

Architecture des ordinateurs

Chapitre 2 : Les mémoires

Elaboré par : DhiaEddineSaied ¹

Plan

I. Organisation d'une mémoire

II. Caractéristiques d'une mémoire

III. Différents types de mémoire

III.1. Classification des mémoires

III.2. Les mémoires vives

III.2.1. Les RAM statiques

III.2.2. Les RAM dynamiques

III.3. Les mémoires mortes

III.3.1. La ROM

III.3.2. La PROM : ROM Programmable

III.3.3. EPROM : ou UV-EPROM

III.3.4. EEPROM : Electrically Erasable Programmable ROM

III.3.5. La FLASH ROM

IV. Notion de hiérarchie de mémoires

I. Organisation d'une mémoire

- Une mémoire est un dispositif capable d'enregistrer, de conserver et de restituer des informations.
- La mémoire centrale est constituée d'un ensemble de cellules.
- Chaque cellule correspond à un **mot mémoire** identifié par un numéro unique appelé **adresse** et possède un contenu pouvant être une instruction ou une donnée.

Remarque :

- Une adresse sur n bits (bus d'adresse formé de n fils) peut sélectionner au maximum 2^n cases mémoires.
- Le nombre de fils dans le bus de données définit la largeur d'un mot mémoire.

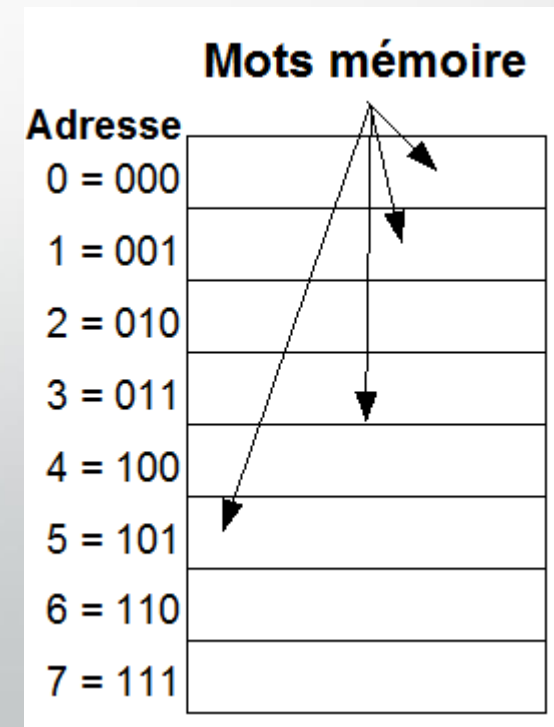


Figure 1 : Organisation de la mémoire

I. Organisation d'une mémoire

Fonctionnement général d'une mémoire :

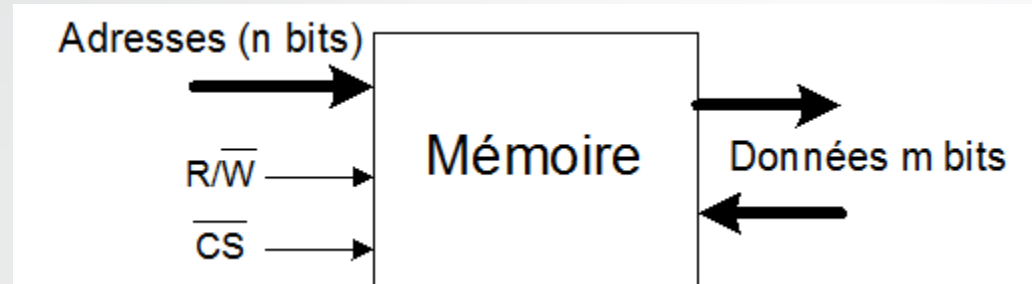


Figure 2 : Fonctionnement général d'une mémoire

1. Choisir l'adresse en mémoire qui donne l'accès à un emplacement mémoire pour une opération de lecture ou d'écriture
2. Choisir une opération de lecture ou d'écriture (R/\overline{W})
3. Sélectionner le boîtier mémoire (Chip Select) (\overline{CS})
4. Valider ou invalider la mémoire. Le signal de sélection du boîtier (\overline{CS}) valide les fonctions d'écriture et de lecture. Le boîtier est bloqué pour $CS = 1$. Lorsque $CS = 0$, une fonction d'écriture correspond à $(R/\overline{W}) = 0$ et une fonction de lecture à $(R/\overline{W}) = 1$.

II. Caractéristiques d'une mémoire

- **La capacité** : dite aussi taille de la mémoire, est le nombre total de bits contenu dans la mémoire. Elle est généralement exprimée en bits ou en nombre de mots mémoire.

Les unités de capacité :

Le bit (pas de notation)

L'octet = 8 bits = 1 byte (noté 1 o)

Le Kilo-octet = 1024 o (noté 1 Ko)

Le Méga-octet = $(1024)^2$ o (noté 1 Mo)

Le Giga-octet = $(1024)^3$ o (noté 1 Go)

Le Téra-octet = $(1024)^4$ o (noté 1 To)

- **Le format des données** : c'est la largeur (nombre de bits) d'un mot mémoire.
- **Le mode d'accès** : mémoires à accès direct (aléatoire), séquentiel ou semi-séquentiel.
- **Temps d'accès** : temps qui s'écoule entre une demande de lecture ou d'écriture et son accomplissement. Il dépend du mode d'accès.
- **Cycle mémoire** : temps minimal s'écoulant entre deux accès successifs à la mémoire (supérieur au temps d'accès à cause des opérations de synchronisation, de rafraîchissement⁵, etc.)

II. Caractéristiques d'une mémoire

- **Le débit** : C'est le nombre d'informations (exprimé en bits) lues ou écrites par seconde. Il est exprimé en fonction du cycle mémoire (CM) et de la taille du mot mémoire (TMM) comme suit : $D = \frac{TMM}{CM}$
- **La volatilité** : elle caractérise la permanence des informations (perte ou non du contenu).

Exemple : Chronogramme d'un cycle de lecture

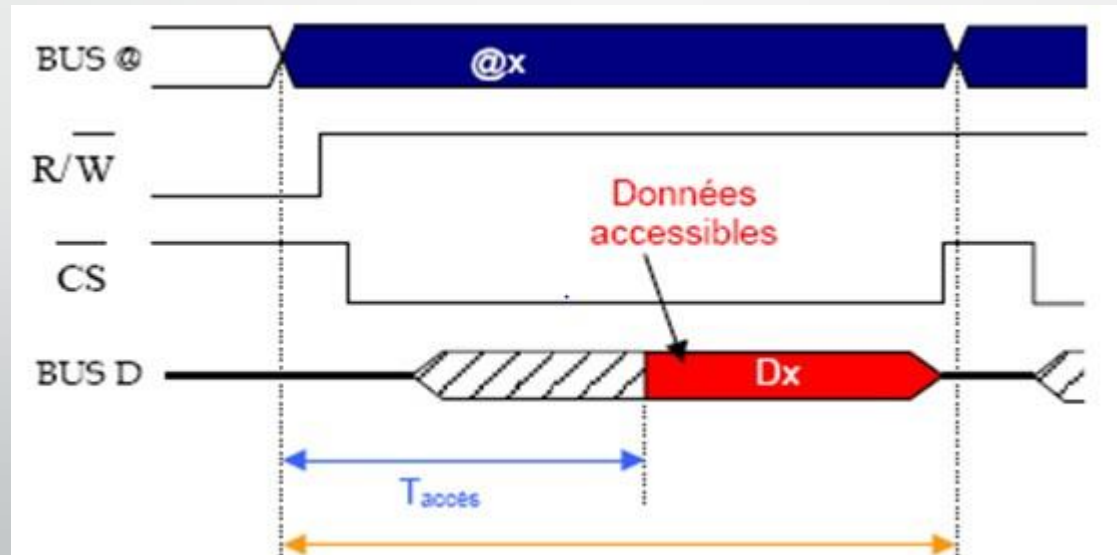


Figure 3 : Chronogramme d'un cycle de lecture

III. Différents types de mémoire

III.1. Classification des mémoires

- *Classification des mémoires selon le support de l'information*

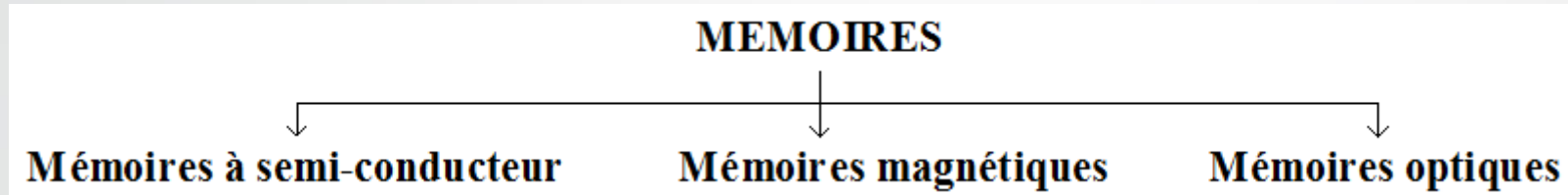


Figure 4 : Classification des mémoires selon le support de l'information

- ✓ Mémoires à semi-conducteur : mémoire centrale, registres,...
- ✓ Mémoires optiques : CD-ROM, CD-WROM
- ✓ Mémoires magnétiques : disques durs, disques souples, bandes, rubans,...

- *Classification des mémoires à semi-conducteurs*

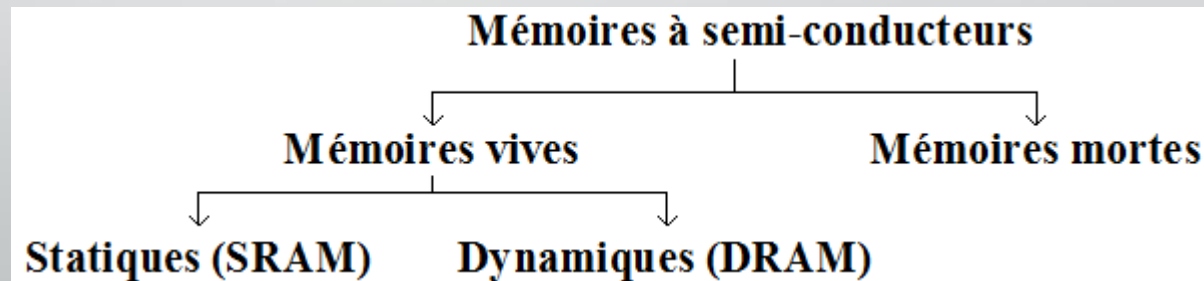


Figure 5 : Classification des mémoires à semi-conducteurs

III.2. Les mémoires vives (RAM : Random Access Memory)

La mémoire vive sert au stockage temporaire des données. Il est possible de lire et d'écrire dans la mémoire vive.

Généralement, la mémoire est volatile dans le sens que les informations sont perdues lors de l'extinction de l'alimentation électrique.

On distingue généralement 2 grandes familles de mémoire : les RAM statiques et dynamiques.

III.2.1. Les RAM statiques (SRAM : Static RAM)

- Chaque point mémoire est formé par une bascule qui contient 4 à 6 transistors.
- Elles garantissent la mémorisation de l'information aussi longtemps que l'alimentation électrique est maintenue sur la mémoire (Aucun besoin de stabilisation).
- Elles sont rapides mais coûteuses.
- Les SRAM sont utilisées pour des mémoires de faible taille telle que la mémoire cache ou les registres.

III.2. Les mémoires vives (RAM : Random Access Memory)

III.2.2. Les RAM dynamiques (DRAM : Dynamic RAM)

- Chaque point mémoire est formé par 1 condensateur et 1 transistor.
- Les informations doivent être maintenues régulièrement par un rafraîchissement (→ lire l'information et la recharger) périodique afin de mettre à niveau les charges électriques stockées dans le condensateur.
- Elles sont moins rapides que les SRAM et moins coûteuses.
- Les DRAM offrent une plus grande densité d'intégration (4 fois moins de transistors)
- La gestion des DRAM est plus compliquée à cause des opérations de rafraîchissement.
- Les DRAM sont utilisées en mémoire centrale.

III.2. Les mémoires vives (RAM : Random Access Memory)

III.2.2. Les RAM dynamiques (DRAM : Dynamic RAM)

Remarque :

Les DRAM ont évolué au cours du temps. Nous pouvons citer

Mémoire	Année/Génération	Fréquence
La DRAM FPM (Fast Page Model)	87	33 à 50 Mhz
La DRAM EDO (Extended data Out) → Meilleure conservation de l'information	95	33 à 50 Mhz
La DRAM BEDO (Burst EDO)		66 Mhz
La SDRAM (Synchronous DRAM)	97 Pentium II et III	→ 133 Mhz
DDR1 ou DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM) → Informations sur le front montant et descendant	2000 Pentium III et IV	133 → 216 Mhz
DDR2 → 4 informations par cycle		266 → 533 Mhz

III.3. Les mémoires mortes (ROM : Read Only Memory)

La mémoire morte sert au stockage permanent des informations même en cas de rupture d'alimentation électrique ; elles sont non volatiles.

La mémoire morte ne peut être que lue, néanmoins, il est possible pour certaines ROM d'écrire en mémoire : on parle de programmation.

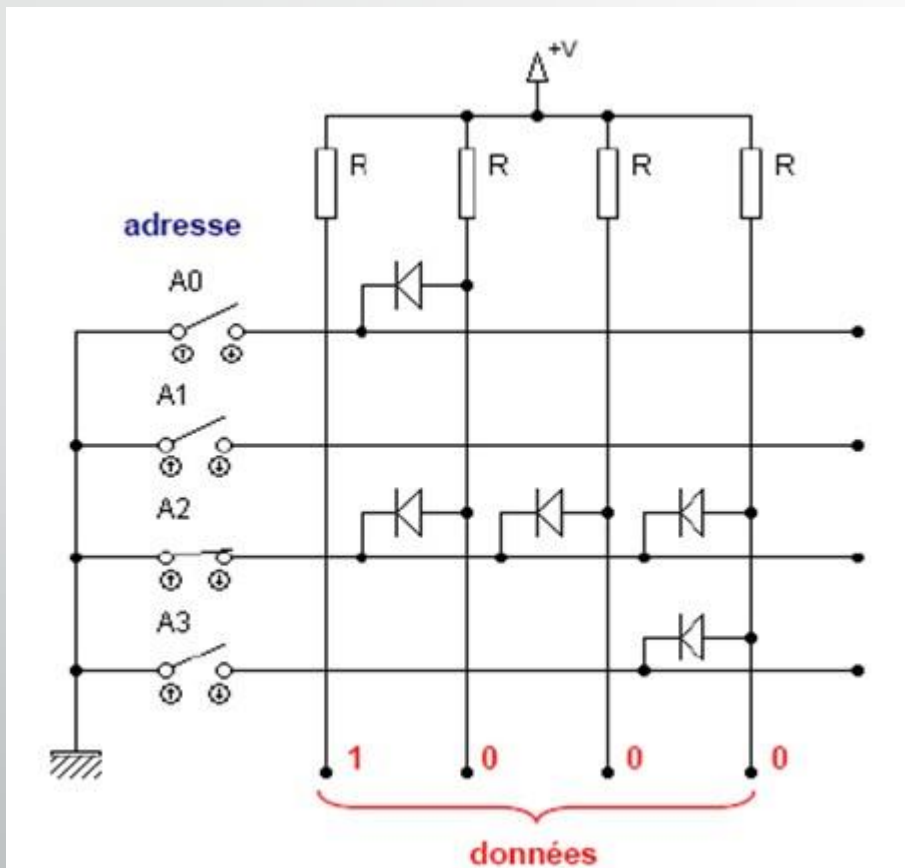
III.3.1. La ROM

- Le contenu est défini lors de la fabrication et ne peut pas être modifié par l'utilisateur.
- La mémoire est composée d'une matrice dont la programmation se fait en liant les lignes aux colonnes par des diodes pour indiquer les bits à zéro.
- L'utilisateur fournit au fabricant directement les données binaires à inscrire sur la plaque de silicium grâce à un masque.

III.3. Les mémoires mortes (ROM : Read Only Memory)

III.3.1. La ROM

Exemple :



Avantages :

- Mémoire rapide
- Mémoire non volatile
- Grande densité d'intégration

Désavantages :

- Toute erreur est fatale
- Coût élevé

Figure 6 : Exemple de la programmation d'une ROM

III.3. Les mémoires mortes (ROM : Read Only Memory)

III.3.2. La PROM : ROM Programmable

- Mémoire morte programmable une seule fois par l'utilisateur de manière irréversible.
- Il existe plusieurs techniques de programmation :
- *Méthode des fusibles* : La matrice est constituée de milliers de fusibles, initialement tous conducteurs (matrice à 0), pouvant être "grillés" grâce à un appareil appelé *programmeur de ROM*, en appliquant une tension de 12V aux fusibles des points mémoire devant être marqués: les fusibles grillés correspondent à des 1, les autres à des 0.
-

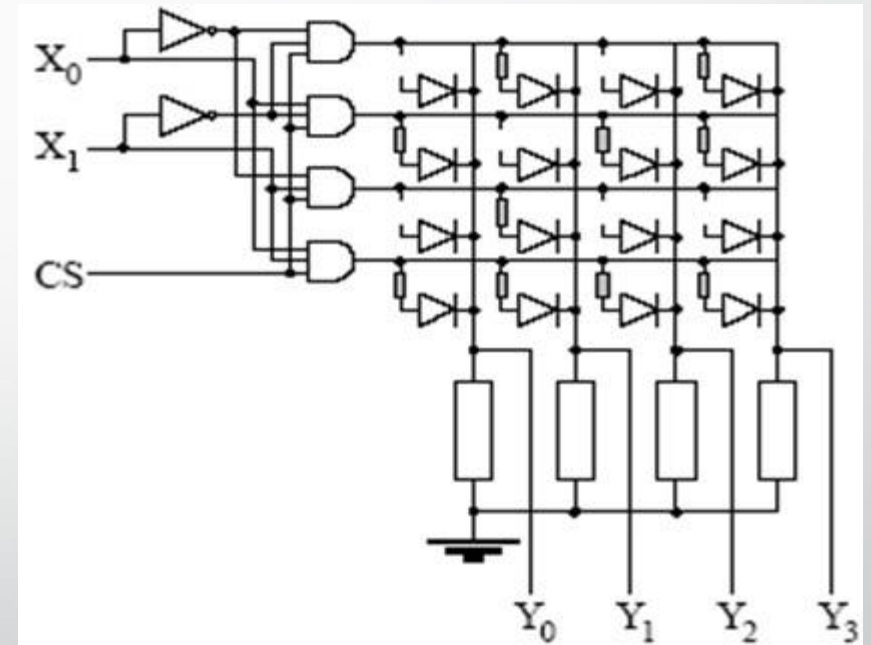


Figure 7 : PROM à fusibles

Stockage des charges
Avantages : Programmation rapide

- Coût relativement faible

Désavantages :

- Modification impossible

III.3. Les mémoires mortes (ROM : Read Only Memory)

III.3.3. EPROM ou UV-EPROM : Erasable Programmable ROM

- Appelée aussi REEPROM (REProgrammable ROM), c'est une PROM effaçable.
- Le point mémoire est formé à base d'un transistor FAMOS (Floating gate Avalanche Injection Metal Oxyde Silicium)(Intel 71) dont la grille flottante garde une charge électrique.
- L'opération d'écriture (programmation) se fait en appliquant une forte tension entre source et drain qui rend le canal conducteur.
- L'EPROM possède une vitre en quartz permettant de laisser passer des rayons ultraviolets qui, à partir d'une certaine longueur d'onde annulent la charge de la grille flottante : l'EPROM est ainsi effacée (remise à 1).

Avantages :

- Effaçable plusieurs fois

Désavantages :

- Impossible de sélectionner une seule cellule.
- Ecriture lente

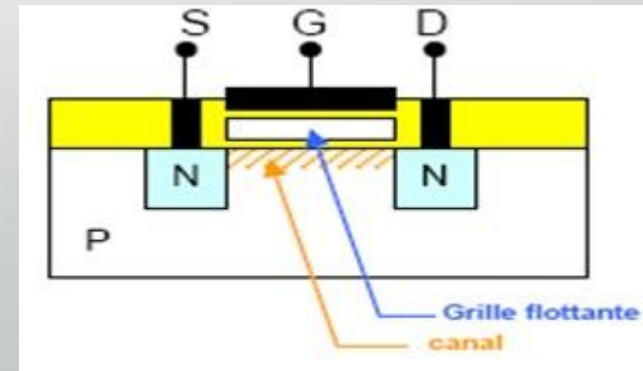


Figure 8 : EPROM

III.3. Les mémoires mortes (ROM : Read Only Memory)

III.3.4. EEPROM : Electrically Erasable Programmable ROM

Ce sont des mémoires programmables et effaçables électriquement : Une forte tension électrique appliquée entre grille et source conduit à la programmation de la mémoire. Une forte tension inverse provoquera la libération des électrons et donc l'effacement de la mémoire.

Avantages :

- La programmation et l'effacement sont sélectifs (mot par mot)

Désavantages :

- Coût de réalisation élevé
- Lente

III.3.5. La FLASH EPROM

- C'est une mémoire programmable et effaçable comme pour les EEPROM.
- Elle est caractérisée par l'existence de 2 technologies qui se différencient par l'organisation de leurs réseaux mémoire : l'architecture NAND et NOR.
- Elle est de plus en plus présente sur le marché à travers les téléphones portables, les appareils multimédias, les lecteurs MP3, les appareils à photo numériques,...

Avantages :

- Plus importante densité

- Coût plus faible et plus rapide à effacer que les EEPROM.

IV. Notion de hiérarchie mémoire

Plus une mémoire est rapide d'accès, plus elle est petite. En effet, le coût et l'encombrement des mémoires sont proportionnels à leur rapidité ce qui impose de faire un bon compromis rapidité/quantité.

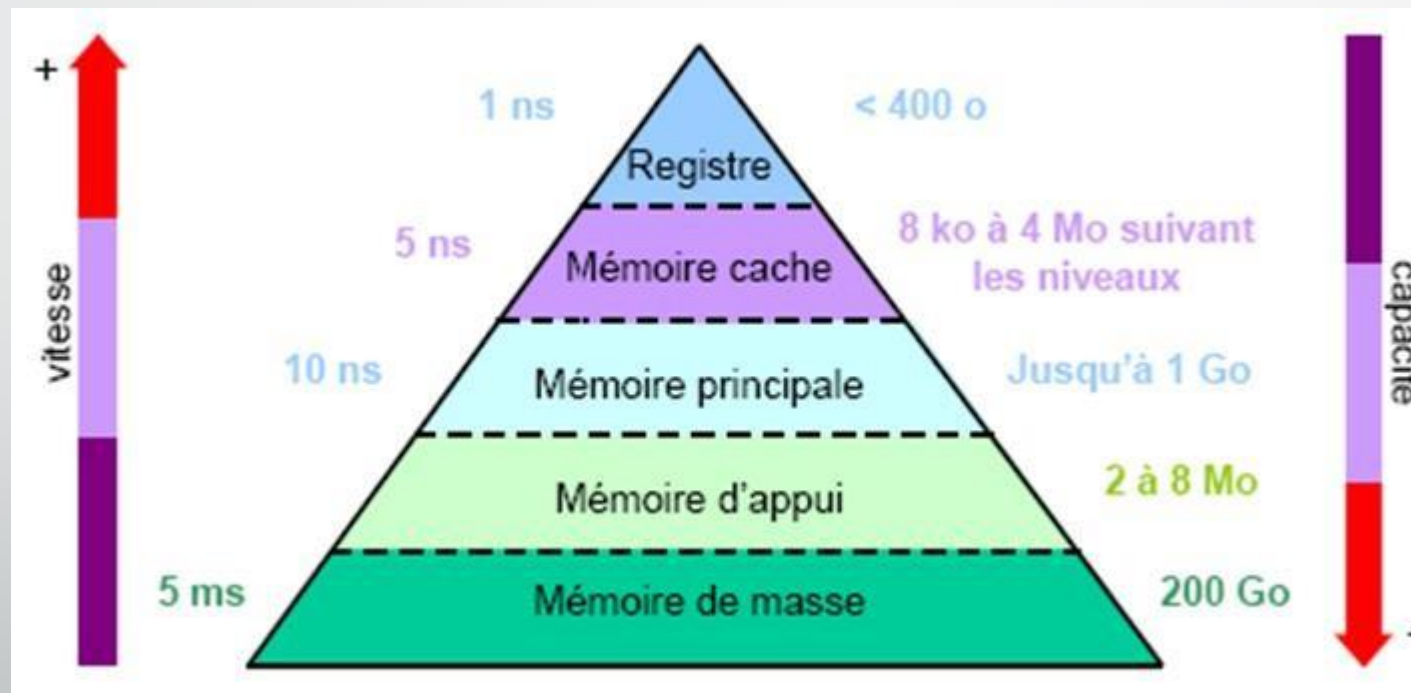


Figure 9 : Hiérarchie des mémoires

IV. Notion de hiérarchie mémoire

- **Registres** : Mémoires très rapides situées au niveau du processeur. Les registres sont utilisés pour assurer le stockage temporaire d'informations nécessaires à l'exécution de l'instruction en cours de traitement.
- **Mémoire cache** : (ou antémémoire) mémoire rapide de faible capacité servant de tampon entre l'UCT et la MC. Son but est d'éviter de rechercher en MC des données déjà recherchées précédemment en les conservant du processeur.
- **Mémoire principale (MC)** : elle est utilisée pour le rangement des informations. Elle contient le programme à utiliser.
- **Mémoire d'appui** : Mémoire tampon qui se situe entre la MC et la mémoire de masse. (Même rôle que la mémoire cache)
- **Mémoire de masse** : ce sont tous les systèmes d'archivage comme le disque dur, les bandes magnétiques.

Quels sont les critères de choix d'une mémoire?

Le choix d'une mémoire dépend principalement de sa capacité, son coût, sa vitesse et sa consommation.

Exercice 1 :

On considère une machine ayant la configuration suivante :

Taille de la MC TMC = 1Mo

Taille du bus d'adresses TBA = 20 bits

1. Calculer le nombre maximal de mots adressables NbM
2. Calculer la taille d'un mot mémoire TMM.

Exercice 2 :

Soit une mémoire centrale de 4M mots de 32 bits.

1. Donner la taille du bus d'adresses TBA et du bus de données TBD.
2. Donner la taille de la MC TMC en octets et en bits.