

ESMISAB 1<sup>ère</sup> année

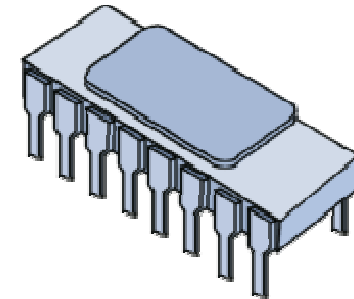
**Informatique**

**Hardware**

# I. Le processeur

## Présentation

Le **processeur** (**CPU**, pour *Central Processing Unit*, soit *Unité Centrale de Traitement*) est le cerveau de l'ordinateur. Il permet de manipuler des informations numériques, c'est-à-dire des informations codées sous forme binaire, et d'exécuter les instructions stockées en mémoire.



Le premier **microprocesseur** (Intel 4004) a été inventé en 1971. Il s'agissait d'une unité de calcul de 4 bits, cadencé à 108 kHz. Depuis, la puissance des microprocesseurs augmente exponentiellement. Quels sont donc ces petits morceaux de silicium qui dirigent nos ordinateurs?

# I. Le processeur

## Fonctionnement

Le **processeur** (noté **CPU**, pour *Central Processing Unit*) est un circuit électronique cadencé au rythme d'une horloge interne, grâce à un cristal de quartz qui, soumis à un courant électrique, envoie des impulsions, appelées « **top** ». La **fréquence d'horloge** (appelée également **cycle**, correspondant au nombre d'impulsions par seconde, s'exprime en Hertz (Hz). Ainsi, un ordinateur à 200 MHz possède une horloge envoyant 200 000 000 de battements par seconde. La fréquence d'horloge est généralement un multiple de la fréquence du système (*FSB, Front-Side Bus*), c'est-à-dire un multiple de la fréquence de la [carte mère](#)

A chaque top d'horloge le processeur exécute une action, correspondant à une instruction ou une partie d'instruction. L'indicateur appelé **CPI** (*Cycles Par Instruction*) permet de représenter le nombre moyen de cycles d'horloge nécessaire à l'exécution d'une instruction sur un microprocesseur. La puissance du processeur peut ainsi être caractérisée par le nombre d'instructions qu'il est capable de traiter par seconde. L'unité utilisée est le **MIPS** (Millions d'Instructions Par Seconde) correspondant à la fréquence du processeur que divise le *CPI*.

# I. Le processeur

## Instructions

Une **instruction** est l'opération élémentaire que le processeur peut accomplir. Les instructions sont stockées dans la mémoire principale, en vue d'être traitée par le processeur. Une instruction est composée de deux champs :

- le **code opération**, représentant l'action que le processeur doit accomplir ;
- le **code opérande**, définissant les paramètres de l'action. Le code opérande dépend de l'opération. Il peut s'agir d'une donnée ou bien d'une adresse mémoire.

Les instructions peuvent être classées en catégories dont les principales sont :

- **cès à la mémoire** : des accès à la mémoire ou transferts de données entre registres.
- **Opérations arithmétiques** : opérations telles que les additions, soustractions, divisions ou multiplication.
- **Opérations logiques** : opérations ET, OU, NON, NON exclusif, etc.
- **Contrôle** : contrôles de séquence, branchements conditionnels, etc.

# I. Le processeur

## Registres

Lorsque le processeur exécute des instructions, les données sont temporairement stockées dans de petites mémoires rapides de 8, 16, 32 ou 64 bits que l'on appelle **registres**. Suivant le type de processeur le nombre global de registres peut varier d'une dizaine à plusieurs centaines.

Les registres principaux sont :

- **le registre accumulateur (ACC)**, stockant les résultats des opérations arithmétiques et logiques
- **le registre d'état (PSW, Processor Status Word)**, permettant de stocker des indicateurs sur l'état du système (retenue, dépassement, etc.)
- **le registre instruction (RI)**, contenant l'instruction en cours de traitement
- **le compteur ordinal (CO ou PC pour Program Counter)**, contenant l'adresse de la prochaine instruction à traiter
- **le registre tampon**, stockant temporairement une donnée provenant de la mémoire

# I. Le processeur

## Mémoire Cache

La **mémoire cache** (également appelée *antémémoire* ou *mémoire tampon*) est une mémoire rapide permettant de réduire les délais d'attente des informations stockées en mémoire vive. En effet, la [mémoire centrale](#) de l'ordinateur possède une vitesse bien moins importante que le processeur. Il existe néanmoins des mémoires beaucoup plus rapides, mais dont le coût est très élevé. La solution consiste donc à inclure ce type de mémoire rapide à proximité du processeur et d'y stocker temporairement les principales données devant être traitées par le processeur. Les ordinateurs récents possèdent plusieurs niveaux de mémoire cache :

# I. Le processeur

## Mémoire Cache

- La **mémoire cache de premier niveau** (appelée **L1 Cache**, pour **Level 1 Cache**) est directement intégrée dans le processeur. Elle se subdivise en 2 parties :
  - La première est le cache d'instructions, qui contient les instructions issues de la mémoire vive décodées lors de passage dans les pipelines.
  - La seconde est le cache de données, qui contient des données issues de la mémoire vive et les données récemment utilisées lors des opérations du processeur.

Les caches du premier niveau sont très rapides d'accès. Leur délai d'accès tend à s'approcher de celui des registres internes aux processeurs.

- La **mémoire cache de second niveau** (appelée **L2 Cache**, pour **Level 2 Cache**) est située au niveau du boîtier contenant le processeur (dans la puce). Le cache de second niveau vient s'intercaler entre le processeur avec son cache interne et la mémoire vive. Il est plus rapide d'accès que cette dernière mais moins rapide que le cache de premier niveau.

- La **mémoire cache de troisième niveau** (appelée **L3 Cache**, pour **Level 3 Cache**) est située au niveau de la carte mère.

Tous ces niveaux de cache permettent de réduire les temps de latence des différentes mémoires lors du traitement et du transfert des informations. Pendant que le processeur travaille, le contrôleur de cache de premier niveau peut s'interfacer avec celui de second

# I. Le processeur

## Unités fonctionnelles

Le processeur est constitué d'un ensemble d'unités fonctionnelles reliées entre elles. L'architecture d'un microprocesseur est très variable d'une architecture à une autre, cependant les principaux éléments d'un microprocesseur sont les suivants :

Une **unité d'instruction** (ou *unité de commande*, en anglais *control unit*) qui lit les données arrivant, les décode puis les envoie à l'unité d'exécution ;

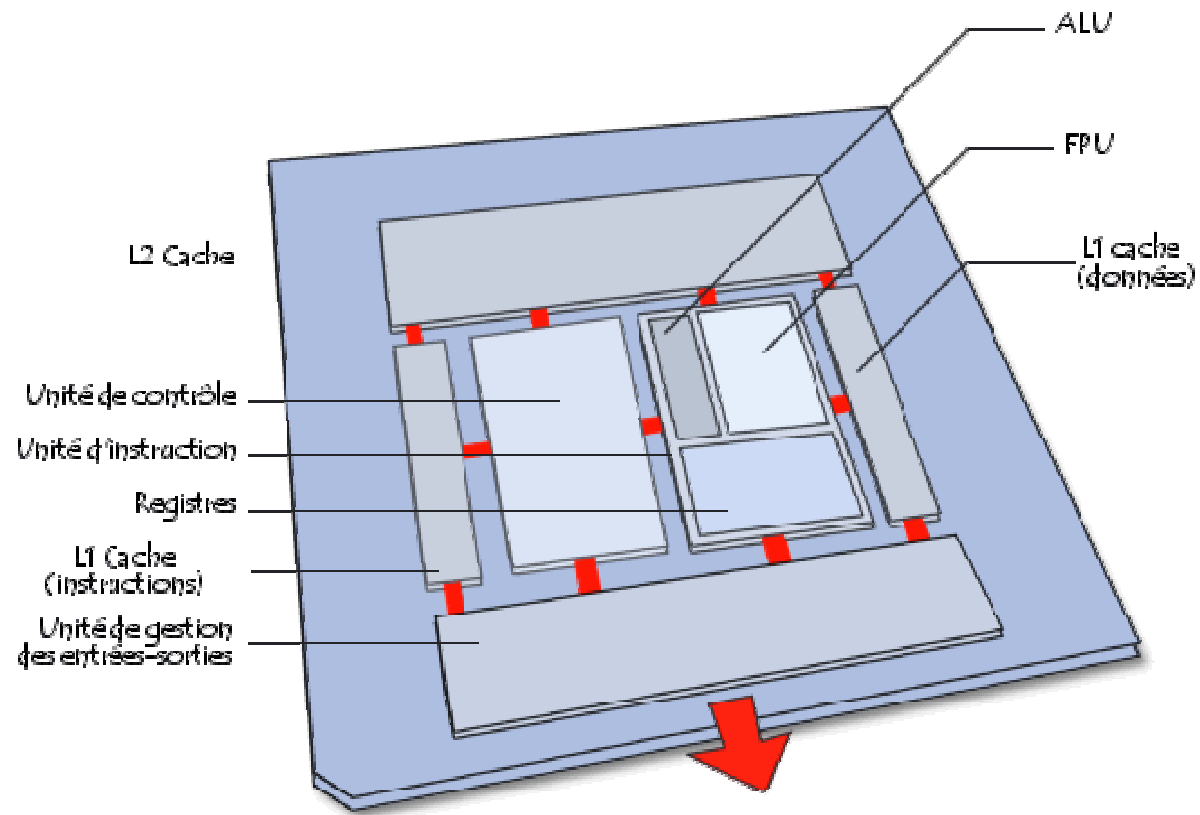
Une **unité d'exécution** (ou *unité de traitement*), qui accomplit les tâches que lui a données l'unité d'instruction.

Une **unité de gestion des bus** (ou *unité d'entrées-sorties*), qui gère les flux d'informations entrant et sortant, en interface avec la [mémoire vive](#) du système.



# I. Le processeur

## Unités fonctionnelles



# I. Le processeur

## Transistors

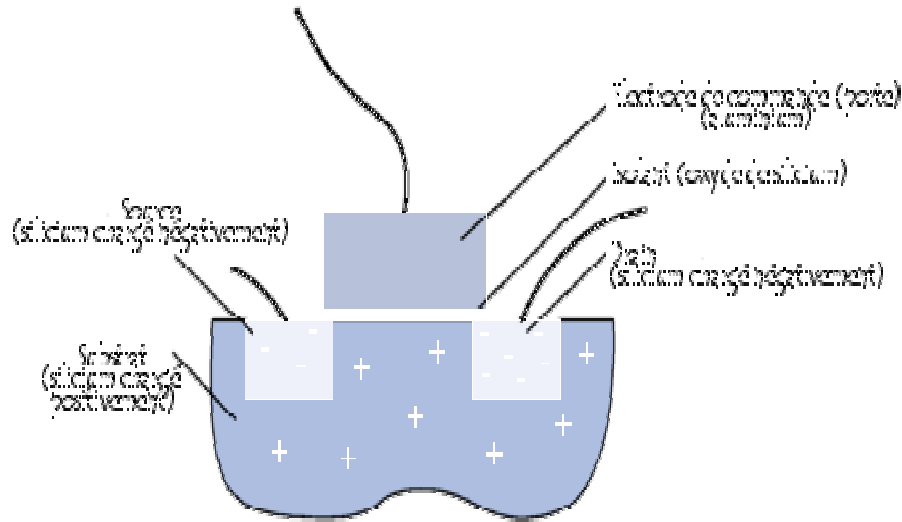
Pour effectuer le traitement de l'information, le microprocesseur possède un ensemble d'instructions, appelé « **jeu d'instructions** », réalisées grâce à des circuits électroniques. Plus exactement, le jeu d'instructions est réalisé à l'aide de semiconducteurs, « petits interrupteurs » utilisant l'**effet transistor**, découvert en 1947 par *John Barden*, *Walter H. Brattain* et *William Shockley* qui reçurent le prix Nobel en 1956 pour cette découverte.

Un **transistor** est un composant électronique semi-conducteur, possédant trois électrodes, capable de modifier le courant qui le traverse à l'aide d'une de ses électrodes (appelée électrode de commande).

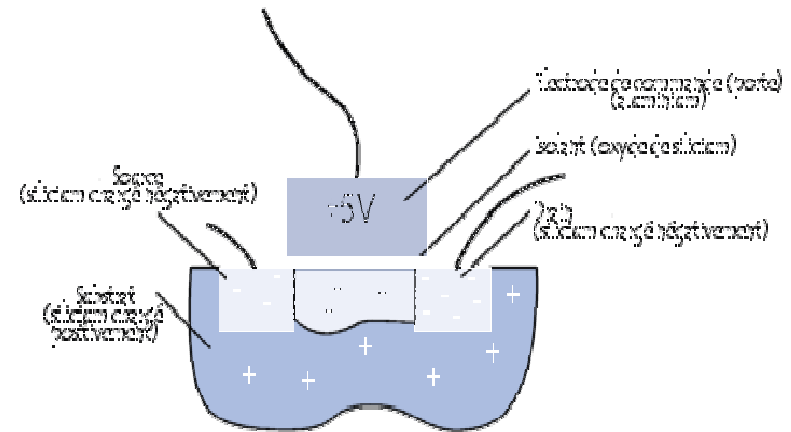
Le transistor MOS (*métal, oxyde, silicium*) est le type de transistor majoritairement utilisé pour la conception de circuits intégrés. Le transistor MOS est composé de deux zones chargées négativement, appelées respectivement **source** (possédant un potentiel quasi-nul) et **drain** (possédant un potentiel de 5V), séparées par une région chargée positivement, appelée **substrat** (en anglais *substrate*). Le substrat est surmonté d'une électrode de commande, appelée **porte** (en anglais *gate*, parfois également appelée *grille*), permettant d'appliquer une tension sur le substrat.

# I. Le processeur

## Transistors



Lorsqu'aucune tension n'est appliquée à l'électrode de commande, le substrat chargé positivement agit telle une barrière et empêche les électrons d'aller de la source vers le drain.



En revanche, lorsqu'une tension est appliquée à la porte, les charges positives du substrat sont repoussées et il s'établit un canal de communication, chargé négativement, reliant la source au drain.

Le transistor agit donc comme un interrupteur programmable grâce à l'électrode de commande. Lorsqu'une tension est appliquée à l'électrode de commande, il agit comme un interrupteur fermé, dans le cas contraire comme un interrupteur ouvert.

# I. Le processeur

## Circuits intégrés

Assemblés, les transistors peuvent constituer des [circuits logiques](#), qui, assemblés à leur tour, constituent des processeurs. Le premier circuit intégré date de 1958 et a été mis au point par la société *Texas Instruments*.

Les transistors MOS sont ainsi réalisés dans des tranches de silicium (appelées *wafer*, traduisez *gaufres*), obtenues après des traitements successifs. Ces tranches de silicium sont alors découpées en éléments rectangulaires, constituant ce que l'on appelle un « **circuit** ». Les circuits sont ensuite placés dans des boîtiers comportant des connecteurs d'entrée-sortie, le tout constituant un « **circuit intégré** ». La finesse de la gravure, exprimée en microns (micromètres, notés  $\mu m$ ), définit le nombre de transistors par unité de surface. Il peut ainsi exister jusqu'à plusieurs millions de transistors sur un seul processeur.

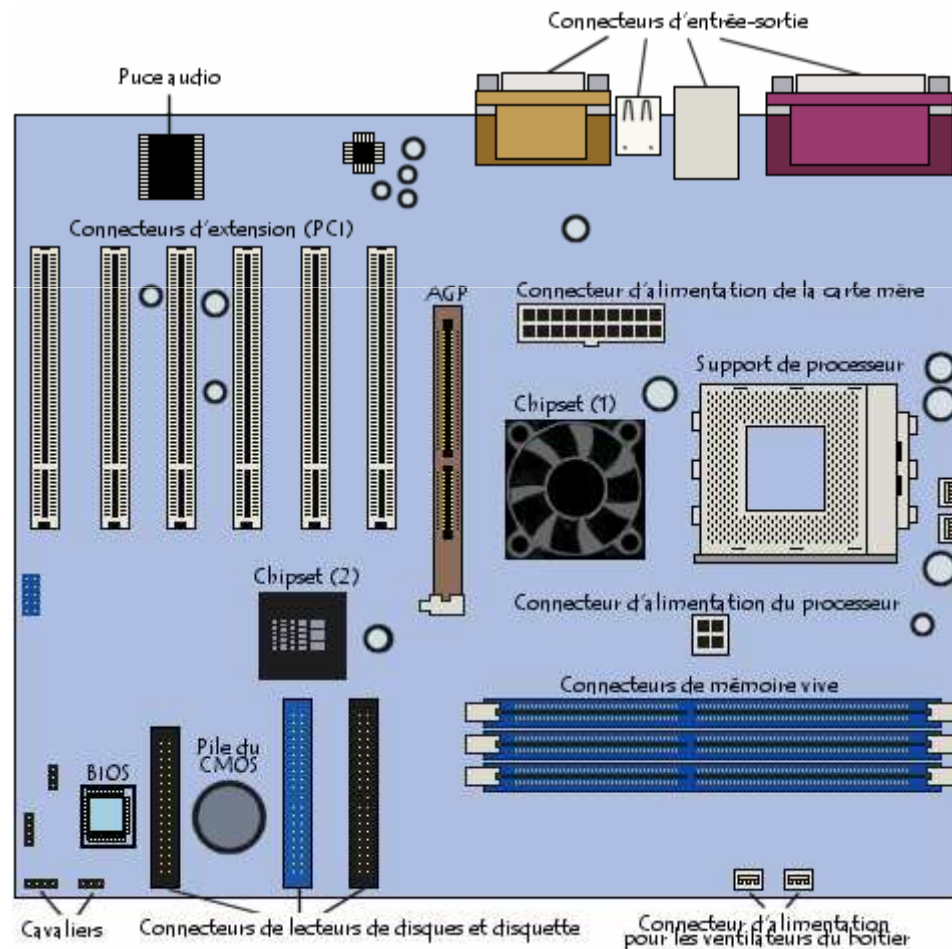
La **loi de Moore**, édictée en 1965 par Gordon E. Moore, cofondateur de la société Intel, prévoyait que les performances des processeurs (par extension le nombre de transistors intégrés sur silicium) doubleraient tous les 12 mois. Cette loi a été révisée en 1975, portant le nombre de mois à 18. La loi de Moore se vérifie encore aujourd'hui.

Dans la mesure où le boîtier rectangulaire possède des broches d'entrée-sortie ressemblant à des pattes, le terme de « **puce électronique** » est couramment employé pour désigner les circuits intégrés.

## II. La carte mère

### Présentation générale

L'élément constitutif principal de l'ordinateur est la **carte mère**. C'est le socle permettant la connexion de l'ensemble des éléments essentiels de l'ordinateur.



## II. La carte mère

### Caractéristiques

Il existe plusieurs façons de caractériser une carte mère, notamment selon les caractéristiques suivantes :

- le [facteur d'encombrement](#)
- le [chipset](#)
- le [type de support de processeur](#)
- les [connecteurs d'entrée-sortie](#)
- les composants intégrés

## II. La carte mère

### Le facteur d'encombrement

On désigne généralement par le terme « **facteur d'encombrement** », la géométrie, les dimensions, l'agencement et les caractéristiques électriques de la carte mère. Afin de fournir des cartes mères pouvant s'adapter dans différents boîtiers de marques différentes, des standards ont été mis au point : AT, ATX, BTX, ITX

## II. La carte mère

### Le chipset

Le **chipset** (traduisez *jeu de composants* ou *jeu de circuits*) est un circuit électronique chargé de coordonner les échanges de données entre les divers composants de l'ordinateur (processeur, mémoire...). Dans la mesure où le chipset est intégré à la carte mère, il est important de choisir une carte mère intégrant un chipset récent afin de maximiser les possibilités d'évolutivité de l'ordinateur.

Certains chipsets intègrent parfois une puce graphique ou une puce audio, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire d'installer une carte graphique ou une carte son. Il est toutefois parfois conseillé de les désactiver (lorsque cela est possible) dans le setup du [BIOS](#) et d'installer des cartes d'extension de qualité dans les emplacements prévus à cet effet.



## II. La carte mère

### Horloge et CMOS

L'**horloge temps réel** (notée **RTC**, pour *Real Time Clock*) est un circuit chargé de la synchronisation des signaux du système. Elle est constituée d'un cristal qui, en vibrant, donne des impulsions (appelés *tops d'horloge*) afin de cadencer le système. On appelle *fréquence de l'horloge* (exprimée en *MHz*) le nombre de vibrations du cristal par seconde, c'est-à-dire le nombre de *tops d'horloge* émis par seconde. Plus la fréquence est élevée, plus le système peut traiter d'informations.

Lorsque l'ordinateur est mis hors tension, l'alimentation cesse de fournir du courant à la carte mère. Or, lorsque l'ordinateur est rebranché, le système est toujours à l'heure. Un circuit électronique, appelé *CMOS* (*Complementary Metal-Oxyde Semiconductor*, parfois appelé *BIOS CMOS*), conserve en effet certaines informations sur le système, telles que l'heure, la date système et quelques paramètres essentiels du système.

Le CMOS est continuellement alimenté par une pile. Ainsi, les informations sur le matériel installé dans sont conservées dans le CMOS. Dans la mesure où le CMOS est une mémoire lente, certains systèmes recopient parfois le contenu du CMOS dans la RAM (mémoire rapide), le terme de « *memory shadow* » est employé pour décrire ce processus de copie en mémoire vive.

Lorsque l'heure du système est régulièrement réinitialisée, ou que l'horloge prend du retard, il suffit généralement d'en changer la pile !

## II. La carte mère

### BIOS

Le [BIOS](#) (*Basic Input/Output System*) est le programme basique servant d'interface entre le système d'exploitation et la carte mère. Le BIOS est stocké dans une *ROM* (mémoire morte, c'est-à-dire une mémoire en lecture seule), ainsi il utilise les données contenues dans le *CMOS* pour connaître la configuration matérielle du système.

Il est possible de configurer le BIOS grâce à une interface (nommée *BIOS setup*, traduisez *configuration du BIOS*) accessible au démarrage de l'ordinateur par simple pression d'une touche (généralement la touche *Suppr.* En réalité le setup du BIOS sert uniquement d'interface pour la configuration, les données sont stockées dans le *CMOS*. Pour plus d'informations n'hésitez pas à vous reporter au manuel de votre carte mère).

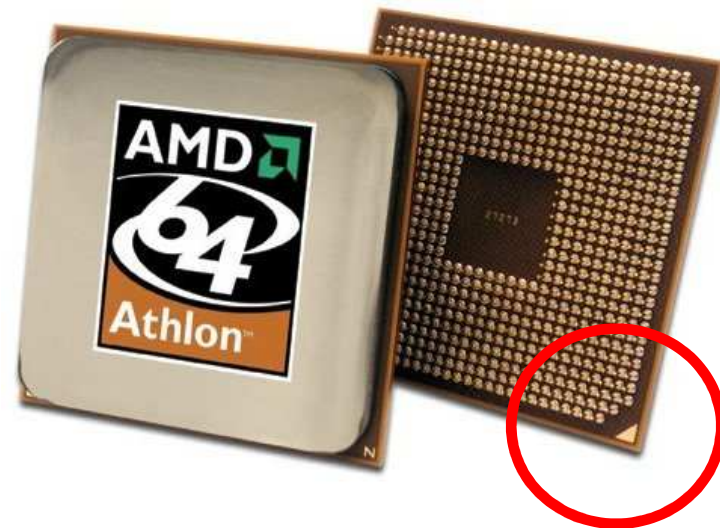
## II. La carte mère

### Support de processeur

Le [processeur](#) est le cerveau de l'ordinateur. Il exécute les instructions des programmes grâce à un jeu d'instructions. Le processeur est caractérisé par sa fréquence, c'est-à-dire la cadence à laquelle il exécute les instructions. Ainsi, un processeur cadencé à 800 MHz effectuera grossièrement 800 millions d'opérations par seconde.

La carte mère possède un emplacement pour accueillir le processeur, appelé **support de processeur**.

Le processeur possède un détrompeur, matérialisé par un coin tronqué ou une marque de couleur, devant être aligné avec la marque correspondante sur le support.



## II. La carte mère

### Support de processeur

Dans la mesure où le processeur rayonne thermiquement, il est nécessaire d'en dissiper la chaleur pour éviter que ses circuits ne fondent. C'est la raison pour laquelle il est généralement surmonté d'un **dissipateur thermique** (appelé parfois *refroidisseur* ou *radiateur*), composé d'un métal ayant une bonne conduction thermique chargé d'augmenter la surface d'échange thermique du microprocesseur.

Un ventilateur accompagne généralement le dissipateur pour améliorer la circulation de l'air autour du dissipateur et améliorer l'échange de chaleur.

Le terme « **ventirad** » est ainsi parfois utilisé pour désigner l'ensemble *Ventilateur + Radiateur*.

## II. La carte mère

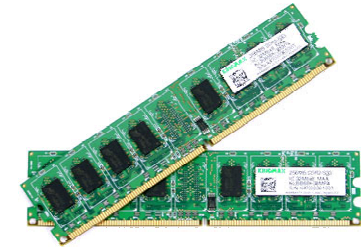
### Quelques exemples de ventirad



## II. La carte mère

### Connecteurs de mémoire vive

La mémoire vive (*RAM pour Random Access Memory*) permet de stocker des informations pendant tout le temps de fonctionnement de l'ordinateur, son contenu est par contre détruit dès lors que l'ordinateur est éteint ou redémarré, contrairement à une mémoire de masse telle que le disque dur, capable de garder les informations même lorsqu'il est hors tension. On parle de « **volatilité** » pour désigner ce phénomène.



Pourquoi alors utiliser de la mémoire vive alors que les disques durs reviennent moins chers à capacité égale ? La réponse est que la mémoire vive est extrêmement rapide par comparaison aux périphériques de stockage de masse tels que le disque dur. Elle possède en effet un temps de réponse de l'ordre de quelques dizaines de nanosecondes (environ 70 pour la DRAM, 60 pour la RAM EDO, et 10 pour la SDRAM voire 6 ns sur les SDRam DDR) contre quelques millisecondes pour le disque dur. La mémoire vive se présente sous la forme de barrettes qui se branchent sur les connecteurs de la carte mère.

## II. La carte mère

### Les connecteurs d'extension

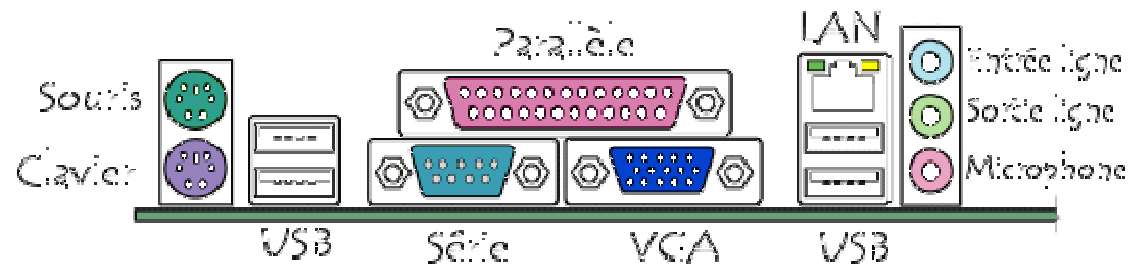
Les **connecteurs d'extension** (en anglais **slots**) sont des réceptacles dans lesquels il est possible d'insérer des cartes d'extension, c'est-à-dire des cartes offrant de nouvelles fonctionnalités ou de meilleures performances à l'ordinateur. Il existe plusieurs sortes de connecteurs :

- Connecteur [ISA](#) (*Industry Standard Architecture*) : permettant de connecter des cartes ISA, les plus lentes fonctionnant en 16-bit
- Connecteur [VLB](#) (*Vesa Local Bus*): Bus servant autrefois à connecter des cartes graphiques
- Connecteur [PCI](#) (*Peripheral Component InterConnect*) : permettant de connecter des cartes PCI, beaucoup plus rapides que les cartes ISA et fonctionnant en 32-bit
- Connecteur [AGP](#) (*Accelerated Graphic Port*): un connecteur rapide pour carte graphique.
- Connecteur [PCI Express](#) (*Peripheral Component InterConnect Express*) : architecture de bus plus rapide que les bus [AGP](#) et [PCI](#).
- Connecteur AMR (*Audio Modem Riser*): ce type de connecteur permet de brancher des mini-cartes sur les PC en étant équipés

## II. La carte mère

### Les connecteurs d'extension

La carte mère possède un certain nombre de connecteurs d'entrées-sorties regroupés sur le « **panneau arrière** ».



La plupart des cartes mères proposent les connecteurs suivants :

- [Port série](#), permettant de connecter de vieux périphériques
- [Port parallèle](#), permettant notamment de connecter de vieilles imprimantes
- [Ports USB](#) (1.1, bas débit, ou 2.0, haut débit), permettant de connecter des périphériques plus récents
- **Connecteur RJ45** (appelés *LAN* ou *port ethernet*) permettant de connecter l'ordinateur à un réseau. Il correspond à une [carte réseau](#) intégrée à la carte mère
- **Connecteur VGA** (appelé *SUB-D15*), permettant de connecter un écran. Ce connecteur correspond à la [carte graphique](#) intégrée
- **Prises audio** (*entrée Line-In, sortie Line-Out* et *microphone*), permettant de connecter des enceintes acoustiques ou une chaîne hi fi, ainsi qu'un microphone. Ce connecteur correspond à la [carte son](#) intégrée.



## III. Les Mémoires

### Les connecteurs d'extension

On appelle « **mémoire** » tout composant électronique capable de stocker temporairement des données. On distingue ainsi deux grandes catégories de mémoires :

la **mémoire centrale** (appelée également *mémoire interne*) permettant de mémoriser temporairement les données lors de l'exécution des programmes. La mémoire centrale est réalisée à l'aide de micro-conducteurs, c'est-à-dire des circuits électroniques spécialisés rapides. La mémoire centrale correspond à ce que l'on appelle la [mémoire vive](#).

la **mémoire de masse** (appelée également *mémoire physique* ou *mémoire externe*) permettant de stocker des informations à long terme, y compris lors de l'arrêt de l'ordinateur. La mémoire de masse correspond aux dispositifs de stockage magnétiques, tels que le [disque dur](#), aux dispositifs de stockage optique, correspondant par exemple aux [CD-ROM](#) ou aux [DVD-ROM](#), ainsi qu'aux [mémoires mortes](#).

### III. Les Mémoires

#### Caractéristiques techniques

La **capacité**, est le volume global d'informations (en bits) que la mémoire stocke

Le **temps d'accès**, est l'intervalle de temps entre la demande de lecture/écriture et la disponibilité de la donnée

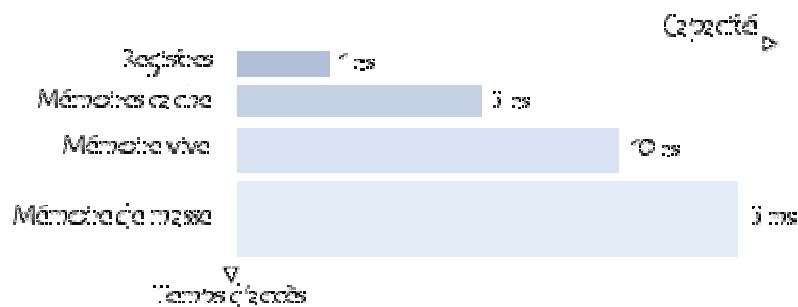
Le **temps de cycle**, représente l'intervalle de temps minimum entre deux accès

Le **débit**, est le volume d'information échangé par unité de temps, exprimé en bits par seconde

La **non volatilité** caractérisant l'aptitude d'une mémoire à conserver les données lorsqu'elle n'est plus alimentée électriquement.

Ainsi, la mémoire idéale possède une grande capacité avec des temps d'accès et temps de cycle très restreints, un débit élevé et est non volatile.

Néanmoins les mémoires rapides sont également les plus onéreuses. C'est la raison pour laquelle des mémoires utilisant différentes technologies sont utilisées dans un ordinateur, interfacées les unes avec les autres et organisées de façon hiérarchique.



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

## III. Les Mémoires

### Les types de mémoires

La **mémoire vive**, généralement appelée **RAM** (*Random Access Memory*, traduisez *mémoire à accès direct*), est la mémoire principale du système, c'est-à-dire qu'il s'agit d'un espace permettant de stocker de manière temporaire des données lors de l'exécution d'un programme.

En effet, contrairement au stockage de données sur une mémoire de masse telle que le disque dur, la mémoire vive est volatile, c'est-à-dire qu'elle permet uniquement de stocker des données tant qu'elle est alimentée électriquement. Ainsi, à chaque fois que l'ordinateur est éteint, toutes les données présentes en mémoire sont effacées.

La **mémoire morte**, appelée **ROM** pour *Read Only Memory* (traduisez *mémoire en lecture seule*) est un type de mémoire permettant de conserver les informations qui y sont contenues même lorsque la mémoire n'est plus alimentée électriquement. A la base ce type de mémoire ne peut être accédée qu'en lecture. Toutefois il est désormais possible d'enregistrer des informations dans certaines mémoires de type *ROM*.

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

