

## CHAPITRE 2

### LA MÉMOIRE

---

La mémoire, composante fondamentale des ordinateurs, joue un rôle important dans leur fonctionnement interne. En tant qu'utilisateur, il est essentiel de comprendre les principes de son fonctionnement et ses principales caractéristiques pour en tirer le meilleur parti.

D'une manière générale, quand on parle de mémoire, on parle d'un dispositif qui permet à un ordinateur d'emmagasiner de l'information. C'est l'endroit où le microprocesseur enregistre temporairement les instructions et les données des programmes qu'il exécute.

Après le microprocesseur, la mémoire est sans doute le composant le plus important dans un ordinateur : c'est l'espace de travail du microprocesseur. Lorsque vous vous installez pour étudier à votre bureau, la table sur laquelle vous déposez vos documents et outils représente votre espace de travail. Plus celui-ci est grand et bien organisé, plus vous serez efficace et productif dans le travail à exécuter.

Ainsi, la quantité et le type de mémoire vont influencer grandement la performance globale de l'ordinateur. Par exemple, on peut augmenter de près de 40 % la performance d'un ordinateur fonctionnant sous Windows 95 en passant de 16 Mo à 64 Mo de mémoire vive, surtout lorsque l'on exécute plusieurs applications en même temps.

Par ailleurs, la stabilité et la fiabilité de l'ordinateur dépendent de la qualité des modules de mémoire; une mémoire de mauvaise qualité va souvent provoquer des pannes aléatoires ou des blocages systématiques.

Dans ce chapitre, nous limiterons notre présentation au contexte du micro-ordinateur, sans entrer dans les détails complexes de la programmation, de la conception et de la fabrication de circuits. Ces thèmes ne seront pas abordés dans le cadre de ce cours.

## 2.1 Caractéristiques des mémoires

### 2.1.1 Volatilité

Comme nous allons le voir plus loin, la carte mère d'un ordinateur comporte plusieurs types de mémoires. On peut les classer en deux catégories : les *mémoires volatiles* et les *mémoires non volatiles*. Une mémoire est dite volatile si son contenu disparaît ou est effacé lorsqu'on éteint l'ordinateur, alors qu'une mémoire non volatile garde l'information dans tous les cas. Par exemple, lorsqu'on démarre un programme, le microprocesseur place ce programme dans la mémoire volatile; lorsqu'on éteint l'ordinateur, toutes ces données sont immédiatement perdues.

En termes techniques, on parlera de mémoire RAM (*random access memory*) pour désigner la mémoire volatile et de mémoire ROM (*read only memory*) pour celle qui est non volatile.

### 2.1.2 La vitesse et le temps d'accès

Le temps d'accès est l'intervalle de temps qui sépare la demande d'information de son obtention. Il s'exprime en nanosecondes (ns), soit un milliardième de seconde ( $10^{-9}$ ). Le temps d'accès des mémoires actuelles est généralement inférieur à 60 ns. Plus le chiffre est faible, plus la vitesse est grande.

Le taux de transfert ou bande passante des données (ou débit) s'exprime en mégaoctets par seconde (Mo/s) : par exemple, 176 Mo/s.

## 2.2 Stockages primaire et secondaire

Le stockage primaire est la mémoire directement accessible par le microprocesseur : la mémoire vive (RAM).

Le stockage secondaire est une mémoire qui n'est pas directement accessible par le microprocesseur, par exemple le disque dur, le cédérom, les disquettes, les périphériques de stockage de masse en général.

## 2.3 Accès aléatoire et accès séquentiel

On distingue généralement deux modes d'accès aux données stockées en mémoire :

- L'*accès aléatoire* ou accès direct, qui consiste à aller chercher l'information directement où elle est enregistrée, comme quand on va retirer le courrier dans un casier postal au bureau de poste.
- L'*accès séquentiel*, qui consiste à traiter les informations dans l'ordre où elles apparaissent sur le support (bandes). Le lecteur physique avance avec la lecture et se positionne au début de l'enregistrement suivant. L'accès séquentiel est similaire à la recherche d'une chanson sur une cassette de musique. Pour écouter la troisième chanson, il faut dérouler la bande jusqu'à ce qu'on la trouve. Cette méthode est plus lente que la première, mais c'est celle que l'on retrouve dans les unités de sauvegarde sur bandes magnétiques (*tape backup*).

## 2.4 La mémoire à accès aléatoire ou mémoire RAM

La mémoire RAM est une mémoire volatile, utilisée par le processeur et le coprocesseur pour stocker temporairement de l'information, exécuter des instructions et supporter le système d'exploitation. L'information contenue dans une mémoire RAM peut être effacée, remplacée ou recouvrée en tout temps. On appelle aussi ce dispositif, la *mémoire vive* ou *mémoire système*. Une mémoire RAM est constituée d'un ensemble de *cellules mémoires*, qui sont étiquetées, tout comme pour la poste, par une *adresse mémoire*. Les informations enregistrées en mémoire sont donc repérées par leurs adresses, c'est-à-dire par leur position physique. Le qualificatif aléatoire de l'accès par le processeur à la mémoire signifie que toutes les cellules mémoires peuvent être accessibles dans un intervalle de temps identique. Nous convenons que le terme accès direct est plus commode.

La puissance de traitement de l'information d'un ordinateur, exprimée en quantité de mémoire RAM, est fonction de la capacité maximale adressable spécifiée par le constructeur. Cette dernière, comme nous allons le voir plus loin, se mesure en nombre de bits d'adresses mémoire ou en nombre de lignes d'adresses.

La capacité maximale adressable d'un microprocesseur est calculée en fonction du nombre de lignes d'adresses, à partir de la formule suivante :

$$\text{Capacité maximale adressable} = 2^n, n \text{ étant le nombre de lignes d'adresses}$$

Le tableau 1 fournit des informations sur les processeurs de la marque Intel.

TABLEAU 1

Capacité adressable de quelques processeurs de marque Intel

Modèle du CPU	Largeur du bus d'adresse ( $n$ )	Capacité maximale adressable ( $2^n$ )
8088	20 bits	1 Mo
80286	24 bits	16 Mo
80386 SX	24 bits	16 Mo
80386 DX	32 bits	4 Go
486	32 bits	4 Go
Pentium	32 bits	4 Go
Pentium Pro, PII, PIII	32 bits	4 Go

## 2.5 Segments, décalages (*offsets*) et nombres hexadécimaux

Dans le monde des ordinateurs compatibles IBM PC, les microprocesseurs de la famille Intel 80x86 ne fonctionnent pas, de façon linéaire, avec toutes les adresses de la mémoire. Ils forment des adresses de mémoire physique en combinant une adresse de segment à une adresse de décalage (*offset*) (ou déplacement dans le segment).

En mode réel, soit le mode de fonctionnement du processeur Intel 8088, l'adresse est exprimée sous la forme suivante :

Segment : Adresse décalage (*offset*) A000 : C001

Pour calculer l'adresse absolue d'une cellule mémoire, il suffit d'appliquer la procédure suivante : écrire, tout d'abord, l'adresse du segment et la décaler d'une position vers la gauche :

A000  $\longrightarrow$  A0000

Ensuite, il faut ajouter le décalage (*offset*). Donc, on ajoute C001h à A0000h, ce qui donne AC001h. Notez que les valeurs HEXA se terminent habituellement par la lettre *h*, pour signifier qu'elles sont exprimées en hexadécimal.

$$\begin{array}{r} \text{A0000} \\ + \text{C001} \\ \hline \text{AC001} \end{array}$$

En décimal, cela correspond à 704513, qui se trouve quelque part dans le tiers supérieur de la mémoire, entre les positions 640 Ko et 1 Mo.

En abordant les adresses de segments et de décalage (*offsets*), ainsi que leurs effets sur l'architecture d'un système, il est important d'insister sur la nécessité de comprendre et de maîtriser la formulation en HEXA (abréviation de hexadécimal).

L'hexadécimal est un système de numération à base 16. Il peut être comparé aux systèmes décimal (base 10) et binaire (base 2). En HEXA, on dispose des chiffres de 0 à 9 comme en décimal, puis de six « chiffres » additionnels, les lettres de A à F, correspondant aux nombres décimaux de 10 à 15. Lorsqu'on lit un nombre du système décimal de droite à gauche, la valeur de chacune des positions s'accroît d'un facteur 10. En HEXA, la valeur de chaque position

successive s'accroît d'un facteur 16. Ce qu'il faut retenir, dans cette section, c'est que la mémoire dans un ordinateur est organisée pour être accessible à partir d'une adresse dont l'étiquette est codée en hexadécimal. Dans la partie du cours portant sur le codage de l'information, nous allons étudier toutes les notions sur les systèmes de numération, leur utilité et leurs usages.

### **Exemple**

A000 en HEXA décimal correspond à :

$$A \cdot 16^3 + 0 \cdot 16^2 + 0 \cdot 16^1 + 0 \cdot 16^0$$

On le convertit en un nombre décimal en considérant que les valeurs des positions d'un nombre HEXA de 4 chiffres sont de droite à gauche : 1, 16, 256 et 4096. Ces chiffres sont donc égaux respectivement à :  $16^0$ ,  $16^1$ ,  $16^2$  et  $16^3$ . Dans une numération décimale à quatre chiffres, les mêmes valeurs seraient respectivement : 1, 10, 100 et 1000.

Par conséquent, A000 en HEXA est égal à :

$$(10 \cdot 4096) + (0 \cdot 256) + (0 \cdot 16) + (0 \cdot 1), \text{ soit } 40\,960 \text{ en décimal.}$$

Pourquoi l'hexadécimal est-il si important? C'est parce que les microprocesseurs d'Intel gèrent les données avec des multiples de 8 bits : des octets de 8 bits, des mots de 16 bits, des doubles mots de 32 bits, etc. Cela permet à la valeur de toute quantité binaire de 4 bits de pouvoir tenir dans un seul chiffre HEXA. Le nombre binaire 1010, par exemple, est égal au nombre A en hexadécimal.

De même, 1010 0000 0001 1000 binaire est égal à AO18h. Tout nombre binaire s'exprime dans sa correspondance hexadécimale en convertissant chacun des groupes de quatre bits en un chiffre HEXA.

### **2.5.1 Adresses linéaires et adresses segmentées**

L'organisation de la mémoire revêt une importance capitale dans le fonctionnement d'un processeur. Aussi devons-nous jeter un regard sur les mécanismes de gestion de la mémoire centrale avant d'en étudier les différents types. Généralement, on parle de deux types d'adressage : l'*adressage linéaire* et l'*adressage segmentée*.

Dans le cas de l'adressage linéaire, une adresse de taille fixe calculée par le microprocesseur est utilisée comme adresse virtuelle; elle est divisée en un numéro de page et un déplacement dans cette page. Ce numéro de page et l'identificateur du processus sont utilisés par le mécanisme de pagination pour la traduction en adresse physique

Dans le cas de l'adressage segmenté, l'adresse virtuelle s'obtient par la concaténation d'un numéro de segment et le déplacement correspondant dans le segment; le déplacement dans le segment est l'adresse calculée par le programme. Cette adresse virtuelle est ensuite transformée, dans une première étape, en adresse logique (par addition de l'adresse de base du segment et du déplacement), puis cette adresse logique est traduite en adresse physique. Les systèmes d'exploitation 16 bits, comme le DOS, utilisent le concept d'adresse segmentée. Par contre, les systèmes d'exploitation 32 bits, comme Windows, ne sont pas limités par ce mode d'adressage; ils utilisent le concept d'adressage linéaire.

## 2.6 Les différents types de mémoire RAM

### 2.6.1 La mémoire vive dynamique (DRAM)

La mémoire vive dynamique ou RAM dynamique (DRAM) se compose d'une grande quantité de condensateurs qui se chargent ou se déchargent pour atteindre respectivement une valeur élevée (1) ou une valeur basse (0). Ces condensateurs sont particulièrement petits et sont donc de faible capacité. Le courant de fuite du condensateur étant relativement élevé par rapport à la valeur de ce condensateur, il faut rafraîchir le contenu de la mémoire toutes les millisecondes. C'est pourquoi on l'appelle mémoire dynamique. C'est ce qui explique aussi la lenteur relative de la RAM dynamique.

Le coût de production de ces mémoires, bien qu'il soit aussi variable que le cours de la Bourse, est relativement bas comparé à d'autres types de mémoire.

### 2.6.2 La mémoire vive statique (SRAM)

La mémoire vive statique ou SRAM (*static RAM*) doit son nom au fait que, contrairement à la DRAM, elle n'a pas besoin d'être rafraîchie. Dans la mémoire statique, les condensateurs sont remplacés par des bistables (*flip-flop*) composés de quelques transistors qui prennent une valeur élevée (1) ou basse (0). On pourrait les comparer à un interrupteur « marche/arrêt » traditionnel, fonctionnant beaucoup plus vite qu'un condensateur.

Par sa conception, ce type de mémoire est plus rapide que la DRAM. La mémoire SRAM affiche un temps d'accès de moins de 10 nanosecondes. Elle est de faible densité et de coût élevé. Les puces sont plus grandes et stockent moins d'informations. Par exemple un module de mémoire DRAM de 64 Mo coûte environ 125 \$ et occupe un seul connecteur de mémoire, tandis que 64 Mo de mémoire SRAM pourrait coûter jusqu'à 5000 \$ et nécessiter une surface de montage presque aussi grande que la carte mère elle-même (données de janvier 2000). La mémoire SRAM étant plus chère que la DRAM, on ne l'utilise principalement que pour la mémoire cache. Le tableau 2 permet de comparer ces deux types de mémoire RAM.

**TABLEAU 2**  
**Comparaison entre DRAM et SRAM**

Type	Vitesse	Densité	Coût
DRAM	Lente	Haute	Bas
SRAM	Rapide	Faible	Élevé

### 2.6.3 Les différentes technologies de mémoire DRAM

À la base, toutes les mémoires DRAM fonctionnent sur le même principe. Ce qui les distingue, c'est la manière dont les cellules sont organisées, la manière d'accéder à celles-ci et les méthodes d'adressage. Les technologies plus récentes permettent un accès plus rapide aux données et suivent l'évolution de la vitesse des microprocesseurs. Comme les données sont enregistrées dans la mémoire vive pour que le microprocesseur puisse les traiter, plus celle-ci est rapide plus l'ordinateur sera performant.

**La mémoire vive dynamique en mode page rapide (DRAM FPM)**

La DRAM FPM (*fast page mode*) ou « mode page rapide » utilise une technique qui permet un accès plus rapide aux données. Le mode d'accès *rafale* (*burst*) a été l'un des changements les plus importants pour les processeurs 486 et suivants. Ce mode d'accès tient compte du fait que la plupart des accès à la mémoire se font sur des données consécutives. Dès qu'on a accédé à une case mémoire, le mode *rafale* permet l'accès aux trois données adjacentes, sans attente ni latence. La mémoire DRAM qui utilise le mode page et le mode rafale est appelée FPM (*fast page mode*, mode page rapide).

Une autre technique appelée *entrelacement* permet d'accélérer la mémoire FPM. C'est un modèle dans lequel on associe deux bancs de mémoire, en accédant alternativement à l'un puis à l'autre. On traite le premier pendant que l'on charge la donnée du second. Ce chevauchement des accès sur deux bancs réduit l'effet de latence et du temps de cycle, et permet un accès global plus rapide. Pour utiliser cette méthode, il est nécessaire d'installer des bancs de mémoire identiques, ce qui double le nombre de modules SIMM (*single in-line memory modules*) ou DIMM (*dual in-line memory modules*) nécessaires.

**La mémoire à sortie de données améliorées (EDO RAM)**

EDO RAM signifie *extended data out random access memory*, ou « sortie de données améliorées »; on parle aussi de mémoire vive à chevauchement. La mémoire EDO est une forme modifiée de la mémoire FPM, aussi appelée HPM (*hyper page mode*, mode page hyper). L'EDO RAM garantit un gain de vitesse de 5 à 15 % et ne coûte pas plus chère que la DRAM.

**La mémoire rapide à sortie de données améliorées (BEDO)**

La mémoire BEDO (*burst EDO DRAM* ou DRAM EDO rafale) est une mémoire EDO avec des dispositifs complémentaires pour assurer des transferts plus rapides. La mémoire BEDO n'a pas eu beaucoup de succès dans les ordinateurs actuels.

**La mémoire vive synchrone (SDRAM)**

La SDRAM (*synchronous DRAM* ou DRAM synchrone) est un type de mémoire qui fonctionne en synchronisation avec le bus. Le signal d'entrée et de sortie des données est synchronisé avec l'horloge du microprocesseur. La SDRAM est devenue le type de mémoire le plus connu dans les nouveaux micro-ordinateurs. Elle est particulièrement bien adaptée à l'architecture des Pentium II et des cartes mères correspondantes. Les avantages de la SDRAM sont une meilleure performance pour ce qui est de la vitesse générale, de 10 à 20 % supérieure, et une plus grande bande passante : 528 Mbytes/s. Les performances de la SDRAM sont largement supérieures à celles de la RAM FPM et de l'EDO RAM. Elle est capable de fonctionner avec un bus cadencé à 100 MHz (10 ns).

La mémoire SDRAM est vendue sous forme de modules DIMM (*dual in-line memory module*). La vitesse de la SDRAM se mesure en mégahertz (MHz) plutôt qu'en nanoseconde : 66 MHz (15 ns), 83 MHz (12 ns) ou 100 MHz (10 ns). Intel a créé le standard PC/100 qui définit les critères de performance que le module mémoire doit respecter pour être fiable dans un ordinateur dont la carte mère est cadencée à 100 MHz.

**La mémoire vive synchrone graphique (SGRAM)**

La mémoire vive synchrone graphique (SGRAM) ou *synchronous graphics RAM* est une mémoire de type SDRAM, optimisée pour les entrées/sorties sur une carte graphique. Cette technologie permet de lire ou d'écrire les données en bloc plutôt qu'individuellement. Le nombre de lectures/écritures est ainsi réduit et la performance accrue.

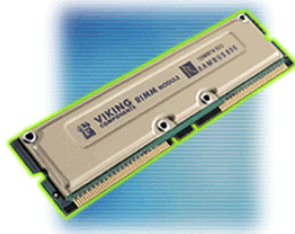
### **La DRAM multibanque (MDRAM)**

La DRAM multibanque (*multibank dynamic RAM*) est une sorte de mémoire RAM utilisée principalement pour les cartes graphiques. À la différence des anciennes mémoires de fabrication monolithique qui équipaient les cartes vidéo, la technologie utilisée dans la conception de la SDRAM consiste à diviser la mémoire en de multiples parties ou « banques » de 32 Ko qui peuvent être consultées individuellement. Cela augmente la vitesse de lecture et d'écriture. Très performante, elle atteint une vitesse de transfert aussi élevée que 1 Go par seconde.

### **La mémoire DRAM Rambus (RDRAM)**

La DRAM Rambus (*Rambus™ DRAM*) est un tout nouveau concept de mémoire; elle a été inventée par la société RAMBUS et elle sera exploitée dans les futurs micro-ordinateurs. Son taux de transfert attendrait 1,6 Go par seconde à une fréquence d'horloge de 800 MHz. Pour arriver à de telles performances, il a fallu concevoir de nouveaux circuits de contrôle de mémoire et une nouvelle interface mémoire/système.

Les puces de la RDRAM sont installées sur des modules RIMM (*Rambus in-line memory module* ou module de mémoire à rangée de contacts Rambus).



**FIGURE 1**

**Vue de face d'une barrette de mémoire RIMM.**

### **DRDRAM**

La *Direct Rambus DRAM* est une variante de la mémoire RDRAM proposée par Intel pour concurrencer la compagnie RAMBUS.

### **SDRAM DDR**

La mémoire SDRAM DDR (*double data rate* ou à double débit de données) est une variante évoluée de la SDRAM. Avec cette nouvelle mémoire, il est possible de doubler la bande passante et de transférer le double des données au sein d'un même cycle : une fois au début du cycle et une fois à la fin, sans changer le cycle d'horloge.

### **SLDRAM**

Afin de ne pas avoir de droits à payer à la compagnie Intel, vingt des plus grands fabricants d'ordinateurs se sont regroupés pour créer le consortium SLDRAM. Ce consortium a pour objectif de développer un nouveau type de mémoire, appelé *synchronous-link DRAM* ou SLDRAM. Elle utilise une technologie dont la conception évolutive permet d'améliorer de façon substantielle la performance par rapport aux mémoires de type SDRAM actuelles. Les données seraient transférées sur un bus de 64 bits à la fréquence de 200 MHz. Le taux de transfert pourrait atteindre 3,2 Go par seconde.

### 2.6.4 Autres types de RAM

#### **La mémoire vidéo (video RAM)**

La vidéo RAM ou VRAM, comme son nom l'indique, est une mémoire qui se retrouve principalement sur les cartes vidéo, communément appelées cartes graphiques. Son taux de rafraîchissement rapide lui permet d'avoir un temps de réponse suffisamment court pour rafraîchir l'image à l'écran, éviter les scintillements (*flicker*) et afficher de nouvelles images aussi vite que le microprocesseur et la carte graphique envoient les données. Une autre particularité de la mémoire VRAM est qu'elle utilise deux portes pour l'entrée et la sortie des données. Une des portes sert à envoyer les données vers l'écran, tandis que l'autre est dédiée à l'entrée des données provenant du processeur graphique ou du microprocesseur. On peut comparer cela à un restaurant où l'on commande la nourriture à un guichet et où on la reçoit à un autre. Ainsi, on peut traiter les commandes plus rapidement et fournir un service plus efficace.

#### **La mémoire Window RAM**

La mémoire WRAM est une variante de la mémoire VRAM; elle détient, en plus, les caractéristiques de la mémoire EDO (*extended data out*). Elle n'a pas été beaucoup utilisée.

#### **La mémoire CMOS RAM**

La mémoire CMOS RAM (*complimentary metal oxide semiconductor random access memory*) est une mémoire vive à faible consommation d'énergie. Son rôle, dans le micro-ordinateur, est de conserver les paramètres de configuration de l'ordinateur : par exemple, la date, l'heure, les paramètres du disque dur, les réglages de fonctionnement du jeu de puces (*chipset*) ou ensemble de circuits auxiliaires sur la carte mère. Elle est alimentée en énergie électrique par une pile, ce qui lui permet de conserver ses données, même si l'ordinateur est à l'arrêt.

#### **La mémoire Shadow RAM**

Comme nous allons le voir dans la section suivante, les modules de mémoire ROM (*read only memory*) sont très lents, avec un temps d'accès de l'ordre de 150 nanosecondes. Par comparaison, les mémoires DRAM ont un temps d'accès de moins de 60 nanosecondes. C'est pour cette raison que l'on copie souvent le contenu des puces ROM en RAM, lors du démarrage de l'ordinateur. Cette opération de copie de la ROM dans la RAM, à la même adresse, s'appelle mise en mémoire fantôme (*shadow RAM*).

## 2.7 La mémoire morte ou mémoire à lecture seule (ROM)

La mémoire ROM (*read only memory*), que l'on nomme en français « mémoire morte ou mémoire à lecture seule », est un type de mémoire capable de stocker des données de façon permanente. C'est une mémoire qui ne peut qu'être lue. La ROM est un emplacement idéal pour mettre les instructions de démarrage de l'ordinateur, c'est-à-dire le BIOS. Celui-ci contient le microprogramme de démarrage qui a pour but de charger le système d'exploitation en mémoire lors de la mise en route de l'ordinateur. On trouve aussi des mémoires ROM sur des cartes d'extension, telles les cartes vidéo; elles contiennent des programmes complémentaires pour en assurer le bon fonctionnement.

La capacité de cette mémoire est généralement inférieure à 256 Ko. C'est une mémoire permanente, non volatile, c'est-à-dire que son contenu ne s'efface pas, même en cas de panne de courant ou lorsque l'ordinateur est éteint. Son accès est aléatoire et direct, comme dans le cas de la mémoire RAM.



Comme son contenu ne peut être modifié facilement, elle offre une bonne sécurité pour la sauvegarde de programmes spécifiques. Bien que cela soit possible, il est difficile d'altérer ses programmes ou de les contaminer avec un virus.

### 2.7.1 Les différents types de mémoire ROM

#### ***La mémoire morte standard (ROM)***

La mémoire ROM standard est un circuit intégré électronique dans lequel les programmes ou les données sont gravés une fois pour toutes lors de la fabrication de la puce électronique. Il est impossible de les modifier par la suite. On peut les comparer à des disques compacts de musique (CD-Audio). Leur coût de production est très bas.

#### ***La mémoire morte programmable (PROM)***

La mémoire de type PROM (*programmable read only memory*) est un circuit fabriqué et programmé une fois, en usine, à l'aide d'un équipement spécial.

#### ***La mémoire morte reprogrammable (EPROM)***

La mémoire EPROM (*erasable PROM*) est une mémoire morte reprogrammable avec un appareil spécial appelé *programmeur d'EPROM*. Son contenu peut être effacé à l'aide d'un appareil d'exposition aux rayons ultraviolets. On reconnaît facilement les dispositifs de ce type de mémoire grâce à la petite fenêtre vitrée sur le dessus du circuit intégré. Cette fenêtre est souvent recouverte d'une étiquette pour empêcher la lumière d'entrer dans la puce et éviter ainsi de détériorer la mémoire.

#### ***La mémoire EEPROM***

La mémoire EEPROM (*electrical erasable PROM*), parfois appelée FLASH EPROM, est une mémoire reprogrammable électriquement à l'aide d'un logiciel spécifique. C'est la plus flexible de toutes et elle est utilisée dans la plus part des BIOS des ordinateurs actuels.

Ce type de mémoire est aussi appelé *Flash RAM* parce qu'on peut l'effacer et la reprogrammer assez souvent; toutefois, elle n'est pas aussi rapide que la mémoire RAM et il faut un programme spécial pour y écrire, ce qui n'est pas le cas de la mémoire RAM standard.

#### ***Comparaison de la ROM avec la RAM***

Lorsque l'on compare la mémoire morte (ROM) avec la mémoire vive (RAM), on constate que la RAM est utilisée comme mémoire centrale de l'ordinateur compte tenu de ses caractéristiques en lecture/écriture et de ses performances. Par contre, la ROM est utilisée pour stocker les programmes complémentaires nécessaires au bon fonctionnement de l'ordinateur. La ROM est beaucoup plus lente que la RAM.

#### ***Le fonctionnement de la mémoire***

Une description détaillée du fonctionnement de la mémoire dépasse le cadre de ce cours. Cependant, le principe de base simplifié suivant s'applique dans la plupart des cas.

1. L'adresse de la cellule mémoire où se trouve la donnée ou l'instruction à lire est placée sur le bus d'adresse.
2. Le contrôleur de mémoire décode l'adresse afin de déterminer l'emplacement de l'information dans la puce mémoire.
3. Le contenu des cellules touchées est placé sur le bus de données.

4. Le microprocesseur ou les dispositifs qui demandent des informations peuvent alors les lire sur le bus de données.

Le processus d'écriture se passe de la même façon. Dans ce principe simplifié, nous ne tenons pas compte des signaux de synchronisation et de l'entrelacement ou des modes d'accès permettant d'améliorer le temps d'accès de la mémoire.

### 2.7.2 Méthode de correction des erreurs

#### **Le bit de parité**

Pour remédier aux erreurs d'enregistrement, on utilise un bit de parité pour chaque série de 8 bits de données. Le *bit de parité* est, en fait, un bit mémoire supplémentaire qui vérifie si les 8 autres bits sont bien présents et corrects. Le bit de parité peut uniquement détecter les erreurs; il n'est pas capable d'indiquer le bit défectueux.

Lorsqu'on achète de la mémoire, les modules avec parité fonctionnent sur 36 bits (1x36) et les modules sans parité fonctionnent sur 32 bits (1x32)

#### **Les codes de correction des erreurs (ECC)**

Dans les serveurs ou les PC haut de gamme, les modules de mémoire comportent une mémoire de type ECC (*error correction code*), soit une mémoire à code correcteur d'erreurs. Cette mémoire peut remédier elle-même à une erreur de 1 bit. En cas d'erreur ou de perte touchant plusieurs bits, le contrôleur ECC indique une erreur de parité

### 2.7.3 Le bus de mémoire

Le bus de mémoire (*memory bus*) est un ensemble de pistes de cuivre sur le circuit imprimé de la carte mère. Ces pistes transportent les adresses mémoires et les informations *de* et *vers* la mémoire RAM. Le bus de mémoire, dans la plupart des PC, est aussi partagé avec le bus de processeur (bus interne). Il permet de relier le système mémoire au processeur, comme moyen de communication à haute vitesse entre les composants du PC.

Le bus de mémoire est composé de deux parties : le bus de données ou d'informations et le bus d'adresses. Le bus d'adresses sert à sélectionner l'adresse mémoire de laquelle les informations viendront ou vers laquelle elles s'écritont ou seront lues. Plus grande est la partie d'informations du bus, le plus d'informations peuvent être transmises simultanément; donc, plus le bus de données est grand, plus grande est la performance de celui-ci. La largeur du bus est exprimée en nombre de bits, et chaque bit correspond à une piste de cuivre sur le circuit imprimé de la carte mère. Selon la valeur du signal électrique qui circule sur cette piste, le bit prend la valeur 1 ou 0.

#### **La vitesse du bus**

La *bande passante* ou *taux de transfert du bus* correspond au nombre de bits par seconde qui peuvent circuler sur le bus. Pour illustrer notre propos, imaginons une autoroute reliant deux grandes villes. Plus il y a de voies de circulation, plus le flux de la circulation sera important. Plus la limite de vitesse sera élevée, plus la quantité de voitures par seconde sera élevée : d'où une performance accrue. Le taux de transfert de l'autoroute correspond au nombre de voitures que l'autoroute peut supporter dans une unité de temps donnée.

Nous pouvons donc dire que la bande passante du bus de mémoire est un facteur déterminant dans la performance globale du système. La largeur du bus d'adresses détermine la capacité de

mémoire maximale adressable par le système. Dans la réalité, ce maximum n'est jamais atteint à cause des limites financières et technologiques.

À cause de la disparité entre la vitesse des microprocesseurs et le temps d'accès des cellules de mémoire, il se produit, lors de transferts massifs d'informations, un bouchon sur le bus, ce qui réduit considérablement la performance globale du système. C'est pourquoi les concepteurs de micro-ordinateurs ont introduit une mémoire plus rapide, appelée *mémoire cache*, à plusieurs niveaux dans la structure du système. Comme nous le verrons plus loin, la mémoire cache permet de réduire le temps d'accès global.

#### 2.7.4 Les bancs de mémoire

Un processeur traite un certain nombre d'octets en un temps donné. Les processeurs Intel, 80386DX et 80486SX ou DX, traitent simultanément, par exemple, 4 octets, soit 32 bits. Quant aux processeurs Intel Pentium ou PowerPC, ils peuvent traiter simultanément 8 octets, soit 64 bits.

Les modules de mémoire se présentent sous plusieurs formats. Chacun de ces formats correspond à une largeur de bus bien précise. Les modules SIMM (*single in-line memory modules*) de 30 ou 36 broches ont une largeur de bus de 8 bits, soit un octet. Les microprocesseurs de type 385 DX et 486 ont une largeur de bus de données de 32 bits. Il faut placer 4 modules de mémoire simultanément sur la carte mère pour pouvoir l'utiliser. L'ensemble de ces 4 modules s'appelle *banc de mémoire*.

Les microprocesseurs de type Pentium, Pentium Pro, PII et PIII ont une largeur de bus de données de 64 bits. Lorsqu'on utilise des modules SIMM de 72 broches (32 bits), il faut deux modules par banc. Par contre, dans les ordinateurs plus récents, on installe des modules DIMM (*dual in-line memory module*) avec un bus de données de 64 bits (168 broches). Un banc de mémoire se compose alors d'un module DIMM de 64 bits (168 broches).

On ne peut pas placer des SIMM de dimensions différentes sur un même banc de mémoire. Si l'on place, par exemple, un module SIMM de 8 Mo et un module SIMM de 16 Mo sur le banc d'un Pentium, le PC ne démarrera pas.

### 2.8 La mémoire cache

#### 2.8.1 Qu'est-ce que la mémoire cache?

La mémoire cache, appelée aussi antémémoire, est une mémoire à haute vitesse fabriquée à partir de modules de mémoire vive statique (SRAM), offrant des temps d'accès aussi bas que 2 à 5 nanosecondes. La mémoire cache sert à stocker les instructions et données les plus fréquemment demandées, pour les fournir plus rapidement au processeur. On peut accéder plus rapidement aux instructions et données qui sont dans la mémoire cache qu'aux instructions et données placées dans la mémoire principale. Le plus d'instructions et de données auxquelles le processeur peut avoir accès directement de la mémoire cache, le plus rapidement l'ordinateur fonctionne. La mémoire cache permet un gain de performance notable et elle améliore les performances des micro-ordinateurs pour ce qui est de la lecture et de l'écriture en mémoire vive, en réduisant les temps d'attente du microprocesseur et en réduisant le taux d'utilisation du bus de mémoire.

### 2.8.2 Principe de fonctionnement de la mémoire cache

Depuis que le PC existe, le processeur a connu une augmentation exponentielle de sa puissance. Selon la loi de Moore (ingénieur concepteur des processeurs Intel), la puissance des processeurs double tous les 18 mois. Mais les divers périphériques, comme le disque dur ou la mémoire centrale du PC, n'ont pas évolué à la même vitesse. Il devenait impératif pour les constructeurs de PC de trouver un moyen d'éviter la diminution des performances du système et d'éviter les états d'attente trop longs au microprocesseur.

La solution la plus simple à ce problème serait de changer la mémoire centrale du PC qui est de type DRAM (*dynamic RAM*) par de la mémoire de type SRAM (*static RAM*). La SRAM a des vitesses assez proches de celle du processeur, mais comme la SRAM est beaucoup plus chère que la DRAM et que sa densité est plus faible, les PC seraient beaucoup plus chers et plus volumineux.

Pour résoudre ce problème, les concepteurs ont décidé d'utiliser une faible quantité de mémoire SRAM et de la placer entre les périphériques (mémoire DRAM du système, disque dur, etc.) et le microprocesseur. Ils ont développé des algorithmes puissants permettant d'optimiser le transfert des informations.

Statistiquement, les informations demandées par le microprocesseur à la mémoire se trouvent, dans cette mémoire, à proximité immédiate de l'accès à l'information précédente. D'autre part, on constate qu'on réutilise souvent les informations les plus récemment traitées. Ainsi, il suffit de construire un mécanisme stockant en mémoire cache les informations immédiatement contiguës à l'information réclamée par le microprocesseur. Ce mécanisme est constitué de la mémoire cache proprement dite, sous forme de composants (*chips*) de mémoire statique qui sont très chers, et d'un contrôleur de mémoire cache qui est un microprocesseur spécialisé.

Lorsque le microprocesseur réclame une information à la mémoire centrale, cette demande est interceptée par le contrôleur cache qui recherche en mémoire vive l'information demandée (données ou code machine). L'information est immédiatement livrée à l'unité centrale. En même temps, le contrôleur effectue une copie du code ou des données en question dans la mémoire cache. Aussitôt que le microprocesseur sera en attente de travail, le contrôleur cache effectuera également une copie de l'instruction ou des données immédiatement adjacentes à l'adresse des informations demandées précédemment par le microprocesseur.

Lorsque le microprocesseur réclame le chargement et l'exécution de l'instruction (ou de la donnée) suivante, le contrôleur cache livre instantanément l'instruction demandée à partir de la mémoire cache. Si le microprocesseur effectue une mise à jour d'une information présente dans la mémoire, le contrôleur cache commence par vérifier si l'information à modifier se trouve dans les mémoires rapides. Si c'est le cas, il compare l'information copiée à l'information enregistrée en mémoire vive (RAM) avant de procéder à la mise à jour.

### 2.8.3 Types particuliers de mémoire cache

Il existe plusieurs types de mémoire cache dans un micro-ordinateur; étudions-les maintenant.

#### **La mémoire cache de premier niveau ou mémoire cache interne (L1 cache)**

La mémoire cache de premier niveau (*L1 cache*), aussi appelée mémoire cache interne, est la mémoire la plus rapide du PC. Elle est, en effet, située dans le microprocesseur et fonctionne à la même vitesse que ce dernier. Elle est généralement de petite taille : 16 Ko pour les Pentium, 32 Ko pour les Pentium MMX et Pentium II, 64 Ko pour les K6, K6-2, 6x86MX, MII et Katmai, et 128 Ko pour le K7.

### ***La mémoire cache de second niveau ou mémoire cache externe (L2 cache)***

La mémoire cache de second niveau (*L2 cache*) vient compléter la mémoire cache de niveau 1 (*L1 cache*). Plus grande, mais un peu plus lente, elle stocke tout ce que la mémoire cache interne ne peut retenir par manque de place. Selon le modèle du CPU et de la carte mère, elle peut être placée sur la carte mère; c'est le cas pour les processeurs du 386 au Pentium et même pour certains modèles de CELERON, les 6x86 et K6. Dans le cas des processeurs de type Pentium Pro, PII et PIII, elle se trouve dans le même boîtier que le processeur. Dans la section du cours qui traite des microprocesseurs, se trouvent des informations supplémentaires sur ce sujet.

TABLEAU 3

**Récapitulation des paramètres des mémoires caches pour certains microprocesseurs**

Micro-processeur	Quantité de mémoire cache de premier niveau	Quantité de mémoire cache de second niveau	Emplacement de la mémoire cache de second niveau	Vitesse de la cache de second niveau
<b>80486</b>	8 k	0 k – 256 k	Carte mère	Vitesse du bus
<b>Pentium</b>	16 k	256 ou 512 k	Carte mère	Vitesse du bus
<b>Pentium MMX</b>	32 k	256 or 512 k	Carte mère	Vitesse du bus
<b>Pentium Pro</b>	16 k	256, 512 ou 1024 k	Microprocesseur	Vitesse d'horloge
<b>Pentium II</b>	32 k	512 k	Carte du microprocesseur	Moitié de la vitesse d'horloge
<b>K5</b>	24 k	256 ou 512 k	Carte mère	Vitesse du bus
<b>K6</b>	64 k	256 ou 512 k	Carte mère	Vitesse du bus

### ***La mémoire cache en mémoire centrale***

Il existe des programmes qui permettent d'accélérer l'accès au disque dur, en utilisant la mémoire vive comme antémémoire pour le disque dur; c'est le cas de SMARTDRV dans les environnements MS-DOS ou Windows 9x. Les dernières données lues sur le disque sont stockées dans une zone spécialement réservée en mémoire vive; elles sont ainsi disponibles plus rapidement, au cas où le processeur en aurait encore besoin. Rappelons que le temps d'accès de la mémoire vive (quelques nanosecondes) est beaucoup plus rapide que le temps d'accès au disque dur (quelques millisecondes). On utilise la même méthode pour les cédéroms et les autres périphériques de stockage de masse.

### ***La mémoire cache et les périphériques***

Les périphériques de stockage de masse, comme les disques durs, cédéroms, DVD, etc., disposent d'une mémoire cache physique installée sur leur carte de contrôle électronique ou sur la carte d'interface. Ces mémoires jouent le même rôle que les mémoires caches de premier ou de second niveau. Les disques durs modernes disposent de quelques centaines de kilo-octets (Ko) de cache, tout comme les cédéroms, les graveurs de CD où la quantité de mémoire cache physique peut aller jusqu'à 2 Mo. La mémoire cache matérielle et la mémoire cache logicielle pour le disque dur sont placées entre le disque dur et la mémoire de travail.

### **Quantité de mémoire cache**

Les premiers 256 K de mémoire cache économisent à l'ordinateur beaucoup de temps, en retenant les instructions les plus fréquemment utilisées. Toutefois, rajouter 256 K de mémoire cache n'augmente pas les performances générales de l'ordinateur dans la même proportion que les premiers 256 K le font.

Les fabricants installent sur la carte mère de 256 Ko à 1 Mo de mémoire cache, parce que cela permet d'augmenter considérablement la vitesse de traitement global de l'ordinateur. La carte mère doit alors être d'excellente qualité car, comme la mémoire cache est extrêmement rapide, on perd très rapidement des données, en cas de défaillance.

## **2.9 L'organisation logique de la mémoire**

À l'origine, les premiers PC avec un microprocesseur de type Intel 8088 disposaient de 1 Mo de mémoire vive adressable; les 384 Ko supérieurs étaient réservés à l'ordinateur pour son fonctionnement propre et le microprocesseur fonctionnait en « mode réel ». Cet espace réservé dans la partie supérieure de la mémoire (entre 640 et 1024 Ko) a créé ce que l'on appelle aujourd'hui la barrière de la mémoire conventionnelle. Toutes les générations suivantes ont hérité de cette disposition de la mémoire, afin de maintenir la compatibilité. Vingt ans après la sortie du premier PC, les ordinateurs modernes sont encore limités en de nombreux points par le schéma de la mémoire des premiers PC.

Afin de tirer le meilleur parti de son ordinateur, il faut être en mesure d'identifier la répartition de la mémoire vive du micro-ordinateur. Le texte qui suit n'est valable que pour les systèmes d'exploitation MS-DOS et Windows 9x et plus. En effet, les autres systèmes d'exploitation, comme LINUX, NT, UNIX ou Système 8 du Macintosh, gèrent la mémoire de manière complètement différente.

La mémoire se répartit en différentes zones définies comme suit :

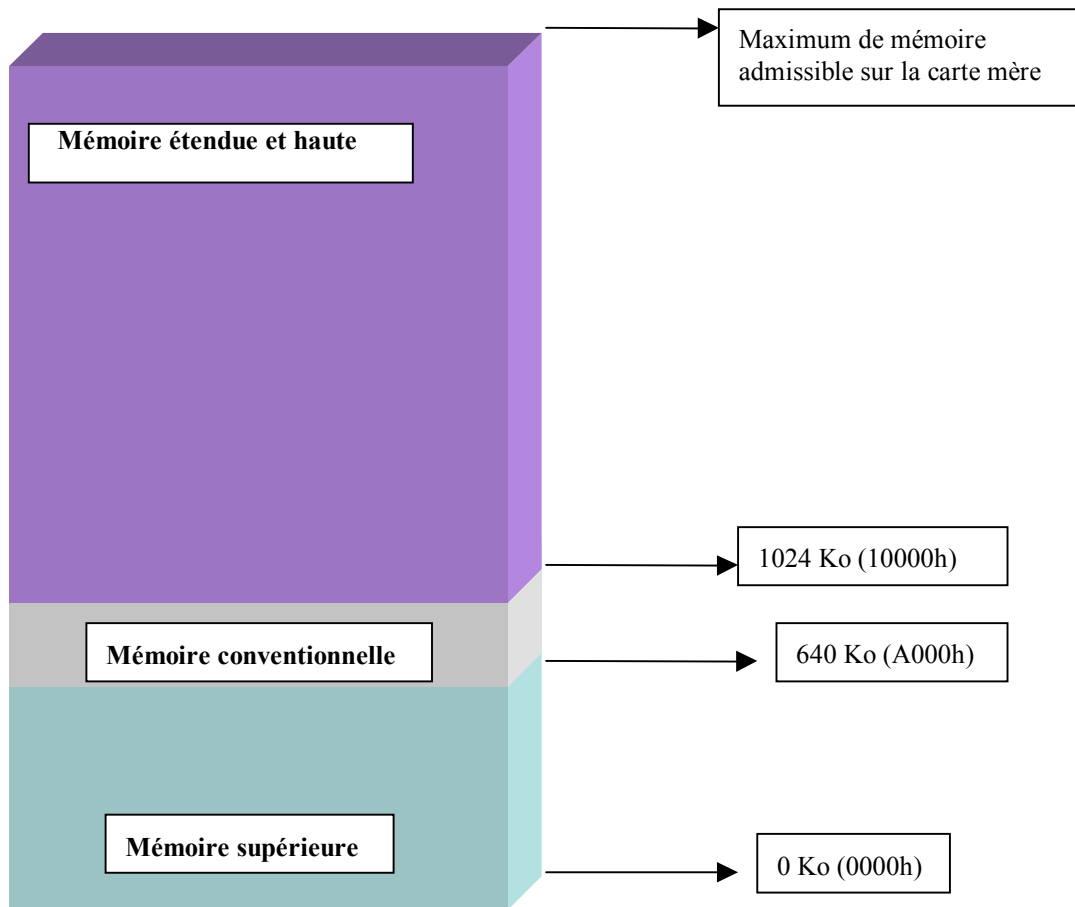
- la mémoire conventionnelle ou mémoire basse ou de base,
- la mémoire supérieure (UMA),
- la mémoire étendue (XMS),
- la mémoire haute (HMA),
- la mémoire paginée (EMS)

La figure 2 représente une image simplifiée des différentes zones de mémoire dans un PC. Elle montre la carte mémoire du PC et illustre les emplacements relatifs de différents types de mémoire.

### **2.9.1 La mémoire conventionnelle**

La mémoire conventionnelle, parfois appelée mémoire de base représente les 640 premiers kilo-octets de mémoire de tout ordinateur. Elle ne nécessite aucun gestionnaire de mémoire, car elle est gérée directement par le système d'exploitation.

L'étape la plus importante consiste à optimiser les commandes dans AUTOEXEC.BAT et CONFIG.SYS pour rendre maximale la mémoire conventionnelle disponible pour les programmes des applications.



**FIGURE 2**  
**Cartographie de la mémoire.**

### 2.9.2 La mémoire supérieure

La mémoire supérieure ou mémoire UMA (*upper memory area*) désigne les 384 Ko réservés, situés dans la partie supérieure du premier mégaoctet (immédiatement au-dessus de la mémoire conventionnelle). Cette mémoire occupe les adresses A0000 à FFFFF. Le DOS peut l'utiliser pour stocker certains programmes résidents.

Ces 384 Ko de mémoire ne sont pas complètement utilisés sur la plupart des ordinateurs AT. Ils ont été conçus, à l'origine, pour constituer de la mémoire de réserve. Il est donc possible de recourir à des zones inutilisées de cette mémoire pour charger des gestionnaires de périphériques, comme DISPLAY.SYS (pour gérer l'affichage à l'écran), ou des programmes résidents, comme MSCDEX.COM (pour gérer l'accès aux cédéroms), et de libérer ainsi de la mémoire conventionnelle dont on peut avoir besoin. La quantité d'espace libre dans la mémoire supérieure varie d'un ordinateur à l'autre, selon les cartes d'extension installées.

### 2.9.3 La mémoire étendue

La mémoire étendue est la RAM s'étendant au-delà de la mémoire étendue, soit au-delà de 1 Mo. Elle a fait son entrée dans le monde des PC avec les processeurs pouvant adresser plus de 1 Mo, soit les processeurs 80286.

Le standard XMS est apparu en 1988 pour régler le traitement et l'utilisation de cette zone de mémoire qui s'étend au-dessus du premier mégaoctet de RAM. On ne le trouve que sur les ordinateurs qui utilisent des processeurs 286, 386, 486 et Pentium. Par exemple, dans une machine équipée d'une barrette de mémoire de 8 Mo, le premier mégaoctet représente les 640 Ko de la mémoire conventionnelle et les 384 Ko de la mémoire supérieure. Les 7 Mo restants représentent la mémoire étendue, dont 64 Ko constituent la mémoire haute. Pour utiliser effectivement cette zone de mémoire, il faut faire appel à un gestionnaire placé dans le fichier CONFIG.SYS de l'ordinateur qui exécute la commande `DEVICE=C:\WINDOWS\HIMEM.SYS`. Toutes les applications et tous les systèmes d'exploitation actuels requièrent de la mémoire étendue.

### 2.9.4 La mémoire haute

La mémoire haute (HMA pour *high memory area*) est une zone de la mémoire étendue de 64 Ko moins 16 octets, commençant au début du premier mégaoctet de la mémoire étendue. Elle peut être utilisée pour charger en mémoire des pilotes de périphériques et des programmes résidants, afin de libérer de la mémoire conventionnelle pour les programmes fonctionnant en mode réel. Un seul pilote de périphérique ou programme résidant peut être chargé en mémoire haute, quelle que soit sa taille.

### 2.9.5 La mémoire paginée

La mémoire paginée (EMS pour *expanded memory specification*, EEMS pour *enchanced expanded memory specification*, LIM – EMS pour *Lotus – Intel- Microsoft expanded memory specification*) est de la mémoire vive mise à la disposition du processeur par des gestionnaires spécifiques, en pages de 16 Ko. Elle se situe dans la mémoire étendue au-dessus du premier Mo. Pour la mettre en œuvre, il faut utiliser le gestionnaire de mémoire EMM386 avec certains paramètres. Compte tenu de l'évolution des applications et des systèmes d'exploitation, celle-ci est devenue obsolète. En effet, les applications modernes ne nécessitent plus ce genre de zone de mémoire.

### 2.9.6 La mémoire virtuelle

La mémoire est dite virtuelle lorsqu'elle n'existe pas physiquement, contrairement aux barrettes de mémoire vive installées sur la carte mère. En réalité, cette mémoire est restreinte à l'espace libre sur le disque dur.

Lorsqu'un programme est trop gros pour tenir en mémoire vive, il sera découpé en plusieurs parties appelées segments de recouvrement (*overlays*). Une partie du programme résidera en mémoire vive et les segments qui restent sur le disque seront appelés à tour de rôle et chargés en mémoire. On appelle cette façon de faire permutation ou échange (*swapping*). WINDOWS et d'autres systèmes d'exploitation pallient le manque de mémoire vive par de la mémoire virtuelle.



## 2.10 Les différents types de boîtiers et leur identification

Il existe plusieurs sortes de modules physiques de mémoire ou boîtiers. L'emballage des circuits intégrés électroniques composant les modules de mémoire sont de formes variées; il varie en fonction du type de mémoire et de la conception de la carte mère. On les appelle boîtiers ou modules DIP, SIMM, DIMM, etc. Selon le modèle de microprocesseurs et le nombre de bits de données sur le bus par module, ils sont installés en banc de mémoire sur la carte mère. Les sections qui suivent, tout en nous permettant de nous familiariser avec le jargon sur les mémoires, nous montrent la diversité des types de boîtiers en constante évolution.

### Le boîtier dual in-line package (DIP)

Depuis le processeur Intel 8086, la mémoire DRAM se présente sous la forme d'un boîtier à double rangée de broches ou connexions (boîtier DIL ou DIP *dual in-line package*) ou sous la forme de barrettes de mémoire (*memory module*). Les modules de mémoire ont une capacité de 64, 128, 256 ou 1024 bits.

### Le boîtier single in-line memory module (SIMM)

Le boîtier DIL n'a pas fait long feu; il a été remplacé, à la sortie du processeur Intel 80286, par les modules de mémoire à rangée unique de broches ou connexions (SIMM *single in-line memory module*), ceci au moment de l'introduction des premiers IBM PS/2 en 1987. Les puces de mémoire ont alors été intégrées sur une seule plaque, par lots de 3, 8 ou 9, pour constituer des modules de 256 Ko, 1 Mo et 4 Mo.

Les modules SIMM existent en version de 30 broches et en version 72 broches (8 bits et 32 bits sur le bus de données). La capacité de ces modules varie de 4 à 32 Mo.

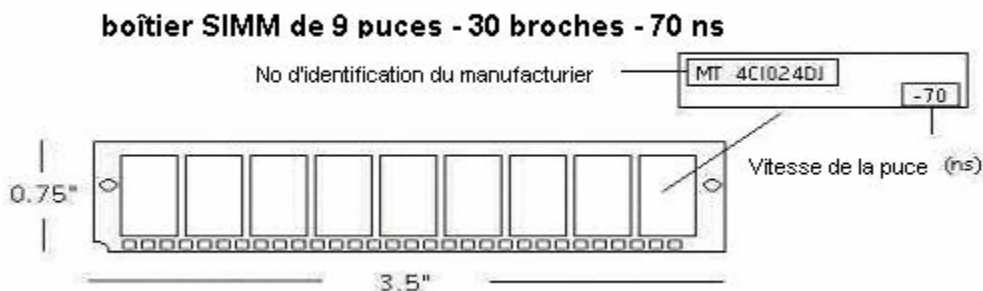


FIGURE 3

Présentation d'une barrette de mémoire ou module SIMM.

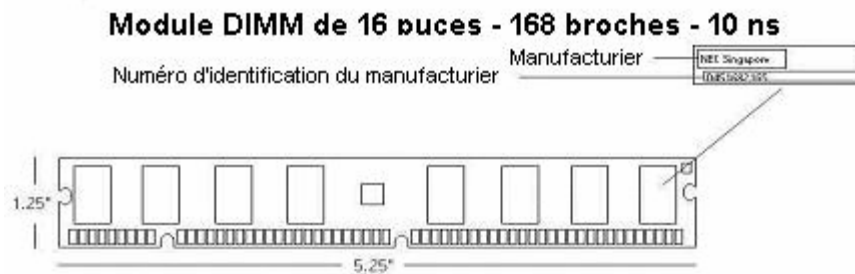
### Le boîtier single in-line pinned package (SIPP)

Le module SIPP (*single in-line pinned package*) est une variante du module SIMM; il est très peu utilisé à cause de la fragilité de ses connecteurs.

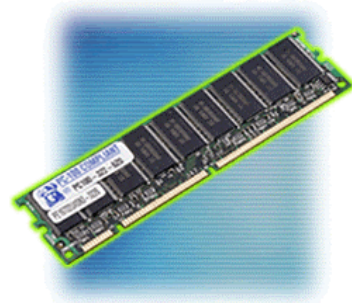
### Le boîtier dual in-line memory module (DIMM)

Le module DIMM (*dual in-line memory module*) comprend 168 broches sur un bus de données de 64 bits. C'est celui que l'on retrouve sur les cartes mères les plus récentes. Il existe plusieurs

versions en fonction de la vitesse du bus et du mode de correction d'erreurs. Sa capacité peut atteindre 256 Mo.



**FIGURE 4**  
**Présentation d'une barrette de mémoire DIMM.**



**FIGURE 5**  
**Vue de face d'une barrette de mémoire DIMM.**

### **Le boîtier small out-line dual in-line memory module (SO DIMM)**

Le module de mémoire à double rangée de broches à faible encombrement (SO DIMM ou *small out-line dual in-line memory module*) est une version plus petite du module DIMM. On le retrouve dans les ordinateurs portables.

### **Le module mémoire small outline J-lead et le module thin small outline package SO J, TSOP**

Ce sont des circuits propriétaires que l'on retrouve dans les portables, les imprimantes et d'autres types d'appareils numériques. Le module de mémoire à faible encombrement en forme de J (SO J ou *small outline J-lead*) est une version améliorée de la mémoire DRAM de forme rectangulaire avec une échancrure en forme de J aux deux extrémités.

Issu d'une technologie similaire au module SO J, le module de mémoire TSOP (*thin small outline package*) présente l'avantage d'être moins encombrant. La mémoire est montée en surface, directement sur le circuit imprimé, et son épaisseur représente le tiers de celui du SO J. Les modules TSOP se retrouvent dans les modules SO DIMM et dans les applications de mémoire des cartes de crédit.

### PC CARD

Le Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA) est une association de constructeurs représentant près de trois cent adhérents, dont IBM, Intel, Microsoft, Apple, Compaq et Toshiba, pour ne citer que les plus connus. Il existe trois types de cartes PCMCIA : la PCMCIA 1.0 (3,3 mm d'épaisseur), la PCMCIA 2.0 (5mm d'épaisseur) et la PCMCIA 3.0 (10,5 mm d'épaisseur).

Nous retrouvons maintenant de la mémoire sous format PCMCIA, aussi appelé PC Card, dans les appareils photos électroniques et dans une multitude d'accessoires électroniques informatisés. La figure 6 nous montre une carte PCMCIA.



**FIGURE 6**

**Une carte PCMCIA de 64 Mo.**

### 2.11 Augmenter la mémoire

Il est possible d'augmenter la capacité de la mémoire centrale sur la carte mère lorsque celle-ci le permet. Les cartes mères des Pentium II ont un maximum de trois à six supports DIMM, ce qui permet d'augmenter la capacité de 750 Mo à 1,5 Go au maximum. Ces limitations sont dues au jeu de puces ou ensemble de circuits intégrés (*chipset*), et non au processeur.

L'exercice le plus difficile est de déterminer le type de mémoire compatible avec l'ordinateur utilisé. Cela peut être un vrai casse-tête, particulièrement si l'on n'a aucun manuel ou guide d'utilisateur. Il n'est pas non plus très facile de déterminer la quantité idéale de mémoire vive à installer dans un ordinateur, car cela dépend de plusieurs facteurs. D'une manière générale, nous pouvons dire que plus il y a de mémoire, meilleure sera la situation, surtout dans un environnement graphique comme Windows, avec plusieurs applications ouvertes en même temps.

Disons, en outre, que la quantité de mémoire dans un ordinateur a un impact significatif sur ses performances générales. Trop peu de RAM est souvent la plus grande cause de ralentissement de la vitesse générale du système. En ce qui concerne les applications courantes de la bureautique, un minimum de 32 Mo à 64 Mo doit être installé pour Windows 98 ou NT 4 Workstation. Pour Windows 2000, 128 Mo sont nécessaires pour pouvoir fonctionner correctement.

### 2.12 Problèmes de configuration

Plusieurs problèmes de configuration peuvent se produire : la mise en place de semi-conducteurs à oxyde de métal complémentaire (CMOS ou *complementary metal-oxide semiconductor*), des difficultés liées à la parité, aux temps d'attente, aux cavaliers (*jumpers*).

La taille, la forme et le type de la mémoire physique doivent être adaptés en fonction du processeur et du jeu de puces (*chipset*). Avec les années, il y a eu deux changements importants pour la mémoire : elle est devenue plus rapide et sa taille a augmenté considérablement. Or, la vitesse et la taille de la mémoire sont sous le contrôle direct du processeur et du jeu de puces (*chipset*). La meilleure solution consiste à se référer au manuel de l'utilisateur fourni avec la carte mère, pour déterminer quel type de mémoire celle-ci supporte.

### 2.13 Choix des composants

Le choix des composants nécessite une attention particulière. Par exemple, le choix d'une extension de mémoire centrale est déterminé par les connecteurs disponibles dans la machine. Il faut se référer aux indications données dans le manuel de l'utilisateur fourni avec la carte mère. Il faut également faire attention à certains détails techniques, tel le type de couche de revêtement des contacts; ainsi, le revêtement en or ou en étain entraîne moins de risques d'oxydation et une plus grande fiabilité.

Il faut, en outre, porter une grande attention à la qualité de la fabrication et éviter le piège du bon marché. Les composants de l'ordinateur sont délicats et ne supportent pas la médiocrité.

Par ailleurs, au moment de monter ou démonter des composants, il faut prendre des précautions, car les DIMM, les SDRAM et autres sont très sensibles à l'électricité statique. Ce sont des composants très délicats, qu'il faut manipuler avec beaucoup de prudence et de précaution.

### 2.14 Test de la mémoire

Il existe des équipements spécialisés pour tester les modules de mémoire. Comme ils sont très dispendieux, on les trouve rarement dans les ateliers de réparation de matériel informatique. Par contre, l'utilisation de logiciels de diagnostic comme *Checkit*, *Qaplus*, *MicroScope* et *Land mark* est une solution pas très chère et fiable.

## Résumé

### *Des notions sur la mémoire*

- Le terme *mémoire* peut signifier deux choses : la ROM ou la RAM. La ROM (*read only memory*) est cette mémoire en lecture seulement, appelée aussi mémoire morte, où l'on ne peut pas écrire de données. La RAM (*random access memory*) est une mémoire à accès aléatoire, aussi appelée mémoire vive, où l'on peut lire et écrire des données.
- La RAM n'est rien de plus que des milliers, et peut-être des millions, de minuscules condensateurs capables de garder une charge électrique. Un ordinateur interprète une charge capacitive ou un manque de charge comme un bit ayant la valeur 1 ou 0; il associe les capacités pour former des unités de plus haut niveau, tels que les octets et les mots.
- La quantité de mémoire qu'un microprocesseur peut lire ou écrire est déterminée par le nombre de lignes d'adresses que le microprocesseur contient. Le nombre de lignes d'adresses actives dépend du mode dans lequel fonctionne le microprocesseur (réel ou protégé). Dans le mode réel, tous les microprocesseurs Intel peuvent adresser au moins 1 Mo de mémoire.

- La limite de 640 Ko du DOS provient du fait que le DOS tourne en mode réel et que 384 Ko de l'espace adressable de 1 Mo en mode réel du PC sont réservés à l'usage du matériel. C'est dans les 640 Ko restants que fonctionnent le DOS et les programmes d'application.
- Les microprocesseurs Intel adressent la mémoire en spécifiant des segments et des décalages (*offsets*). Vous convertissez l'adresse d'un segment en une adresse absolue en multipliant la valeur du segment par 16 et en ajoutant le décalage (*offset*) au résultat.

### Les types de mémoire

Il existe quatre types de mémoire : conventionnelle, étendue, paginée et supérieure. Les différences entre elles peuvent être résumées ainsi.

- La mémoire conventionnelle s'étend entre 0 et 640 Ko. C'est aussi la mémoire dans laquelle tournent le DOS et les programmes d'application DOS.
- La mémoire supérieure est celle qui s'étend entre 640 Ko et 1 Mo. Normalement, cette zone est réservée à l'utilisation du matériel et ne contient pas de RAM utilisable. Par contre, le DOS 5 peut créer, dans cette zone, des poches de mémoire utilisable, appelés *blocs de mémoire supérieure*, et il peut y charger des programmes résidants et des gestionnaires de périphériques.
- La mémoire étendue est la mémoire s'étendant au-dessus de 1 Mo. On ne la trouve que sur les PC 286, 386 et 486. La mémoire étendue, placée sous le contrôle du gestionnaire HIMEM du DOS, est appelée mémoire XMS.
- La mémoire paginée est de la mémoire conforme à la spécification de mémoire paginée de Lotus, Intel et Microsoft; elle s'étend en dehors de l'espace adressable normal du microprocesseur. On y accède au moyen d'un logiciel appelé EMM (*expanded memory manager*) ou gestionnaire de mémoire paginée. Cette mémoire est divisée en unités de 16 Ko appelées pages. Pour accéder à ces pages, des programmes placent des appels au gestionnaire de mémoire paginée, commutant les pages dans et hors d'un cadre de page. La mémoire paginée peut aussi être créée à partir de la mémoire étendue par des programmes tels que EMM386.EXE.

Pour conclure, disons que la mémoire peut être considérée comme l'une des ressources les plus importantes d'un système informatique, d'où la nécessité de bien connaître ses principales caractéristiques qui sont, entre autres, sa capacité, ses types d'accès, son temps d'accès, sa vitesse de transfert. Le tableau 4 présente quelques supports et leurs caractéristiques.

**TABEAU 4**

#### Présentation des caractéristiques de quelques supports

Support (technologie)	Capacité (Go)	Temps d'accès	Vitesse de transfert
Disque dur	20	9 ms	200 Mo/s
DAT (bande magnétique)	24	30 ms	1,1 à 6 Mo/s
Zip (disque amovible)	0,1	29 ms	1,4 Mo/s