (MP) (l'instruction à exécuter) ;
 - Effectuer le traitement correspondant ;
 - Passer à l'instruction suivante.



Architecture de base d'un ordinateur



Architecture de base d'un ordinateur



□ La mémoire principale (MP)

- La mémoire principale est le composant principal dans lequel sont rangés les programmes et les données utilisées par le CPU.
- Pour exécuter un programme, il faut d'abord :
 - ✓ Le charger (instructions + données) en mémoire principale,
 - ✓ ensuite, on y cherche les instructions les unes après les autres pour les exécuter séquentiellement dans le CPU.



Architecture de base d'un ordinateur



□ Structure de la MP

- ❖ La mémoire principale est formée d'un certain nombre de cellules (ou cases ou bien emplacement),
- ❖ chacune contenant un nombre fixe de bits (par exemple 8 bits).
- ❖ Chaque cellule a un numéro, que nous appellerons son adresse.
- ❖ Avec ces numéros d'adresses, le CPU peut accéder à n'importe quelle cellule sans passer par les autres cellules,
- ❖ C'est pour ça qu'on l'appelle généralement mémoire à accès direct ou à accès aléatoire ou bien **RAM (Random Access Memory)**.



Architecture de base d'un ordinateur



- Dans une mémoire de taille N octets, on a N emplacements (cases) mémoires, numérotés (adressés) de 0 à $N-1$ comme le montre la figure de la page suivante.
- Remarque : Les adresses sont le plus souvent écrites en hexadécimal.



Architecture de base d'un ordinateur



Adresse	Emplacement							
0000	0	1	0	1	1	0	1	0
0001								
0002								
0003								
0004								
N-2								
N-1								
	7	6	5	4	3	2	1	0
	numéros des bits							
	bit de poids fort				bit de poids faible			

Structure de la
Mémoire principale.



Architecture de base d'un ordinateur



- ❑ La capacité (taille) de la mémoire est le nombre d'emplacements, exprimé en général en kilo-octets ou en méga-octets, voire davantage.
- ❑ Rappelons que le kilo informatique vaut 1024 et non 1000
- ❑ ($2^{10} = 1024 \approx 1000$). Voici les multiples les plus utilisés :

1 K (Kilo)	2^{10}	= 1024
1 M (Méga)	2^{20}	= 1 048 576
1 G (Giga)	2^{30}	= 1 073 741 824
1 T (Téra)	2^{40}	= 1 099 511 627 776



Architecture de base d'un ordinateur



❑ Caractéristiques d'une mémoire

- ❑ **La capacité** : nombre total de bits que contient la mémoire. Elle s'exprime aussi souvent en octet;
- ❑ **Le format des données** : nombre de bits que l'on peut mémoriser par case mémoire. On parle de la largeur du mot mémorisable ;
- ❑ **Le temps d'accès** : temps qui s'écoule entre l'instant où a été lancée une opération de lecture/écriture en mémoire et l'instant où la première information est disponible sur le bus de données ;



Architecture de base d'un ordinateur



❑ Caractéristiques d'une mémoire (suite)

❑ **Le temps de cycle** : il représente l'intervalle minimum qui doit séparer deux demandes successives de lecture ou d'écriture ;

❑ **Le débit** : nombre maximum d'informations lues ou écrites par seconde ;

❑ **La volatilité** : elle caractérise la permanence des informations dans la mémoire. L'information stockée est volatile si elle risque d'être altérée par un défaut d'alimentation électrique et non volatile dans le cas contraire.



Architecture de base d'un ordinateur



Opérations sur la mémoire

Les seules opérations possibles sur la mémoire sont :

- ❑ *L'écriture d'un emplacement* : le processeur donne une valeur et une adresse, et la mémoire range la valeur à l'emplacement indiqué par l'adresse;
- ❑ *La lecture d'un emplacement* : le processeur demande à la mémoire la valeur contenue à l'emplacement dont il indique l'adresse. Le contenu de l'emplacement lu reste inchangé.



Architecture de base d'un ordinateur



□ Pour effectuer ces deux opérations, la mémoire principale comporte deux registres :

□ **Le registre RA** (registre adresse de la mémoire ou *memory address register (MAR)*), *c'est le registre auquel le CPU doit envoyer l'adresse de la case mémoire à lire ou à écrire.*

□ **Le registre RM** (registre mot ou *memory data register (MDR)*), *c'est le registre qui contient le mot à écrire dans la mémoire ou à lire de la mémoire par le CPU.*



Architecture de base d'un ordinateur



❑ **Unité de transfert**

❑ **Notons que les opérations de lecture et d'écriture portent en général sur plusieurs octets contigus en mémoire :**

❑ ***un mot mémoire. La taille d'un mot mémoire dépend du type de processeur; elle est de :***

- **1 octet (8 bits) dans les processeurs 8 bits (par exemple Motorola 6502) ;**
- **2 octets dans les processeurs 16 bits (par exemple Intel 8086) ;**
- **4 octets dans les processeurs 32 bits (par ex. Intel 80486 ou Motorola 68030).**



Architecture de base d'un ordinateur



❑ Le processeur central

➤ Le processeur central, (ou CPU, Central Processing Unit, « Unité centrale de traitement » en français ou encore MPU (Micro-Processing Unit) pour les microprocesseurs) est le composant essentiel d'un ordinateur, c'est l'élément moteur de l'ordinateur qui interprète les instructions et traite les données d'un programme.

❑ Le processeur est un circuit électronique complexe qui exécute chaque instruction très rapidement, en quelques cycles d'horloges.



Architecture de base d'un ordinateur



□ Un microprocesseur n'est rien d'autre qu'un processeur dont tous les constituants sont réunis sur la même puce électronique (pastille de silicium), afin de réduire les coûts de fabrication et d'augmenter la vitesse de traitement.

□ Les micro-ordinateurs (ordinateurs personnels) sont tous équipés de microprocesseurs. L'architecture de base des processeurs équipant les gros ordinateurs est la même que celle des microprocesseurs.



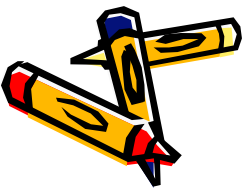
Architecture de base d'un ordinateur



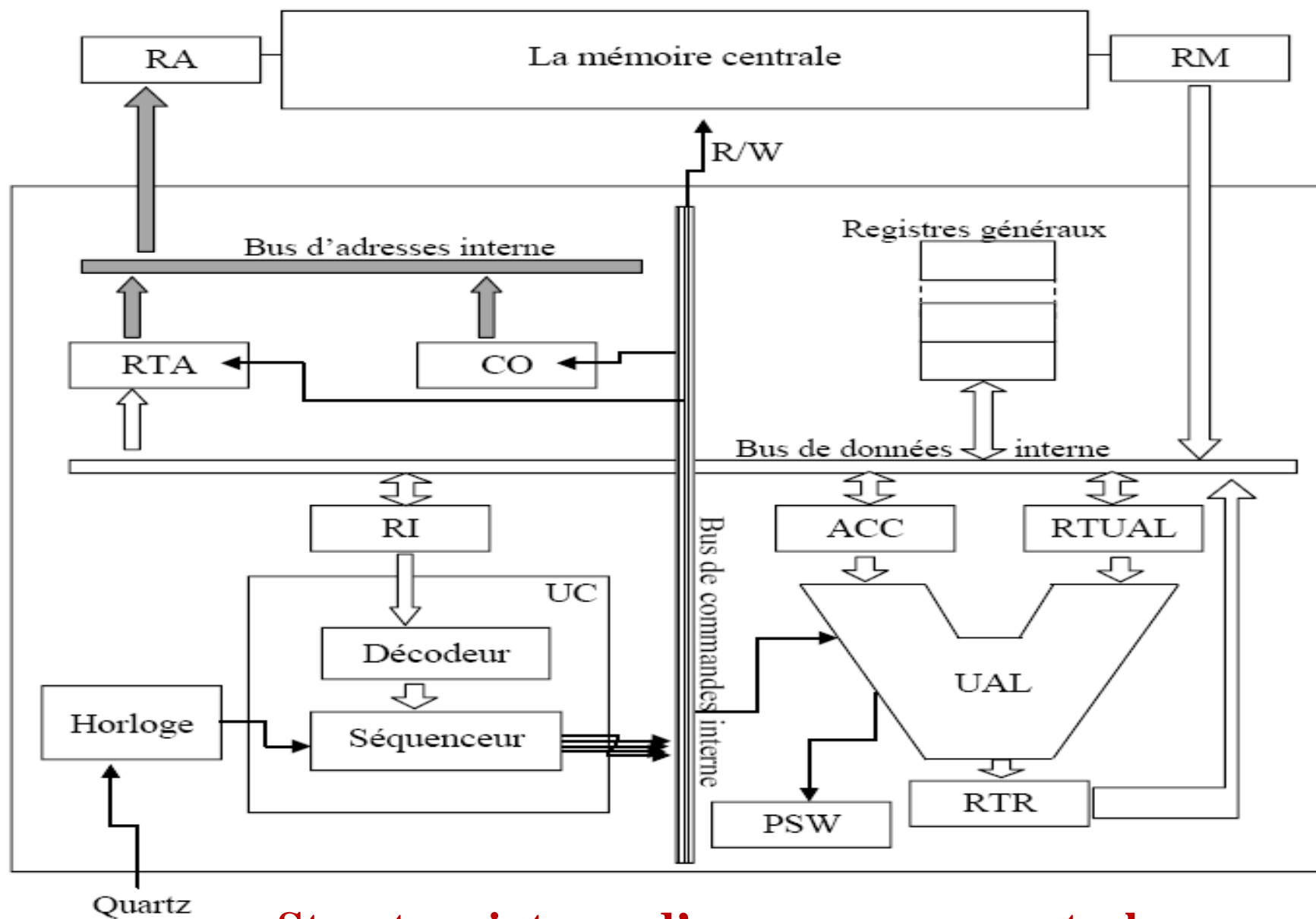
□ Composition d'un processeur central

Comme il est montré dans la figure suivante, une unité centrale se compose d'au moins deux unités fonctionnelles (l'unité de commande et l'unité de calcul (**UAL**)) et d'un certain nombre de registres pour stocker des données à traiter, des résultats intermédiaires ou des informations de commande.

➤ Avec bien sûr un ensemble de bus internes pour relier tous ces composants entre eux.



Architecture de base d'un ordinateur



Structure interne d'un processeur central



Architecture de base d'un ordinateur

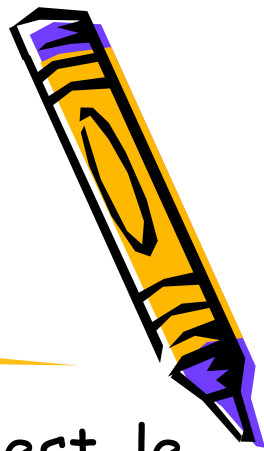


□ L'Unité Arithmétique et Logique : L'Unité Arithmétique et Logique (UAL, en anglais Arithmetic and Logical Unit - ALU) : est le composant qui prend en charge l'exécution des opérations

- booléennes et des opérations arithmétiques
- addition,
- soustraction,
- multiplication,
- division,
- comparaison, ... etc. pour des entiers.



Architecture de base d'un ordinateur



□ L'unité de commande (UC) : L'unité de commande est le composant qui dirige le fonctionnement de tous les autres éléments de l'unité centrale (UAL, mémoire, entrées / sorties, etc.) en leur envoyant des signaux de commande. Les principaux éléments de l'unité de commande sont :



Architecture de base d'un ordinateur



□ Le décodeur qui est chargée du décodage des instructions pour déterminer l'opération à effectuer et les opérandes nécessaires;

□ Le séquenceur qui a la responsabilité de générer les signaux de commande nécessaires pour actionner et contrôler les unités participant à l'exécution d'une instruction donnée.

- Cette fonction peut être réalisée de deux façons:
 - ❖ séquenceur câblé
 - ❖ séquenceur microprogrammé.



Architecture de base d'un ordinateur

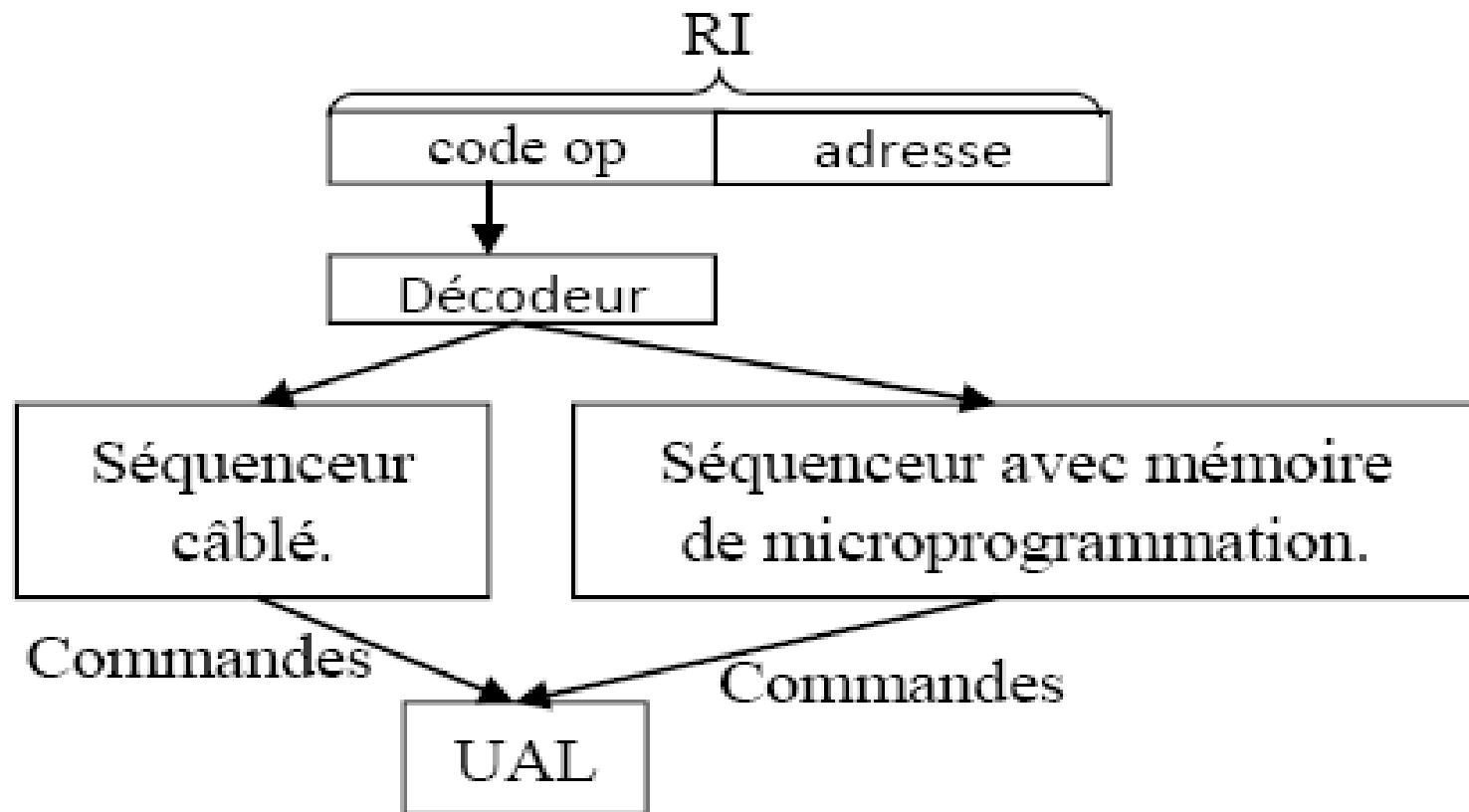


- ❑ Un séquenceur câblé est un circuit séquentiel complexe qui fait correspondre à chaque instruction un sous-circuit capable de commander son déroulement.
- ❑ On peut obtenir le même résultat avec une suite de micro-instructions stockées dans une mémoire de microprogrammation.
 - ✓ Ce microprogramme (firmware) est capable de générer une suite de signaux de commande équivalent à celle qui serait produite par un séquenceur câblé.



Architecture de base d'un ordinateur

- Donc d'une manière générale, le fonctionnement de ces deux éléments est résumé dans la figure suivante :



Principe de fonctionnement de l'unité de commande.

Architecture de base d'un ordinateur



□ **Les registres** : Les registres sont des mémoires internes de petite taille (quelques octets), très rapides d'accès, utilisées pour stocker temporairement une donnée, une instruction ou une adresse.

□ Parmi ces registres certains servent pour les opérations arithmétiques ou logiques, d'autres ont des fonctions particulières comme :



Architecture de base d'un ordinateur



- ❑ Le registre instruction (RI) qui contient l'instruction à exécuter (lue en mémoire via le bus de données) ;
- ❑ Le compteur ordinal (CO) qui pointe sur la prochaine instruction ;
- ❑ Le registre accumulateur (ACC) qui peut contenir une des deux opérands avant l'exécution, comme il peut également dans certains types de processeurs recevoir le résultat après ;
- ❑ Le registre Tampon de l'UAL (RTUAL) qui stocke temporairement l'une des deux opérands d'une instructions arithmétiques;



Architecture de base d'un ordinateur



- ❑ Le registre Tampon de l'UAL (RTR) qui stocke temporairement le résultat d'une instructions arithmétiques;
- ❑ Le registre d'état (RE ou PSW : Processor Status Word) qui contient des informations sur l'état du système (retenue, dépassement, etc.).
- ❑ Le registre Tampon d'Adresse (RTA) qui est utilisé pour accéder à une donnée en mémoire.
- ❑ Les registres généraux qui conservent des informations utilisées fréquemment, des résultats intermédiaires, etc. pour limiter les accès à la mémoire. Ils sont généralement accessibles au programmeur.



Architecture de base d'un ordinateur



❑ Constitution des instructions exécutées par le processeur central

➤ Une instruction est une opération élémentaire représentant le plus petit ordre que peut être destiné à un ordinateur.

➤ Elle porte généralement deux types d'informations pour ce dernier, qui sont :

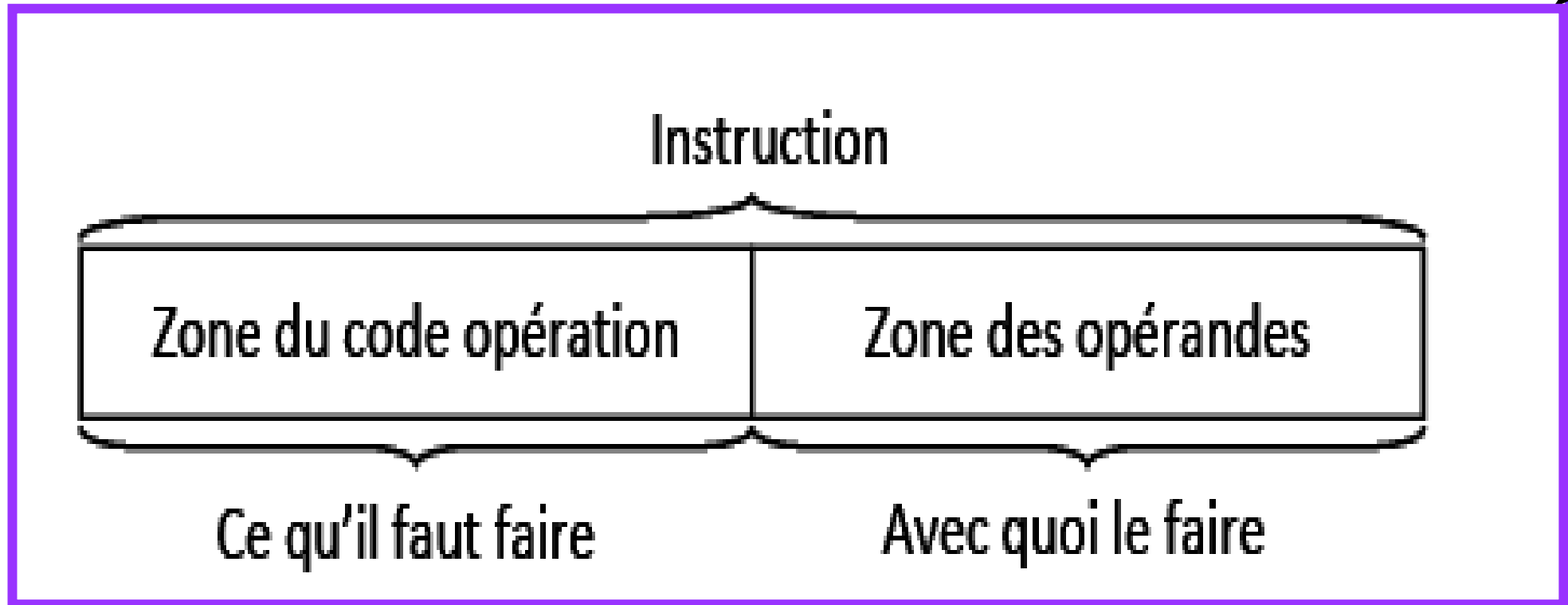
❖ Ce qu'il faut faire comme action (addition, soustraction, transfert de données, affichage, etc.) ;

❖ Avec quelle données réaliser cette action (A, B, etc.) ;

➤ Une instruction peut donc se décomposer en deux zones ou champs, comme le montre la figure suivante :



Architecture de base d'un ordinateur



Structure d'une instruction machine



Architecture de base d'un ordinateur



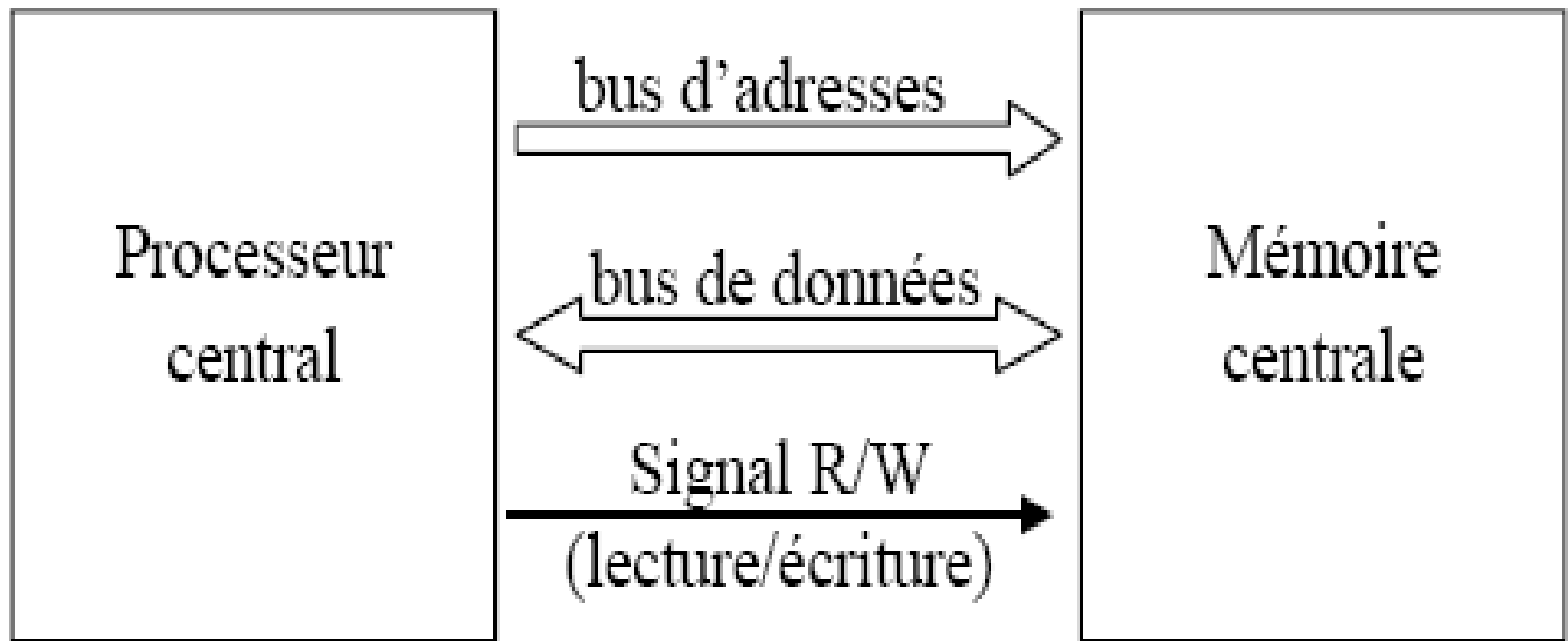
□ Liaisons Processeur-Mémoire :

➤ les bus : Les informations échangées entre la mémoire et le processeur circulent sur des bus.

□ Un bus est simplement un ensemble de n fils conducteurs, utilisés pour transporter n signaux binaires. Comme il est montré dans la figure suivante, les bus qui relient le processeur central à la mémoire centrale sont de trois types :



Architecture de base d'un ordinateur



Connexions Processeur-Mémoire



Architecture de base d'un ordinateur



- ❑ Le bus d'adresses qui est un bus unidirectionnel (seul le processeur envoie des adresses). Il est composé de n fils ; on utilise donc des adresses de n bits. La mémoire peut posséder au maximum 2^n emplacements (adresses de 0 à $2^n - 1$).
- ❑ Le bus de données qui est un bus bidirectionnel. Lors d'une lecture, c'est la mémoire qui envoie un mot sur le bus (le contenu de l'emplacement demandé) ; lors d'une écriture, c'est le processeur qui envoie la donnée.
- ❑ Le bus de commandes qui est un bus unidirectionnel (seul le processeur envoie des commandes) composé d'un seul fil, utilisé pour envoyer à la mémoire centrale un signal R/W (Read/Write), qui lui indique si l'on effectue un accès en lecture ou en écriture.



Architecture de base d'un ordinateur



□ Les étapes d'exécution d'une instruction : Le rôle fondamental du processeur central est d'exécuter une série d'instructions stockées dans la mémoire centrale appelées "programme". L'exécution de chacune de ces instructions passe par trois phases :

- La phase Recherche (fetch),
- La phase Décodage (decode),
- La phase Exécution (exécute).

Auxquelles, il faut aussi ajouter :

- ❖ La recherche des opérandes,
- ❖ La mémorisation des résultats.



Architecture de base d'un ordinateur



❑ **La recherche de l'instruction** : La première étape, **FETCH** (recherche), consiste à rechercher une instruction dans la mémoire vive de l'ordinateur.

❑ **Dans cette étape :**

- Le contenu du CO (compteur ordinal) est transféré vers le registre RA de la mémoire centrale.
- L'unité de commande (UC) émet un ordre de lecture (**READ=RD=1**) vers la mémoire centrale.
- Au bout d'un certain temps (temps d'accès à la mémoire) le contenu de la case mémoire sélectionné est disponible sur le registre RM de la mémoire centrale.
- L'unité de commande charge le contenu du registre RM vers le registre d'instruction (RI) pour décodage.



Architecture de base d'un ordinateur



❑ **Le décodage de l'instruction** : Dans l'étape DECODE (décodage)

- Le registre d'instruction (RI) contient maintenant l'instruction qui peut être codée sur plusieurs mots (Instruction = code opération + adresse opérande).
- Le décodeur analyse le premier mot contenant le code opération pour définir la nature de l'opération à effectuer (addition, rotation,...) et le nombre d'opérandes de l'instruction.
- Pendant que l'adresse de l'opérande est envoyée à RTA, le type d'opération demandée est transmis au séquenceur pour l'exécution de l'instruction.



Architecture de base d'un ordinateur



❑ **L'exécution de l'instruction** : Après les étapes de recherche et de décodage arrive l'étape EXECUTE (exécution) de l'instruction.

❑ Au cours de cette étape :

➤ Le séquenceur lance l'exécution du microprogramme correspondant à l'opération demandée, ce microprogramme assure l'envoi des signaux de commandes aux différents composants participant à l'exécution de l'instruction.

➤ Les indicateurs du registre d'état sont positionnés.

➤ L'unité de commande positionne le compteur ordinal (CO) pour l'instruction suivante.



Introduction au langage machine du processeur 8086



□ **Introduction** : Comme nous avons vu dans le chapitre précédent, un processeur quel qu'il soit sait exécuter un ensemble bien défini de codes machines appelés instructions machines ou encore jeu d'instructions.

□ Suivant la complexité du jeu d'instruction utilisé, on peut classer les processeurs en deux grandes familles :



Introduction au langage machine du processeur 8086



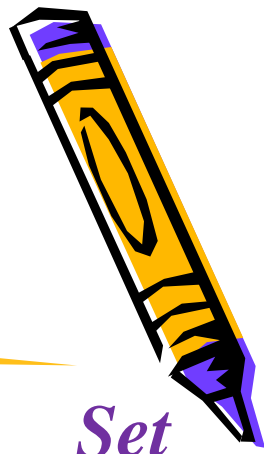
❑ *Les processeurs CISC (Complex Instruction Set Computers) : dans ce type de processeurs, on utilise un jeu d'instruction complexe et très riche ce qu'en résulte des instructions de format et de durée d'exécution variables (l'exécution de l'instruction par plusieurs cycles machine).*

❑ *Ce type de jeu d'instructions fut celui de tous les processeurs conçus jusqu'au début des années 80.*

❑ *A titre d'exemples citons: les processeurs 680x0 de Motorola, les processeurs 8086, 80x86 d'Intel, ...*



Introduction au langage machine du processeur 8086



□ Les processeurs *RISC* (*Reduced Instruction Set Computers*) : dans ce type de processeurs, on utilise un petit nombre d'instructions élémentaires dans un format fixe, faciles à réaliser dans le matériel et d'exécution rapide (1 instruction par cycle machine). *Toutes les machines conçues pendant les années 80 furent de ce type.*

□ Nous pouvons citer: les processeurs *MIPS* de *SGI*, les processeurs *PowerPC* d'*IBM-Motorola*, les processeurs *SPARC* de *SUN*, les processeurs *ALPHA* de *Digital Equipment/Compacq,*)



Introduction au langage machine du processeur 8086



□ En plus de cette classification, les microprocesseurs sont souvent différenciés selon leur architecture interne : la taille de leurs bus (16, 32 ou 64 bits...), le nombre et les types de leurs registres, ...

□ Dans cette partie du cours, nous allons étudier le microprocesseur **8086** (c'est un processeur **CISC**), la programmation en langage machine et en assembleur dans ce type de microprocesseurs, on va étudier sa structure, les codes instructions et son jeu d'instruction.



Introduction au langage machine du processeur 8086



□ Caractéristiques du processeur étudié

- La gamme de microprocesseurs 80x86 équipe les micro-ordinateurs de type PC et compatibles.
- Les premiers modèles de PC, commercialisés au début des années 1980, utilisaient le 8086, un microprocesseur 16 bits.
- Les modèles suivants ont utilisé successivement le 80286, 80386, 80486 et Pentium (ou 80586).



Introduction au langage machine du processeur 8086



- Chacun de ces processeurs est plus puissant que les précédents: augmentation de la fréquence d'horloge, de la largeur de bus (32 bits d'adresse et de données), introduction de nouvelles instructions (par exemple calcul sur les réels) et ajout de registres.
- Chacun d'entre eux est compatible avec les modèles précédents ; un programme écrit dans le langage machine du 286 peut s'exécuter sans modification sur un 486 ou un Pentium. L'inverse n'est pas vrai, puisque chaque génération a ajouté des instructions nouvelles. On parle donc de **compatibilité ascendante**.
- Du fait de cette compatibilité, il est possible de programmer le Pentium 4, utilisé dans nos salles de Travaux Pratiques, comme un processeur 16 bits. Par souci de simplification.
- Ainsi, nous n'utiliserons que des registres de 16 bits.



Introduction au langage machine du processeur 8086



➤ Parmi les caractéristiques principales du microprocesseur 8086, on peut citer :

- Il se présente sous forme d'un boîtier de 40 broches alimenté par une alimentation unique de 5V.
- Il possède un bus multiplexé adresse/donnée de 20 bits.
- Le bus de donnée occupe 16 bits ce qui permet d'échanger des mots de 2 octets
- Le bus d'adresse occupe 20 bits ce qui permet d'adresser 1 Méga octets (2^{20})
- Tous les registres sont de 16 bits, mais pour garder la compatibilité avec le 8085/8088, certains registres sont découpés en deux et on peut accéder séparément à la partie haute et à la partie basse.



Introduction au langage machine du processeur 8086



□ Segmentation de la mémoire dans le 8086

- Le 8086 possède 20 bits d'adresse, il peut donc adresser 2^{20} octets soit **1 Mo**.
- L'adresse de la première case mémoire est 00000h celle de la dernière case est FFFFFh.
- Le problème qui se pose est comment représenter ces adresses au sein du μP puisque les registres ne font que 16 bits. La solution adoptée par Intel a été la suivante :
 - Puisque avec 16 bits on peut adresser 2^{16} octets = 65535 octets = 64 ko, La mémoire totale adressable de 1 Mo est fractionnée en pages de 64 ko appelés segments.
 - On utilise alors deux registres pour adresser une case mémoire donnée, Un registre pour adresser le segment qu'on appelle registre segment et un registre pour adresser à l'intérieur du segment qu'on désignera par registre d'adressage ou offset. Une adresse se présente toujours sous la forme segment:offset.



Introduction au langage machine du processeur 8086



00000	Segment 1
0FFFF	
10000	Segment 2
1FFFF	
20000	⋮
EFFFF	⋮
F0000	Segment 15
FFFFFF	

Exemple :

➤ Considérons la case mémoire d'adresse **10350**, appelée adresse absolue ou adresse linéaire.

➤ Cette case mémoire se situe dans le **segment 2**, son adresse relative à ce segment est **350**, on peut donc la référencer par le couple :

segment:offset = **10000:350**,

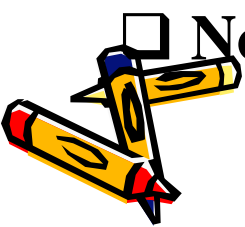


Introduction au langage machine du processeur 8086



Remarque :

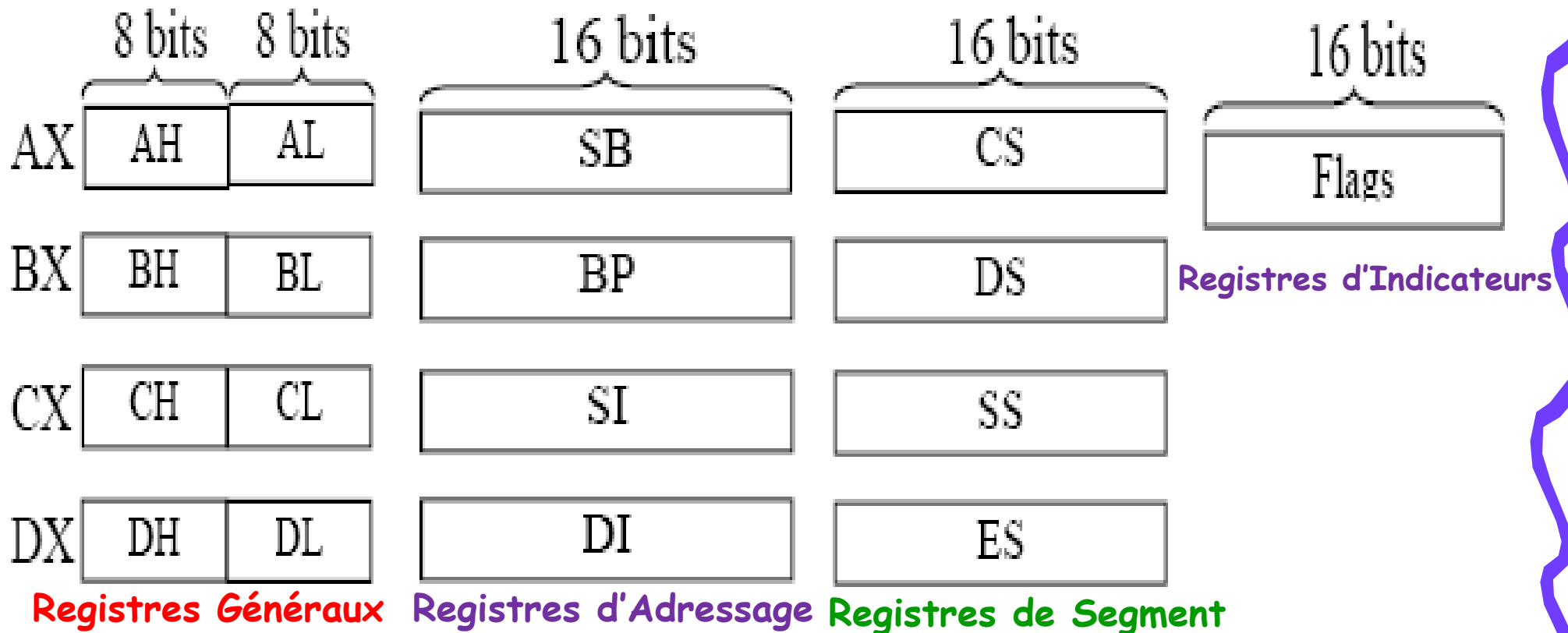
- ❑ Dans l'exemple précédent l'adresse de segment est **10000h** sur **20 bits** mais les registres du 8086 sont de **16 bits** donc, on ne peut pas représenter **10000h** dans un registre segment, pour régler ce problème, le registre segment ne contient que les **16 bits** de poids fort d'adresse segment.
- ❑ Donc, Pour calculer l'adresse absolue qui sera envoyée sur le bus d'adresse de **20 bits**, le CPU procède à l'addition des deux registres après avoir décalé le registre segment de **4 bits** à gauche.
- ❑ De cette manière, Les zones réservées aux segments ne sont pas exclusives comme il est montré dans la figure précédente, elles peuvent se chevaucher. La seule règle à respecter lors du choix d'un segment est que le digit de plus faible poids soit nul.
- ❑ Nous pouvons donc commencer un segment tous les 16 octets.



Introduction au langage machine du processeur 8086



Les registres du 8086 : Le 8086 comprend 3 groupes de 4 registres de 16 bits et un registre d'état ou d'indicateurs, ce sont :



Introduction au langage machine du processeur 8086



❑ Les registres généraux : Ce sont des registres à usage général qui peuvent se décomposer en 2 registres de 8 bits chacun.

➤ AX : (registre accumulateur) registre d'usage général contenant des données. Il joue le rôle d'opérande implicite dans de nombreuses opérations : MUL, DIV, INC, ... La partie de poids forts se nomme AH et celle de poids faibles AL (H pour high et L pour low). (Remarque : AX ne peut pas servir pour l'adressage).

➤ BX : (registre de base) registre d'usage général contenant des données. Comme il sert entre autre à pointer sur des adresses mémoire.

➤ CX : (registre de Comptage et calcul) registre d'usage général contenant des données. On peut l'utiliser dans certaines instruction comme compteur de répétition (loop). (Remarque : CX ne peut pas servir pour l'adressage).

➤ DX : (registre de données) registre d'usage général contenant des données. On peut l'utiliser Dans la multiplication et la division 16 bits, il sert comme extension au registre AX pour contenir un nombre 32 bits, (Remarque : DX ne peut pas servir pour l'adressage).



Introduction au langage machine du processeur 8086



❑ **Les registres d'adressage (offset)** : Ce sont des registres permettant l'adressage d'une opérande à l'intérieur d'un segment de 64 ko.

➤ BP (Base Pointer ou Pointeur de Base) sert de pointeur sur l'adresse mémoire correspondant à la base de la pile, et permet en fait d'atteindre n'importe quel élément de celle-ci : `MOV AX, [BP+4]`

➤ SP (Stack Pointer ou Pointeur de Pile) pointe sur le sommet de la pile. Son contenu est automatiquement géré par les instructions PUSH et POP d'empilage et de désempilage.

➤ SI (Source Index ou Registre d'index source) est souvent utilisé comme pointeur sur une adresse mémoire.

➤ DI (Destination Index ou Registre d'index destination) permet comme SI de pointer sur des adresses mémoire.



Introduction au langage machine du processeur 8086



❑ **Les registres de segment** : Ce sont des registres combinés avec les registres d'adressage pour former les adresses absolues.

❑ **CS (Code Segment)** pointe sur le segment contenant le code du programme.

❑ **DS (Data Segment)** pointe sur l'adresse de début du segment qui contient les données.

❑ **ES (Extra Segment)** permet de pointer sur un segment supplémentaire défini par le programmeur.

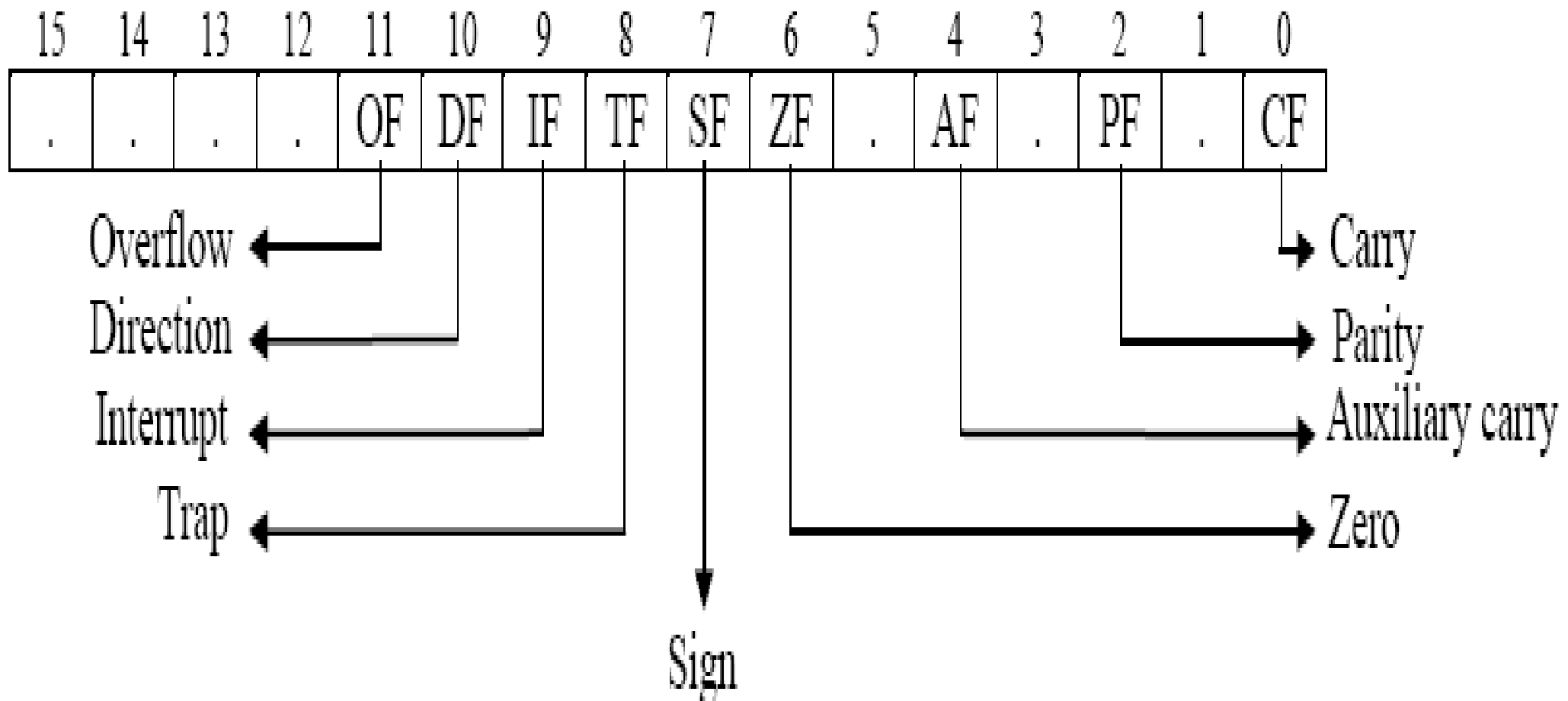
❑ **SS (Stack Segment)** pointe sur le segment de la pile.



Introduction au langage machine du processeur 8086



Le registre indicateurs (Flags Register) : Il est utilisé pour stocker des états particulier du microprocesseur en cours de fonctionnement.



Introduction au langage machine du processeur 8086



❑ CF : le bit de carry (retenue) est positionné pour indiquer si le calcul a engendré une retenue qui devra être reportée sur les calculs suivants.

❑ PF : le bit de parité. Il indique si les 8 bits de poids faible du résultat comportent un nombre pair .

❑ AF : le bit dit auxiliary carry (retenue auxiliaire) est positionné pour indiquer une retenue entre bits de poids faible et bits de poids forts d'un octet, d'un mot ou d'un double mot.

❑ ZF : le bit de zéro est positionné pour indiquer que le résultat du calcul est 0.

❑ SF le bit de signe est positionné pour indiquer le signe du résultat (positif ou négatif) ;



Introduction au langage machine du processeur 8086



❑ **TF** : le bit de Trap. Met le CPU en mode pas à pas pour faciliter la recherche des défauts d'exécution;

❑ **IF** : le bit d'Interrupt. Il indique si le CPU autorise ou non la reconnaissance des interruptions ($I = 0 \rightarrow$ Interruptions autorisées, $I = 1 \rightarrow$ Interruptions non autorisées).

❑ **DF** : bit de direction. Il fixe la direction de l'auto-inc/décrément de SI et DI lors des instructions de manipulation de chaînes ($D = 0 \rightarrow$ Incrément de l'index, $D = 1 \rightarrow$ décrémentation de l'index).

❑ **OF** : le bit d'overflow est positionné pour indiquer s'il y a eu un débordement de capacité lors d'un calcul (un nombre trop grand ou trop petit).

