

# Les Processeurs

JFA - 177

DUT Informatique – Semestre 1  
Ressource R 1.03  
Responsable : Jean-François ANNE

31/08/2023

JFA - 178

## Le Processeur : Cœur de l'ordinateur !

- Un processeur (unité centrale de traitement) (Central Processing unit : CPU) est un composant qui exécute les instructions des programmes informatiques. Avec la mémoire, c'est l'un des composants qui existent depuis les premiers ordinateurs et qui sont présents dans tous les ordinateurs. Un processeur construit en un seul circuit intégré est un microprocesseur.
- L'invention du transistor en 1948 a ouvert la voie à la miniaturisation des composants électroniques. Car auparavant les ordinateurs prenaient la taille d'une pièce entière !
- Les processeurs des débuts étaient conçus spécifiquement pour un ordinateur. Cette méthode coûteuse de conception a conduit au développement de la production de masse de processeurs pour un ou plusieurs usages. Cette tendance à la standardisation a connu une accélération rapide avec l'avènement des circuits intégrés. Les circuits intégrés ont permis la miniaturisation des processeurs. La miniaturisation et la standardisation des processeurs ont conduit à leur diffusion dans la vie moderne bien au-delà des usages des machines programmables dédiées.

JFA - 179

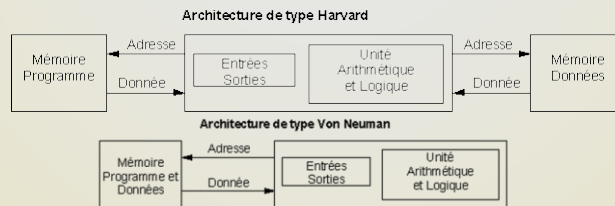
## Le Processeur : Architectures

➤ Il existe deux types d'architectures **organisationnelles** pour les processeurs :

### □ **Architecture Harvard :**

C'est une conception des processeurs qui sépare physiquement la mémoire de données et la mémoire programme. L'accès à chacune des deux mémoires s'effectue via deux bus distincts. Son nom vient de l'université Harvard où une telle architecture a été mise en pratique pour la première fois avec Le Mark I en 1944. Avec deux bus distincts, l'architecture Harvard permet de transférer simultanément les données et les instructions à exécuter. Ainsi, l'unité de traitement aura accès simultanément à l'instruction et aux données associées. Ce modèle peut se montrer plus rapide à technologie identique que celui de von Neumann ; le gain en performance s'obtient cependant au prix d'une complexité accrue de structure. L'architecture Harvard est utilisée :

- ❖ les processeurs numériques de signal (DSP) ;
- ❖ les microcontrôleurs, les PIC (Microchip) et les AVR d'Atmel.



<http://b.i.free.fr/Page8.html>

JFA - 180

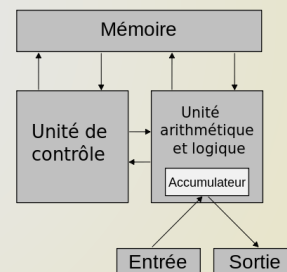
## Le Processeur : Architecture Von Neumann

### □ **Architecture Von Neumann :**

C'est une conception des processeurs qui utilise une structure de stockage unique pour conserver à la fois les instructions et les données demandées ou produites par le calcul. La séparation entre le stockage et le processeur est implicite dans ce modèle. Elle est appelée ainsi en référence au mathématicien John von Neumann qui a élaboré la première description d'un ordinateur dont le programme est stocké dans sa mémoire.

L'architecture de von Neumann décompose l'ordinateur en 4 parties distinctes :

- **L'unité arithmétique et logique** (UAL ou ALU) permet d'effectuer les opérations de base ;
- **L'unité de contrôle** ou de commande est chargée du « séquençage » des opérations. Elle effectue la recherche en mémoire de l'instruction, le décodage, l'exécution et la préparation de l'instruction suivante. Elle élabore tous les signaux de synchronisation internes ou externes au microprocesseur
- **La mémoire** qui indiquera à l'unité de contrôle quels sont les calculs à effectuer. La mémoire se divise entre mémoire volatile (programmes et données en cours) et mémoire permanente (programmes et données de base de la machine) ;
- **Les entrées-sorties** pour communiquer avec le monde extérieur.



<http://b.i.free.fr/Page8.html>

JFA - 181

## Le Processeur : RISC ou CISC

### ➤ Architectures fonctionnelles des processeurs :

Les processeurs généraux actuels se répartissent en deux grandes catégories :

- ❑ Les processeurs **CISC** (Complex Instruction Set Computer) et **RISC** (Reduced Instruction Set Computer). Les processeurs CISC possèdent un jeu étendu d'instructions complexes (350 instructions). Chacune de ces instructions peut effectuer plusieurs opérations élémentaires, mais s'exécutent avec des temps d'horloges différents (ex : 17 cycles d'horloge). Chaque instruction ajoute plusieurs dizaines de milliers de transistors au die du processeur, ce qui se traduit par une hausse de la puissance requise et de la latence, alors que les instructions sont rarement sollicitées. La puce est extrêmement polyvalente, mais elle surchauffe vite et consomme énormément d'énergie avec des fréquences d'horloge sans cesse croissantes.
- ❑ Les processeurs **RISC**, au contraire, possèdent un jeu d'instructions réduit où chaque instruction effectue une seule opération élémentaire. Le jeu d'instructions d'un processeur RISC est plus uniforme (150 instructions). Toutes les instructions sont codées sur la même taille et toutes s'exécutent dans le même temps (un cycle d'horloge) : donc un die plus petit et moins consommateur d'énergie.

JFA - 182

## Le Processeur : RISC ou CISC

➤ La répartition des principaux processeurs dans les deux catégories est la suivante :

CISC	RISC
S/360 (IBM)	Alpha (DEC)
VAX (DEC)	PowerPC (Motorola)
68xx, 680x0 (Motorola)	MIPS
x86, Pentium (Intel)	PA-RISC (Hewlett-Packard)
	SPARC

➤ Exemple multiplication de  $5 * 10$  en assembleur :

CISC	RISC
mov ax, 5	mov ax, 0
mov bx, 10	mov bx, 10
mul bx, ax	mov cx, 5
	begin :
	add ax, bx
	dec cx
	jnz begin

➤ Temps d'exécution :

- ❑ En CISC :  $(2 \text{ mov} * 1 \text{ cycle}) + (1 \text{ mul} * 30 \text{ cycles}) = \mathbf{32 \text{ cycles}}$  d'horloges
- ❑ En RISC :  $(3 \text{ mov} * 1 \text{ cycle}) + (5 \text{ add} * 1 \text{ cycle}) + (5 \text{ dec} * 1 \text{ cycle}) + (5 \text{ loop} * 1 \text{ cycle}) = \mathbf{18 \text{ cycles}}$  d'horloges

JFA - 183

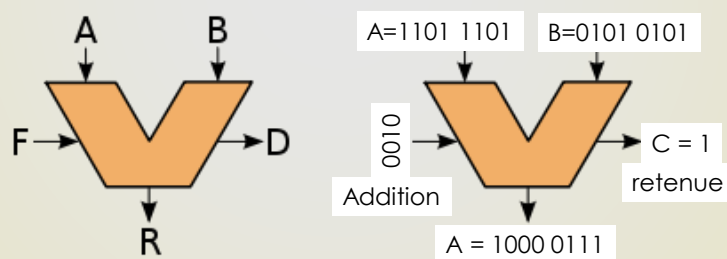
## Le Processeur : L'UAL

- ❑ **L'unité arithmétique et logique (UAL) (arithmetic-logic unit, ALU)**, est l'organe de l'ordinateur chargé d'effectuer les calculs. Les UAL peuvent être spécialisées ou pas. Les UAL élémentaires calculent sur des nombres entiers, et peuvent effectuer les opérations communes, que l'on peut séparer en quatre groupes :
    - ❖ **Les opérations arithmétiques** : addition, soustraction, changement de signe, etc.
    - ❖ **les opérations logiques** : compléments à un, à deux, et, ou, ou-exclusif, non, non-et, etc.
    - ❖ **les comparaisons** : test d'égalité, supérieur, inférieur, et leur équivalents « ou égal ».
    - ❖ **les décalages et rotations** (mais parfois ces opérations sont externalisées).
  - ❑ Certaines UAL sont plus spécialisées dans la manipulation :
    - ❖ des nombres à virgule flottante, en simple ou double précision (unité de calcul en virgule flottante (UVF) (floating-point unit, FPU)
    - ❖ des calculs vectoriels.
- Typiquement, ces unités savent accomplir les opérations suivantes :  
multiplications, divisions ; comparaisons ; modulus.
- ❑ Certaines UAL, (FPU des superordinateurs), sont susceptibles d'offrir des fonctions avancées :
    - ❖ inverse ( $1/x$ ) ; racine carrée ; logarithmes ; ( $\sin x$ ,  $\cos x$ , etc.) ;
    - ❖ opération vectorielle (produit scalaire, vectoriel, etc.) ;
  - ❑ Les processeurs modernes font appel à plusieurs UAL

JFA - 184

## Le Processeur : L'UAL : Fonctionnement

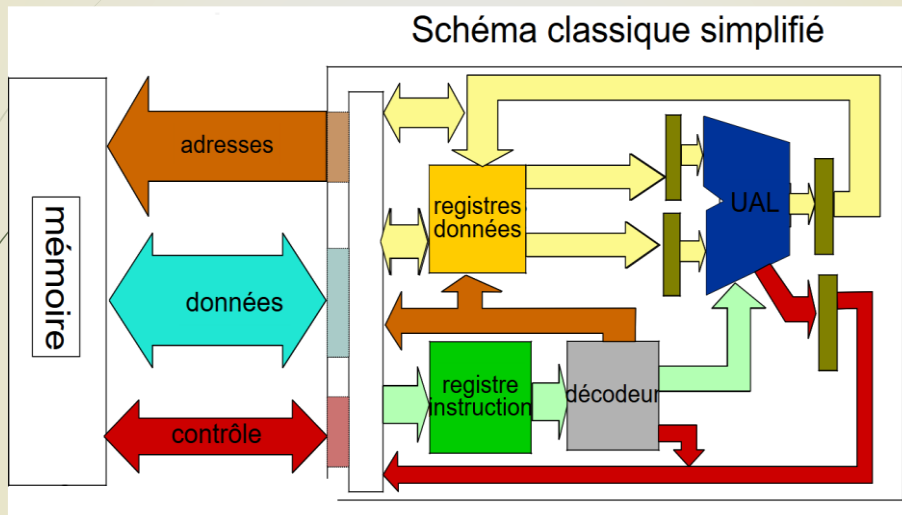
- La figure ci-dessous représente un schéma classique d'UAL : Celle-ci possède :
  - ❑ Deux entrées A et B sur lesquelles on présente les données à traiter.
  - ❑ L'entrée F désigne l'opération à effectuer.
  - ❑ Une sortie R qui est le résultat de l'opération,
  - ❑ et une sortie D les éventuels drapeaux.
- Dans l'exemple ci-dessous, une addition est effectuée entre le registre A et le registre B. Le résultat est remis dans le registre A et la retenue C est mise à un dans le registre des drapeaux.



## Le Processeur : Schéma d'exécution

JFA - 185

➤ La figure ci-dessous représente un schéma simplifié d'un CPU :



## Le Processeur : Exécution d'une instruction

JFA - 186

➤ Pour **chacune des instructions** du programme, le processeur va exécuter 5 traitements :

- ❑ **Lecture de l'instruction** : va chercher en mémoire l'instruction à exécuter, et la met dans le registre d'instruction, incrémentation du registre de programme.
- ❑ **Décodage de l'instruction** : lecture éventuelle des autres mots d'instruction, et décodage de l'instruction (choix et préparation des opérations à effectuer),
- ❑ **Recherche de l'opérande** : préparation des données dans les registres de l'ALU
- ❑ **Exécution de l'instruction** : exécution des calculs dans l'ALU, calcul de l'adresse suivante si branchement,
- ❑ **Ecriture du résultat** dans le registre de sortie, mise à jour des drapeaux si besoin.



JFA - 187

DUT Informatique – Semestre 1

Ressource R 1.03

Responsable : Jean-François ANNE

31/08/2023

JFA - 188

## Historique des processeurs

- **1971** : L'Intel 4004 est le premier processeur commercialisé produit par Gordon Moore et Robert Noyce suite à la commande spéciale du japonais Busicom. C'est la **première** puce intégrant de la mémoire RAM (mémoire vive, à accès direct) & DRAM (Dynamic RAM). Il est cadencé à 0.74 MHz et possède 2300 transistors, et une puissance d'exécution d'environ 90 000 opérations par seconde, il est comparable à l'ENIAC, qui occupe 167 m<sup>2</sup> pour un poids total de 30 tonnes.

Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

[https://www.theregister.co.uk/2011/11/15/the\\_first\\_forty\\_years\\_of\\_intel\\_microprocessors/](https://www.theregister.co.uk/2011/11/15/the_first_forty_years_of_intel_microprocessors/)

JFA - 189

## La loi de MOORE

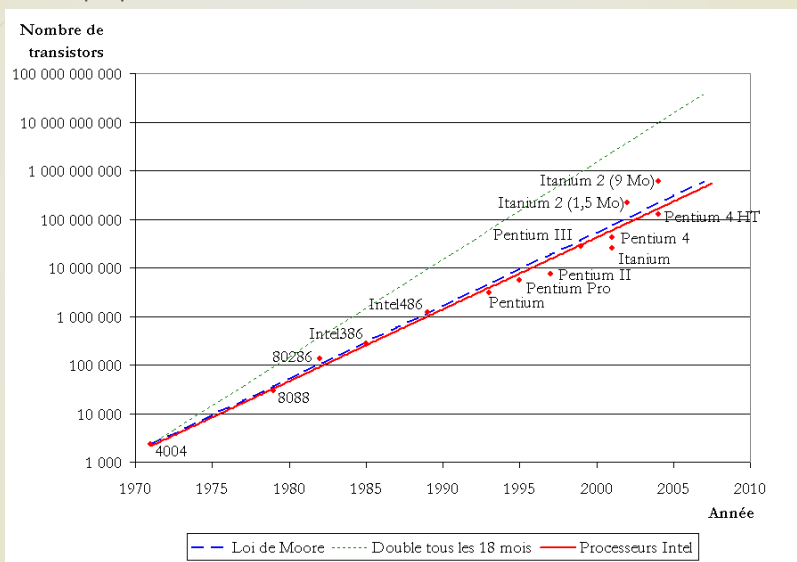
- La loi de Moore est une loi énoncée par Gordon Moore l'un des cofondateurs d'Intel. Cette loi exprime la miniaturisation des processeurs : le nombre de transistors présents sur une puce de même taille, allait doubler environ tous les deux ans. Sa théorie avait aussi un impact économique pour les fabricants de processeurs (fondeurs) puisque, le coût des processeurs devait diminuer proportionnellement, ce qui fut le cas. De ce fait, pour deux processeurs à puissance égale mais d'année différente, le processeur plus récent équipé de nouvelle technologie sera moins cher. C'est pourquoi nous retrouvons des microprocesseurs un peu partout : jouets, feux de signalisation, cartes de vœux musicales, .... Ils coûtent quelques euros et sont plus performants que les gros systèmes les plus rapides d'il y a quelques dizaines d'années. Jusqu'à aujourd'hui la loi de Moore s'est toujours vérifiée, mais pour encore combien de temps ?



JFA - 190

## Graphique de la loi de MOORE

- Graphique de la Loi de Moore :



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Loi\\_de\\_Moore.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Loi_de_Moore.png)

Mémoires

# Les mémoires d'un ordinateur

JFA - 191

DUT Informatique – Semestre 1  
Ressource R 1.03  
Responsable : Jean-François ANNE

31/08/2023

JFA - 192

## La mémoire : Définition

- La mémoire est un composant qui est constitué de cellules élémentaires permettant de retenir ou de restituer une information binaire (0,1).
  - ❖ Les cellules élémentaires sont constituées de **transistors**.
  - ❖ Le **bus d'Adresses** permet d'accéder aux cellules élémentaires.
  - ❖ Le **bus de données** permet d'accéder au contenu de la cellule élémentaire.
  - ❖ Le **bus de contrôle** permet de valider le fonctionnement du boîtier et d'indiquer s'il s'agit d'une écriture ou d'une lecture.

← BUS DE CONTRÔLE →
MEMOIRE
← BUS DE DONNEES →

- > Validation du circuit
- > Ecriture
- > Lecture
- > (Rafraîchissement)

- > Contenu de la mémoire

BUS D'ADRESSE

- > Sélection d'un emplacement dans la mémoire

[http://silanus.fr/sih/?page\\_id=524](http://silanus.fr/sih/?page_id=524)



## La mémoire : Définition

**JFA - 193**

➤ On sélectionne la ligne N°2 de la mémoire avec le bus d'adresse, on met les données à écrire sur le bus de donnée, et on sélectionne le circuit à utiliser et le mode écriture avec le bus de contrôle.

[http://silanus.fr/sin/?page\\_id=524](http://silanus.fr/sin/?page_id=524)

## La mémoire : Les différents types

**JFA - 194**

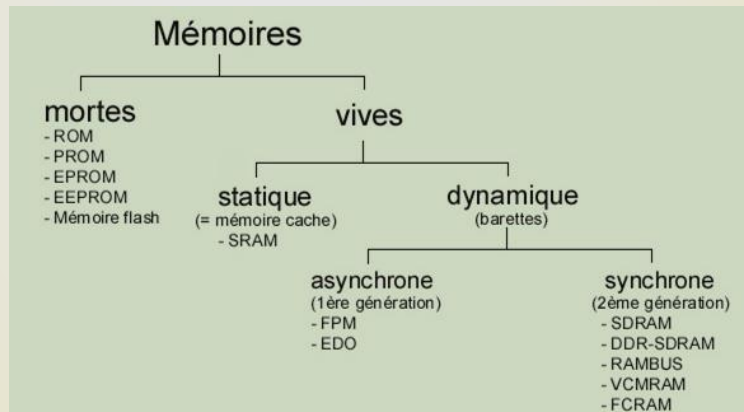
➤ Il existe différents types de mémoires dans un ordinateur, et chacune à un rôle différent à jouer :

- ❑ **RAM** dynamique ou statique (Random Access Memory)
- ❑ **ROM** (Read Only Memory)
- ❑ **PROM** ou **OTP** (Programmable Read Only Memory) ou (Once Time Programmable)
- ❑ **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory)
- ❑ **EEPROM** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)
- ❑ **FLASH / V-NAND** (3D Vertical NAND Flash)

JFA -195

## La mémoire : Classification

- On classe les différents types de mémoire suivant qu'elles soient :
  - ❑ **Vives ou mortes,**
  - ❑ **statiques ou dynamiques,**
  - ❑ **synchrone ou asynchrones :**



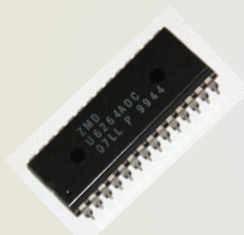
<http://infoetgestion.pagesperso-orange.fr/images/images/20page/20informatique/RAM.ht1.jpg>

JFA -196

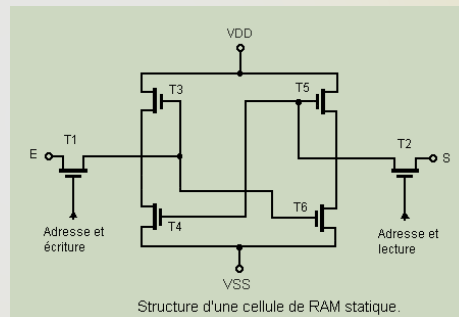
## La mémoire vive : RAM Statique

La **mémoire vive** ou RAM (Random Access Memory) **perd ses informations** quand elle n'est plus alimentée et existe en deux types :

- ❑ **Statique :**
  - Dans une mémoire RAM statique, chaque bit d'information est mémorisé dans une bascule à transistors qui nécessite au moins six transistors.



U6264 Series CMOS Static Ram  
64 Mbit (8 K x 8)



Structure d'une cellule de RAM statique.

- Elle ne nécessite pas de rafraîchissement, mais prend une place importante sur la puce (6 Transistors), donc elle coûte cher à fabriquer.
- Elle est très rapide, donc on l'utilise comme mémoire cache,
- elle consomme aussi très peu d'énergie, on l'utilise donc avec une **pile** pour la sauvegarde de la configuration du PC: horloge, date, configuration, ...)

[http://www.electronique-et-informatique.fr/Electronique-et-Informatique/Digit/Digit\\_12151.php](http://www.electronique-et-informatique.fr/Electronique-et-Informatique/Digit/Digit_12151.php)

JFA -197

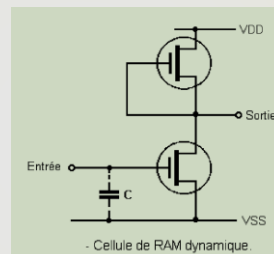
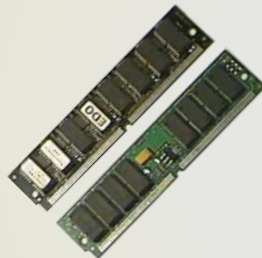
## La mémoire morte : ROM

- **ROM Read Only Memory :**
  - Est devenu un terme générique car ce fut le nom de la première mémoire morte. Elle a la particularité de conserver les informations qu'elle contient même en absence d'alimentation. L'utilisateur fournit au constructeur un tableau avec les données à enregistrer dans la mémoire. En raison du coût élevé qu'entraîne sa production et le processus de fabrication, les ROM sont adaptées à la production en grande quantité. La modification des données donc l'écriture est impossible !
- **PROM Programmable Read Only Memory :**
  - Pour pallier à ces deux inconvénients, on a cherché à réaliser des mémoires ROM programmable par l'utilisateur : les PROM : Programmable ROM. Elles sont programmables une seule fois par l'utilisateur, la modification une fois programmée est impossible. Il faut un matériel spécifique (programmeur de PROM) pour pouvoir les programmer.
- **EPROM Erasable and Programmable Read Only Memory :**
  - Pour faciliter la mise au point d'un programme ou tout simplement permettre les erreurs, les EPROM : Erasable & Programmable ROM. Elles sont programmables une seule fois par l'utilisateur, la modification une fois programmée est impossible. Il faut un matériel spécifique (programmeur de PROM) pour pouvoir les programmer. On peut les effacer en les exposant aux rayons ultra violets.

JFA -198

## La mémoire vive : RAM Dynamique

- **Dynamique :**
  - Dans une mémoire RAM dynamique, chaque bit d'information est mémorisé dans un condensateur (1 : chargé ; 0 : déchargé) (transistors) et nécessite au moins deux transistors.



- Elle nécessite un rafraîchissement constant des condensateurs-transistors qui la composent (recharge du condensateur : 30 ns toutes les 64 ms).
- Elle est moins rapide que la mémoire statique,
- elle consomme plus d'énergie : Rafraîchissement, Quantité, Utilisation)
- Elle se présente sous forme de barrettes qui viennent se loger sur la carte mère. On peut donc l'augmenter si besoin.

JFA - 199

## La mémoire vive : RAM Dynamique

- Il en existe deux sortes :
  - ❑ la mémoire **asynchrone** (la plus ancienne) : c'était la Première génération de RAM quand le processeur fait un accès (écriture ou lecture) à ce type de mémoire, il doit attendre que celle-ci ait terminé son travail pour faire un autre accès ce qui provoque des temps d'attentes.
    - ❖ FPM (Fast Page Mode) : a été utilisée principalement sur les machines équipées d'un processeur < à 486 MHz.
    - ❖ EDO (Extended Data Out) : Elle a été une amélioration de la FPM. Elle a été utilisée pour des fréquences de bus à 66 MHz.
  - ❑ La mémoire **synchrone** (la plus récente) : c'est la deuxième génération de RAM. Lorsque le processeur fait un accès à la mémoire, il peut continuer à travailler en attendant la réponse. Il n'y a pas de temps d'attente, car 2 composants sont utilisés pour synchroniser la mémoire :
    - ❖ une horloge qui cadence régulièrement la sortie d'informations de la mémoire ;
    - ❖ un buffer qui stocke les demandes d'accès du processeur.
- Il existe plusieurs types de mémoire dynamique synchrone :  
SDRam - DDRam - RDRam

JFA - 200

## La mémoire vive : RAM Dynamique

- C'est la mémoire RAM d'un PC, c'est-à-dire le lieu de stockage des informations transitoires et autres données lorsque l'ordinateur est allumé.
- Elle perd toute information en cas de coupure de courant.
- Elle sert à stocker les informations relatives aux applications (programmes) en cours d'exécution. Plus ces programmes sont nombreux à tourner, plus ceux-ci sont gourmands, plus important devra être le volume de RAM disponible.
- Et les processeurs devenant de plus en plus puissants, les programmes de plus en plus exigeants, le volume de RAM nécessaire au bon fonctionnement de l'ordinateur ne cesse d'augmenter : 4 Go représente aujourd'hui un minimum absolu pour travailler dans de bonnes conditions.
- Si la mémoire RAM n'est pas suffisante, l'ordinateur se servira du disque dur (temps d'accès seront beaucoup plus longs) pour stocker les informations, réduisant alors les de manière drastique les performances globales de la machine.

## La mémoire vive : Support et Fonctionnement

JFA -201

- Il faut distinguer :
  - ❑ Le support (circuit imprimé) de la mémoire : SIMM, DIMM, RIMM, SO-DIMM, ...,
  - ❑ de son fonctionnement (sa gestion interne) (électronique) : FPM, EDO, SDRAM, DDR, ...

**La mémoire est donc choisie en tenant compte de ces deux caractéristiques !**

## La mémoire RAM : Evolution du support, SIMM

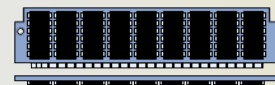
JFA -202

- Il existe de nombreux supports de mémoires vives dynamiques. Celles-ci se présentent toutes sous la forme de barrettes de mémoire enfichables sur la carte-mère.

- ❑ Les barrettes au format **SIMM** (*Single Inline Memory Module*) : il s'agit de circuits imprimés dont une des faces possède des puces de mémoire.

- ❖ Les barrettes SIMM à 30 connecteurs sont des mémoires 8 bits qui équipaient les premières générations de PC (286, 386),

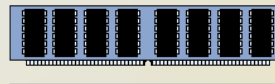
SIMM 30



mémoire SIMM à 30 connecteurs

- ❖ Les barrettes SIMM à 72 connecteurs sont des mémoires 32 bits de données. Ces mémoires équipent des PC allant du 386DX, 486, aux premiers Pentium. Sur ces derniers le processeur travaille avec un bus de données d'une largeur de 64 bits, c'est la raison pour laquelle il faut absolument équiper ces ordinateurs de deux barrettes SIMM.

SIMM 72



mémoire SIMM à 72 connecteurs

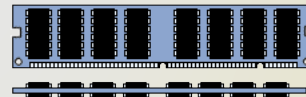
JFA -203

## La mémoire RAM : Support DIMM

- Les barrettes au format **DIMM** (Dual Inline Memory Module) sont des mémoires 64 bits, il n'est pas nécessaire de les apparier. Elles possèdent des puces de mémoire de part et d'autre du circuit imprimé et ont également 84 broches de chaque côté (total de 168 broches). Plus grandes que les barrettes SIMM, elles possèdent un second détrompeur pour éviter la confusion. Les supports DIMM ont été améliorés afin de faciliter leur insertion grâce à des leviers situés de part et d'autre du connecteur. Ce format est exploité par les mémoires SDRAM et DDR SDRAM, Il existe aussi des modules de plus petite taille, appelés SO-DIMM (Small Outline DIMM), destinés aux ordinateurs portables. Elles comportent uniquement 144 broches pour les mémoires 64 bits et 77 broches pour les mémoires 32 bits.



DIMM



mémoire DIMM



JFA -204

## La mémoire RAM : Support SO-DIMM

- Les barrettes au format **SO-DIMM** (Small Outline Dual-Inline Memory Module) (« module mémoire de petit format à double rangée ») sont de taille plus compacte que les DIMM, (environ deux fois moins longs). Elles sont utilisées dans les ordinateurs portables, les petits PC (carte mère en Micro-ATX), certains PC tout-en-un, les imprimantes de bureau haut de gamme, et des équipements pour réseaux comme des routeurs.
- Les SO-DIMM possèdent :
  - ❖ 100 broches à deux encoches (données en 32 bits),
  - ❖ 144 broches à une seule située encoche presque au milieu (64 bits),
  - ❖ 200 broches avec une seule encoche, mais plus éloignée du centre, après la vingtième broche (64 bits),  
si l'encoche est plus proche du côté à 20 broches => un module DDR ;  
si l'encoche est plus vers le côté des 180 broches => DDR2.  
Mémoires non interchangeable, donc position de l'encoche différente.
  - ❖ 204 pour la DDR3.



72 pins



144 pins



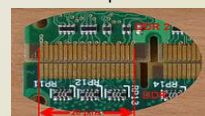
204 pins



100 pins



200 pins





## La mémoire RAM : RIMM

JFA -205

- ❑ Les barrettes au format **RIMM** (Rambus Inline Memory Module, appelées également RD-RAM ou DRD-RAM) sont des mémoires 64 bits développées par la société Rambus. Elles possèdent 184 broches. Ces barrettes possèdent deux encoches de repérage (détrompeurs), évitant tout risque de confusion avec les modules précédents.
- ❑ Compte tenu de leur vitesse de transfert élevée, les barrettes RIMM possèdent un film thermique chargé d'améliorer la dissipation de la chaleur.
- ❑ Comme dans le cas des DIMM, il existe des modules de plus petite taille, appelés SO-RIMM (Small Outline RIMM), destinés aux ordinateurs portables. Les barrettes SO-RIMM comportent uniquement 160 broches.



RIMM



SO-RIMM

## Les différents Types de mémoire RAM : FPM, ...

JFA -206

La préoccupation des constructeurs de mémoire est triple : ils cherchent à obtenir des mémoires de plus en plus grosses et de plus en plus rapides à un prix toujours moindre.

- Les différents types de mémoires vives dynamiques ont connu beaucoup de versions :
  - ❑ FPM ou FPM DRAM (Fast Page Mode) est un type de mémoire DRAM asynchrone utilisé dans les PC jusqu'au milieu des années 1990. Elle utilise un adressage en mode page. Cela consiste à adresser les données en deux temps. La première partie de l'adresse spécifie la page et la seconde y indique l'emplacement mémoire visé. La plupart du temps les accès mémoire se font sur des données voisines. Les données peuvent donc être lues en rafale, la première partie de l'adressage n'est nécessaire que pour l'accès à la première donnée, mais ne doit plus à être répété pour les données situées aux adresses suivantes. On pouvait lire sur les boîtiers de ces composants les temps d'accès en nanosecondes (70 ou 80 ns)
  - ❑ Ce type de mémoire a peu à peu été remplacé par l'EDO DRAM, plus rapide, mais plus cher, remplacé lui-même par des mémoires SDRAM (des mémoires DRAM synchrones).

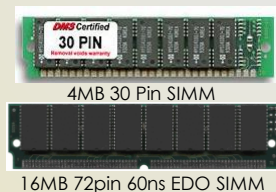


SIMM FPM 4 MB

JFA -207

## La mémoire RAM : EDO, ...

- **EDO** (Extended Data Out) (sortie des données améliorée). Mémoire vive utilisée dans les ordinateurs au début des années 1990 avec la génération des pentium première génération. Elle a amélioré la technique précédente en permettant que les adressages successifs du mode rafale soient faits pendant les lectures des données précédentes. Et grâce à la présence d'une petite mémoire cache, la mémoire EDO était 15 % plus rapide que la mémoire FPM DRAM qu'elle remplaçait. Sa principale caractéristique est sa capacité à adresser la colonne suivante pendant la lecture des données d'une colonne. Le temps d'accès à la mémoire EDO est de 50 à 60 nanosecondes pour une fréquence allant de 33 à 66 MHz. Elle se présentait sous forme de barrettes DIMM de 30 ou 72 broches, 168 broches et 144 broches en SO-DIMM. N'étant pas capable de supporter des fréquences supérieures à 66 MHz, ce type de mémoire a disparu au profit de la mémoire SDRAM (vers 1997, génération Pentium II). Elle est obsolète aujourd'hui.



JFA -208

## La mémoire RAM : VRAM

- **VRAM** (Video RAM) présente dans les cartes graphiques. Elle sert à construire l'image vidéo qui sera envoyée à l'écran d'ordinateur via le convertisseur RAMDAC. La mémoire vidéo, contrairement à la mémoire DRAM utilisée dans la mémoire centrale de l'ordinateur, dispose de deux canaux de transfert qui permettent la lecture et l'écriture des données en un seul cycle. Lorsque deux cartes graphiques sont montées en parallèle (SLI pour NVidia et CrossFire pour ATI), la capacité de la mémoire de chaque carte vidéo ne s'additionne pas, car chaque carte (en fait chaque processeur graphique) gère son propre espace mémoire en utilisant, si besoin, une partie de la mémoire centrale.
- De nombreux ordinateurs de bas de gamme n'ont pas de mémoire spécifique pour la vidéo, mais utilisent une partie dédiée de la mémoire vive pour y stocker les images à afficher ce qui réduit la performance globale de l'ordinateur, le processeur ayant à faire l'ensemble des tâches en utilisant la mémoire centrale qui n'a pas été spécialement conçue pour cela.



JFA -209

## La mémoire RAM : RDRAM

- ❑ **RAMBUS, RDRAM** (Rambus Dynamic RAM) Développée par la société Rambus, elle a un prix beaucoup plus élevé que les autres types de mémoires. Elle est utilisée pour les machines de génération Pentium III et Pentium 4. Nativement, la mémoire Rambus (aussi appelée Rimm) est bicanal, elle permet le transfert sur 2 canaux de 16 bits. Néanmoins, l'utilisation des 2 canaux passe par l'utilisation d'un bus spécifique sous licence Rambus. Ceci explique qu'Intel n'a jamais utilisé qu'un seul canal sur 16 bits pour ses chipsets (18 bits avec parité), réduisant les performances de cette technologie. Tout comme la DDR, elle exploite les deux flancs de l'horloge. Les barrettes sont de type bidirectionnel, les données en lecture prennent une direction sur le connecteur mémoire, une autre en écriture. Ceci oblige à insérer une carte électronique (un simple circuit imprimé) dans les slots mémoires libres.
- ❖ Cette mémoire a été supplantée par la DDR, moins chère et moins rapide, mais libre de droits.
- ❑ **XDR DRAM** (XDimm Rambus RAM). La XDR DRAM est un type de mémoire de type RDRAM améliorée et basée sur la technique Rambus. Elle est utilisée par les consoles de jeux vidéo PlayStation 3 de Sony... Elle permet d'envisager des débits théoriques de 6,4 à 12,8 Gios-1 en rafale.



128MB 184-pin RDRAM RIMM

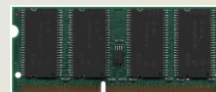
JFA -210

## La mémoire RAM : SRD SDRAM

- ❑ **SDR SDRAM** (Single Data Rate Synchronous Dynamic RAM) Elle est utilisée comme mémoire principale et vidéo. La transition s'est faite lors du passage du Pentium II au Pentium III. La SDRAM permet, contrairement à la mémoire EDO, une lecture des données synchrones. Jusqu'à son apparition (1993), les mémoires DRAM étaient asynchrones, cela signifie qu'elles n'attendaient pas un signal de l'horloge du bus pour réagir aux signaux d'entrée, donc qu'elles n'étaient pas synchronisées avec le bus. Elle accepte une commande et transfère un mot par cycle. Chaque barrette de mémoire est construite autour de plusieurs puces pouvant avoir un bus de données de 4, 8 ou 16 bits assemblées sur un circuit imprimé à 168 connecteurs pouvant transférer 64 (non-ECC) ou 72 (ECC) bits par cycles à des fréquences de 66, 100 et 133 MHz avec des temps d'accès d'environ 10 nanosecondes. Elles se distinguent par leur fréquence de fonctionnement, et comportent 168 broches. Elle est obsolète.



128MB PC66 168-pin SDRAM DIMM



128MB PC100 SDRAM 144-pin SODIMM

JFA -211

## La mémoire RAM : DDR

- ❑ **DDR SDRAM** (Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM) Utilisée comme mémoire principale et comme mémoire vidéo depuis les années 2000. Elle est communément abrégée sous le sigle DDR, elle est synchrone avec l'horloge système, mais elle double également la largeur de bande passante en transférant des données deux fois par cycles ("dual pumping") au lieu d'une seule pour la SDRAM.
- ❑ Les fabricants de mémoire ont eu des difficultés à produire en masse de la DDR à plus de 400 MHz. Ainsi, depuis 2005, elle est progressivement remplacée par la DDR-2. La DDR fonctionne à une tension de 2,5 V, comparée au 3,3 V pour la SDRAM. Ceci peut réduire significativement la consommation électrique.
- ❑ On distingue les DDR PC1600 (200 MHz), PC2100(266 MHz), PC2700 (333 MHz), PC3200(400 MHz), etc. Le numéro représente le débit théorique maximal de transfert en Mo/s. Elle s'est généralisée dans les ordinateurs grand public avec les générations Pentium III et Pentium 4. Elle comporte 184, 172 ou 200 broches. Cette mémoire est en voie de disparition.



1GB PC2100 DDR266 184-pin DIMM

512MB PC2700 DDR333  
172-pin MicroDIMM256MB PC3200 DDR400  
200-pin SODIMM

JFA -212

## La mémoire RAM : DDR

- ❑ Les mémoires DDR possèdent une appellation commerciale du type PCxxxx, où « xxxx » représente le débit d'information en Mo/s.

Dénomination	Type de mémoire	Fréquence réelle	Bande passante par canal
PC1600	DDR-200	100 MHz	1,6 Gio/s
PC2100	DDR-266	133 MHz	2,133 Gio/s
PC2400	DDR-300	150 MHz	2,4 Gio/s
PC2700	DDR-333	166 MHz	2,667 Gio/s
PC3200	DDR-400	200 MHz	3,2 Gio/s
PC3500	DDR-433	217 MHz	3,5 Gio/s
...	...	...	...
PC4800	DDR-600	300 MHz	4,8 Gio/s

Il n'y a pas de différence architecturale entre les différentes DDR SDRAM conçues pour les différentes fréquences d'horloge. Le nombre indique le niveau de fonctionnement garanti pour chaque type de mémoire. Il est possible d'utiliser de la DDR à une fréquence inférieure à celle prévue (sous-fréquence) ou supérieure (surfréquence). Le surfréquence ne peut être tenté qu'avec des mémoires de haute qualité.



JFA -213

## La mémoire RAM : Débit mémoire DDR

### ○ Débit mémoire DDR :

Le débit mémoire (et par conséquent le nom) d'une mémoire est calculé comme suit :

Les DDR sont des mémoires 64 bits (8 octets).

Cela signifie qu'une barrette de mémoire DDR peut transmettre :

$$8 * 2 = 16 \text{ octets à chaque cycle d'horloge,}$$

le facteur 2 provenant de "l'effet DDR".

Pour l'exemple, supposons une mémoire qui fonctionne à la fréquence de 133 MHz, on a donc à chaque seconde :

$$16 * 133 * 10^6 \text{ octets} = 2128 \text{ Mo,}$$

soit un débit théorique d'environ 2 100 Mo/s :

**c'est donc de la PC2100 DDR133.**

JFA -214

## La mémoire RAM : DDR2

- ❑ **DDR2 SDRAM** (Double Data Rate two SDRAM) 2e génération de DDR. Elle fonctionne selon le même principe que la DDR, mais plus simple à produire, et permettant des fréquences d'horloge plus élevées.
- ❑ La fréquence d'horloge de la mémoire DDR2 est plus grande grâce à des améliorations techniques au niveau de l'interface électrique (la fréquence du bus est double de celle du groupe de cellules mémoires. Quatre mots de données peuvent ainsi être transférés par cycle des cellules mémoires), avec des raccordements intégrés, une mémoire tampon de pré lecture, ainsi que des circuits de sortie externes à la puce. À fréquence des cellules mémoires égale, la DDR2 a un débit deux fois plus élevé que celui de la DDR. Cependant, la DDR2 a des temps de latence plus élevés. L'accès aux puces, qui est décomposé en n étapes, est plus long. En ce qui concerne la mémoire tampon de prélecture, sa largeur de bus est passée de 2 bits (pour la DDR) à 4 bits. Elle passera à 8 bits pour la DDR3. En d'autres termes, cette mémoire convient plutôt aux transferts de grandes quantités de données, car la grande vitesse de transfert sur une "longue" période minimise alors le mauvais temps de latence initial.
- ❑ La DDR2 possède un avantage majeur avec une tension d'alimentation à 1,8 Volt, ce qui limite la production de chaleur par effet Joule.
- ❑ Selon la fréquence d'utilisation recommandée, on distingue les DDR2-400, 533, 667, 800 et 1066. Le numéro étant la fréquence de fonctionnement.
- ❑ Elle comporte normalement 240 broches ou 200 broches en SO DIMM.

JFA -215

## La mémoire RAM : DDR2

- Les mémoires DDR2 possèdent une appellation commerciale du type PC2xxxx, où « xxxx » représente le débit d'information en Mo/s et "DDR2-xxx" (ou DDR-xxx) désigne la fréquence d'horloge équivalente,

Dénomination	Type de mémoire	Fréquence barrette et E/S	Fréquence Puces	Bande passante par canal
PC2 3200	DDR2-400	200 MHz	100 MHz	3,2 Gio/s
PC2 4200	DDR2-533	266 MHz	133 MHz	4,267 Gio/s
PC2 5300	DDR2-667	333 MHz	166 MHz	5,333 Gio/s
PC2 6400	DDR2-800	400 MHz	200 MHz	6,4 Gio/s
PC2 8500	DDR2-1066	533 MHz	266 MHz	8,533 Gio/s
PC2 9600	DDR2-400	600 MHz	300 MHz	9,6 Gio/s

- Les DDR2 ne sont pas compatibles avec les DDR. Le module de DDR2 ne peut pas être inséré dans le slot mémoire DDR. Le détrompeur central est placé à une position légèrement différente et les connexions sont plus nombreuses sur un DIMM DDR2 que sur un DIMM DDR où la densité de broches est moins élevée. De plus, elles fonctionnent à une tension différente (2,5 V : DDR, 1,8 V : DDR2). Insérer un module DDR2 dans un connecteur femelle DDR en forçant ou en modifiant légèrement l'encoche centrale du module, endommagera le module et/ou la carte mère.

JFA -216

## La mémoire RAM : DDR2

- Comparaison de la position de l'encoche (DDR en Haut, DDR2 en bas),



Mémoire DDR2 sur carte mère DDR



Mémoire DDR sur carte mère DDR2



JFA -217

## La mémoire RAM : DDR3

- ❑ **DDR3 SDRAM** (Double Data Rate three SDRAM) 3ème génération DDR (2007). La DDR3 fournit un débit deux fois plus important que la DDR2. Début 2014 c'est la technologie la plus communément utilisée dans les ordinateurs grand public pour la mémoire principale. Une barrette mémoire DIMM DDR3 comporte 240 contacts. Les SO-DIMM DDR3, destinées aux ordinateurs portables, ont quant à elles 204 contacts.
- ❑ La consommation énergétique de la DDR3 est de 40 % inférieure à celle de mémoire DDR. Ceci est dû à une baisse de la tension utilisée (1,8 V : DDR2 ; 1,5 V : DDR3 ; et 1.35 V : DDR3L), (attention à la compatibilité, car certains matériels sont à 1,34 V ou 1,36 V et non 1,35 V pour la DDR3L).
- ❑ La mémoire tampon de prélecture pour la DDR3 est d'une largeur de 8n (huit mots par accès mémoire), alors qu'elle était de 4n (quatre mots par accès mémoire) pour la DDR2, et seulement 2n (deux mots) pour la DDR.
- ❑ La latence n'a pas été améliorée sur la DDR3 : les DDR3-1600 atteignent des timings de 7-7-7, correspondant au CAS-RAS-LCAS. En comparaison, les timings des meilleures DDR2-400 et DDR2-800 sont 2-2-2 et 3-3-3. S'agissant de cycle d'horloge, il faut se rapporter à la fréquence qui est ici double en DDR3 ; les timings sont donc très peu différents entre ces deux mémoires.
- ❑ Tous les chipsets n'acceptent pas les vitesses les plus hautes. AMD les propose avec les Athlon II et Phenom II utilisant le socket AM3. Intel les intègre dans les I5 et I7 et dans les Core2 Duo et Quatro avec le chipset P35

JFA -218

## La mémoire RAM : DDR3

- ❑ Les mémoires DDR3 possèdent une appellation commerciale du type PC3xxxx, où « xxxx » représente le débit d'information en Mo/s et "DDR3-xxx" (ou DDR-xxx) désigne la fréquence d'horloge équivalente,

Dénomination	Type de mémoire	Fréquence barrette et E/S	Fréquence Puces	Bande passante par canal
PC3 6400	DDR3-800	400 MHz	100 MHz	6,4 Gio/s
PC3 8500	DDR3-1066	533 MHz	133 MHz	8,53 Gio/s
PC3 10600	DDR3-667	667 MHz	166 MHz	10,66 Gio/s
PC3 12800	DDR3-800	800 MHz	200 MHz	12,8 Gio/s
PC3 14900	DDR3-1066	933 MHz	233 MHz	14,9 Gio/s
PC3 17000	DDR3-400	1066 MHz	266 MHz	17 Gio/s
PC3 18952	DDR3-2599	1466 MHz	300 MHz	20 Gio/s

- ❑ Les barrettes de mémoire DDR3 ne sont pas rétro compatibles avec les versions de mémoire précédente

JFA -219

## La mémoire RAM : DDR3

- Les différents types de mémoires DDR3 :



1GB PC3-8500 DDR3-1066 1.5V 240-pin  
SDRAM DIMM



8GB PC3-8500 DDR3-1066  
1.5V 204-pin SDRAM SODIMM



16GB PC3-8500 DDR3L-1066 1.35V  
240-pin RDIMM

JFA -220

## La mémoire RAM : DDR4

- DDR4 SDRAM** (Double Data Rate fourth SDRAM) 4e génération DDR, elle est notamment mise en avant par les fabricants pour une consommation énergétique moindre par rapport à la version précédente. La plus basse fréquence d'horloge débutera à 2133 MHz jusqu'au niveau maximal de 3,2 GHz pour des tensions comprises entre 1,2 V et 1,5 V ; et jusqu'à 1,05 V avec les versions basse consommation. Les premiers micro-ordinateurs pouvant utiliser la DDR4 sont arrivés sur le marché pour la fin de 2014. La DDR4 fournit un débit deux fois plus important que la DDR3. Les mémoires DDR4 apportent des performances supérieures, des capacités DIMM élargies, une intégrité de données renforcée et une consommation d'énergie plus faible.
- Les modules DDR4 sont légèrement plus épais que les DDR3, pour accueillir un plus grand nombre de couches de signaux. Avec plus de 2Gb/s par broche et consommant moins que les DDR3L, (DDR3 Basse tension), les DDR4 apportent 50% de performance en plus, des capacités de bande passante améliorées, et réduisent la consommation d'énergie (une économie d'énergie allant jusqu'à 40%).
- Outre les performances optimisées et les économies d'énergie, les mémoires DDR4 intègrent des contrôles de redondance cycliques (CRC) pour une meilleure fiabilité des données, la détection de parité sur puce, qui vérifie l'intégrité des transferts de commandes et d'adresses sur les liaisons, l'intégrité avancée des signaux et d'autres fonctions RAS robustes.

JFA -221

## La mémoire RAM : DDR4

- Les mémoires DDR4 possèdent une appellation commerciale du type PC4xxxx, où « xxxx » représente le débit d'information en Mo/s et "DDR4-xxx" (ou DDR-xxx) désigne la fréquence d'horloge équivalente,

Dénomination	Type de mémoire	Fréquence barrette et E/S	Fréquence Puces	Bande passante par canal
PC4 12800	DDR4-1600	800 MHz	200 MHz	12,8 Gio/s
PC4 14900	DDR4-1066	933 MHz	233 MHz	14,93 Gio/s
PC4 17000	DDR4-667	1066 MHz	266 MHz	17,06 Gio/s
PC4 19200	DDR4-800	1200 MHz	300 MHz	19,2 Gio/s

- Les barrettes de mémoire DDR4 ne sont pas rétro compatibles avec les versions de mémoire précédente



16GB PC4-17000 DDR4-2133MHz 288-Pin

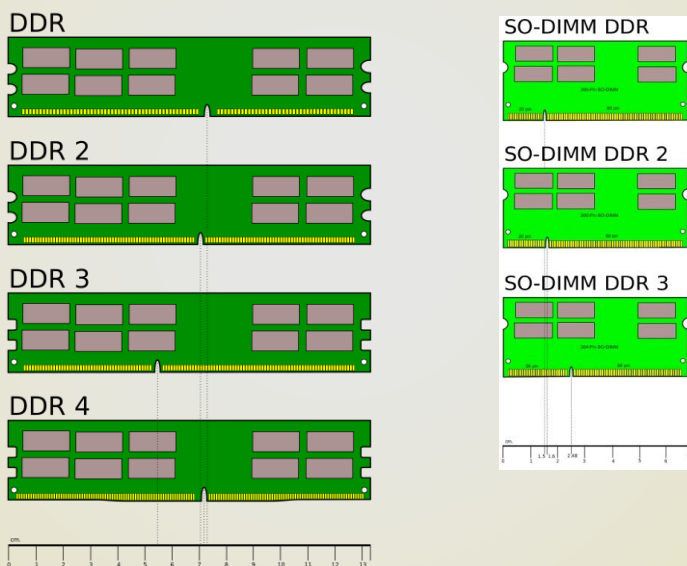


16GB PC4-17000 DDR4-2133MHz 260-Pin SO DIMM

JFA -222

## La mémoire RAM : DDR Synthèse

- Synthèse de la position des encoches sur la mémoire DDR :



JFA -223

## La mémoire RAM : Synchronisation Timings)

- Les notations du type 3-2-2-2 ou 2-3-3-2 décrivent le paramétrage de la mémoire vive. Ils décrivent la synchronisation de la mémoire (timing), c'est-à-dire la succession de cycles d'horloge nécessaires pour accéder à une donnée stockée en mémoire vive.
- Ces quatre chiffres correspondent, dans l'ordre, aux valeurs suivantes :
  - ❑ **CAS delay** ou **CAS latency** (Column Address Strobe) :  
Il s'agit du nombre de cycles d'horloge s'écoulant entre l'envoi de la commande de lecture et l'arrivée effective de la donnée, il s'agit du temps d'accès à une colonne.
  - ❑ **RAS Precharge Time** (noté tRP), (Row Address Strobe) :  
Il s'agit du nombre de cycles d'horloge entre deux instructions RAS, c'est-à-dire entre deux accès à une ligne.
  - ❑ **RAS to CAS delay** (noté tRCD) :  
Il s'agit du nombre de cycles d'horloge correspondant au temps d'accès d'une ligne à une colonne.
  - ❑ **RAS active time** (noté tRAS) :  
il s'agit du nombre de cycles d'horloge correspondant au temps d'accès à une ligne.
- Les cartes mémoires sont équipées d'un dispositif appelé SPD (Serial Presence Detect), permettant au BIOS de connaître les valeurs de réglage définies par le fabricant. Il s'agit d'une EEPROM dont les données seront chargées par le BIOS si l'utilisateur choisit le réglage « auto ».
- **Plus ces temps sont faibles, meilleures sont les performances.**



JFA -224



DUT Informatique – Semestre 1  
Ressource R 1.03  
Responsable : Jean-François ANNE



31/08/2023

JFA -225

## La ventilation du PC

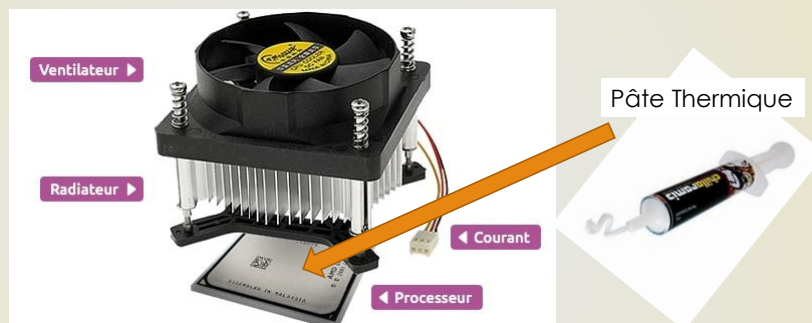
➤ Les ordinateurs sont équipés de plusieurs ventilateurs et radiateurs qui sont chargés de récupérer et évacuer la chaleur produite par les composants. Les 2 principales causes de la hausse de température sont le processeur d'une part, qui a pour rôle de faire tous les calculs. Les cartes graphiques puissantes sont elles aussi responsable de la température, et sont elles-mêmes équipées d'un ventilateur. L'alimentation d'autre part, qui converti la tension EDF en tension compatible avec les composants (12 Volts) :

- ❑ Le ventilateur d'alimentation
- ❑ Le ventilateur du processeur,
- ❑ Le ventilateur de la carte graphique,
- ❑ Le ventilateur de boîtier.

JFA -226

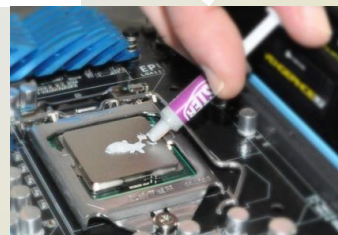
## Le ventilateur du processeur

➤ Le refroidissement des processeurs se fait la plupart du temps par un radiateur associé à un ventilateur.



➤ On ajoute sur le processeur avant de monter le refroidissement de la pâte thermique afin d'améliorer la conduction thermique du processeur vers le ventilateur.

<http://www.tomshardware.fr/articles/test-pate-thermique,2-882-5.html>



https://cours-informatique-gratuit.fr/wp-content/uploads/2014/05/processeur-et-ventilateur.jpg



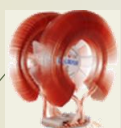
JFA -227

## Le ventilateur du processeur

➤ Le refroidissement des processeurs se fait le plus part du temps par un radiateur associé à un ventilateur. Il existe quatre Formats :



❑ **Classique** (PC Fixe) : Radiateur dont la base est en contact direct avec le processeur, La chaleur est évacuée par le radiateur. Le ventilateur accélère l'échange thermique entre le radiateur et l'air ambiant. Ce système est plutôt compact. Le ventilateur tourne à une vitesse assez élevée et est donc bruyant.



❑ **Tunnel** (PC Fixe) : La base du radiateur est en contact direct avec le processeur. La chaleur dégagée par le socle est dirigée par des tubes vers des ailettes. Puis le ou les ventilateurs disperse la chaleur. Afin de créer un tunnel qui aspire l'air par la façade avant du PC et expulse l'air chaud par la face arrière. L'avantage est d'éloigner le ventilateur de la carte mère. Ce qui permet d'augmenté la taille du ventilateur. Du coup celui-ci peut tourner plus lentement. Ce qui permet de réduire le bruit généré par le ventilateur. Par contre c'est un système encombrant.



❑ **Refroidissement à Eau** (PC Fixe) : Le socle est en contact direct avec le processeur. La chaleur est évacuée par de l'eau circulant dans un tube amenant l'excès de chaleur vers des ailettes. Point faible : c'est l'encombrement du système. Par contre ultra silencieux puisqu'il n'y a pas de ventilateur.



❑ **Refroidissement plat** (PC Portable) : Même principe que le "tunnel". Le socle métallique est en contact avec le processeur. La chaleur est conduite vers les ailettes. Celles-ci sont refroidies par l'air venant du ventilateur. Tout le système est plat pour une intégration dans un portable.

JFA -228

## Astuces :

### ❑ Attention :

- Pour un bon refroidissement de votre processeur vous devez mettre de la pâte thermique pour assurer un bon échange entre le radiateur et le processeur.
- Certains radiateurs sont fournis avec une sorte gomme thermique dans ce cas vous n'avez pas besoin de pâte thermique.
- Pour atténuer les nuisances sonores dues à la ventilation les constructeurs de processeur ont ajouté une variation de vitesse du ventilateur en fonction de la température du processeur. Sur les portables celui-ci peut même s'arrêter.

### ❑ Trucs et astuces :

- Pensez à dépoussiérer votre PC, La poussière est l'ennemi numéro 1 des PC. Faites-le aussi sur les portables, même si c'est plus compliqué à réaliser. Faites-le quand le ventilateur de votre portable ne s'arrête plus. En effet les ailettes étant très serrées la poussière s'y loge facilement et fini par former un tapis empêchant une ventilation correcte.












**Les bus  
d'extensions  
(Externes)**

JFA - 229

DUT Informatique – Semestre 1  
Ressource R 1.03  
Responsable : Jean-François ANNE

31/08/2023



## Les Liaisons Externes

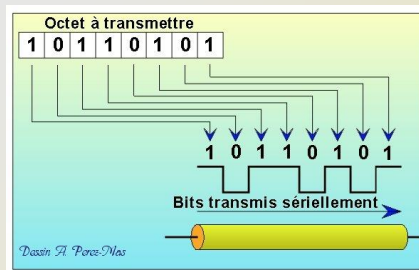
JFA - 230

- L'ordinateur ayant besoin de communiquer avec l'extérieur, il va pouvoir le faire à partir de plusieurs périphériques, qui vont avoir besoin de support pour transporter les données :
  - ❑ Liaison **Série**,
  - ❑ Liaison **Parallèle**,
  - ❑ Liaison **PS2**,
  - ❑ Liaison **USB**,
  - ❑ Liaison **Sonore**,
  - ❑ Liaison **Graphique**,
  - ❑ Liaisons **Réseaux**,
  - ❑ Liaison **Téléphone**.
- Les transmissions de signaux numériques peuvent être effectuées de deux manières : série ou parallèle selon qu'elles sont faites via un seul ou plusieurs conducteurs.
- Actuellement, les transmissions parallèles sont à leur tour dépréciées à cause de problèmes d'interférences électromagnétiques entre les conducteurs disposés côte à côte. Et la solution n'est autre que le retour à la liaison série, adaptée il est vrai pour pouvoir augmenter les vitesses de transmission sans provoquer d'interférences ni y être sujettes. La liaison série se fait par deux câbles appariés qui transmettent des signaux symétriques.

JFA - 231

## Le liaison série

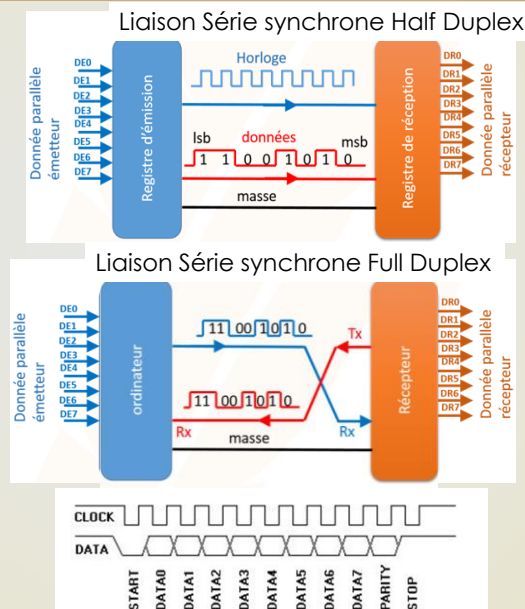
- La liaison série était la plus utilisées car elle ne nécessitait qu'un seul conducteur (2 avec la masse). C'est par exemple le cas des ports COM des PC un peu anciens. C'est aussi le cas des ports PS/2 du PC destinés au clavier et à la souris. Certaines transmissions par ondes électromagnétiques, les liaisons infrarouges ou les liaisons par fibre optique peuvent aussi être considérées comme des liaisons série sur un seul conducteur. Les communications séries étaient moins performantes pour les liaisons rapides et à courtes distances.
- Les techniques de transmissions série les plus récentes, USB, SATA et PCI express, ainsi que les câbles réseau à paires torsadées utilisent deux conducteurs (boucle de courant) pour transmettre simultanément les mêmes informations par des signaux symétriques. Cela évite les interférences électromagnétiques mais le principe de la transmission série reste le même qu'avec une liaison par un seul conducteur.
- Les informations à envoyer sont transmises bit par bit sur la ligne de transmission. Les 8 bits à envoyer sont "sérialisés" par un registre à décalage (shift register) et envoyés les uns à la suite des autres sur le conducteur.
- Le récepteur reçoit les 8 bits qui se succèdent dans un autre registre où ils sont remis côte à côte ("dé-sérialisés") pour reformer l'octet d'origine.



[http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/transmission/serial\\_async/serial\\_asyncronne.htm](http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/transmission/serial_async/serial_asyncronne.htm)

JFA - 232

## Le liaison série : synthèse



<https://www.bac-s.net/document/sciences-de-l'ingenieur/liaison-serie-liaison-parallele-sciences-de-l'ingenieur-bac-s-4375.html>

JFA -233

## Le liaison série

- Les vitesses de transmission et de réception doivent être identiques. Ces vitesses sont exprimées en bits par secondes ou en bauds. Ces vitesses sont standardisées : 75/1200 bauds (minitel), 9600 bauds, 56kb/s (modem V90), 115 200 bauds, ...
- Les communications sur un conducteur peuvent n'être à un moment donné unidirectionnelles (mode simplex). Mais il est possible aussi de se servir du même conducteur pour alternativement émettre puis pour recevoir, c'est ce qu'on appelle le **half duplex**. On parle de mode **full duplex** quand il y a des transmissions simultanées dans les deux sens. Ce n'est possible qu'avec deux conducteurs, l'un pour l'émission, l'autre pour la réception.
- **Protocole :**
  - Il faut que l'émetteur et le récepteur utilisent le même protocole. Ce protocole définit :
    - La vitesse de transmission
    - Les signaux qui marquent le début de la communication (1 bit de start)
    - Les signaux qui en marquent la fin (1 ou 2 bits de stop)
    - Des informations de contrôle pour vérifier la validité du message reçu (parité paire, impaire ou sans parité)

Port Com2 en DB25 Male



Port Com1 en DB9 male



<http://www.courstechinfo.be/Techno/LiaisonsSP.html>  
<http://www.computer-engineering.org/ps2protocol/>

JFA -234

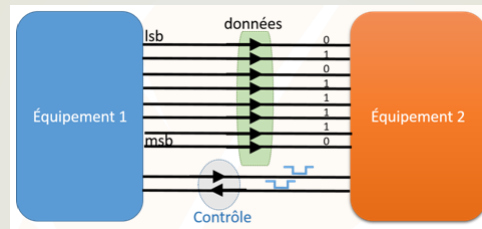
## Le liaison parallèle

- Puis dans les années 80, la transmission parallèle a détrôné la liaison série partout où il était possible de multiplier les conducteurs pour obtenir des voies de communication plus large. C'est efficace sur de courtes distances et c'est ce principe qui a été retenu pour les bus sur la carte mère tels que le FSB ou le bus PCI. C'est aussi le cas des nappes IDE pour échanger les données avec les disques et celui du port parallèle destiné à l'imprimante.
- Des fils mis côte à côte, généralement 8, 16, 32 ou même 64, transmettent simultanément autant de bits qu'il y a de conducteurs. L'intérêt de ce type de communication est que le débit des données est multiplié par le nombre de fils mis côte à côte. Ce type de transmission a longtemps été considéré comme plus rapide que les transmissions de type série.
- **Application :**
  - Port de l'imprimante (DB25 femelle)
  - Nappe IDE pour la connexion des disques
  - Bus PCI et AGP pour les cartes d'extension
  - Bus système (FSB) entre le processeur et le pont nord
- **Limitations :**
  - Des interférences dues à des phénomènes d'induction électromagnétique apparaissent entre les conducteurs électriques mis côte à côte. Ce problème de diaphonie (cross-talk) devient gênant pour les fréquences élevées ou sur les lignes trop longues.

JFA -235

## Le liaison parallèle

- les équipements à relier comportent autant de fils de données que de bits à transmettre, un ou plusieurs fils de contrôle cadencent la transmission. Les bits sont transmis simultanément.



- Sur un PC, il est matérialisé par un connecteur femelle à 25 broches (DB25), en général réservé pour une imprimante et appelé LPT :



JFA -236

## Le port PS/2

- Le port PS/2 (sigle de Personal System/2) est un port de dimensions réduites pour claviers et souris d'ordinateurs PC. Il utilise un connecteur mini-DIN 6 broches. N'est plus utilisé !

**Port Souris PS/2 Vert**

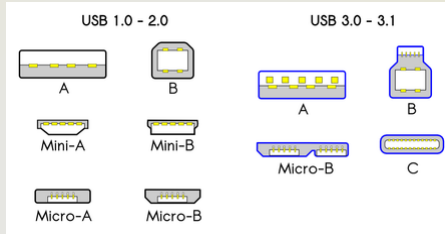
**Port Clavier PS/2 Mauve**



JFA -237

## Le port USB

> Le port USB

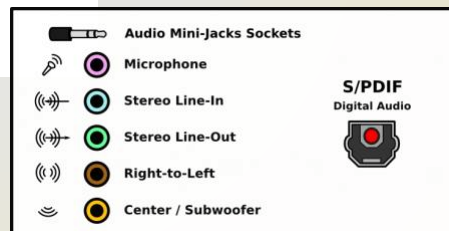
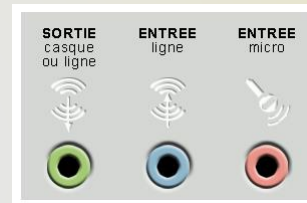
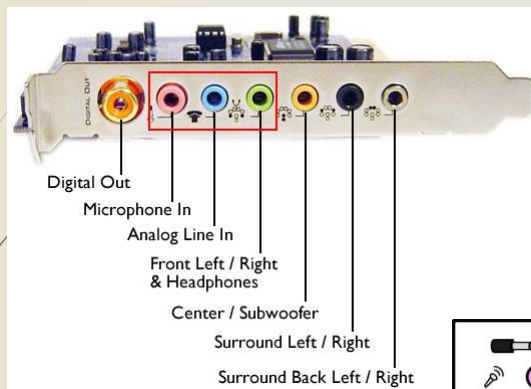


[https://www.kingston.com/fr/usb/usb\\_30](https://www.kingston.com/fr/usb/usb_30)

JFA -238

## Les ports Son

> Les ports Son









**Les Périphériques de Stockage**

JFA -239

DUT Informatique – Semestre 1  
Ressource R 1.03  
Responsable : Jean-François ANNE

31/08/2023




**Les Périphériques de stockage**

JFA -240

➤ L'ordinateur a aussi besoin de stocker les données, pour pouvoir les travailler, les stocker, les archiver, ... Pour cela on va utiliser plusieurs périphériques de stockage :

- ❑ Disque **Dur** :
- ❑ Clé **USB** :
- ❑ **Disquettes** :
- ❑ Disques **Optiques** :
- ❑ **Cartes SD**, ... :



JFA -241

## Les Disques Durs

- Le stockage des données devient de plus en plus problématique à cause de la taille des données qui augmentent considérablement. On prévoit le double de données tous les 2 ans ! Les processeurs devenant de plus en plus puissants, on peut ainsi traiter de plus en plus de données. Pour stocker ces données et le système d'exploitation, un Ordinateur utilise un Disque Dur. Celui-ci se décline en 3 technologies :
  - ❑ Les disques HDD,
  - ❑ Les disques SSHD,
  - ❑ **Les disques SSD.**



JFA -242

## Le Disque Dur HDD

- C'est le système de stockage le plus courant. Au fil des années, il a peu évolué mais le principe de fonctionnement reste inchangé. Des plateaux en rotation sont recouverts d'un matériau ferromagnétique et des têtes de lecture/écriture montées sur un bras se déplacent entre le centre et la périphérie. Le mouvement de rotation des plateaux combiné au mouvement des têtes permet d'accéder à la totalité du disque.
- Le disque dur comporte aussi un circuit électronique pour piloter les têtes et communiquer avec le reste du PC. Il comporte aussi une mémoire cache qui permet de stocker les dernières données lues.
- Les meilleurs disques durs destinés aux ordinateurs de bureau atteignent un taux de transfert moyen de plus de 110 Mo/s en lecture comme en écriture avec un temps d'accès de l'ordre de 7 ms grâce à leurs plateaux tournants à 10 000 tr/min. En raison de la forte augmentation de leur capacité et donc des informations stockées par cm<sup>2</sup>, les disques moins rapides dépassent également les 100 Mo/s mais avec un temps d'accès de 12 à 15 ms. Même les modèles 2 ½ pouces pour portable 5400 tr/min récents destinés aux ordinateurs portables dépassent les 80 Mo/s avec un temps d'accès plus long (18 à 20 ms)
- Si les performances progressent toujours, les gains sont cependant devenus bien faibles au fil des générations.
- De nos jours, les disques durs sont destinés essentiellement au stockage de masse avec un prix par Go vraiment très faible.

JFA - 243

## Vidéo de Disque Dur HDD

□ Vidéo de fonctionnement d'un disque dur HDD :



Ouverture d'un disque dur défaillant après une chute

[https://www.youtube.com/watch?v=gCIII\\_YPJEk](https://www.youtube.com/watch?v=gCIII_YPJEk)

JFA - 244

## Caractéristiques du Disque Dur HDD

- La taille : elle est définie en fait par la taille des plateaux, on trouve des disques de :
  - 3,5 pouces pour les ordinateurs de bureau et les serveurs;
  - 2,5 pouces pour les ordinateurs portables;
  - 1,8 pouces pour les ordinateurs ultraportables.
- Interne ou externe : si il est prévu pour être dans ou à l'extérieur de l'ordinateur.
- Le temps d'accès : c'est le temps moyen de déplacement de la tête pour lire ou écrire des données. Il est de l'ordre de 10 ms ( de 5 ms à 50 ms)
- La vitesse de rotation des plateaux. Plus elle est élevée plus on peut transférer des données rapidement. Il y a 3 vitesses proposées :
  - 5400 tr/min : pour les ordinateurs portables (économie d'énergie)
  - 7200 tr/min : la vitesse standard
  - 10000 tr/min : pour les serveurs, avec une interface SCSI, pour profiter pleinement du taux de transfert.
- La mémoire cache : c'est une mémoire RAM qui permet de conserver les données auxquelles le disque dur accède le plus souvent afin d'améliorer les performances globales.
- L'interface : il s'agit de l'interface de communication avec l'extérieur du disque. Les principales interfaces sont :
  - IDE/ATA/PATA
  - Serial ATA / SATA
  - SCSI
  - USB
  - FireWire

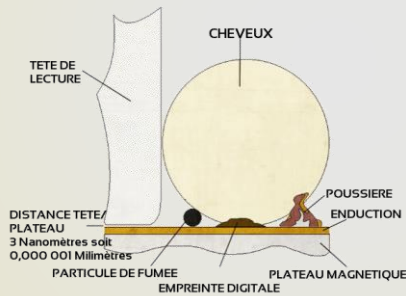
JFA -245

## Caractéristiques du Disque Dur HDD

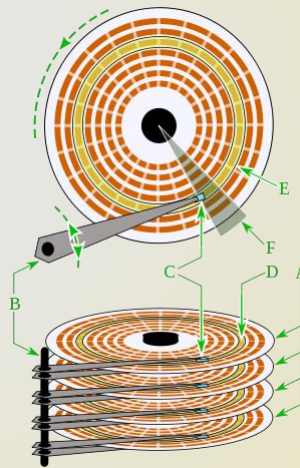
- Le nombre de plateaux (2 faces) : plus il est élevé plus la capacité du disque et le transfert de données est important.
- Sa capacité : elle dépend du formatage bas niveau, qui permet de découper chaque disque en pistes et secteurs de 512 octets :

**Capacité = Nb secteurs \* taille secteur \* Nb plateaux\*2 \* Nb cylindres**

- **Ne jamais ouvrir un disque dur !**



A: plateaux - B: Bras - C:Tête - D:cylindre  
- E:piste - F:secteur



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Cylindre\\_\(%C3%AAtre\)/Secteur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cylindre_(%C3%AAtre)/Secteur)  
<https://www.deacharative.com/wp-content/uploads/salle-blanche-informatique-deacharative.jpg>

JFA -246

## Le Disque Dur SSHD

- C'est un disque HDD qui contient un petit disque SSD comme disque cache. Seagate est le seul constructeur à proposer un disque dur « hybride » au format 2 ½ pouces combinant un SSD de 4 Go de mémoire flash avec un stockage HDD conventionnel sur des plateaux. L'électronique embarquée analyse les fichiers utilisés le plus souvent et les place dans la mémoire flash. Le démarrage du système d'exploitation et des applications courantes est ainsi « boosté » de manière notable. Mais si les informations ne sont pas dans mémoire flash, le Momentus XT se comporte comme un disque dur 2 ½ pouces 7200 tr/min classique performant grâce à ses 32 Mo de cache. L'agrément d'un tel disque est avéré même s'il est encore loin d'offrir le confort lié à la réactivité d'un véritable SSD. Les 4 Go de mémoire flash induisent cependant un surcoût important. Le Momentus XT 500 Go vaut de 40 à 50 € de plus qu'un disque dur 7200 tr/min de 500 Go, c'est-à-dire presque le double du prix. Quoi qu'il en soit, ce disque dur est une solution élégante et efficace particulièrement bien adaptée aux portables.

JFA -247

## Le Disque SSD

- Un disque SSD, (solid-state drive) signifie que ce matériel ne comporte pas de pièces mobiles, il utilise de la **mémoire Flash** pour stocker les données. C'est une puce de mémoire de type EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) qui conserve les données en permanence après leur écriture. A la place des deux opérations de base (lecture et écriture) d'un disque dur. La mémoire flash fonctionne avec trois opérations de base : la programmation (si la mémoire est vierge), la lecture et l'effacement.
- Ils sont silencieux !
- Les SSD offrent un temps d'accès bien plus rapide qu'un disque dur à plateau (0,1ms contre 10ms), des débits démultipliés allant jusqu'à 600 Mo/s en lecture et 500 Mo/s en écriture pour les modèles exploitant l'interface SATA III.
- Ils sont économes : ils consomment trois fois moins que le meilleur disque dur.



JFA -248

## Les différents types de SSD

- Il y a trois modèles de SSD :

### SLC (Single Level Cell)

chaque cellule peut stocker 1 bit  
performances en lecture et écriture élevées  
mais chers

### MLC (Multiple Level Cell)

Mémoires moins denses, mais plus rapides  
que les MLC  
Plus durables car elles supportent dix fois plus  
de cycles d'effacement que les MLC

### MLC "X3"

chaque cellule peut stocker 2 bits.  
performances moins élevées mais plus  
abordables

### TLC (Triple Level Cell)

chaque cellule peut stocker 3 bits.  
3 bits par cellule

Voir : [Samsung 840 Series, nouveaux SSD avec contrôleur MDX, mémoire TLC et MLC](#)

### ➤ Durée de vie :

- une cellule de mémoire SLC peut subir environ 100.000 écritures avant destruction,
- une cellule de mémoire MLC est moins endurante : environ 10.000 écritures.
- les eMLC, peuvent supporter 30.000 cycles d'écritures.

JFA - 249

## Préservation du disque SSD

- **La commande TRIM** : disponible sur la plupart des modèles récents de SSD, permet aux systèmes d'exploitation d'éviter que les performances ne se dégradent avec le temps. Elle n'est pas supportée avant Windows 7. Elle est automatique sur les systèmes d'exploitation récents. Elle sert à notifier au SSD l'effacement d'un fichier. Le contrôleur du SSD peut alors effacer les cellules de mémoire flash anciennement utilisées, afin d'optimiser les écritures ultérieures qui pourront alors être effectuées sans avoir à réaliser l'effacement préalable imposé par la technologie de la mémoire flash. Cette technique permet également **d'augmenter la durée de vie des SSD**, à la **condition de laisser suffisamment d'espace libre** sur le disque, en effectuant une rotation sur les cellules utilisées à chaque écriture. Plus l'espace disque disponible est faible, plus les écritures seront fréquemment sur les mêmes cellules et réduira donc l'efficacité de cette technique et la durée de vie de votre SSD.
- Laisser 20 % de place libre au minimum afin de ne pas saturer et détruire les cellules de votre SSD,
- **Durée de vie** : Il faut configurer le système d'exploitation sur un disque SSD :
  - Ne jamais faire de défragmentation,
  - Désactiver la date de dernier accès
  - Désactiver l'indexation des fichiers
  - Déplacer ou désactiver le fichier d'échange
  - Déplacer les fichiers temporaires
  - Désactiver la protection du système
  - Désactiver le Prefetch et le SuperFetch

**Afin de réduire au maximum le nombre d'écritures !**

<http://www.aidewindows.net/materiel/ssd-technique.php#flash>

JFA - 250

## Caractéristiques du Disque SSD

- **La taille** : pour rester compatible avec les HDD, on trouve des disques de :
  - 2,5 pouces en standard,
  - Carte M-SATA ou mini-SATA pour les ultraportables.
  - M.2 : SSD sans boîtier, avec un débit de 2500 Mo/s.
  - U2 : pour un débit théorique de 4 Go/s.
- **Le Firmware** : À la différence d'autres composants, ce micrologiciel (jeu d'instructions intégré) joue un rôle majeur dans un SSD. Il intervient dans l'utilisation des cellules, le traitement des fichiers à écrire, le support du TRIM...
- **L'interface** : il s'agit de l'interface de communication avec l'extérieur du disque. Les principales interfaces sont :
  - SATA III : 6Gb/s soit 750 Mo/s
  - PCI-Express : sous la forme d'une carte d'extension. Certains modèles (au format M.2 ou Carte PCI-Express) se connectent sur un port PCI-Express 4x ou 8x. Ils permettent d'exploiter la bande passante supérieure du PCI-Express. Le taux de transfert théorique est annoncé aux alentours de 1 800 Mo/sec en lecture (pour les cartes PCI-Express 8x) et de 1700 Mo/sec en écriture (pour les cartes PCI-Express 8x). Revers de la médaille, les prix de ces SSD sont plus élevés que leurs homologues classiques et ils consomment plus (9,5 W en veille et 14 W en fonctionnement).
- **La mémoire cache** : Elle sert notamment à masquer les latences de certains transferts et à améliorer les performances sans solliciter inutilement la mémoire Flash. Généralement, elle atteint les 256 Mo.

<https://www.materiel.net/minisites/guide-achat-ssd/differents-types-de-ssd.php>



JFA -251

## Les Clés USB

- Les clés USB sont devenues incontournables pour transporter des données d'un ordinateur à l'autre ou pour sauvegarder temporairement des données. Les clés USB actuelles offrent une capacité qui va de 2 Go à 256 Go, de quoi sauvegarder vos documents, photos, musiques ou même vidéos. On trouve 2 types d'interfaces USB et 3 types de vitesses :



Clé USB 3.0 type A



Clé USB 2.0 type A

Clé USB type A et C

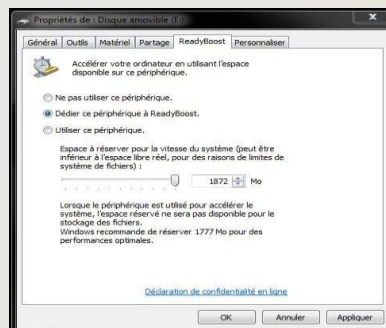


<https://www.marcmencarttechno.com/offrir-une-cle-usb-en-cadeau-bonne-idee/>

JFA -252

## Amélioration des performances avec une Clé USB

- Outre ses propriétés de stockage, une clé USB peut vous servir à améliorer les performances de votre ordinateur. Une fois connectée, une fonctionnalité de Windows, nommée ReadyBoost, permet au système d'utiliser la mémoire disponible pour optimiser la réactivité de votre PC. Pour l'activer, il faut aller dans les propriétés de la clé, onglet « ReadyBoost ».



- **Attention :** on travaille jamais sur une clé USB ! Car le système d'exploitation effectue des écritures fréquentes et donc diminue la durée de vie de votre clé ! De plus il faut éjecter votre clé USB afin que le système d'exploitation ferme tous les fichiers ouverts, sous peine de perdre toutes vos données ou pire de détruire votre clé !

<https://www.quechoisir.org/guide-d-achat-cles-usb-r7701/>

JFA -253

## Les Cartes SM, MMC, MS, CF, SD, ...

➤ L'utilisateur a aussi besoin de stocker des données, de manière temporaire ou itinérantes. Pour cela on va utiliser des cartes de stockage. Il existe 5 grandes familles de cartes :

**Smart Media (SM), Multimedia Card (MMC), Secure Digital (SD), Compact Flash (CF), Memory Stick (MS), et xD**

- ❑ Premier format de carte mémoire le Smart Media est mort.
- ❑ Le MMC est remplacé par le SD.
- ❑ Le xD reste ultra confidentiel et se cantonne au monde la photographie, son abandon est proche.
- ❑ Le MS est le format propriétaire de Sony.

Il ne reste que deux format majeurs de carte : le CF et le SD.

- ❑ Le Compact Flash se cantonne de plus en plus à la photographie haut de gamme.
- ❑ Le Secure Digital s'est imposé comme le format le plus courant et polyvalent.



<http://www.cne.france.fr/produits/s-y-retrouver-dans-les-formats-de-cartes-memoire-37255098.htm>

JFA -254

## Les Cartes Compact Flash

➤ Selon le type de mémoire flash, le contrôleur et l'interface utilisés, toutes les cartes ne se valent pas en termes de performances.

- Apparu dès 1994, le format Compact Flash est le premier format de cartes mémoires. L'interface, rapide, est complète : elle est directement basée sur la norme PC Card et est compatible avec l'interface IDE. Une carte CF peut donc être placée dans un adaptateur passif et être utilisée dans un emplacement PC Card. Les cartes sont en revanche très encombrantes. On retrouve deux sortes de cartes, les Type I (3,3 mm d'épaisseur) et les Type II (5 mm d'épaisseur).
- La vitesse d'une carte Compact Flash dépend du mode de transfert supporté. Les modes PIO 0 à PIO 4 sont communs aux modes PC Card et TrueIDE, la vitesse varie de 3,3 Mo/s (PIO 0) à 16,7 Mo/s (PIO 4). Le mode PC Card définit le PIO 5 (20 Mo/s) et le PIO 6 (25 Mo/s) mais ils ne sont pas utilisables en IDE. De même, les modes MultiWord DMA 0, 1 et 2 (16,7 Mo/s) sont utilisables en IDE, mais les MW-DMA 3 et 4 (20 et 25 Mo/s) sont seulement disponibles en PC Card. Les cartes classiques sont généralement utilisables en mode MW-DMA 2 en IDE et en PIO 6 en PC Card.
- Les cartes plus récentes peuvent également utiliser les modes Ultra DMA, hérités des disques durs. La norme CF 3.0 introduit par exemple le mode UDMA 66 (jusqu'à 66 Mo/s en mode TrueIDE). La norme CF 4.0, apparue en 2006, apporte le mode UDMA 133 (Mode 6), soit un débit maximum de 133 Mo/s. La plus récente des normes Compact Flash (CF 6.0 apparue en 2010) ajoute le support de l'Ultra DMA Mode 7 (jusqu'à 167 Mo/s). Une variante de la norme Compact Flash, baptisée CFast, est enfin apparue en 2009. Basée sur le bus Serial ATA, elle promet des débits pouvant atteindre 600 Mo/s mais souffre hélas d'une incompatibilité avec les cartes Compact Flash classiques.



<http://www.tomshardware.fr/articles/comparatif-cartes-memoires-microsd-compactflash-2-2480.html>

JFA -255

## Les Cartes Secure Digital, ...

- La norme SD d'origine définissait deux versions de cartes : SD 1.01 et SD 1.1. Les deux versions travaillaient sur 4 bits, mais la première à 25 MHz (12,5 Mo/s maximum) et la deuxième à 50 MHz (25 Mo/s). La capacité maximale théorique était de 4 Go, mais en pratique, le consortium qui gère les cartes SD imposait une limite officielle à 2 Go, à cause des contraintes de la FAT16. Il existait toutefois des cartes de 4 Go formatées en FAT32, mais leur compatibilité était aléatoire avec les lecteurs et appareils.
- En 2006, les cartes SDHC (SD 2.0) sont apparues. C'est une adaptation des cartes SD aux grandes capacités (HC pour High Capacity). L'interface elle-même est identique (et donc limitée à 25 Mo/s au maximum), mais la façon d'adresser les données est différente, ce qui permet des cartes pouvant atteindre 32 Go. Les cartes SDHC ne peuvent toutefois pas être lues avec un ancien lecteur SD.
- En 2009, la norme SDXC (SD eXtended Capacity, specifications SD 3.01) voit le jour. Elle permet d'augmenter la capacité des cartes à un maximum théorique de 2 To. Le bus UHS-I (toujours d'une largeur de 4 bits) utilisé par les premières cartes SDXC (et certaines cartes SDHC) peut atteindre une fréquence de 208 MHz (SDR104), soit un débit maximum de 104 Mo/s. Des modes SDR50/DDR50 (50 Mo/s) SDR25 (25 Mo/s) et SDR12 (12,5 Mo/s) sont également disponibles. Quant aux cartes compatibles UHS-II, comme spécifié dans la norme SD 4.0, elles peuvent atteindre des débits de l'ordre de 156 Mo/s (FD156) à 312 Mo/s (HD312). Les cartes SDXC ne sont toutefois pas compatibles avec les lecteurs SD ou SDHC des normes précédentes.

<http://www.tomshardware.fr/articles/comparatif-cartes-memoires-microsd-securedigital/2-2378-2.html>

JFA -256

## Les Cartes Secure Digital, ...

- La SD Association a défini plusieurs « classes » de vitesses, indiquant la vitesse minimale d'écriture que la carte est capable de soutenir. Une carte Class 2 est par exemple capable d'offrir un débit soutenu en écriture de 2 Mo/s, contre 10 Mo/s pour une Class 10 ou une UHS Speed Class 1 (U1). Une UHS Speed Class 3 (U3) pourra quant à elle assurer un débit soutenu d'écriture de 30 Mo/s,

Classe UHS	Vitesse Minimale	Classe	Vitesse minimale	Classe V	Vitesse minimale soutenue
1	10Mo/s	2	2Mo/s	V6	6Mo/s
3	30Mo/s	4	4Mo/s	V10	10Mo/s
		6	6Mo/s	V30	30Mo/s
		8	8Mo/s	V60	60Mo/s
		10	10Mo/s	V90	90Mo/s



**Classe de vitesse**  
Fonctionne avec plusieurs appareils conventionnels

**Classe UHS-I**  
Fonctionne avec un dispositif conforme UHS-I

**UHS-I**  
Supporte l'interface UHS-I

- Une autre caractéristique peut aussi être intéressante :

C'est la vitesse maximale de transfert en lecture (ou débit) qui se définit en X :

- 1X = 150 Ko/s
- 1000X = 150 Mo/s
- 2000X = 300 Mo/s

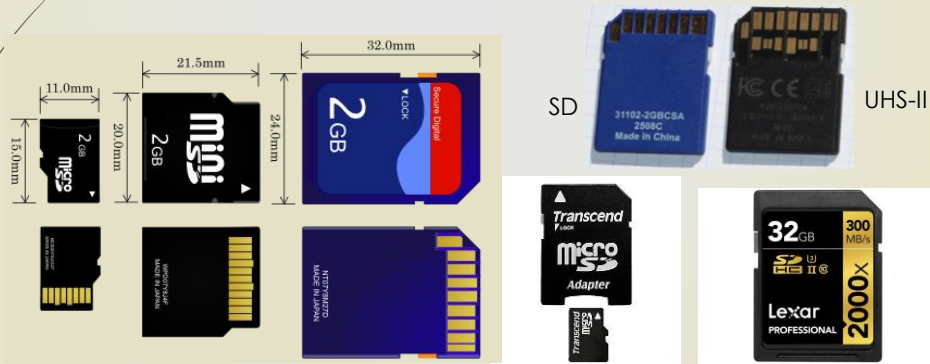
[https://kb-fr.sandisk.com/app/answers/detail/a\\_id/8898/-/les-diff%C3%A9rences-entre-classe-de-vitesse-2C-classe-de-vitesse-uhs-et-indices-de](https://kb-fr.sandisk.com/app/answers/detail/a_id/8898/-/les-diff%C3%A9rences-entre-classe-de-vitesse-2C-classe-de-vitesse-uhs-et-indices-de)

JFA -257

## Les Cartes SD, Mini SS, Micro SD, ...

### De la mémoire flash NAND :

- À l'image des SSD, les cartes mémoires utilisent de la mémoire flash NAND pour stocker les données. Si les cartes les plus rapides utilisent de la mémoire NAND SLC (Single Layer Cell), les modèles les plus compacts et les plus denses font en revanche appel à de la mémoire MLC (Multi Layer Cell), capable de stocker plusieurs bits dans la même cellule. Cette augmentation de la capacité de stockage, à taille physique égale, se paie toutefois au niveau de la durée de vie (la mémoire flash MLC est moins endurante que la mémoire flash SLC) et surtout des performances (en particulier en écriture).



JFA -258

## Les Disques Optiques

- L'ordinateur a aussi besoin de stocker les données, pour pouvoir les travailler, les stocker, les archiver, ... Pour cela on va utiliser plusieurs périphériques de stockage :
  - CDs,
  - DVD,
  - BluRays,
  - Disques Optiques.



JFA -259

## Webographie

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Entrées-sorties>
- <https://physics.nist.gov/cuu/Units/binary.html>
- [http://public.iutenligne.net/informatique/algorithmes-et-programmation/priou/LangageC/47\\_operateurs\\_de\\_manipulation\\_de\\_bits\\_masques\\_et\\_bit\\_bit\\_dcalage.html](http://public.iutenligne.net/informatique/algorithmes-et-programmation/priou/LangageC/47_operateurs_de_manipulation_de_bits_masques_et_bit_bit_dcalage.html)
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.positron-libre.com/cours/>
- <https://supinfo.com/articles/single/3110-connaître-choisir-principaux-elements-son-ordinateur-bureau#idm140445266086192>
- <https://www.irisa.fr/armor/lesmembres/cousin/Enseignement/Reseaux-generalites/Cours/3-2.htm>
- <http://www.materiel-informatique.be/dictionnaire-ordinateur.php>
- <http://www.memoryx.com/pc3-8500-ddr3-1066-memory-price.html>
- [http://zabile.free.fr/Montage\\_PC2.htm](http://zabile.free.fr/Montage_PC2.htm)