

Electroniques des composants et systèmes

*Cours de L -1 TRONC COMMUN DOMAINE MATHEMATIQUES –INFORMATIQUE
2017/2018*

Chapitre 02 :

Les mémoires

Définition des mémoires

- Une mémoire est un circuit permettant d'enregistrer, de conserver et de restituer des informations)instructions et données.(
- Les informations peuvent être écrites ou lues.
 - Il y a écriture lorsqu'on enregistre des informations en mémoire,
 - il y a lecture lorsqu'on récupère des informations précédemment enregistrées

Organisation d'une mémoire (MC)

- Une mémoire peut être représentée comme une armoire de rangement constituée de différents tiroirs, **les cases mémoires**)**mots mémoires**.(
- Chaque case mémoire 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 appelé **adresse**.
- La notion d'adresse est utilisée pour **accéder** à la case mémoire pour effectuer une opération de lecture ou d'écriture

Organisation d'une mémoire (MC)

Adresse	Case mémoire
7 = 111	
6 = 110	
5 = 101	
4 = 100	
3 = 011	
2 = 010	
1 = 001	
0 = 000	0001 1010

Organisation d'une mémoire (MC(

)définitions(

- **Le bit** :C'est le plus petit élément d'information que l'on peut stocker dans une mémoire, il constitue l'unité de base de l'information.
- **L'octet**, ou byte)en anglais,(correspond à un groupement de 8bits;
- **La case mémoire** : C'est la plus petite quantité d'information adressable.
- **Le mot mémoire** : C'est un groupement de bits constituant une unité d'information adressable en mémoire centrale)ex: 8, 32 ,24 ,16bits,(...
- Toute opération de lecture ou d'écriture porte sur un mot mémoire.

Organisation d'une mémoire (MC)

- Avec une adresse de n bits il est possible de référencer au plus 2^n cases mémoires.
- La capacité d'une mémoire est le nombre total de cases qu'elle contient. Elle s'exprime en nombre de bits, d'octets (bytes) ou de mots.
- Compte tenu de l'adressage binaire, les capacités des mémoires s'expriment en puissances de deux
- **En général**, chaque case mémoire représente un mot de données)sa longueur m est toujours une puissance de 2.
 - Une mémoire de 16 bits par mot a 2 octets par mot.
 - Une mémoire de 32 bits par mot a 4 octets par mot.

Organisation d'une mémoire (MC)

- Les mémoires sont connectées à un **registre adresses** de n bits via un **bus d'adresse** et à un **registre données** de m bits via un **bus de données**;
- La taille du **registre adresses (n bits)** définit le nombre de cases mémoire (taille) de la mémoire (**2^n cases mémoires**).
- La taille du **registre de données (m bits)** définit la taille d'un mot de données (qui peut être lu ou écrit) 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),
- **une entrée de sélection** qui permet de préparer les entrées/sorties du boîtier.

Organisation d'une mémoire (MC)

On peut donc schématiser un circuit mémoire par la figure suivante où l'on peut distinguer :



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

Entrée de sélection CS

- Elle permet de sélectionner un boîtier mémoire parmi plusieurs (plusieurs RAMs), d'où son appellation » :Chip Select)CS« (
- Dans le cas général, il existe plusieurs boîtiers mémoire sur la carte, tous branchés sur le même bus données. Dans ce cas, il est nécessaire de construire un signal qui permettra à un seul boîtier d'accéder au bus données. Ce signal est appelé CS (chip select) sélection de boîtier ou CE (chip enable) validation de boîtier.
- Il faut créer autant de CS qu'il y a de boîtiers.

Opération de Lecture\Ecriture

- 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(
 - .4 lecture ou écriture de la donnée

Caractéristiques d'une mémoire

- .1 **Adresse** : c'est la valeur numérique désignant un élément physique de la mémoire.
- .2 **La capacité** : Dite aussi taille de la mémoire, elle correspond au nombre d'informations qu'elle peut contenir. Elle est généralement exprimée en bits ou en nombre d'octets ou de mots mémoire.

Symbole	Préfixe	Capacité
1 o	Octet	$2^3 = 8$ bits
1 k	Kilo	$2^{10} = 1024$
1 M	Méga	$2^{20} = 1048576$
1 G	Giga	$2^{30} = 1073741824$
1 T	Tera	$2^{40} = 1099511627776$

Caractéristiques d'une mémoire

3. **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. f
4. **Le temps d'accès** :c'est le temps qui s'écoule entre le début d'une opération de lecture/écriture en mémoire et sa terminaison)l'instant où la première information est disponible sur le bus de données). f
- .5 **Le temps de cycle mémoire:** il représente l'intervalle minimum qui doit séparer deux demandes successives de lecture ou d'écriture. f

Caractéristiques d'une mémoire

6. **Le débit** : c'est le nombre d'informations (en bit) lues ou écrites par seconde. Il est exprimé en fonction du cycle mémoire (CM) et la taille du mot mémoire (TMM) selon la formule suivante:

$$D = \frac{TMM}{CM}$$

- .7 **Volatilité** : elle caractérise la **permanence** des informations dans la mémoire hors alimentation électrique.

Types d'accès à la mémoire ((1

- Dans le cas de la **mémoire centrale**, on accède **directement** à n'importe quelle information dont on connaît l'adresse et que le **temps** mis pour obtenir cette information ne dépend pas de l'adresse.
 - On dira que l'accès à une telle mémoire est **aléatoire ou direct**.
- Pour accéder à une information sur **bande magnétique**, il faut dérouler la bande en repérant tous les enregistrements jusqu'à ce que l'on trouve celui que l'on désire.
 - On dit alors que l'accès à l'information est **séquentiel**.
 - Le temps d'accès est **variable** selon la position de l'information recherchée.

Types d'accès à la mémoire ((2

- L'accès peut encore être **semi-séquentiel** : combinaison des accès direct et séquentiel.
 - Pour un **disque magnétique** par exemple l'accès à la piste est direct, puis l'accès au secteur est séquentiel.
- Dans l'accès **par le contenu**, les informations sont identifiées par **une clé**; la recherche s'effectue simultanément sur toute les position de la mémoire
 - Exemple la **mémoire cache**)dit aussi mémoire associative.(

Types de mémoire

- Au niveau de l'unité centrale et plus précisément au niveau de la carte mère, il y a deux types de mémoire:
 - Mémoires vives (RAM(
 - Mémoires mortes)ROM(

Les mémoires vives (RAM)

- Une mémoire vive (RAM : Random Access Memory ou mémoire à accès aléatoire) sert au stockage temporaire de données (à base de mémoires à semi-conducteurs composés de bascules ou de condensateurs.)
- Les mémoires vives sont en général volatiles : elles perdent leurs informations en cas de coupure d'alimentation.



**une barrette de RAM de 128Mo composée
de 8slots chaque slot représente 16Mo**

Types de RAM

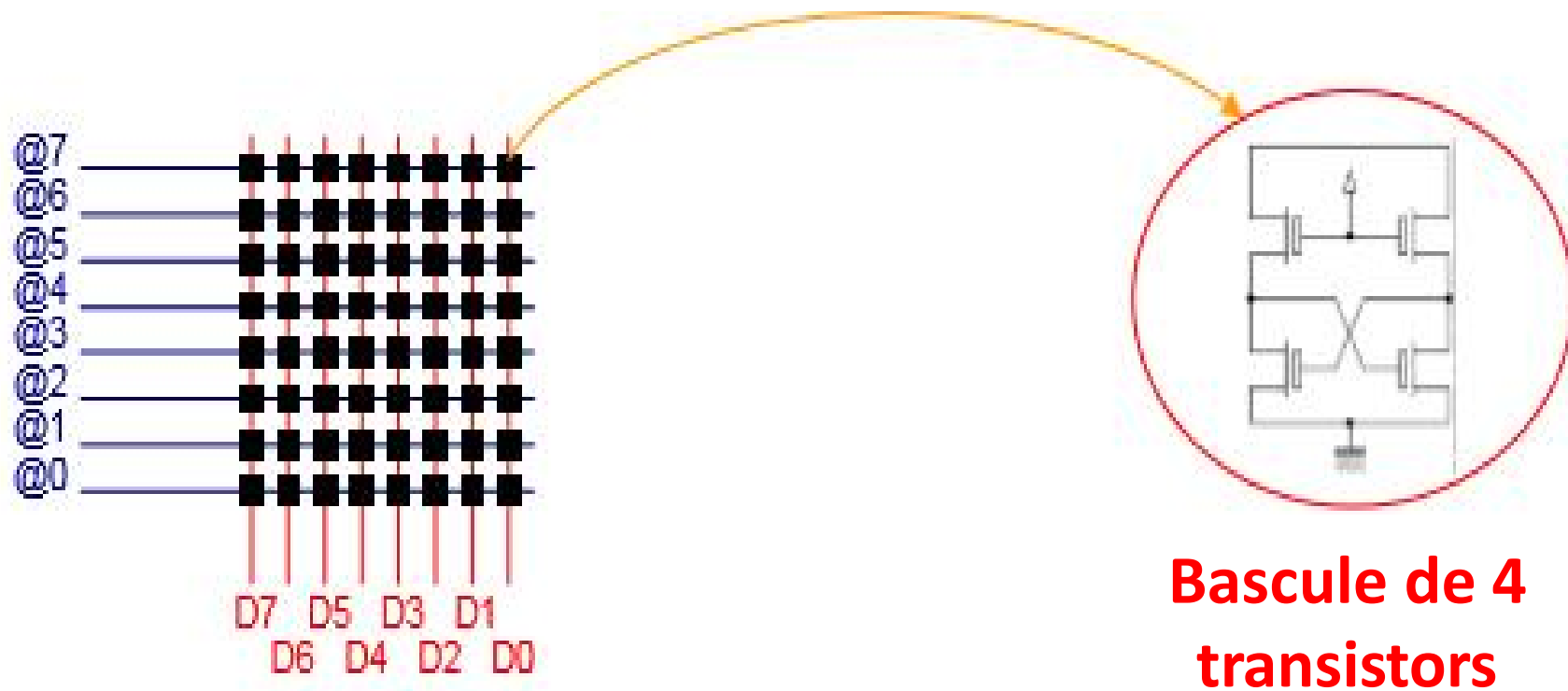
Il existe deux types de mémoires vives)RAM:(

- ❑ Les RAM statiques (SRAM(
- ❑ Les RAM dynamiques)DRAM,(

La RAM statique(SRAM)

- ❑ Dans les RAM statiques)SRAM:(Le bit mémoire d'une RAM statique est composé d'une bascule (interrupteur). Chaque bascule contient entre 4et 6transistors.
- Une bascule est un circuit logique capable de maintenir la valeur d'un bit.

La RAM statique(SRAM)

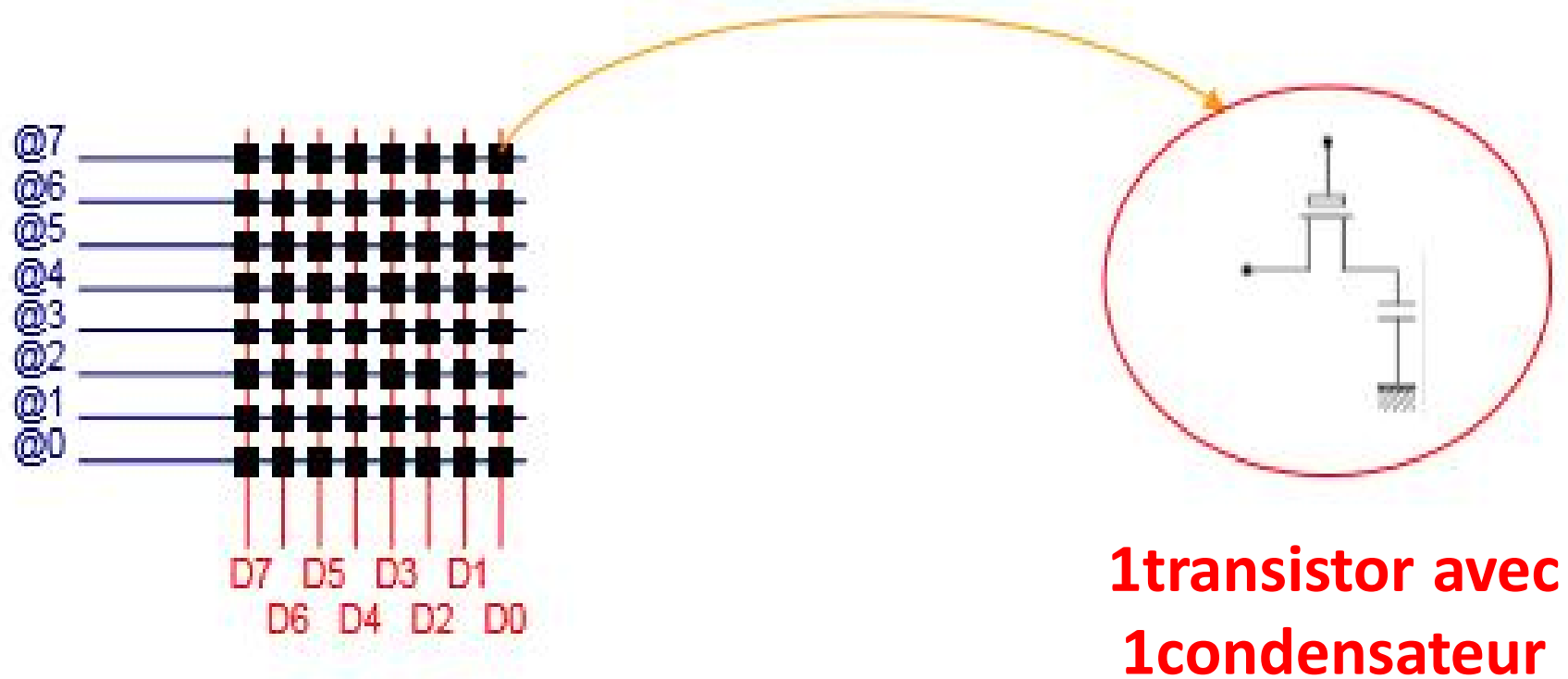


La RAM dynamique (DRAM)

Dans les DRAMs, le bit est mémorisé sous forme d'une charge électrique stockée dans un condensateur 1)transistor.(

- Le condensateur est un composant électronique élémentaire qui se charge pour atteindre une valeur élevée (1) et se décharge pour atteindre une valeur basse .(0)

La RAM dynamique)DRAM(



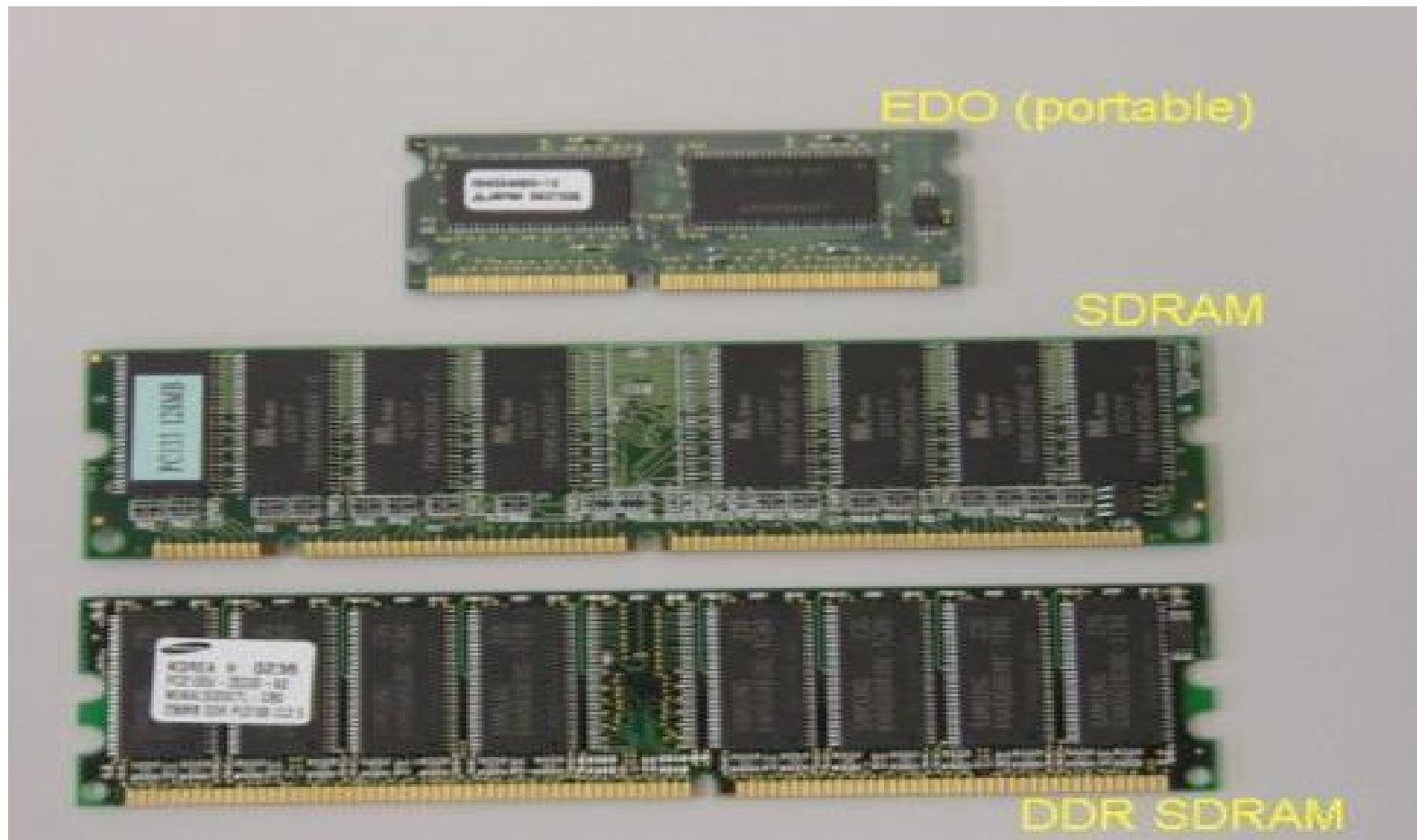
La RAM dynamique (DRAM)

- Les DRAM dynamiques doivent donc être **rafraîchies régulièrement** (plusieurs fois par seconde) pour entretenir la mémorisation.
- Ce rafraîchissement indispensable a plusieurs conséquences:
 - il complique la gestion des mémoires dynamiques car il faut tenir compte des actions de rafraîchissement qui sont prioritaires.
 - la durée de ces actions augmente le temps d'accès aux informations.

Types de DRAM

Il existe plusieurs types de DRAM afin d'améliorer les temps d'accès:

- **EDO** (**Extended Data Out**) pour les anciens portables (1995)
- **SDRAM** (1997) : accès **synchronisé** avec le bus de la carte mère permettant de réduire les temps d'accès à 10 ns
- **DDR SDRAM** : (2000) **Double Data Rate**, amélioration par un facteur 2 du débit sans modifier la fréquence)jusqu'à 4Go/s(
- **DDR2 SDRAM** : Utilisation de **deux canaux séparés** pour la lecture et l'écriture)jusqu'à 6,5Go/s(
- **Rambus DRAM** : pouvant proposer un débit de près de 32Go/s



Comparaison entre DRAM et SRAM

- En général les **mémoires dynamiques**, qui offrent une plus grande densité d'information et un coût par bit plus faible, sont utilisées pour la **mémoire centrale**,
- alors que les **mémoires statiques**, plus rapides, sont utilisées lorsque le facteur vitesse est critique, notamment pour des mémoires de petite taille comme les caches et les registres

Comparaison entre DRAM et SRAM

	VITESSE	DENSITE	COUT
DRAM	lente	haute	bas
SRAM	rapide	faible	élevé

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** et contrairement aux RAM, ne peuvent être que **lues**.
- L'écriture en mémoire ROM reste possible mais elle est appelée **programmation**.

Les mémoires mortes (ROM)

- La ROM contient les instructions de démarrage de l'ordinateur, c.à.d. le BIOS qui contient le microprogramme de démarrage qui a pour but de charger le système d'exploitation en MC lors de la mise en route de l'ordinateur,
- On trouve aussi les mémoires ROM sur des cartes d'extension telles la carte vidéo, elles contiennent des programmes complémentaires assurant le bon fonctionnement

Les mémoires mortes (ROM)

- La ROM est programmée par le fabricant et son contenu ne peut plus être ni modifié, ni effacé par l'utilisateur.
- La capacité de cette mémoire est généralement inférieure 256ko
- L'accès à la ROM est **directe et aléatoire**

Types de ROM

- La **PROM** (Programmable ROM) C'est une ROM qui peut être programmée **une seule fois** par l'utilisateur. La programmation est réalisée à partir d'un programmeur spécifique
- L'**EPROM** ou **UV-EPROM**)Erasable **P**rogrammable **ROM**(est une mémoire programmable et effaçable. Elle permet de **reprogrammer** une PROM.
- L'**EEPROM** (Electrically EPROM) est une mémoire programmable et effaçable électriquement.

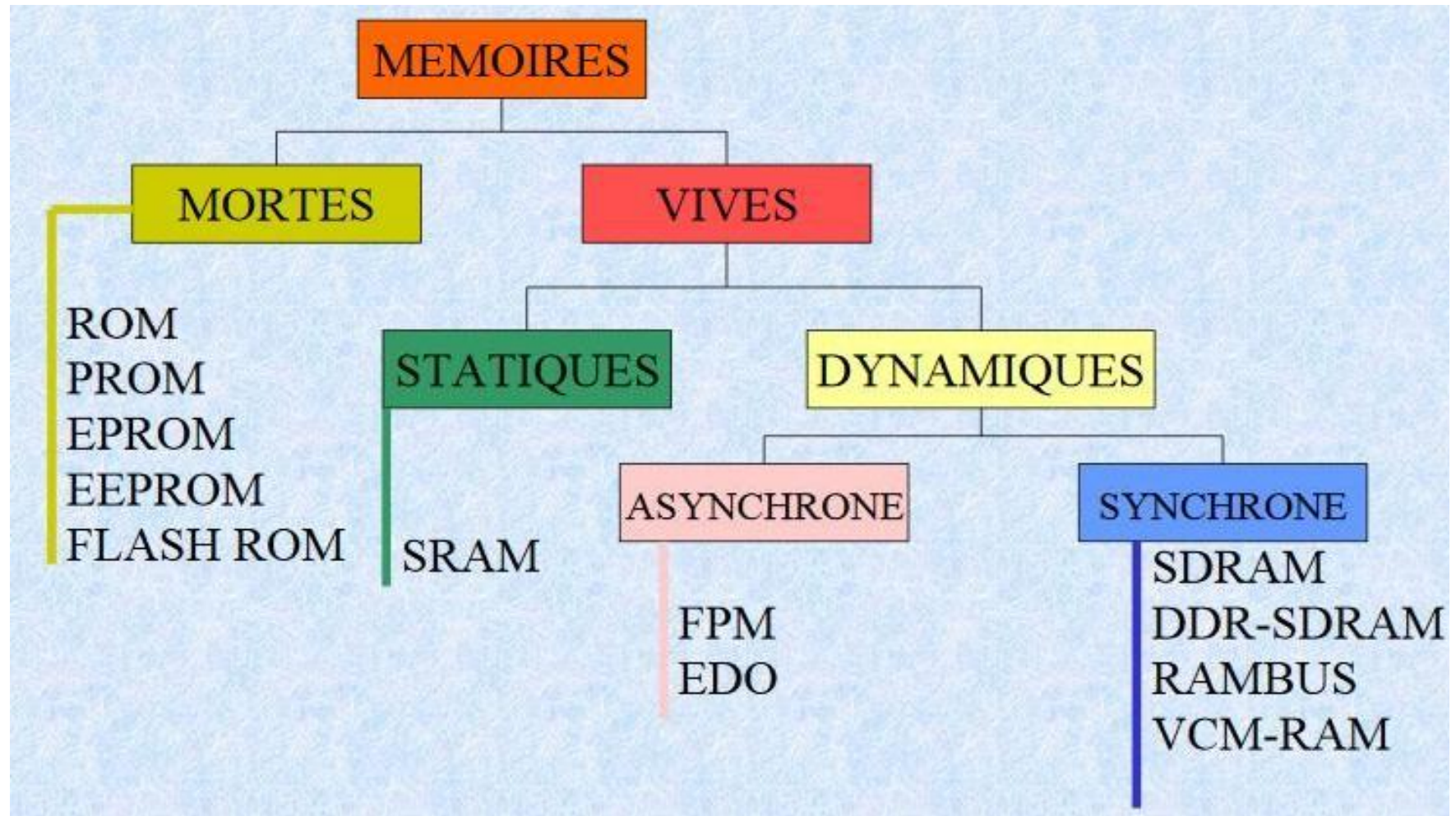
Types de ROM

- **La FLASH EPROM:** la mémoire flash est programmable et effaçable électriquement comme les EEPROM. C'est une **mémoire de masse** à semi-conducteurs réinscriptible, c'est-à-dire une mémoire possédant les caractéristiques d'une **mémoire vive** mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension.



Une clé USB. La puce de gauche est la mémoire flash, celle de droite le microcontrôleur.

Classification des mémoires



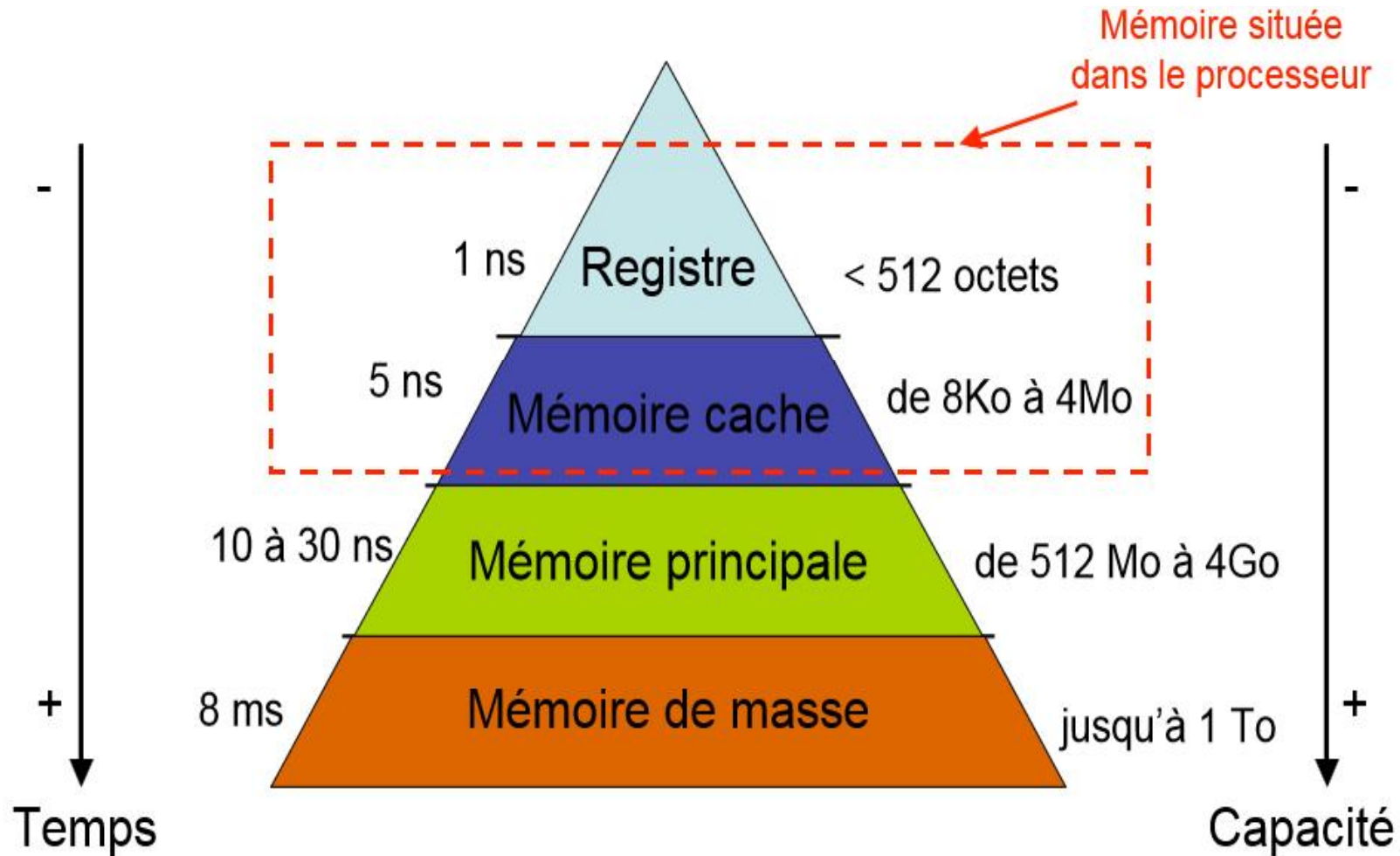
Notion d'hierarchie de mémoire

- 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 traiter rapidement ces informations.
- Mais il se trouve que les mémoires de grande capacité sont souvent très lente et que les mémoire rapides sont très chères.

Notion d'hierarchie de mémoire

- 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 mémoire vont augmenter.

La hiérarchie des mémoires



Les registres

- Les registres sont les éléments de mémoire de type SRAM les plus rapides 1)ns.(Ils sont situés **au niveau du processeur** et servent au stockage temporaire des adresses, des opérandes et des résultats intermédiaires. f
- Exemple: registre d'adresse, registre de données, registres d'état, ...etc.

.

La mémoire cache

- La mémoire cache appelée aussi **antémémoire** est une mémoire de type SRAM à haute vitesse)temps d'accès faible de 2 à 5 ns(
- Elle sert à stocker des **copies** des informations **les plus fréquemment demandées** par le CPU et qui se trouvent au niveau de MC

La mémoire cache (organisation)

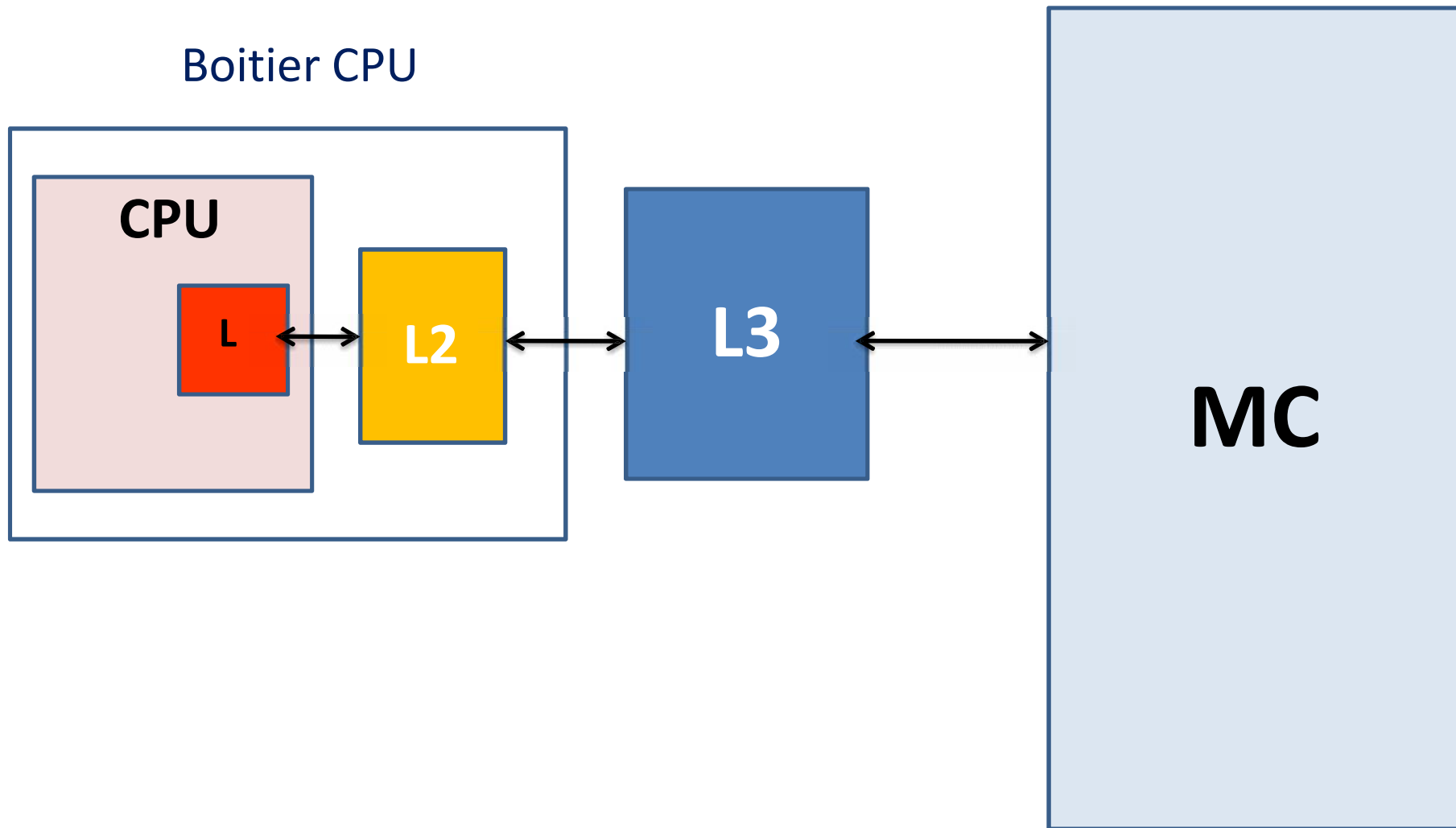
- Le cache est organisé par lignes. Chaque ligne contient deux parties :
 - Une partie **clé** (key) ou **étiquette** (tag) qui contient l'adresse des données en MC
 - Une partie **des données** les plus demandées
- Lorsque le CPU veut accéder à la mémoire, il **compare l'adresse** (se trouvant dans le registre adresse) **avec les étiquettes** des lignes du cache. S'il trouve l'adresse parmi les étiquettes, il utilise directement les données du cache.

La mémoire cache (hiérarchie)

La mémoire cache a trois niveaux hiérarchiques :

- **Le cache de niveau 1 (L1)** : est directement intégré au CPU. Il est petit mais très rapide.
- **Le cache de niveau 2 (L2)** : est de taille plus grande mais moins rapide. Il est souvent dans le même boîtier que le CPU
- **Le cache de niveau 3 (L3)** : est encore plus grand mais encore moins rapide. Il est en général sur la carte mère près du processeur.

La mémoire cache (hiérarchie)



La mémoire principale

- 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 de masse

- La mémoire de masse est une mémoire périphérique de grande capacité utilisée pour le stockage permanent ou la sauvegarde des informations. Elle utilise pour cela des supports magnétiques)disque dur, ZIP(ou optiques)CDROM, DVDROM.(

Disque dur (DD – HD -HDD)

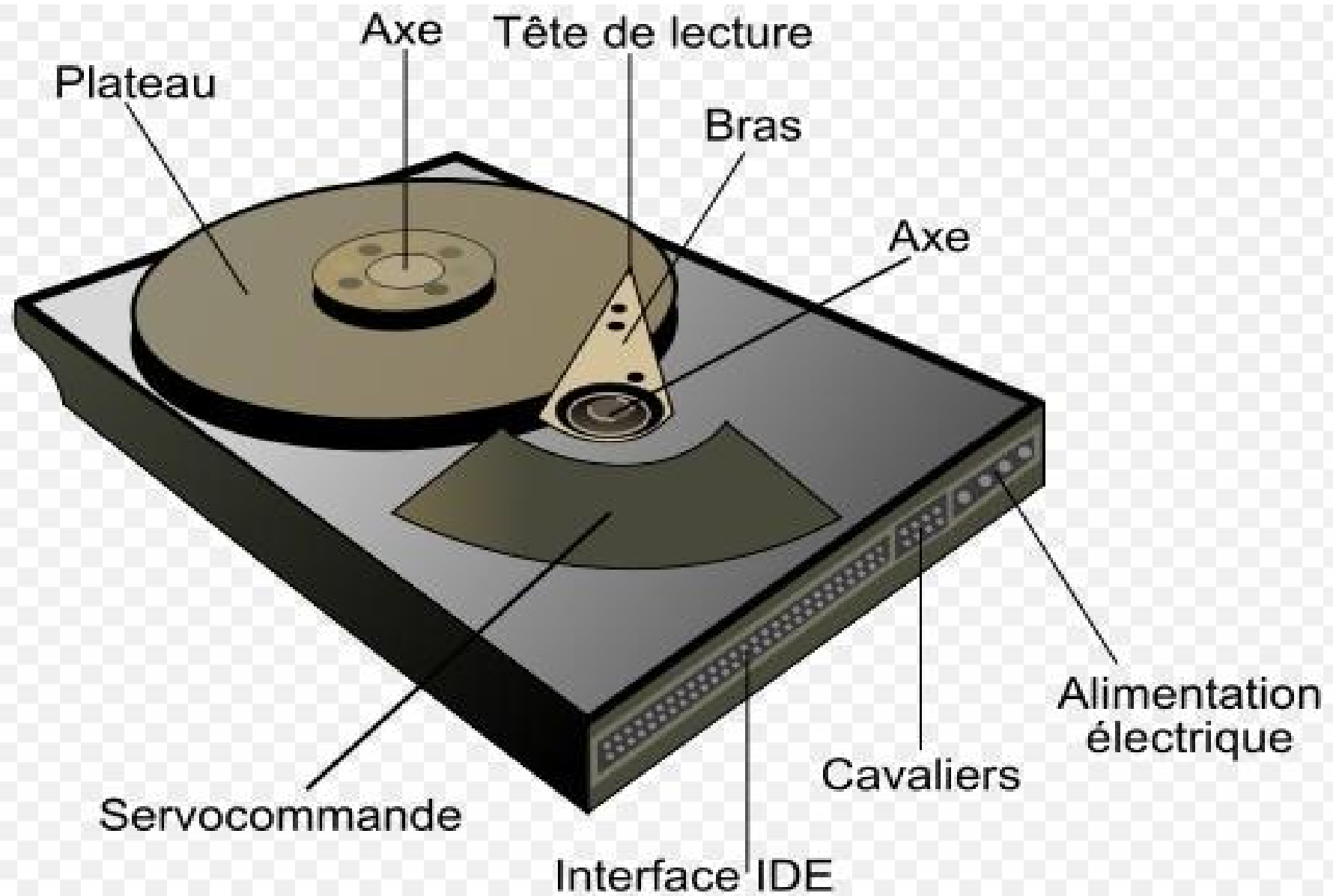
- Le disque dur (hard disk) est une **mémoire de masse magnétique** permettant de conserver les données de manière permanente, contrairement à la mémoire vive
- Il existe deux types de disque dur:
 - Disque dur interne se trouvant à l'intérieur du boîtier de l'unité système se connectant à la carte mère via des nappes de connexion,
 - Disque dur externe se trouvant à l'extérieur du boîtier se connectant à l'unité centrale via une connexion USB

Disque dur externe



Disque dur interne





Contrôleur du disque dur

- Le disque dur est relié à la carte-mère par l'intermédiaire d'un **contrôleur de disque dur** faisant **l'interface** entre le processeur et le disque dur.
- Ce contrôleur est **l'ensemble électronique** qui contrôle la mécanique d'un disque dur
- Le rôle de cet ensemble est de piloter les moteurs de rotation, de positionner les têtes de L\E, et d'interpréter les signaux électriques reçus de ces têtes pour les convertir en données exploitables ou d'enregistrer des données à un emplacement particulier de la surface des disques composant le disque dur.
- On distingue généralement les interfaces suivantes :IDE, SCSI, SATA

Contrôleur du disque dur

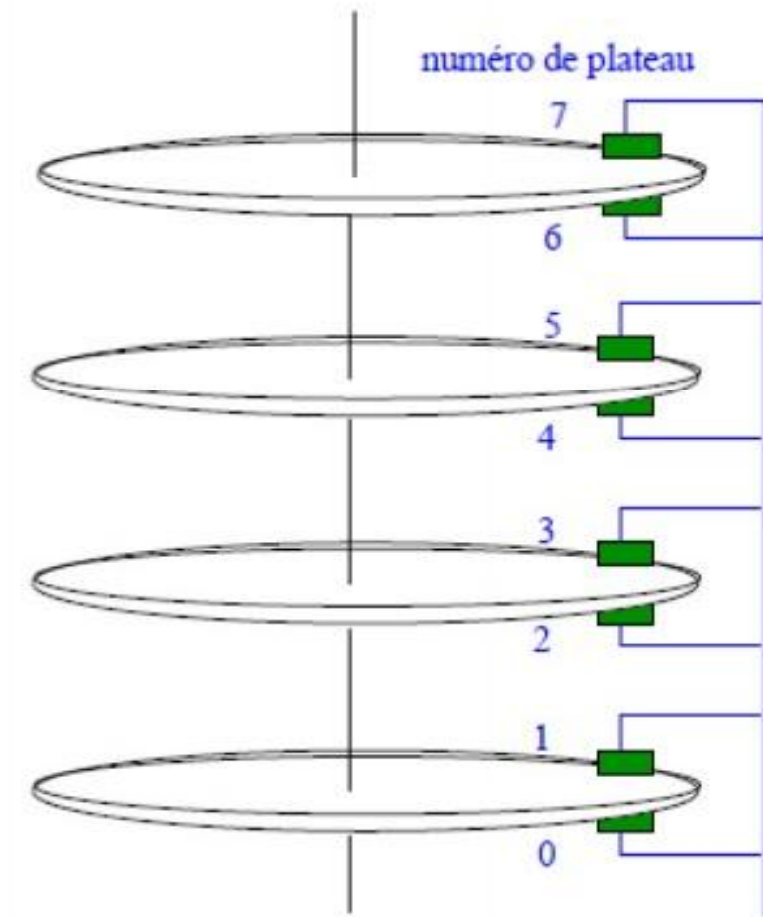
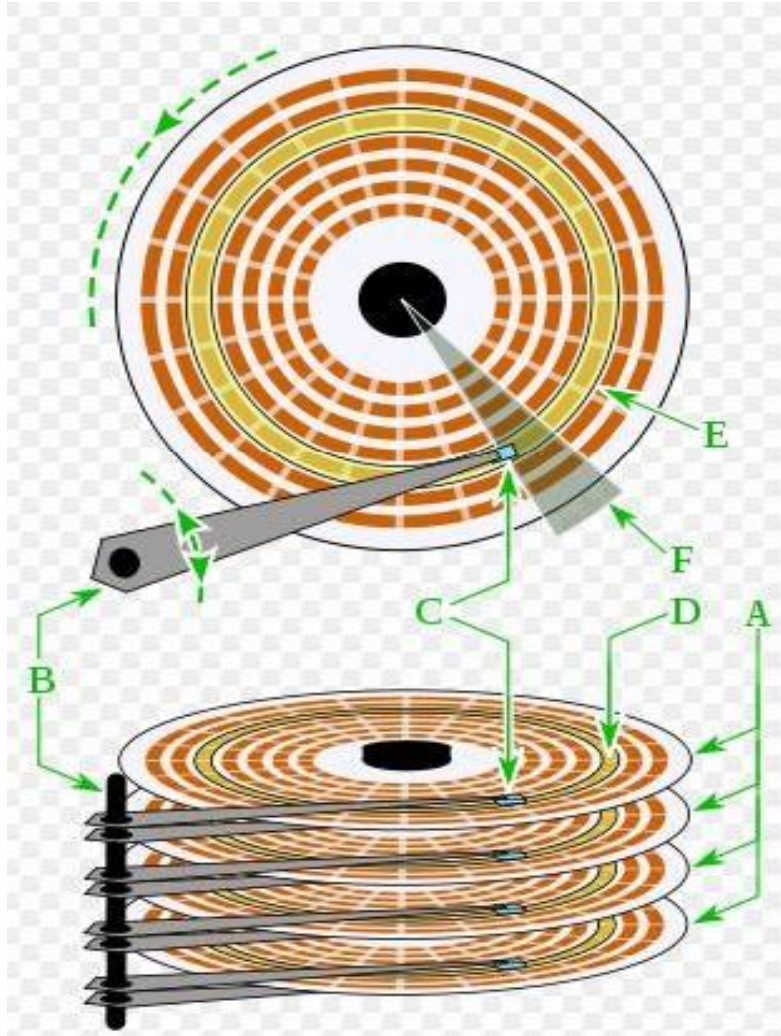


Structure d'un disque dur

- Un disque dur est constitué de plusieurs disques rigides)hard disk(
- Il peuvent être en métal, en verre ou en céramique
- Les disques sont empilés à une très faible distance les uns des autres et appelés plateaux
- Les disques tournent très rapidement autour d'un axe dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- Sur les disques durs les bits sont stockés sur une fine couche magnétique de quelques microns d'épaisseur,
- Cette couche est recouverte d'un film protecteur



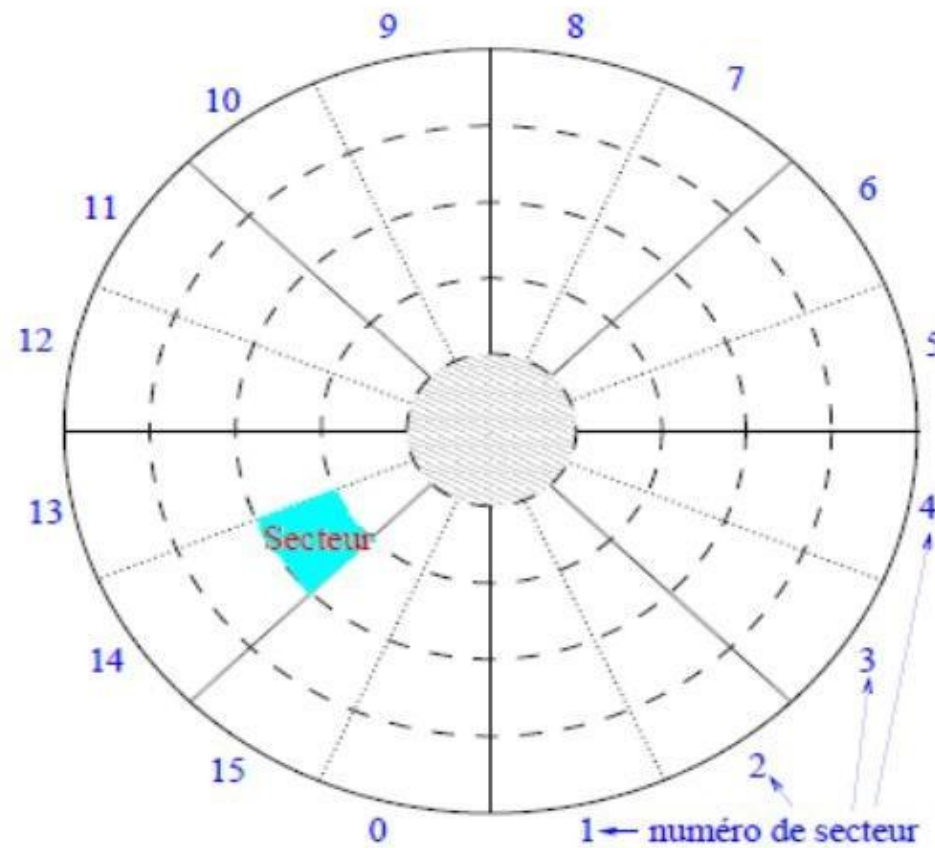
Structure de disque dur)plateaux(



Structure d'un disque dur

- Les disques sont organisés)formés(en cercles concentriques appelés »pistes,« créées par le formatage de bas niveau
- Les têtes commencent à écrire les données à la périphérie du disque)piste ,(0 puis avancent vers le centre
- Les pistes sont divisées en quartiers)entre deux rayons(appelés secteurs (10 à 100 par piste(
- Chaque secteur contient au minimum 512 octets de donnée en général

Structure d'un disque dur)secteurs(

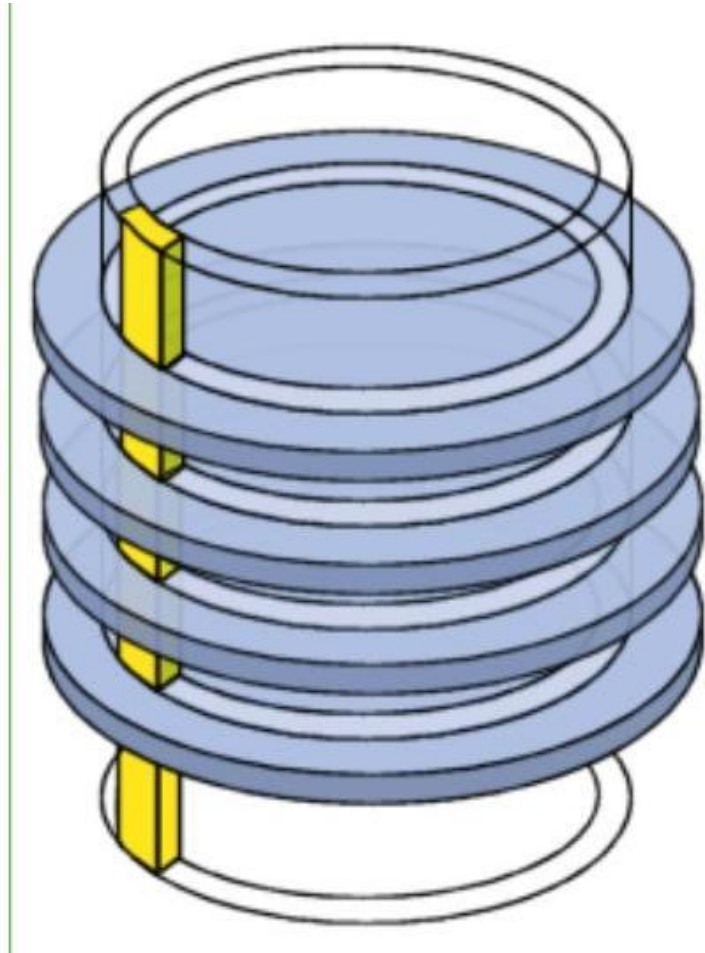


Structure d'un disque dur

- L'ensemble des pistes du mêmes numéro sur des plateaux différents sont appelés **cylindre**, ils forment dans l'espace un "cylindre" de données
- Un cluster (unité d'allocation) est la zone minimale que peut occuper un fichier sur le disque.
- Sur les disques durs, l'adressage se fait de manière physique en définissant la position de la donnée par les coordonnées:

cylindre /tête /secteur

Structure d'un disque dur(cylindre)



Structure d'un disque (tête)

- Une tête de L\ E est située sur chaque face de chaque plateau)deux têtes pour chaque plateau.(
- Ces têtes sont des électro-aimants qui se baissent et se soulèvent pour pouvoir lire ou l'écrire de l'information.
- Les têtes ne touche pas la surface, ils sont à quelques microns ($<0,25\mu\text{m}$) de la surface du plateau
- La vitesse de rotation des disques est d'environ 250km/h , quelque **milliers de tours par minute**
- Les têtes sont mobiles **latéralement**)avance et recule pour accéder aux pistes) afin de pouvoir balayer l'ensemble de la surface du disque
- Une seule tête peut lire ou écrire à un moment donné

Temps de transferts des informations

Pour le transfert des informations trois temps sont à considérer:

- Temps de positionnement de la tête sur le bon cylindre;
- Temps de positionnement du bon secteur sous la tête)temps d'attente dû à la rotation du disque pour atteindre le bon secteur;(
- Temps de transfert des informations.

Les disques SSD)solid state drive(

- Les SSD sont des mémoire de masse à semi-conducteurs ré-inscriptible, c'est-à-dire une mémoire possédant les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension.
- Les SSD se sont des disques électroniques et pas magnétiques à base de la mémoire Flash (utilisée pour conserver les information)
- La technologie utilisée est différente)pas de plateaux magnétiques, ni de moteur(
- Ces disques sont interfacés en SATA (Serial Advanced Technology Attachment)
- Leur principale limite est leur prix, actuellement il ne sont pas utilisés dans les ordinateurs standards.)un facteur de dix sur le cout du stockage à l'octet pour le DD(

Les disques SSD)solid state drive(

- L'objet principal d'un SSD est de se libérer de **trois défauts** des disques durs classiques:
 - .1 leur mécanique et leur fragilité
 - .2 les nuisances sonores dues à la lecture des données
 - .3 Du temps perdu important lors de l'accès aux données)temps de latences(

**Un SSD de 120Go produit par Corsair,
pour une utilisation dans une tour.**



Les disque SSD

- **Inconvénients:**
 - Nombre limités d'écritures suivant la technologie employé, le nombre d'écritures varie entre 10.000 à 100.000
 - Le contrôleur peut ne pas distinguer les parties défectueuses. Une correction d'erreurs doit être prévue et supportée par le contrôleur
- **Avantages:**
 - Moins de Consommation d'énergie.
 - Résistance aux chocs
 - Temps d'accès nettement inférieur
 - Éliminer les nuisances sonores dues à la lecture des données;