



II . Les mémoires

Une mémoire est un circuit à semi-conducteur permettant d'enregistrer, de conserver et de restituer des informations (instructions et variables). C'est cette capacité de mémorisation qui explique la polyvalence des systèmes numériques et leur adaptabilité à de nombreuses situations. Les informations peuvent être écrites ou lues. Il y a écriture lorsqu'on enregistre des informations en mémoire, lecture lorsqu'on récupère des informations précédemment enregistrées.

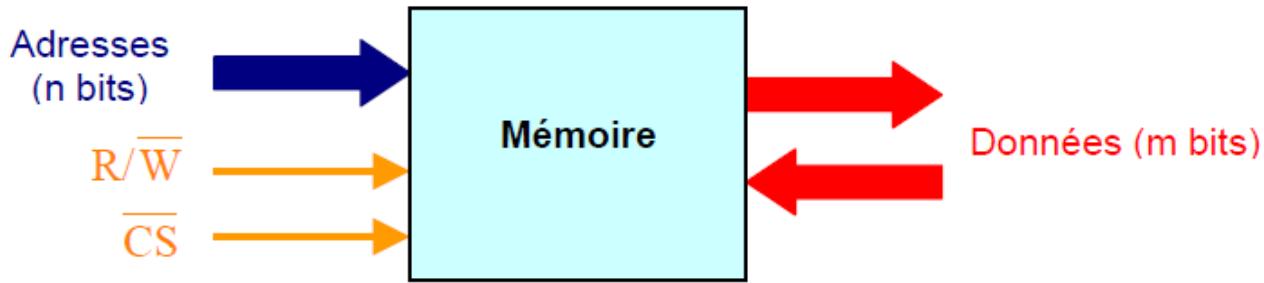
On distingue ainsi deux grandes catégories de mémoires :

- **La mémoire centrale** (appelée également mémoire interne) permettant de mémoriser temporairement les données lors de l'exécution des programmes. La mémoire centrale est réalisée à l'aide de micro-conducteurs, c'est-à-dire des circuits électroniques spécialisés rapides. La mémoire centrale correspond à ce que l'on appelle la **mémoire vive**.
- **La mémoire de masse** (appelée également « mémoire physique » ou « mémoire externe ») permettant de stocker des informations à long terme, y compris lors de l'arrêt de l'ordinateur. La mémoire de masse correspond aux dispositifs de stockage magnétiques, tels que le disque dur, aux dispositifs de stockage optique, correspondant par exemple aux CDROM ou aux DVD-ROM, ainsi qu'aux mémoires mortes.

1. Organisation d'une mémoire

Une mémoire peut être représentée comme une armoire de rangement constituée de différents tiroirs. Chaque tiroir représente alors une case mémoire qui peut contenir un seul élément : des **données**. Le nombre de cases mémoires pouvant être très élevé, il est alors nécessaire de pouvoir les identifier par un numéro. Ce numéro est appelé **adresse**. Chaque donnée devient alors accessible grâce à son adresse. Avec une adresse de n bits il est possible de référencer au plus 2^n cases mémoire. Chaque case est remplie par un mot de données (sa longueur m est toujours une puissance de 2). Le nombre de fils d'adresses d'un boîtier mémoire définit donc le nombre de cases mémoire que comprend le boîtier. Le nombre de fils de données définit la taille des données que l'on peut sauvegarder dans chaque case mémoire.

En plus du bus d'adresses et du bus de données, un boîtier mémoire comprend une entrée de commande qui permet de définir le type d'action que l'on effectue avec la mémoire (lecture/écriture) et une entrée de sélection qui permet de mettre les entrées/sorties du boîtier en haute impédance. On peut donc schématiser un circuit mémoire par la figure suivante où l'on peut distinguer :



- les entrées d'adresses
- les entrées de données
- les sorties de données
- les entrées de commandes :
 - une entrée de sélection de lecture (Read) ou d'écriture(write). (R/W)
 - une entrée de sélection du circuit. (CS)

Une opération de lecture ou d'écriture de la mémoire suit toujours le même cycle :

1. sélection de l'adresse
2. choix de l'opération à effectuer (R/W)
3. sélection de la mémoire (CS = 0)
4. lecture ou écriture de la donnée

Remarque : lorsqu'un composant n'est pas sélectionné, ses sorties sont mises à l'état « haute impédance » afin de ne pas perturber les données circulant sur le bus. (elle présente une impédance de sortie très élevée = circuit ouvert).

2. Caractéristiques d'une mémoire

- **La capacité** : c'est le nombre total de bits que contient la mémoire. Elle s'exprime aussi souvent en octet.
- **Le format des données** : c'est le nombre de bits que l'on peut mémoriser par case mémoire.

On dit aussi que c'est la largeur du mot mémorisable (mot de 8, 16, 32 ou 64 bits).

- **Le temps d'accès** : c'est le temps qui s'écoule entre l'instant où a été lancée une opération de lecture/écriture en mémoire et l'instant où la première information est disponible sur le bus de données.
- **Le temps de cycle** : il représente l'intervalle minimum qui doit séparer deux demandes successives de lecture ou d'écriture.
- **Le débit** : c'est le nombre maximum d'informations lues ou écrites par seconde.
- **La non-volatilité** caractérisant l'aptitude d'une mémoire à conserver les données lorsqu'elle n'est plus alimentée électriquement.

Ainsi, la mémoire idéale possède une grande capacité avec des temps d'accès et temps de cycle très restreints, un débit élevé et est non volatile. Néanmoins les mémoires rapides sont également les plus

onéreuses. C'est la raison pour laquelle des mémoires utilisant différentes technologies sont utilisées dans un ordinateur.

Les mémoires les plus rapides sont situées en faible quantité à proximité du processeur et les mémoires de masse, moins rapides, servent à stocker les informations de manière permanente.

3. Différents types de mémoire

3.1. Les mémoires vives (RAM)

Une mémoire vive sert au stockage temporaire de données. Elle doit avoir un temps de cycle très court pour ne pas ralentir le microprocesseur. Les mémoires vives sont en général volatiles : elles perdent leurs informations en cas de coupure d'alimentation. Certaines d'entre elles, ayant une faible consommation, peuvent être rendues non volatiles par l'adjonction d'une batterie. Il existe deux grandes familles de mémoires RAM (Random Acces Memory : mémoire à accès aléatoire) :

Les RAM statiques

Les RAM dynamiques

3.2. Les mémoires mortes (ROM)

Pour certaines applications, il est nécessaire de pouvoir conserver des informations de façon permanente même lorsque l'alimentation électrique est interrompue. On utilise alors des mémoires mortes ou mémoires à lecture seule (ROM : Read Only Memory). Ces mémoires sont non volatiles. Ces mémoires, contrairement aux RAM, ne peuvent être que lue. L'inscription en mémoire des données restent possible mais est appelée programmation. Suivant le type de ROM, la méthode de programmation changera. Il existe donc plusieurs types de ROM :

- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM

3.3. Les mémoires flash

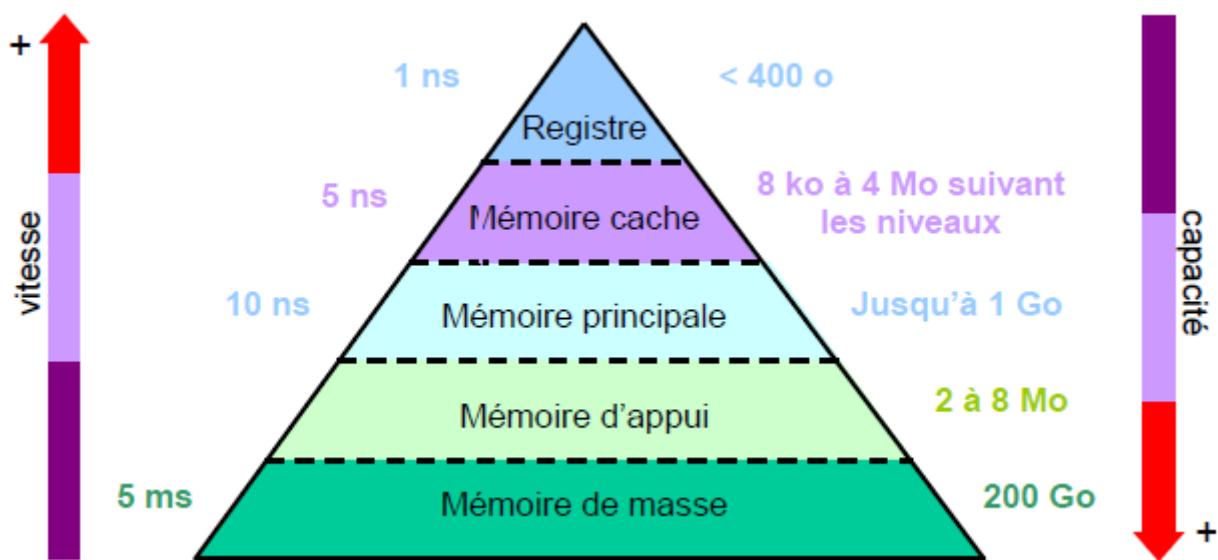
La mémoire flash est un compromis entre les mémoires de type RAM et les mémoires mortes. En effet, la mémoire Flash possède la non-volatilité des mémoires mortes tout en pouvant facilement être accessible en lecture ou en écriture. En contrepartie, les temps d'accès des mémoires flash sont plus importants que ceux de la mémoire vive.

3.4. Les mémoires cache

La mémoire cache accélère le fonctionnement de l'ordinateur en stockant les données utilisées le plus récemment. C'est la mémoire la plus rapide de tout l'ordinateur. Elle peut se trouver à l'intérieur du processeur (mémoire cache interne) ou à l'extérieur (mémoire cache externe).

4. Notion de hiérarchie mémoire

Une mémoire idéale serait une mémoire de grande capacité, capable de stocker un maximum d'informations et possédant un temps d'accès très faible afin de pouvoir travailler rapidement sur ces informations. Mais il se trouve que les mémoires de grande capacité sont souvent très lente et que les mémoires rapides sont très chères. Et pourtant, la vitesse d'accès à la mémoire conditionne dans une large mesure les performances d'un système. En effet, c'est là que se trouve le goulot d'étranglement entre un microprocesseur capable de traiter des informations très rapidement et une mémoire beaucoup plus lente (ex : processeur actuel à 3Ghz et mémoire à 400MHz). Or, on n'a jamais besoin de toutes les informations au même moment. Afin d'obtenir le meilleur compromis coût-performance, on définit donc une hiérarchie mémoire. On utilise des mémoires de faible capacité mais très rapide pour stocker les informations dont le microprocesseur se sert le plus et on utilise des mémoires de capacité importante mais beaucoup plus lente pour stocker les informations dont le microprocesseur se sert le moins. Ainsi, plus on s'éloigne du microprocesseur et plus la capacité et le temps d'accès des mémoires vont augmenter.



- **Les registres** sont les éléments de mémoire les plus rapides. Ils sont situés au niveau du processeur et servent au stockage des opérandes et des résultats intermédiaires.
- **La mémoire cache** est une mémoire rapide de faible capacité destinée à accélérer l'accès à la mémoire centrale en stockant les données les plus utilisées.
- **La mémoire principale** est l'organe principal de rangement des informations. Elle contient les programmes (instructions et données) et est plus lente que les deux mémoires précédentes.
- **La mémoire d'appui** sert de mémoire intermédiaire entre la mémoire centrale et les mémoires de masse. Elle joue le même rôle que la mémoire cache.
- **La mémoire de masse** est une mémoire périphérique de grande capacité utilisée pour le stockage à long terme.

stockage permanent ou la sauvegarde des informations. Elle utilise pour cela des supports

5. Le BIOS

Le BIOS (Basic Input/Output System) est le programme basique servant d'interface entre le système d'exploitation et la carte mère. Le BIOS est stocké dans une ROM, ainsi il utilise les données contenues dans le CMOS1 pour connaître la configuration matérielle du système.

Lorsque le système est mis sous-tension ou réamorcé (Reset), le CPU est lui aussi réamorcé et le BIOS va effectuer un certain nombre d'opérations :

- faire le test du CPU,
- vérifier le BIOS,
- initialiser le timer (l'horloge interne),
- vérifier la mémoire vive et la mémoire cache,
- vérifier toutes les configurations (clavier, disquettes, disques durs ...),
- etc.



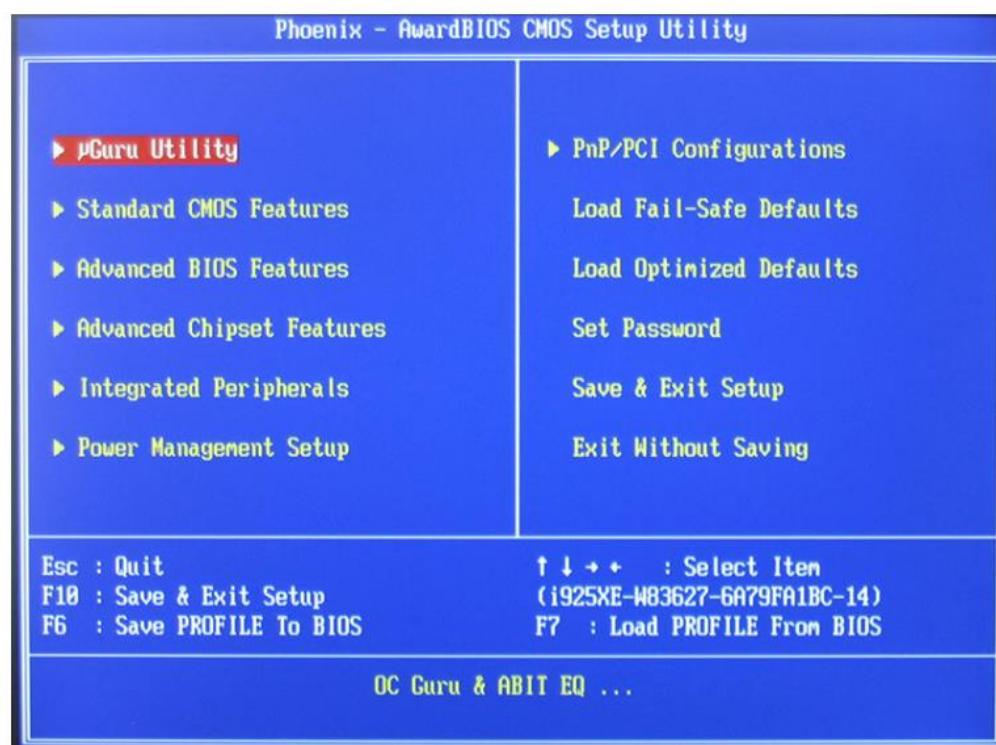
La plupart des BIOS ont un « setup » (programme de configuration) qui permet de modifier la configuration basique du système. Ce type d'information est stockée dans une RAM auto-alimentée afin que l'information soit conservée même lorsque le système est hors tension (nous avons vu que la mémoire vive était réinitialisée à chaque redémarrage).

Il est possible de configurer le BIOS grâce à une interface (nommée BIOS setup, configuration du BIOS) accessible au démarrage de l'ordinateur par simple pression d'une touche bien définie.



Attention !

Ne faites des modifications dans le Setup qu'en connaissance de cause...

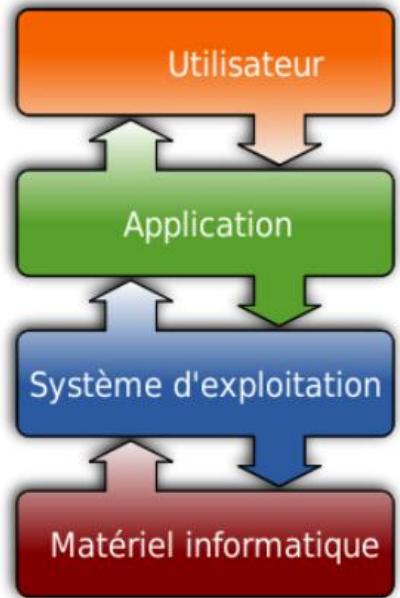


6. Le système d'exploitation

Pour qu'un ordinateur soit capable de faire fonctionner un programme informatique (appelé parfois application ou logiciel), la machine doit être en mesure d'effectuer un certain nombre d'opérations préparatoires afin d'assurer les échanges entre le processeur, la mémoire, et les ressources physiques (périphériques).

Le système d'exploitation (noté SE ou OS, abréviation du terme anglais Operating System), est chargé d'assurer la liaison entre les ressources matérielles, l'utilisateur et les applications (traitement de texte, jeu vidéo, ...). Ainsi, lorsqu'un programme désire accéder à une ressource matérielle, il ne lui est pas nécessaire d'envoyer des informations spécifiques au périphérique, il lui suffit d'envoyer les informations au système chargé de les transmettre au périphérique concerné via son pilote. En l'absence que chaque programme reconnaîsse et prenne en compte la communication avec le périphérique !

Le système d'exploitation permet ainsi de « dissocier » les programmes et le matériel, afin notamment de simplifier la gestion des ressources et offrir à l'utilisateur une interface homme-machine simplifiée afin de lui permettre de s'affranchir de la complexité de la machine physique.



6.1. Rôles du système d'exploitation

Les rôles du système d'exploitation sont divers :

- **Gestion du processeur** : le système d'exploitation est chargé de gérer l'allocation du processeur entre les différents programmes grâce à un algorithme d'ordonnancement. Le type d'ordonnanceur est totalement dépendant du système d'exploitation, en fonction de l'objectif visé.
- **Gestion de la mémoire vive** : le système d'exploitation est chargé de gérer l'espace mémoire alloué à chaque application et, le cas échéant, à chaque usager. En cas d'insuffisance de mémoire physique, le système d'exploitation peut créer une zone mémoire sur le disque dur, appelée « mémoire virtuelle ». La mémoire virtuelle permet de faire fonctionner des applications nécessitant plus de mémoire qu'il n'y a de mémoire vive disponible sur le système. En contrepartie cette mémoire est beaucoup plus lente.
- **Gestion des entrées/sorties** : le système d'exploitation permet d'unifier et de contrôler l'accès des programmes aux ressources matérielles par l'intermédiaire des pilotes (appelés également gestionnaires de périphériques ou gestionnaires d'entrée/sortie).
- **Gestion de l'exécution des applications** : le système d'exploitation est chargé de la bonne exécution des applications en leur affectant les ressources nécessaires à leur bon fonctionnement. Il permet à ce titre de « tuer » une application ne répondant plus correctement.
- **Gestion des droits** : le système d'exploitation est chargé de la sécurité liée à l'exécution des programmes en garantissant que les ressources ne sont utilisées que par les programmes et utilisateurs possédant les droits adéquats.
- **Gestion des fichiers** : le système d'exploitation gère la lecture et l'écriture dans le système

de fichiers et les droits d'accès aux fichiers par les utilisateurs et les applications.

- Gestion des informations : le système d'exploitation fournit un certain nombre d'indicateurs permettant de diagnostiquer le bon fonctionnement de la machine.
Composantes du système d'exploitation

Le système d'exploitation est composé d'un ensemble de logiciels permettant de gérer les interactions avec le matériel. Parmi cet ensemble de logiciels on distingue généralement les éléments suivants :

- Le noyau (kernel) représentant les fonctions fondamentales du système d'exploitation telles que la gestion de la mémoire, des processus, des fichiers, des entrées-sorties principales, et des fonctionnalités de communication.
- L'interpréteur de commande (shell, traduisez « coquille » par opposition au noyau) permettant la communication avec le système d'exploitation par l'intermédiaire d'un langage de commandes, afin de permettre à l'utilisateur de piloter les périphériques en ignorant tout des caractéristiques du matériel qu'il utilise, de la gestion des adresses physiques, etc.
- Le système de fichiers (file system, noté FS), permettant d'enregistrer les fichiers dans une arborescence.

6.2. Systèmes multitâches

Un système d'exploitation est dit multitâche (en anglais multithreaded) lorsque plusieurs « tâches » (également appelées « processus ») peuvent être exécutées simultanément.

Les applications sont composées en séquence d'instructions que l'on appelle « processus légers » (en anglais threads). Ces threads seront tour à tour actifs, en attente, suspendus ou détruits, suivant la priorité qui leur est associée ou bien exécutés séquentiellement.

Un système est dit préemptif lorsqu'il possède un ordonnanceur (aussi appelé planificateur), qui répartit, selon des critères de priorité, le temps machine entre les différents processus qui en font la demande.

Le système est dit à temps partagé lorsqu'un quota de temps est alloué à chaque processus par l'ordonnanceur. C'est notamment le cas des systèmes multi-utilisateurs qui permettent à plusieurs utilisateurs d'utiliser simultanément sur une même machine des applications différentes ou bien similaires : le système est alors dit « système transactionnel ». Pour ce faire, le système alloue à chaque utilisateur une tranche de temps.

6.3. Systèmes multi-processeurs

Le multiprocessing est une technique consistant à faire fonctionner plusieurs processeurs en parallèle afin d'obtenir une puissance de calcul plus importante que celle obtenue avec un processeur haut de gamme ou bien afin d'augmenter la disponibilité du système (en cas de panne d'un processeur).

Un système multiprocesseur doit donc être capable de gérer le partage de la mémoire entre plusieurs processeurs mais également de distribuer la charge de travail.

6.4. Systèmes embarqués

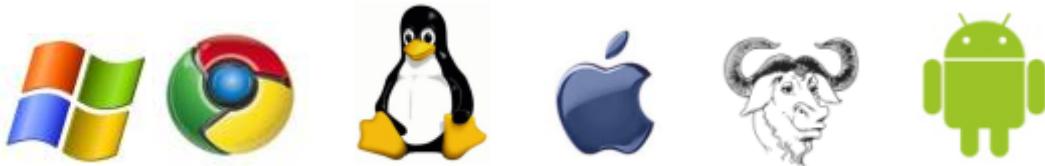
Les systèmes embarqués sont des systèmes d'exploitation prévus pour fonctionner sur des machines de petite taille, telles que des smartphones ou des appareils électroniques autonomes (sondes

spatiales, robot, ordinateur de bord de véhicule, etc.), possédant une autonomie réduite.

Ainsi, une caractéristique essentielle des systèmes embarqués est leur gestion avancée de l'énergie et leur capacité à fonctionner avec des ressources limitées.

6.5. Systèmes temps réel

Les systèmes temps réel (real time systems), essentiellement utilisés dans l'industrie, sont des systèmes dont l'objectif est de fonctionner dans un environnement contraint temporellement. Un système temps réel doit ainsi fonctionner de manière fiable selon des contraintes temporelles spécifiques, c'est-à-dire qu'il doit être capable de délivrer un traitement correct des informations reçues à des intervalles de temps bien définis (réguliers ou non).



Sources

[1] Wikipédia, « Ordinateur », <<http://fr.wikipedia.org/wiki/Ordinateur>>

[2] Comment ça marche, « Introduction à la notion de mémoire »,
<<http://www.commentcamarche.net/contents/pc/memoire.php3>>

[3] Comment ça marche, « BIOS », <<http://www.commentcamarche.net/contents/pc/bios.php3>>

[4] Comment ça marche, « Système d'exploitation »,
<<http://www.commentcamarche.net/contents/systemes/sysintro.php3>>

[5] Comment ça marche, « Disque dur »,
<http://www.commentcamarche.net/contents/pc/disque.php3>