

CHAPITRE

6

LES MÉMOIRES

I- Introduction

II- Définition

III- Caractéristiques des mémoires

IV- Organisation de la mémoire

V- Accès mémoire

1. Accès séquentiel
2. Accès direct
3. Accès semi-séquentiel

VI- Opérations sur la mémoire centrale

VII- Les bus mémoire

VIII- Connexion de la mémoire avec le processeur

IX- Les différents types de mémoires

X- Récapitulatif sur les différentes mémoires

I- Introduction :

Dans un ordinateur, toutes les informations qu'elles soient textuelles, numériques ou multimédias sont manipulées sous une forme binaire. Ces informations doivent souvent être conservées pendant un certain temps pour permettre leur exploitation immédiate ou ultérieure. Pour cette raison, les mémoires ont vu le jour.

II- Définition :

Une mémoire est tout dispositif capable de stocker et de restituer des informations, de sorte que le composant qui les utilise, puisse accéder à l'information dont il a besoin ultérieurement.

Une mémoire se caractérise par plusieurs aspects pouvant mettre en avant ses performances telles que sa capacité, son temps d'accès, son cycle mémoire, son débit et sa volatilité.

III- Caractéristiques des mémoires :

- La capacité :

la taille d'une mémoire est le nombre total d'informations qu'elle peut contenir. Elle s'exprime en nombre de bits, d'octets (bytes) ou de mots (words). Les capacités des mémoires sont généralement exprimées en puissances de deux ou en multiples de 2^{10} . Les ordres de grandeurs les plus utilisés sont :

1K (Kilo) = 2^{10} ,

1M (Méga) = 2^{20} ,

1G (Giga) = 2^{30} .

Exemple :

Une mémoire peut occuper 128Mmots de 32 bits = 512 M octet = $(512 * 2^{20})$ octet.

- Le temps d'accès :

Est le temps séparant le lancement d'une opération d'accès et son accomplissement. Cette opération peut être une lecture d'information existante dans la mémoire ou une écriture d'une nouvelle information (enregistrement).

- Le débit :

Est le nombre maximum d'informations lues ou écrites par secondes.

- Le cycle mémoire :

Représente l'intervalle minimum qui doit séparer deux accès successifs à la mémoire. Le temps de cycle est égal ou supérieur au temps d'accès.

- La volatilité :

Caractérise la permanence des informations dans la mémoire. Une mémoire est dite volatile si sa durée de mémorisation dépend de la présence d'alimentation électrique.

IV- Organisation de la mémoire :

La mémoire centrale est la mémoire principale servant au stockage des programmes et des données à traiter. L'organisation de cette mémoire est importante vu son influence sur les performances de l'ordinateur.

En effet, La mémoire est vue comme une bibliothèque de rangement formée par un ensemble de casiers destinés à stocker les informations. Pour la mémoire, ces casiers sont l'ensemble des **cases mémoires** (appelées encore **cellules ou mots mémoire**).

Chacune de ces cases pouvant retenir un nombre binaire. L'élément atomique dans l'organisation de la mémoire d'un ordinateur est l'octet. Les cellules mémoire sont toutes de même taille et peuvent contenir un ensemble d'octets (1, 2, 4 ou 8 octets).

Ces cellules peuvent être accessibles à tout moment et sont repérées à l'aide d'une numérotation séquentielle de 0, 1 ... N-1, où N est le nombre total des cellules. Ces numéros de cases sont appelés **adresses mémoire**. Pour stocker (écrire) ou lire les données d'une case mémoire, le processeur a besoin de connaître l'adresse de la case correspondante.

L'adresse d'une cellule mémoire peut être constituée de plusieurs bits. Une adresse est le plus souvent écrite en hexadécimal.

On appelle **espace adressable** l'ensemble des cellules qui peuvent être référencées à l'aide d'une adresse physique.

Exemple:

Sur le schéma de mémoire ci-dessous, l'adresse est écrite sur 16 bits et la donnée d'une cellule mémoire est écrite sur un octet. La case mémoire à l'adresse numéro 0 contient un octet qui est le code du nombre 7; l'adresse numéro 3 contient le code du caractère A...

Adresse mémoire	Mémoire
1 = (0000 0000 0000 0001) ₂	0000 0111
2 = (0000 0000 0000 0010) ₂	1010 0101
3 = (0000 0000 0000 0011) ₂	0100 0001
4 = (0000 0000 0000 0100) ₂	1111 1000
5 = (0000 0000 0000 0101) ₂	0000 0000
...	...

Puisque chaque bit peut prendre 2 valeurs possibles (la valeur 0 ou la valeur 1) alors une adresse de N bits permet de repérer 2^N cases.

Dans l'exemple précédent, nous avons 16 bits pour l'écriture d'une adresse donc on peut avoir jusqu'à 2^{16} adresses possibles, c'est-à-dire 65536 adresses.

Application :

Soit une mémoire de taille 32 KØ, combien il nous faut de bits pour représenter l'adresse d'une case de cette mémoire sachant qu'elle est adressable par octet ?

$$\begin{aligned} 32 \text{ kØ} &= 32 * 1024 \text{ Ø} \\ &= 2^5 * 2^{10} \text{ Ø} \\ &= 2^{15} \text{ Ø} \end{aligned}$$

⇒ Il nous faut 15 bits pour écrire une adresse.

Ces adresses peuvent être numérotées de 0 à $2^{15}-1$.

Remarque :

Pour que chaque combinaison de bits d'adresse puisse avoir son adresse correspondante en mémoire, il est important que la taille de la mémoire soit une puissance de 2.

V- Accès mémoire :

Pour accéder à une information contenue en mémoire, différents types d'accès mémoire sont possibles selon le type de la mémoire utilisée:

1. Accès séquentiel :

C'est l'accès le plus lent. Pour accéder à une information particulière, on est obligé de parcourir toutes celles qui précèdent.

Exemple : les bandes magnétiques.

2. Accès direct :

Est l'accès le plus rapide. Les informations ont une adresse propre. On y accède directement.

Exemple : Mémoire centrale.

3. Accès semi-séquentiel :

Est la combinaison des accès direct et séquentiel.

Exemple : Pour un disque magnétique par exemple l'accès à la piste est direct, puis l'accès au secteur est séquentiel.

VI- Opérations sur la mémoire centrale :

Avant son exécution tout programme doit être d'abord chargé en mémoire centrale par le système d'exploitation. Ensuite l'exécution par l'unité centrale (UCT) de traitement nécessite une communication avec la mémoire qui se résume principalement dans les deux étapes suivantes :

4. Opération de lecture :

Cette opération consiste en la recherche d'une donnée ou d'une instruction stockée dans la mémoire pour en transférer une copie vers l'UCT afin de l'utiliser dans un traitement. Pour pouvoir effectuer cette opération, l'UCT doit informer la mémoire de l'emplacement auquel il veut accéder.

5. Opération d'écriture :

Cette opération consiste à attribuer une valeur à une case mémoire. Dans ce cas l'UCT doit fournir l'adresse de la case où il veut stocker cette information.

Exemple :

Soit un programme où l'on a déclaré deux variables entières : X et Y ⁽¹⁾.

Le programme contient la portion de code suivante :

X=5;

Y=X+2 ;

- La première instruction consiste en une opération d'écriture de l'entier 5 dans la case mémoire destinée à la variable X.

- La deuxième instruction consiste en une lecture de la variable X, ensuite après addition de son contenu avec la valeur 2, il s'agit d'une opération d'écriture du résultat 7 dans la case Y.

Pour effectuer ces opérations de lecture et d'écriture, il est nécessaire d'avoir un moyen de connexion entre la mémoire et le microprocesseur. Ce moyen est les bus.

VII- Les bus mémoire:

Un bus est un moyen de communication entre les différents éléments constituant une machine. Il s'agit en général d'un ensemble de n fils électriques utilisés pour transporter n signaux binaires.

Les bus qui relient la mémoire au microprocesseurs sont de trois types : le bus de données, le bus d'adresse et le bus de commande.

6. Le bus d'adresse:

Lors d'une opération de lecture ou d'écriture d'une information, le microprocesseur doit indiquer l'adresse de la case mémoire à lire ou celle où il doit écrire la donnée. Le passage de l'adresse est effectué par le bus d'adresses. Le bus d'adresse est un bus unidirectionnel c'est-à-dire, seul le processeur envoie des adresses.

7. Le bus de données:

Il sert comme support d'acheminement des données du microprocesseur vers la mémoire lors d'une opération d'écriture ou de la mémoire vers le microprocesseur lors d'une opération de lecture. Il est donc un bus bidirectionnel. Le nombre de fils de ce bus varie suivant les microprocesseurs.

8. Le bus de commande:

¹ La déclaration d'une variable consiste à lui donner un nom, lui associer un type de donnée et lui allouer un emplacement mémoire.

Le bus de commande est celui responsable de l'acheminement des signaux de commande tels que les ordres de lecture et écriture entre le processeur et la mémoire.

VIII- Connexion de la mémoire centrale avec le processeur :

Le principe de la communication entre le microprocesseur et la mémoire, peut être présenté par le schéma suivant qui illustre les opérations de lecture et d'écriture dans la mémoire.

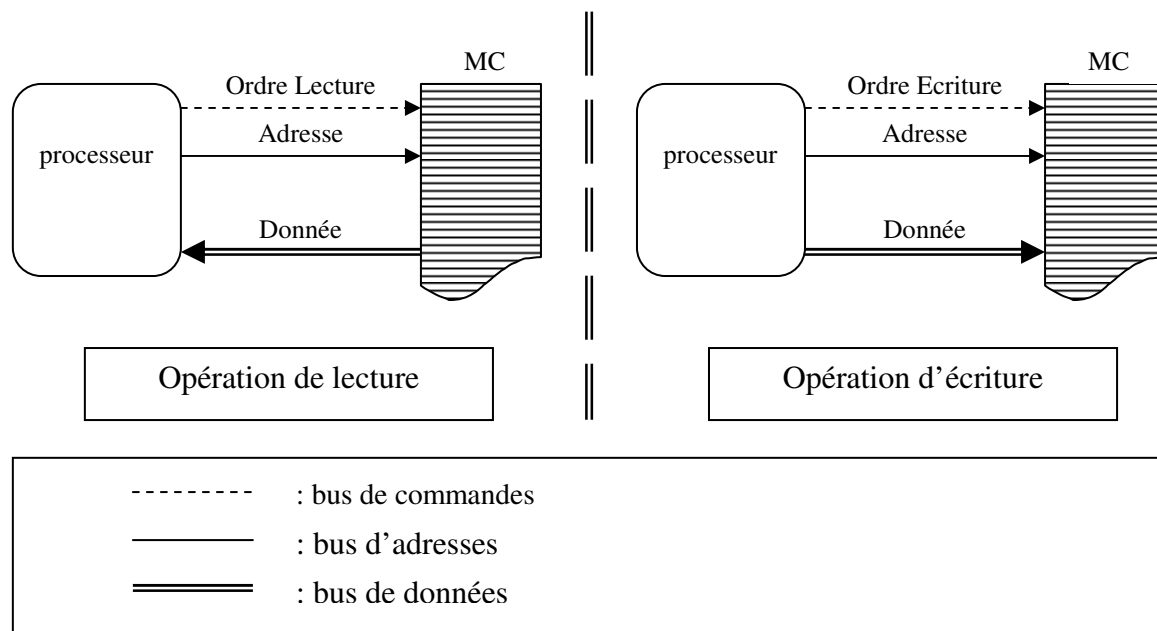


Figure8 : Connexions mémoire-processeur

La durée de conservation des informations, la quantité de donnée pouvant être stockée et la manière d'accès aux données dépendent du type de la mémoire.

IX- Les différents types de mémoires :

On distingue trois groupes de mémoires : la **mémoire centrale**, les **mémoires périphériques** et les **mémoires cache**.

9. La mémoire centrale :

[En anglais : main memory] sert à stocker le ou les programmes en cours d'exécution et les données en cours de traitement. C'est une mémoire à accès direct et à temps d'accès faible. Elle est subdivisée en deux parties :

- Les mémoires vives RAM
- Les mémoires mortes ROM.

▪ La mémoire RAM : [en anglais Random Access Memory]

C'est une mémoire vive à accès direct à l'opposition de la mémoire à accès séquentiel comme les bandes magnétique ou les cassettes par exemple. Cette partie de la mémoire centrale est à la disposition du programmeur, qui dans laquelle peut déposer des données élémentaires.

Cette mémoire est volatile, c'est-à-dire, elle est effacée dès la coupure du courant. On peut y mémoriser (écrire) des nombres binaires pour les relire plus tard mais tant que le courant n'a pas été coupé. La taille d'une mémoire RAM est de l'ordre de 64, 128 ou 512 Mo

Il existe deux types de RAM : les mémoires statiques et les mémoires dynamiques.

- Les **mémoires statiques (SRAM)** : Les bits de ces mémoires sont à base de transistors. Elles mémorisent les nombres aussi longtemps qu'elles sont alimentées. Elles sont simples d'utilisation mais occupent beaucoup de place dans le circuit intégré. Le coût de ces mémoire est assez élevé par rapport à celui des DRAM.

- Les **mémoires dynamiques (DRAM)** : Les bits de ces mémoires sont à base de condensateurs (capacités). Un bit à 1 est représenté par un condensateur chargé et un bit à 0 est représenté par un condensateur déchargé. Les mémoires DRAM nécessitent un *rafraîchissement périodique* de l'information qui consiste à générer des ordres de lecture et de réécriture du signal toutes les deux milliseconde afin que les bit à 1 ne soient pas déchargés. Ces mémoires sont plus rapides et leurs capacités sont supérieures.

▪ La mémoire ROM [en anglais Read Only Memory] :

C'est une mémoire morte permanente (non volatile). Son contenu ne peut pas être effacé et réécrit ordinairement par programme. Elle est en général de faible capacité, mais de très grande fiabilité. Cette mémoire contient dès la mise au point de l'ordinateur le savoir

nécessaire au démarrage et au bon fonctionnement de la machine comme par exemple le BIOS.

Ce type de composant est fabriqué de manière à donner toujours les mêmes valeurs même après coupure d'alimentation.

La ROM est généralement moins rapide que la RAM, alors souvent une technique particulière est appelée shadow ou mirror est utilisée avec la ROM et consiste à copier son contenu dans la RAM afin de l'utiliser par la suite uniquement à partir de la RAM. Cette technique provoque un gaspillage de RAM, mais elle permet de gagner en vitesse d'accès.

Il existe plusieurs types de ROMs :

-Les ROM programmables (**PROM**) qui peuvent être écrites, seulement une fois, hors de l'ordinateur. La fabrication des ROM est faite dans des usines de fabrication de puces à l'aide d'un appareil spécial (programmeur de PROM). Elles servent pour la réalisation de programmes identiques en faibles exemplaires.

- Les ROM effaçables (**EPROM, Erasable PROM**) qui peuvent être réinitialisées pour pouvoir être réécrites (à peu près 10 fois). Elles sont utilisées pour la mise au point de programmes nécessitant des modifications intenses. Les EPROM coûtent plus chères que les PROM, cependant il est possible de réutiliser une EPROM un certain nombre de fois. La différence entre la RAM et le EPROM se manifeste lors de l'écriture, le PROM nécessite un cycle 1000 fois plus long que celui d'une RAM.

- La RAM non volatile **NOVRAM** est une solution entre SRAM et EEPROM elle contient des informations pouvant être stockées dans une SRAM mais sans perte de données après avoir éteint l'ordinateur. En effet, ils sont stockés sur une **EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)** : Les EEPROM ont une durée de vie limitée. La possibilité de les modifier ne dépasse pas quelques milliers (ou millions) de fois, ce qui vaut une durée de vie de quelques secondes si elles étaient utilisées comme les RAM, quelques millions de modifications. De plus les EEPROM nécessitent plus de temps à effacer que les RAM. Les EEPROM sont excellentes pour conserver des paramètres et des préférences ou du code qui ne changera qu'une à deux fois par jour (ou semaine), mais pas pour des données qui requièrent des modifications plus fréquentes. Plusieurs modems possèdent des EEPROM (ou des dispositifs semblables) permettant ainsi de sauvegarder des paramètres propres au propriétaire de manière permanente.

- FLASHROM permettent d'effacer une ROM très rapidement (en une éclaircie d'où le terme anglais flash). C'est une sorte de EEPROM mais de conception différente. L'effacement est réalisé par banques de mémoire plutôt que caractère par caractère comme dans les EEPROM, cela aide à diminuer leurs coûts de production. Ces mémoires se retrouvent en particulier sur la carte mère (BIOS), sur la carte graphique (firmware) et sur le modem (firmware).

10. Les mémoires caches :

D'une façon générale, on définit le cache comme un dispositif matériel ou logiciel qui stocke dans une zone d'accès rapide une copie de données en petite quantité. Ces données sont choisies parmi les données qui sont stockées dans une zone d'accès plus lent.

On utilise pour les caches des mémoires statiques très rapides. Lorsque le processeur accède plusieurs fois à la même location, tout se passe avec la mémoire cache sans avoir la nécessité d'accéder à la mémoire centrale afin de réaliser un gain en terme de temps d'accès.

On trouve très souvent deux niveaux de mémoire cache.

▪ mémoire cache de Niveau I :

Le premier niveau de cache (L1) pour dire (level 1) est intégré au processeur et dispose d'un temps d'accès équivalent au cycle de fonctionnement de celui-ci.

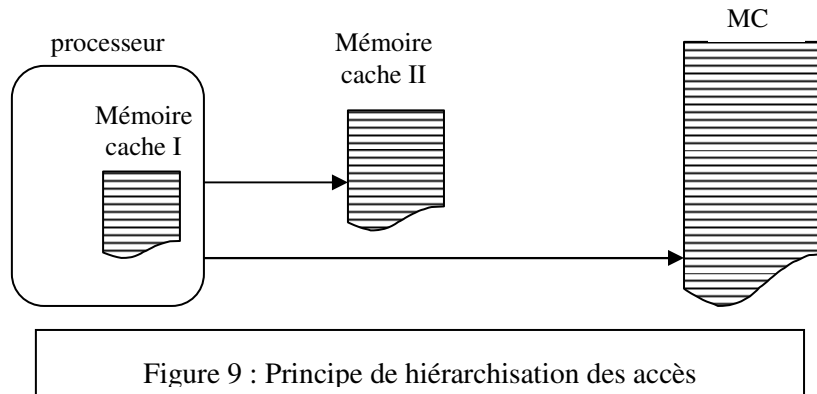
▪ mémoire cache de Niveau II :

Le second niveau (L2) est de plus grande taille mais plus lent.

L'accès aux différentes caches se fait selon le principe suivant :

La mémoire cache agit comme un tampon entre le microprocesseur et la mémoire centrale.

- Le microprocesseur émet une demande de données,
- Ces données sont recherchées au préalable dans la mémoire cache de premier niveau I (L1).
- Si elles sont trouvées elles sont immédiatement communiquées au processeur.
- Sinon, la recherche se poursuit dans la mémoire cache de niveau II (L2).
 - Si les données y sont localisées, elles sont communiquées au processeur à une vitesse bien supérieure à celle de la mémoire RAM.
 - Sinon, les données sont lues dans la mémoire centrale et mémorisées dans les mémoires caches pour une éventuelle future utilisation.



11. Les mémoires de masse ou mémoires périphériques:

Elles permettent de stocker des informations (depuis la mémoire centrale), et de les récupérer plus tard. Elles sont permanentes (les données y persistent voir même après coupure du courant).

Exemple de mémoires périphériques : les *disques durs*, les *disquettes*, CD, DVD ...

Les avantages de ces mémoires résident dans leurs grandes capacités de stockage et leurs coûts réduits mais leur inconvénient est qu'ils sont moins rapides que les autres mémoires.

Quelques capacités typiques de mémoires périphériques (Ces capacités varient et évoluent dans le temps) :

- Disque : 4 Go - 120 Go
- Disquette : 1,4 Mo
- Mémoire flash : 128 –1G
- CD : 700 Mo
- DVD : 4,7 Go

X- Récapitulatif sur les différentes mémoires :

Type de mémoire	Technologie	Emplacement	Accès	Stockage	Capacité
registres	Circuits intégrés	Situées dans la CPU	Grande vitesse	Stockage volatil	Faible capacité
mémoire cache	Circuits intégrés	Mémoire tampon entre : CPU et mémoire centrale	Rapide	Stockage volatil	Faible capacité

mémoire centrale	RAM	Circuits intégrés	Située dans l'unité centrale	Moins rapide	Stockage volatil	Capacité moyenne
	ROM	Circuits intégrés	Située dans l'unité centrale	Rapide	Stockage permanent	Capacité moyenne
mémoires auxiliaires ou mémoire de masse		Magnétique Optique	Périphériques (internes ou externes à l'unité centrale)	lentes	Stockage permanent	Capacité de stockage variable selon le périphérique

Figure10 : tableau comparatif

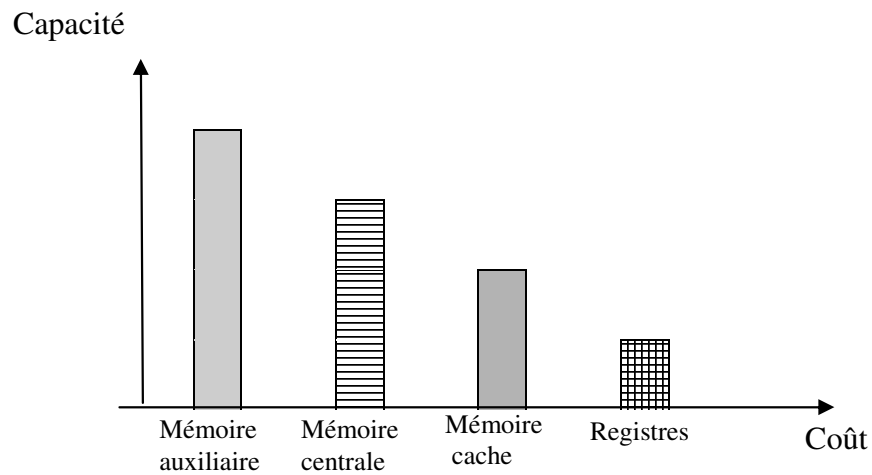


Figure11 : hiérarchie des mémoires (Rapport capacité/coût)