

République Algérienne démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Ziane Achour Djelfa

Faculté : Sciences Exactes et Informatique
Département : Mathématiques et Informatique
Filière : Informatique
Spécialité : Systèmes Informatiques (SI)

Intitulé du cours : Architecture de l'ordinateur

Chapitre 02 : Les composantes de l'ordinateur

Unité d'enseignement fondamentale : UEF1
Crédits : 5
Coefficient : 3

Enseignant : Dr. RABEHI Ratiba
Cours, TD et TP : Dr. RABEHI Ratiba

Contact : rabehiratiba@yahoo.fr

Chapitre II : Les composantes de l'ordinateur

1- Schéma global d'un ordinateur

L'ordinateur que nous avons décrit dans ce chapitre est un ordinateur de type Von Neumann qui caractérise bien la quasi-totalité des ordinateurs actuels. Il est composé des éléments suivants :

- une *mémoire centrale* pour le stockage des informations (programme et données);
- un *microprocesseur* ou processeur central pour le traitement des informations logées dans la mémoire centrale ;
- un *bus de communication* entre ces différents modules ;
- des *unités de contrôle* des périphériques ;
- des périphériques.

2- La mémoire Principale

La mémoire centrale assure la fonction de stockage de l'information qui peut être manipulée par le microprocesseur (processeur central), c'est-à-dire le programme machine accompagné de ses données. En effet, le microprocesseur n'est capable d'exécuter une instruction que si elle est placée dans la mémoire centrale.

Cette mémoire est constituée de circuits élémentaires nommés bits (*binary digit*). Il s'agit de circuits électroniques qui présentent deux états stables codés sous la forme d'un 0 ou d'un 1. De par sa structure la mémoire centrale permet donc de coder les informations sur la base d'un alphabet binaire et toute information stockée en mémoire centrale est représentée sous la forme d'une suite de digits binaires. La figure 5 présente l'organisation générale d'une mémoire centrale.

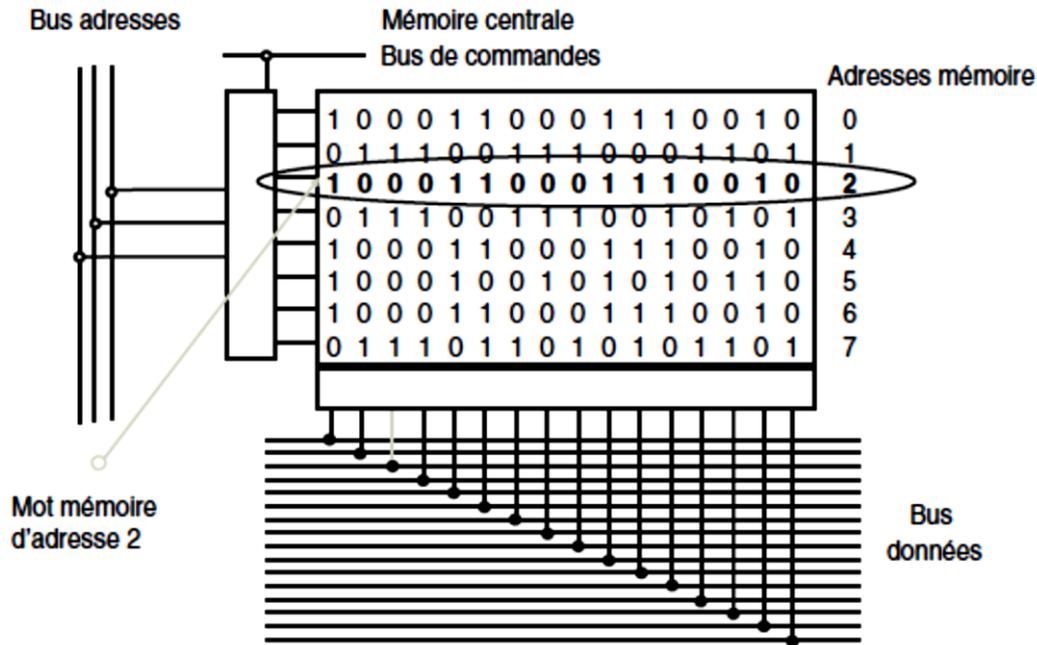


Fig. 5 : l'organisation générale d'une mémoire centrale.

Pour stocker l'information la mémoire est découpée en cellules mémoires : *les mots mémoires*. Chaque mot est constitué par un certain nombre de bits qui définissent sa taille. On peut ainsi trouver des mots de 1 bit, 4 bits (*quartet*) ou encore 8 bits (*octet* ou *byte*), 16 bits voire 32 ou 64 bits. Chaque mot est repéré dans la mémoire par une *adresse*, un numéro qui identifie le mot mémoire. Ainsi un mot est un contenant accessible par son adresse et la suite de digits binaires composant le mot représente le contenu ou valeur de l'information.

La mémoire centrale est un module de stockage de l'information dont la valeur est codée sur des mots. L'information est accessible par mot. La capacité de stockage de la mémoire est définie comme étant le nombre de mots constituant celle-ci. Dans l'exemple de la figure 5, notre mémoire a une capacité de 8 mots de 16 bits chacun. On exprime également cette capacité en nombre d'octets ou de bits. Notre mémoire a donc une capacité de 16 octets ou de 128 bits. L'information que l'on trouve en mémoire centrale est donc codée sur un alphabet binaire. La figure 6 rappelle le nombre de combinaisons que l'on peut réaliser à partir d'une suite d'éléments binaires. Coder l'information en mémoire centrale c'est donc associer à chaque suite de bits un sens particulier.

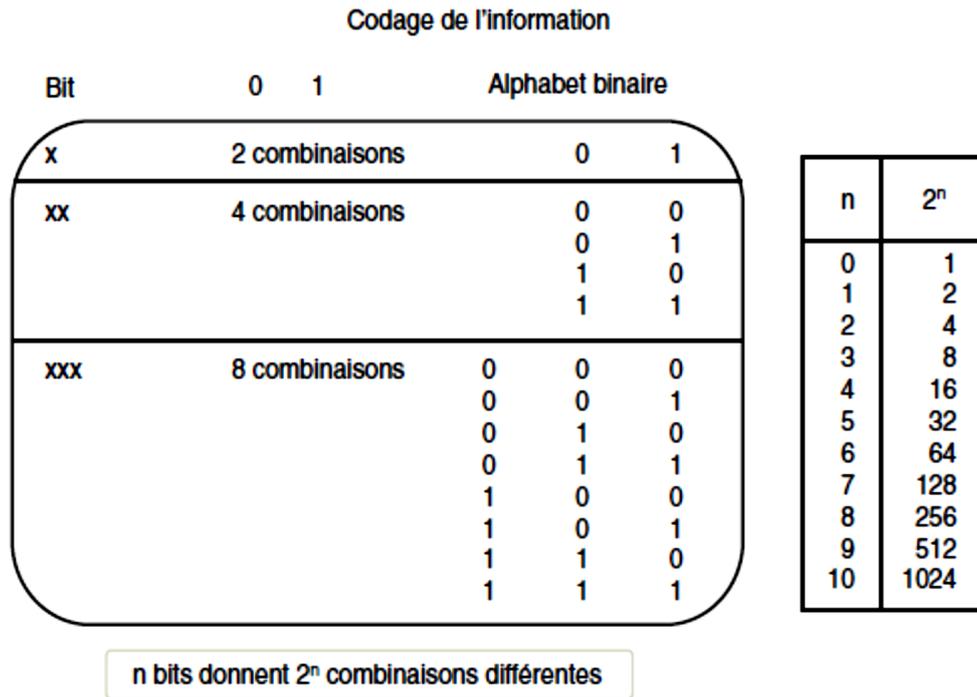


Fig. 6 : Codage binaire.

Les différentes informations que l'on trouve dans la mémoire centrale : instructions machines et données manipulées par les instructions sont représentées dans la figure suivante :

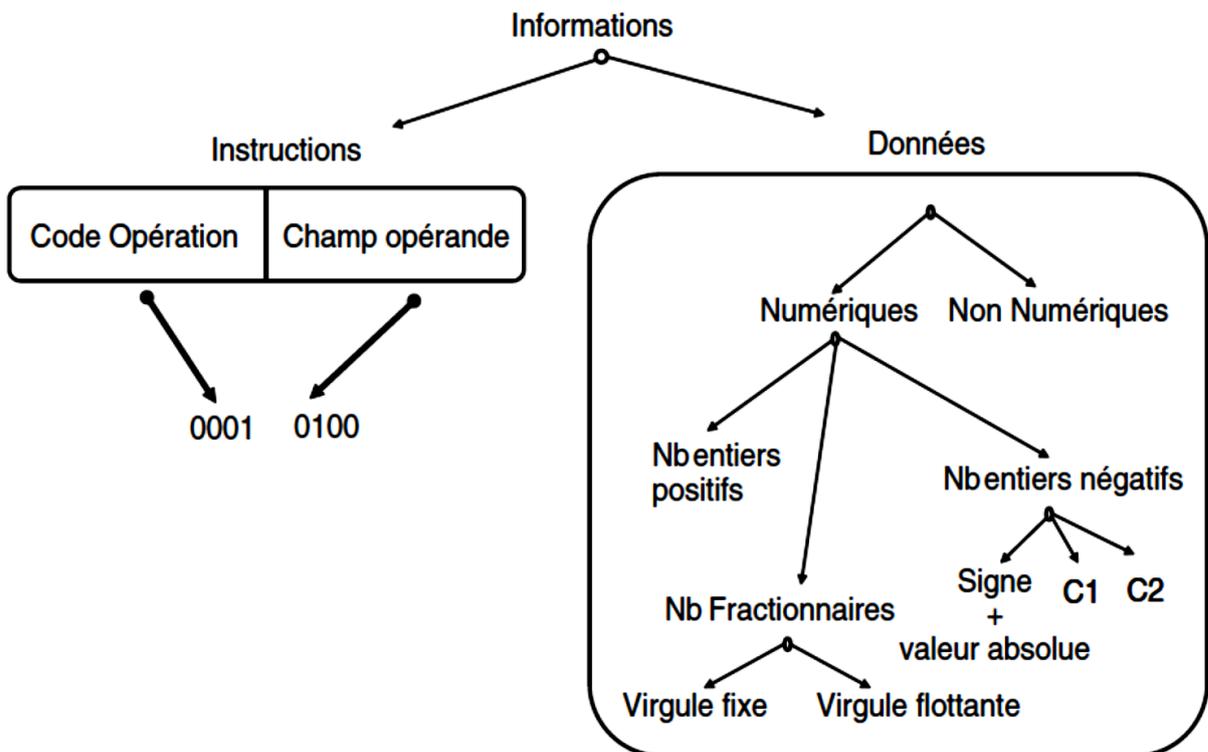


Fig. 7 : Les types des informations présentes dans la mémoire centrale.

Les instructions et les données sont codées sur des mots mémoires : elles peuvent occuper un ou plusieurs mots mémoires selon la nature de l'ordinateur. Les instructions machines sont propres à chaque microprocesseur mais sont toujours construites de la même manière : **un code opération** qui définit l'opération à exécuter, **le champ opérande** qui définit la ou les données sur lesquelles portent l'opération.

Les opérations possibles sur la mémoire sont :

- 1- La lecture (acquisition par le microprocesseur) d'un mot qui consiste à définir l'adresse du mot et à déclencher une commande de lecture qui amène le contenu du mot de la mémoire vers le microprocesseur.
- 2- L'écriture (le microprocesseur place un nouveau contenu) dans un mot mémoire. Qui consiste à définir l'adresse du mot dont on veut changer le contenu puis à déclencher une opération d'écriture qui transfère l'information du processeur vers le mot mémoire dont l'adresse est spécifiée.

Enfin, d'autres éléments importants complètent la caractérisation d'une mémoire centrale :

- le temps d'accès à la mémoire qui mesure le temps nécessaire pour obtenir une information logée en mémoire ;
- les technologies qui président à la construction de ces mémoires ;
- le coût de réalisation de ces mémoires.

3- Le bus de communication

Le bus de communication peut se représenter comme une nappe de fils transportant des signaux et permettant l'échange des informations entre les différents modules du processeur. Chaque fil transporte ou non un signal : On représente par 1 un signal présent et par 0 un signal absent. Le nombre de fils du bus détermine sa largeur et définit ainsi le nombre d'informations différentes que peut véhiculer le bus. Par exemple, un bus de 3 fils permet une combinaison de 8 signaux différents et donc représente 8 informations possibles différentes.

Le bus est construit comme un ensemble de trois bus :

– **le bus d'adresses** transporte des combinaisons de signaux qui sont interprétées comme des nombres entiers représentant l'adresse d'un mot mémoire. La largeur du bus d'adresses définit la *capacité d'adressage du microprocesseur*.

N.B : IL ne faut pas confondre capacité d'adressage et taille physique de la mémoire.

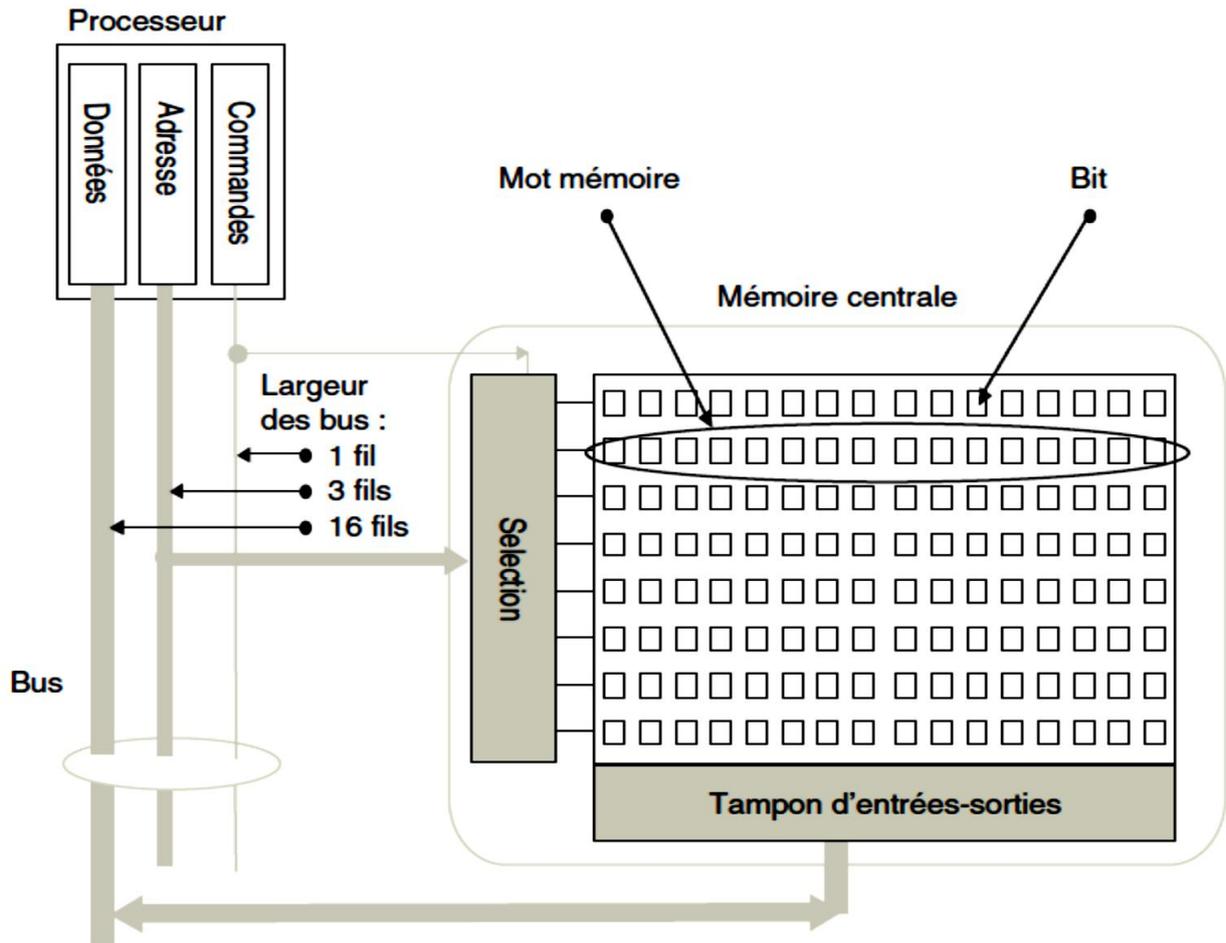


Fig. 8 : Les Bus de communication.

- **le bus de données** : permet l'échange des informations (les contenus) entre les différents modules.

- **le bus de commandes** : c'est par ce bus que le microprocesseur indique la nature des opérations qu'il veut effectuer. Dans notre exemple il a une largeur d'un fil et donc le microprocesseur ne peut passer que deux commandes (la lecture et l'écriture).

4- Le Processeur

Le processeur ou le microprocesseur est en quelque sorte le "cerveau" de l'ordinateur. C'est lui qui va chercher dans la mémoire centrale la suite des instructions constituant un programme et les exécute. Ces instructions peuvent être des opérations de calcul ou des opérations d'accès aux périphériques pour y déposer ou d'en ramener des données.

La figure suivante représente une architecture détaillée d'un microprocesseur.

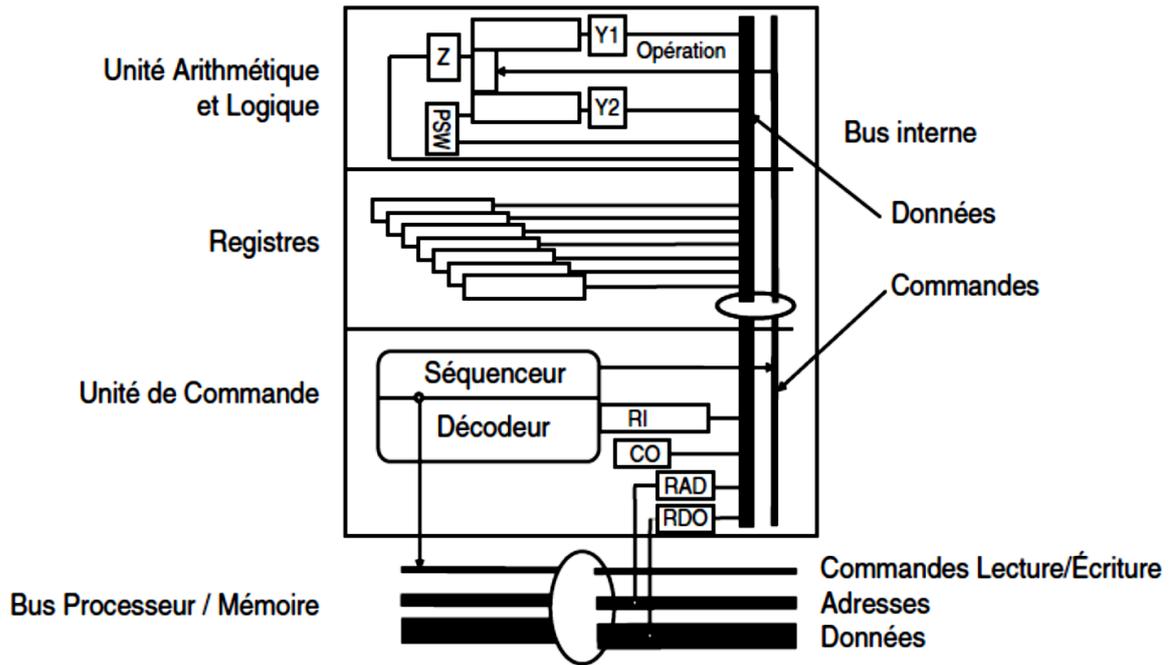


Fig. 9 : Un microprocesseur

Il est constitué de quatre parties : l'unité arithmétique et logique (UAL), les registres, l'unité commande et le bus de communication interne permettant l'échange des données et des commandes entre les différentes parties du microprocesseur.

4-1- Les registres

Ce sont des zones de mémorisation de l'information internes au microprocesseur. Ils sont de faible capacité et de temps d'accès très faible. Leur nombre et leur taille sont variables en fonction du type de microprocesseur. Ils peuvent être de type adresse (ils contiennent alors une adresse de mot mémoire) ou données (ils contiennent alors le contenu d'un mot mémoire). Ils peuvent être spécifiques et avoir une fonction très précise (par exemple le registre pointeur de pile) ou généraux et servir essentiellement aux calculs intermédiaires, par exemple, de l'unité arithmétique et logique.

4-2- L'unité arithmétique et logique (UAL)

Ce module est chargé de l'exécution de tous les calculs que peut réaliser le microprocesseur.

Cette unité est constituée de l'ensemble des circuits arithmétiques et logiques permettant au processeur d'effectuer les opérations élémentaires nécessaires à l'exécution des

instructions machine. Elle inclut donc les circuits d'addition, de soustraction, de multiplication, de comparaison, etc. Dans ce module se trouvent également des registres dont l'objet est de contenir les données sur lesquelles vont porter les opérations à effectuer. Dans notre exemple, l'UAL possède deux registres d'entrée (E1 et E2) et un registre de sortie (S).

Pour faire une addition :

- la première donnée est placée dans E1 via le bus interne de données ;
- la seconde donnée est placée dans E2 via le bus interne de données ;
- la commande d'addition est délivrée au circuit d'addition via le bus interne de commandes ;
- le résultat est placé dans le registre S.

Sur notre machine on note également un registre particulier, le PSW (*Program Status Word*), qui joue un rôle fondamental de contrôle de l'exécution d'un programme et qui à tout instant donne des informations importantes sur l'état de notre microprocesseur (Par exemple il indique le dépassement de capacité).

4-3- L'unité de commande

Elle exécute les instructions machines et pour cela utilise les registres et l'UAL du microprocesseur. On y trouve deux registres pour la manipulation des instructions (le compteur ordinal CO, le registre d'instruction RI), le décodeur, le séquenceur et deux registres (le registre d'adresses RAD et le registre de données RDO) permettant la communication avec les autres modules via le bus. Enfin, via le bus de commandes, elle commande la lecture et/ou l'écriture dans la mémoire centrale.

➤ Le compteur ordinal CO

C'est un registre d'adresses. À chaque instant il contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter afin que le programme machine puisse continuer à se dérouler.

➤ Le registre d'instruction RI

C'est un registre de données. Il contient l'instruction à exécuter.

➤ Le décodeur

Il s'agit d'un ensemble de circuits dont la fonction est d'identifier 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.

➤ Le séquenceur

Il s'agit d'un ensemble de circuits permettant l'exécution effective de l'instruction placée dans le registre RI. Le séquenceur exécute, rythmé par l'horloge du microprocesseur, une séquence de *microcommandes (micro-instructions)* réalisant le travail associé à cette instruction machine.

➤ Le registre RAD

C'est un registre d'adresses. Il est connecté au bus d'adresses et permet la sélection d'un mot mémoire via le circuit de sélection. L'adresse contenue dans le registre RAD est placée sur le bus d'adresses et devient la valeur d'entrée du circuit de sélection de la mémoire centrale qui va à partir de cette entrée sélectionner le mot mémoire correspondant.

➤ Le registre RDO

C'est un registre de données. Il permet l'échange d'informations (contenu d'un mot mémoire) entre la mémoire centrale et le processeur (registre).

Ainsi lorsque le processeur doit exécuter une instruction il :

- place le contenu du registre CO dans le registre RAD via le bus d'adresses et le circuit de sélection ;
- déclenche une commande de lecture mémoire via le bus de commandes ;
- reçoit dans le registre de données RDO, via le bus de données, l'instruction ;
- place le contenu du registre de données RDO dans le registre instruction RI via le bus interne du microprocesseur.

Pour lire une donnée le processeur :

- place l'adresse de la donnée dans le registre d'adresses RAD ;
- déclenche une commande de lecture mémoire ;
- reçoit la donnée dans le registre de données RDO ;
- place le contenu de RDO dans un des registres du microprocesseur (registres généraux ou registres d'entrée de l'UAL).

On dit que pour transférer une information d'un module à l'autre le microprocesseur établit un *chemin de données* permettant l'échange d'informations. Par exemple pour acquérir une instruction depuis la mémoire centrale, le chemin de données est du type : CO, RAD, commande de lecture puis RDO, RI.

5- Les mémoires

On peut classer les mémoires selon leur rôle en deux grandes catégories : mémoires de travail et mémoires de stockage.

5-1- Les mémoires de travail : elles sont à base de semi-conducteurs. Elles sont actives lors l'exécution des programmes. Elles forment aussi deux classes :

5-1-1- Les mémoires vives : dites RAM (*Random Access Memory*), ce sont des mémoires sur lesquelles les opérations de lecture et d'écriture sont possibles. Elles sont essentiellement utilisées en tant que mémoire centrale et mémoires caches.

On distingue deux types de RAMs : SRAM et DRAM :

- Les mémoires SRAM (*Static RAM*) sont construites à partir de bascules de transistors qui permettent, si l'alimentation est maintenue, de conserver l'information très longtemps. Ce sont des mémoires très rapides mais chères et qui induisent des difficultés d'intégration. Elles sont de faibles capacités et sont plutôt réservées aux mémoires caches.
- Les mémoires DRAM (*Dynamic RAM*) sont la base des mémoires centrales. Le bit est associé à un seul transistor (contrairement aux SRAM) ce qui offre donc une très grande économie de place et favorise une grande densité d'intégration.

5-1-2- Les mémoires mortes : ce sont des mémoires qui contiennent un programme résident. Ces mémoires sont accédées au démarrage de l'ordinateur par le processeur pour exécuter le programme résident afin de charger par exemple dans la mémoire centrale le noyau du système d'exploitation à partir du disque dur.

La figure qui suit schématise tous les types des mémoires mortes.

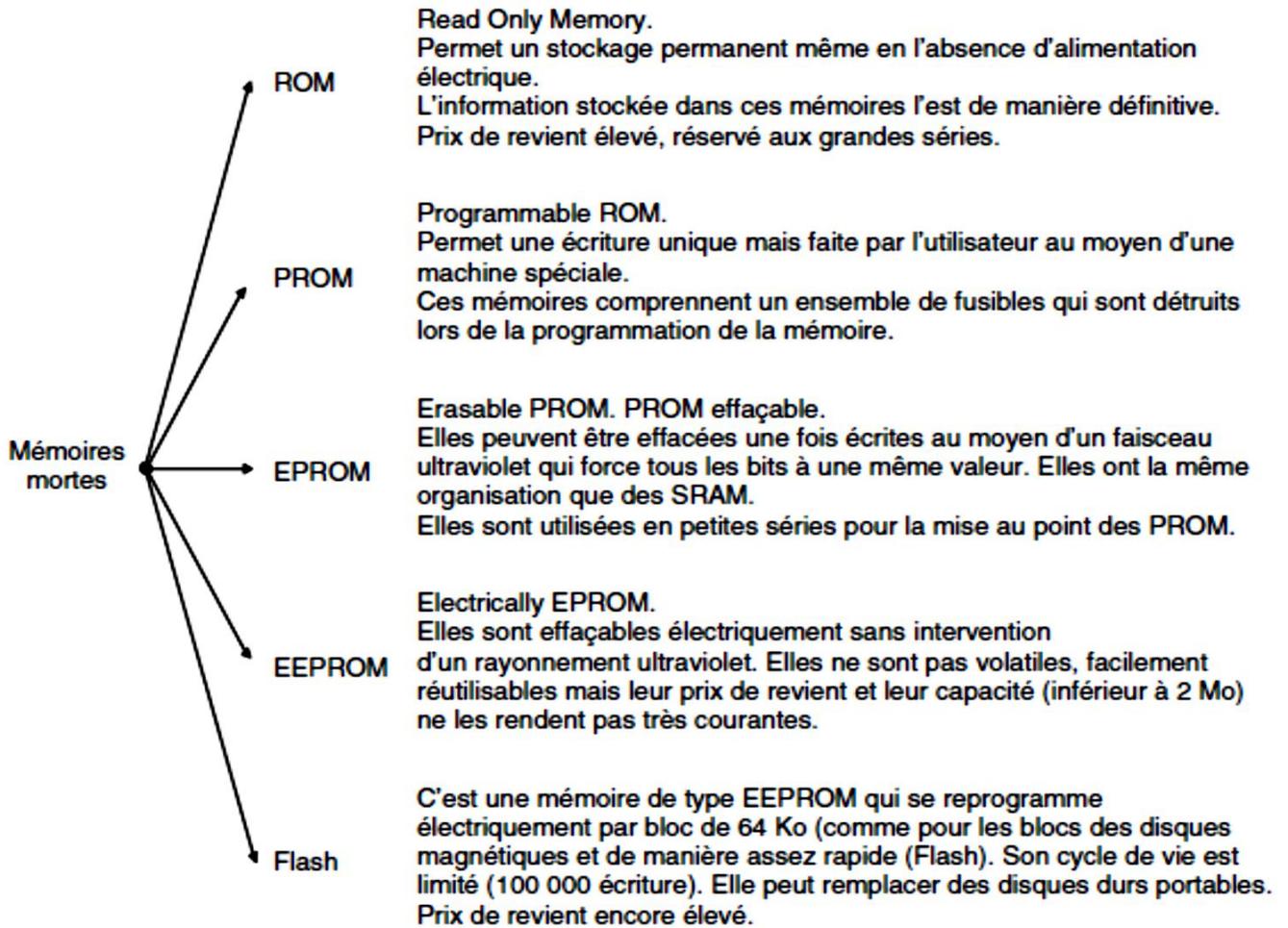


Fig. 10 : Classification des mémoires de mortes

5-2- Les mémoires de stockage : ce sont des mémoires de masse. Elles servent à stocker de manière permanente de grandes quantités d'informations (programmes et données). À l'inverse des mémoires de travail, elles ne permettent pas l'exécution directe des programmes.

En effet les programmes, pour être exécutés, doivent être chargés au préalable dans la mémoire centrale qui constitue la mémoire de travail. Elles sont formées par des disques magnétiques, (disques durs) optiques (CD, DVD) et les bandes magnétiques.

5-3- Critères de performance des mémoires

Plusieurs critères importants caractérisent les mémoires :

– la capacité : de la mémoire indique la quantité d'information qu'une mémoire peut stocker. En général cette capacité peut s'exprimer en bits, en octets, plus rarement en mots ;

– le temps d'accès : de la mémoire caractérise le temps nécessaire pour obtenir une information en mémoire. Pour une mémoire électronique qui est une mémoire très rapide (RAM, ROM, registre...) ce temps se mesure en nanosecondes (10^{-9} s). Cette vitesse peut également s'exprimer en hertz (Hz). Ainsi un temps d'accès égal à 10 nanosecondes correspond à une fréquence de 100 Mhz ($1 \text{ Mhz} = 10^6 \text{ Hz}$). Pour des mémoires magnétiques ou optiques (mémoire de masse) ce temps se mesure en millisecondes (10^{-3} s) ;

– la bande passante : de la mémoire. Ce critère s'exprime sous la forme du produit de la largeur du bus de données et de la fréquence de la mémoire. Par exemple pour une mémoire de 64 bits de largeur sur un bus à 100 MHz la bande passante est de 800 Mo/s ;

– le temps de latence : mesure le temps nécessaire à la réalisation d'une opération. Par exemple, une latence de 3 indique que l'obtention de l'information « coûte » 3 cycles horloge ;

– la volatilité : représente le temps pendant lequel une information est disponible en mémoire. Les mémoires magnétiques sont non volatiles. Par contre, les mémoires électroniques sont généralement volatiles ;

– l'encombrement : Les mémoires physiques occupent une place de plus en plus petite ce qui permet une plus grande intégration. C'est un facteur important de développement de l'informatique ;

– le coût : est un critère très important dans les développements de l'informatique. Les mémoires électroniques ont un coût de stockage relativement élevé et donc leurs capacités sont d'autant plus faibles. Les mémoires magnétiques sont beaucoup moins onéreuses et présentent donc de beaucoup plus grandes capacités de stockage.

Caractéristiques des mémoires

- Mode d'accès : aléatoire (RAM), séquentiel (disque dur), associatif (cache)
- Capacité d'écriture : ROM (en lecture seule), Non ROM (en lecture et écriture)
- Volatilité : maintien des informations en l'absence de courant ? (ROM : forcément non volatile, RAM : ça dépend ; SDRAM : volatile ; NVRAM : non volatile ou RAM + pile : CMOS)

Les registres

- Capacité : 8-16-32-64 bits
- Temps d'accès : 1 ps (10^{-12} s)
- Volatile

Static Random Access Memory (SRAM)

- Capacité : 10 Ko - 10 Mo
- Temps d'accès : \approx 1ns
- Volatile

Dynamic Random Access Memory (DRAM)

- Capacité : 10 Go
- Temps d'accès : 80 ns (réécriture toutes les ms)
- Volatile
- Moins cher que la SRAM
- Actuellement DRAM DDR5 16 Gb

Disque magnétique

- Capacité : 1 To – 4 To
- Temps d'accès : 10 ms
- Non volatile

6- Hiérarchie des mémoires

