



# ARCHITECTURE DES ORDINATEURS

Hervé HOCQUARD

Année 2011-2012

# PLAN

## ○ Historique

- Instruments manuels
- L'ère mécanique
- L'ère électromécanique
- Le calcul électrique
- Le calcul électronique
- La micro-informatique

## ○ Comprendre le fonctionnement d'un ordinateur

- La carte mère
- Le processeur
- Les bus
- Les mémoires centrales
- Les mémoires de stockage
- Le démarrage



# HISTORIQUE

Instruments manuels

L'ère mécanique

L'ère électromécanique

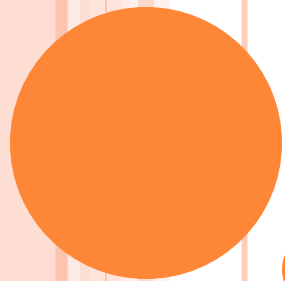
Le calcul électrique

Le calcul électronique

La micro-informatique

# INTRODUCTION

- Période courte (1886 à 2011) mais accélération du progrès après 1971.
- Comment s'imaginer que les ordinateurs que nous connaissons aient pu exister sous une autre forme que leur forme actuelle ?
- Comment fonctionnaient les machines avant l'invention du transistor et des circuits intégrés ?
- Constante évolution des architectures machine.

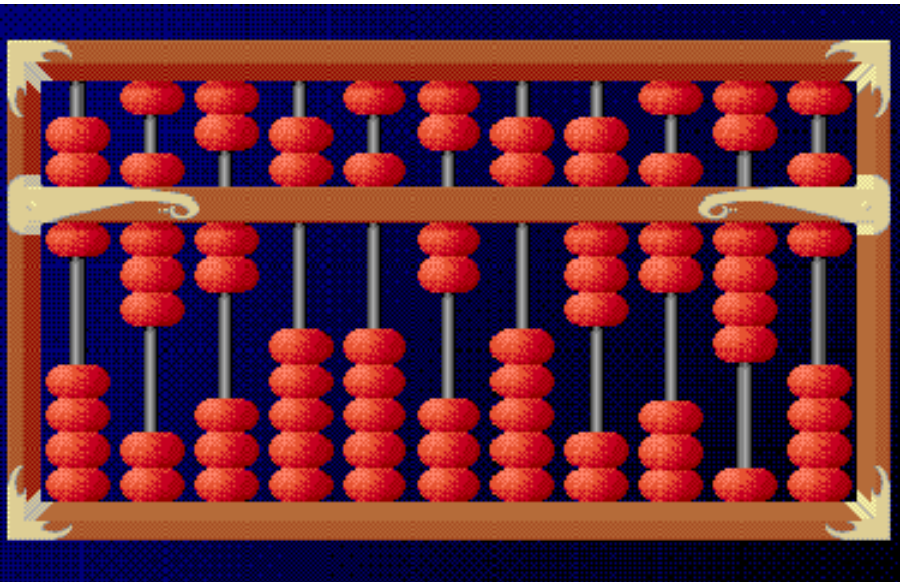


# INSTRUMENTS MANUELS

Antiquité à 1640

# INSTRUMENTS MANUELS

- Utilisations d'abaques : Boulier



Unités  
Dizaines  
Centaines

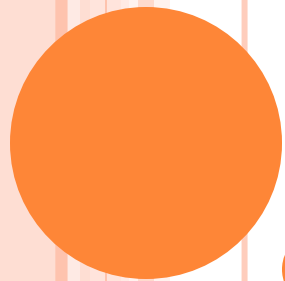
# INSTRUMENTS MANUELS

- 1614 l'écossais John Neper (Napier, 1550-1617) invente les logarithmes.
  - Simplifier les calculs trigonométriques en astronomie.
  - Consiste à remplacer une multiplication par une addition + lecture d'une valeur dans une table.

II  
LOGARITHMES DES NOMBRES DE 1 A 10 000

	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	00	000	043	087	130	173	217	260	303	346	389
2	01	432	475	518	561	604	647	689	732	775	817
3	02	860	903	945	988	030	072	115	157	199	242
4	03	284	326	368	410	452	494	536	578	620	662
5	04	703	745	787	828	870	912	953	995	036	078
6	05	119	160	202	243	284	325	366	407	449	490
7	06	531	572	612	653	694	735	776	816	857	898
8	07	938	979	019	060	100	141	181	222	262	302
9	08	342	383	423	463	503	543	583	623	663	703
10	09	743	782	822	862	902	941	981	021	060	100

- 1622 William Oughtred invente la règle à calcul basée sur le principe des logarithmes.
  - Utilisée pour les calculs scientifiques jusqu'en 1970.

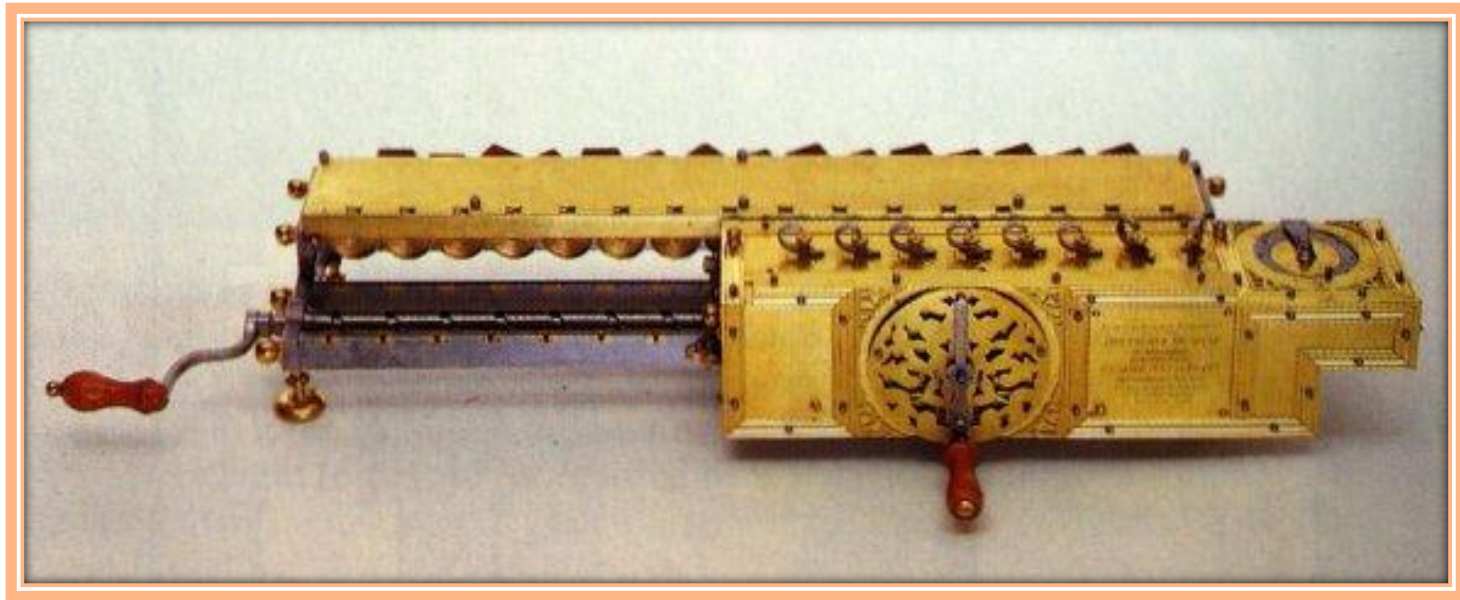


# L'ÈRE MÉCANIQUE

1640 - 1830

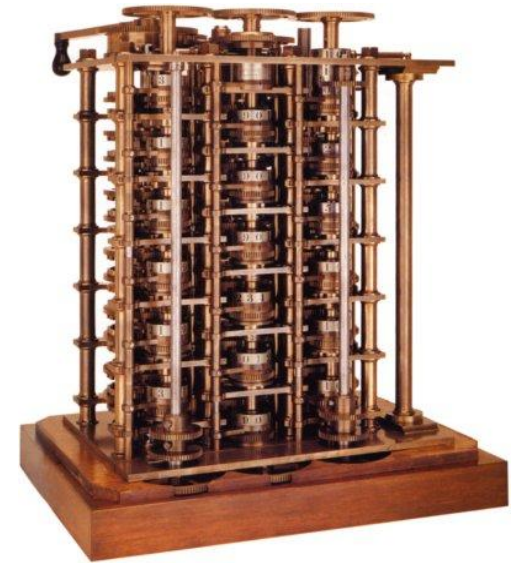
# L'ÈRE MÉCANIQUE

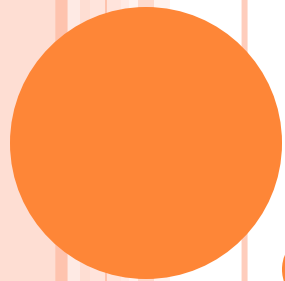
- 1642 Pascaline (Bl. Pascal)
  - addition, soustraction
- 1670 Leibniz (Gottfried Leibniz)
  - pascaline + mult, div, racine carrée



# L'ÈRE MÉCANIQUE

- 1728 Falcon construit un métier à tisser commandé par planchette de bois.
- 1805 Jacquard perfectionne le modèle et utilise des cartes en carton perforées.
- 1822 Machine différentielle (Babbage)
  - 2000 pièces de cuivre faites main
- 1830 Machine Analytique (Babbage)
  - Capable de prendre des décisions en fonction des résultats précédents (contrôle de séquence, branchements et boucles).
  - Réalisée entre 1889 et 1991 bi-centenaire de la naissance de Babbage.





11

# L'ÈRE ÉLECTROMÉCANIQUE

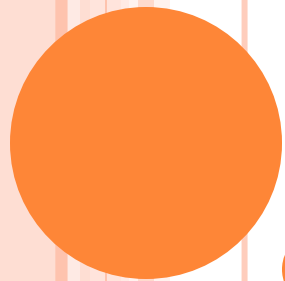
1890 - 1945

# L'ÈRE ELECTROMÉCANIQUE

- 1890 Hermann Hollerith construit un calculateur statistique électromécanique.
  - Plus performant que les calculateurs mécaniques.
  - Utilisation de cartes perforées.
  - Utilisé pour le recensement américain de 1890.
  - Fonde la Tabulating Machine Company => IBM (International Business Machines).
  
- 1938 Konrad Zuse construit un ordinateur binaire programmable mécanique (Z1).
  - Utilisation de relais électromécaniques : Z2, 1939.
  - 1941 : Z3, Z4, calculs aéronautiques.

# L'ÈRE ELECTROMÉCANIQUE

- 1904 invention du Tube à vide par John Fleming.
- 1939 Premier ordinateur composé de tubes à vide.
- 1945 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) par Eckert et Mauchly.
  - 19000 tubes à vides
  - 30 tonnes
  - 72 m<sup>2</sup>
  - 140 kW
  - 100 khz
  - 330 multiplications par seconde



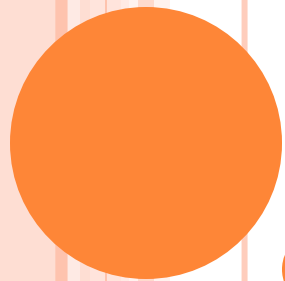
14

# LE CALCUL ÉLECTRIQUE

1945 - 1952

# LE CALCUL ELECTRIQUE

- 1945 définition de l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) par John Von Neuman.
  - Définit l'architecture des ordinateurs actuels.
- 1949 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer) par Maurice Wilkes (Cambridge).
  - Basé sur l'architecture de l'EDVAC.
  - 512 mots de 17 bits .
  - Lignes de retard à mercure.
- 1952 IBM commercialise son premier ordinateur pour la défense américaine.
  - Mémoire à tubes cathodiques de 2048 ou 4096 mots de 36 bits.
  - 16000 additions/s, 2200 multiplications/s.



16

# LE CALCUL ÉLECTRONIQUE

1948 - 1968

# LE CALCUL ELECTRONIQUE

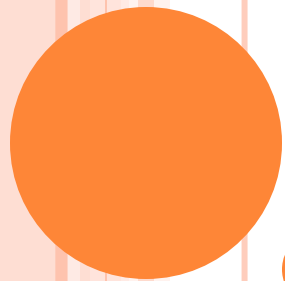
- 1948 invention du transistor bipolaire par Shockley, Bardeen et Brattain, Bell Labs.
  - Plus petit.
  - Diminution de la consommation électrique.
- 1956 TRADIC par Bell, premier ordinateur à base de transistors.
- 1957 TX0.

# LE CALCUL ELECTRONIQUE

- 1958 démonstration du premier circuit intégré par Texas Instruments.
- 1960 DEC commercialise le PDP-1 (Programmable Data Processor) vendu \$120.000 (50 exemplaires).
- 1961 Fairchild Corp commercialise les premiers circuits intégrés.
- 1965 DEC commercialise le PDP-8 .
  - \$18.500 (50.000 exemplaires).
  - 4096 mots de 12 bits.
  - Accumulateur et compteur de programme.

# LE CALCUL ELECTRONIQUE

- 1968 Burroughs sort les premiers ordinateurs basés sur des circuits intégrés : B2500, B3500.
- 1968 Hewlet Packard présente sa première calculatrice de bureau HP 9100 constituée de transistors et pesant 20 kg pour \$5000 !



20

# LA MICRO-INFORMATIQUE

A partir de 1971

# LA MICRO-INFORMATIQUE


- 1971 Intel vend le premier micro-ordinateur MCS-4 utilisant un micro-processeur Intel 4004.
  - Bus de données de 4 bits.
  - Adresse 640 octets.
  - 108 khz.
  - 2300 transistors en technologie 10 microns.
  - \$200.
- 1972 HP 65.
  - 100 pas de programme.
  - \$ 800.
  - Utilisé lors de la mission.
  - Apollo – Soyouz en 1975.



# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1973 R2E commercialise le Micral (François Gernelle et André Truong Trong Thi).
  - Développé pour l'INRA.
  - Intel 8008, 500 khz.
  - Apparition du terme micro-ordinateur.
  - \$ 1300.
  - 1974 écran + clavier.
  - 1975 disque dur.
  
- 1973 Xerox Alto.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1975 Altair commercialisé par MITS (Ed. Roberts).
  - 8080 à 2 Mhz.
  - 256 octets de mémoire.
  - \$395 (\$498 assemblé).
  - Pas de clavier : on entre les programmes à l'aide d'interrupteurs.
  - Pas d'écran : affichage avec des LEDs
- 1976 Apple 1, Steve Jobs et Steve Wozniak fondent Apple Computer.
  - MOS 6502 à 1 Mhz.
  - 256 octets de ROM.
  - 8 ko de RAM.
  - Clavier, sortie écran, k7.
  - \$666,66.  Apple



# LA MICRO-INFORMATIQUE

- A partir de 1977 les machines accessibles au grand public vont enfin apparaître.
- 1977 Apple .
  - MOS 6502 à 1 Mhz.
  - 12 ko de ROM avec BASIC.
  - 4 ko de RAM.
  - 40 x 24 caractères en 16 couleurs.
  - \$1200.
- 1977 Commodore Business Machines Inc présente le PET.
  - MOS 6502 à 1 Mhz.
  - 14 ko de ROM avec BASIC.
  - 4 ko de RAM (puis 8, 16 et 32).
  - 40 x 25 caractères en monochrome.
  - Lecteur de cassettes.
  - \$800 .

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1978 Apple présente son premier lecteur de disquettes.
  - \$ 495.
- 1978 Intel présente le 8086.
  - bus de données 16 bits.
  - 4,77 Mhz.
  - 29000 transistors en 3 microns.
  - \$ 360.
- 1979 Apple lance l'Apple Plus.
  - 48 ko de RAM.
  - \$ 1195.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1980 Sinclair Research commercialise le ZX80.
  - NEC 780-1 à 3,25 Mhz.
  - 4 ko de ROM.
  - 1 ko de RAM (extensible à 16 ko).
  - 200 € (300 € avec 16 ko).
  
- 1981 Sinclair Research commercialise le ZX81.
  - Z80A-1 à 3,5 Mhz (Zilog).
  - 8 ko de ROM.
  - 1 ko de RAM (extensible à 48 ko).
  - 150 €.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1981 Xerox commercialise le Star 8010.
  - 1 Mo de RAM.
  - 8 Mo de disque dur.
  - Interface Ethernet.
  - Ecran graphique, souris.
  - Imprimante laser.
  - Interface graphique (drag & drop).
  - Tableur, traitement de texte (WYSIWYG), messagerie électronique.
  - \$ 17000.
  - Trop cher, trop en avance sur son temps.
  - Pas de succès commercial.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1981 IBM commercialise le PC 5150.
  - Intel 8088 à 4,77 Mhz.
  - 40 ko de ROM.
  - 64 ko de RAM.
  - Lecteur de disquettes 5'25.
  - PC DOS 1.0.
  - \$ 3000.
  - \$ 6000 version carte graphique CGA (640x200x16 couleur).
- 1981 Apple commercialise l'Apple III.
  - 6502 A à 2 Mhz.
  - 128 ko de RAM ou 64 ko de RAM.
  - Lecteur de disquettes 5'25.
  - Ecran 80 colonnes.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1982 Sinclair lance le ZX Spectrum.
  - Z80A à 3,5 Mhz.
  - 16 ko de ROM.
  - 48 ko de RAM.
  - 256x192 pixels en 8 couleurs.
  - Grand succès commercial.
  
- 1982 Commodore commercialise le Commodore 64.
  - 6510 A à 1 Mhz.
  - 20 ko de ROM.
  - 64 ko de RAM.
  - lecteur de cassettes.
  - 17 à 22 millions d'unités vendues.
  - \$ 600 .

<http://www.c64.com/>

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- Autres modèles
  - Commodore 128
  - Amstrad CPC 6128
  - Atari
  - Texas Instruments
  - Tandy
  - Oric
  - ...

<http://system.cfg.free.fr/index.html>

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1984 Apple présente le Macintosh.
  - 68000 à 8 Mhz.
  - 128 ko de RAM.
  - 64 ko de ROM.
  - Ecran monochrome 9 pouces.
  - Floppy 3p1/2 400 ko.
  - Interface graphique + souris.
  - \$ 2500.
  
- 1979 Apple rend visite à Xerox pour assister à une démonstration de l'Alto.

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- 1985 Chips & Technologies lance un ensemble de 5 composants permettant de fabriquer un PC AT.
  - Compatible 100%.
  - Moins cher que les 63 composants IBM.
- 1984 Commodore produit son premier compatible PC.
  - PC-1.
  - PC-10, PC-20, PC-30, PC-40 III.
  - Clones 386 et 486.
- 1986 Amstrad PC1512.
  - 8086 à 8 Mhz.
  - 512 ko de RAM.
  - Floppy + écran monochrome : 900 €.
  - Floppy + DD 20 Mo + écran couleur : 2100 € .

# LA MICRO-INFORMATIQUE

- A partir de 1984 : disparition progressive des marques qui ont fait le succès de la Micro-informatique au profit de sociétés qui commercialisent des compatibles PC : IBM, Compaq, Toshiba, DELL, HP, Packard Bell.
  - Machines à bases de cassettes, lecteurs de disquettes remplacées par des machines utilisant des disques dur.
  - Utilisation du BASIC remplacé par MSDOS, puis Windows.
  - Baisse des prix des clones PC.
  - Manque d'uniformisation remplacé par compatibilité, cartes d'extension.

# PAS UNE « INFORMATIQUE » MAIS DES « INFORMATIQUES »

- Informatique personnelle (votre PC).
  - Bureautique, Internet, jeux, ...
- Informatique embarquée.
- Besoin de puissance de calcul.
  - Simulations / Calcul intensif.
    - Aéronautique
    - Finance
    - Météo
    - Armée, Nucléaire (CEA)
    - Imageries médicales en 3 dimensions
    - Sismologie, ...
  - Traitement de gros volume de données.
    - NSA
    - Banques, ...
    - Processeurs plus nombreux et/ou plus puissants.



# COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT D'UN ORDINATEUR

La carte mère

Le processeur

Les bus

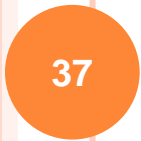
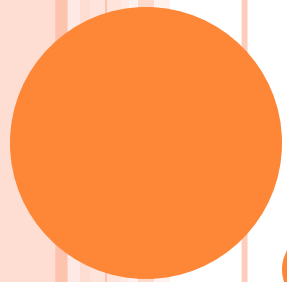
Les mémoires centrales

Les mémoires de stockage

Le démarrage

# INTRODUCTION

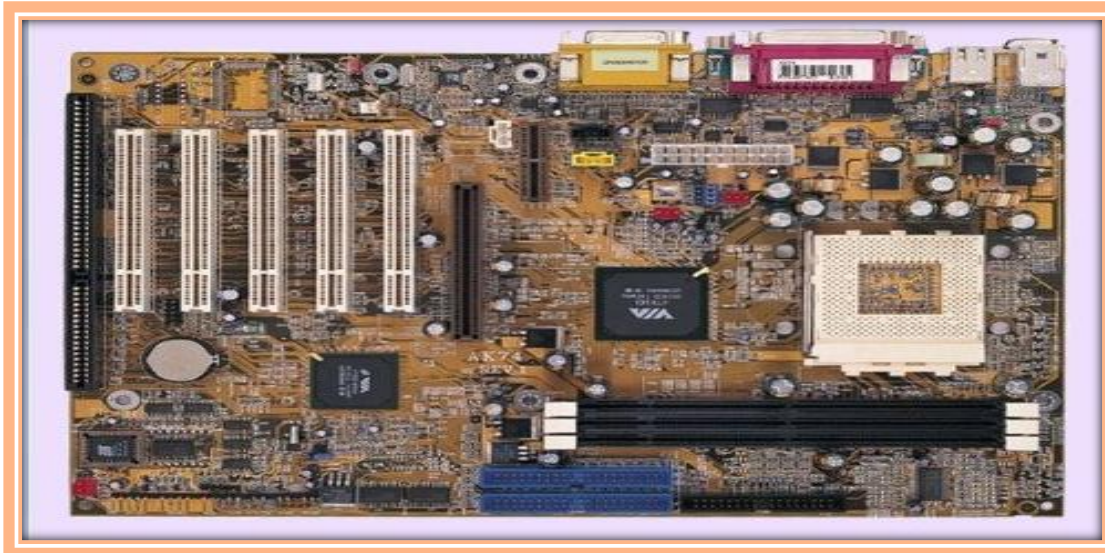
- Un ordinateur c'est en général une unité centrale et des périphériques.
  - L'unité centrale, est constituée d'un boîtier qui renferme :
    - Une alimentation fournissant l'énergie à tous les éléments,
    - La carte mère,
    - Les périphériques internes (cartes électroniques enfichées dans des connecteurs : carte graphique, carte son, disque dur, lecteurs intégrés de CD/DVD, etc.).
  - Les périphériques (externes) sont :
    - Ecran, souris, clavier, imprimante, disques externes,...



# LA CARTE MÈRE

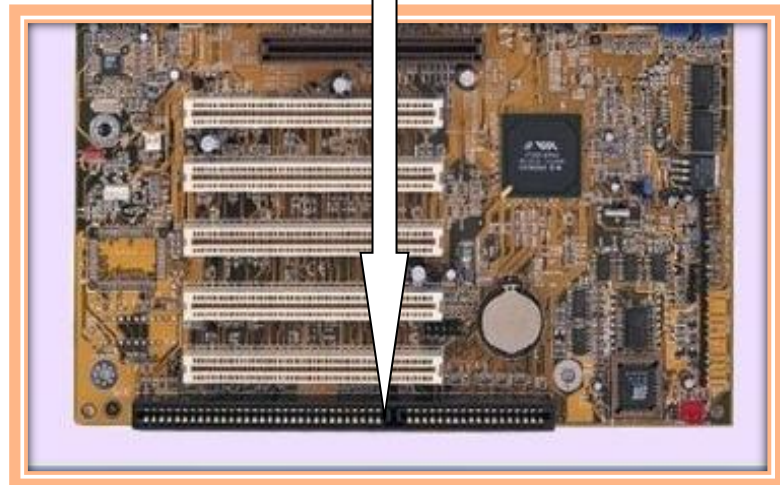
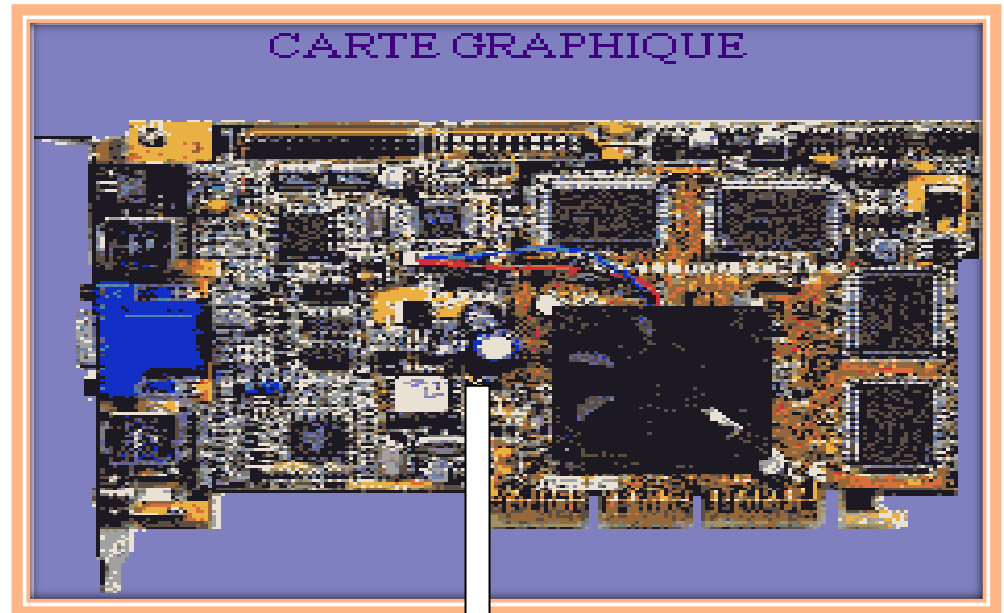
# LA CARTE MÈRE AU CŒUR DE VOTRE ORDINATEUR

- La carte mère comprend des composants qui sont intégrés et reliés entre eux avec les circuits de communication (les bus)
- Les principaux composants sont :
  - Les microprocesseurs (ou processeurs)
  - les mémoires (barrettes de mémoire...)
  - Les connecteurs des cartes d'interface



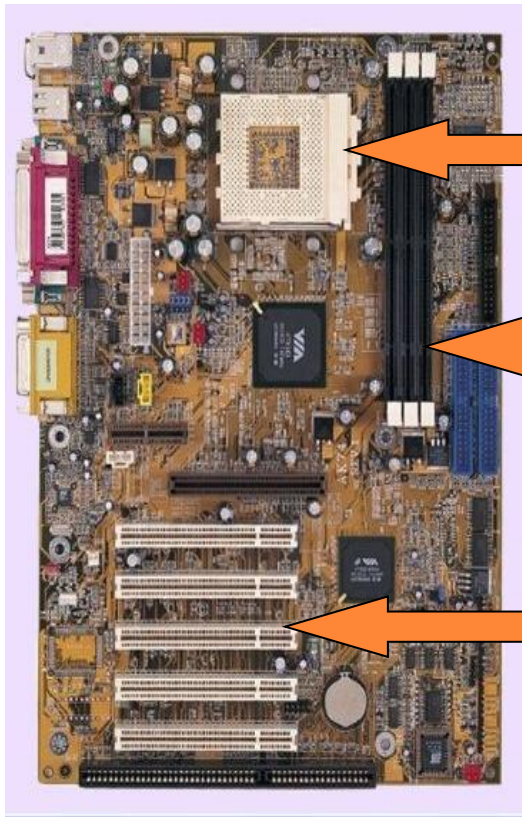
# LES INTERFACES ASSURENT LES LIAISONS AVEC LES PÉRIPHÉRIQUES INTERNES OU EXTERNES

- Les interfaces matérielles désignent des cartes électroniques venant se connecter sur la carte mère et chargées de tâches spécifiques, comme l'affichage vidéo par exemple...



# QUELS RÔLES POUR LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

- Sur la carte mère, trois éléments jouent un rôle essentiel :



Le Microprocesseur

La mémoire vive

Le bus interne

# LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

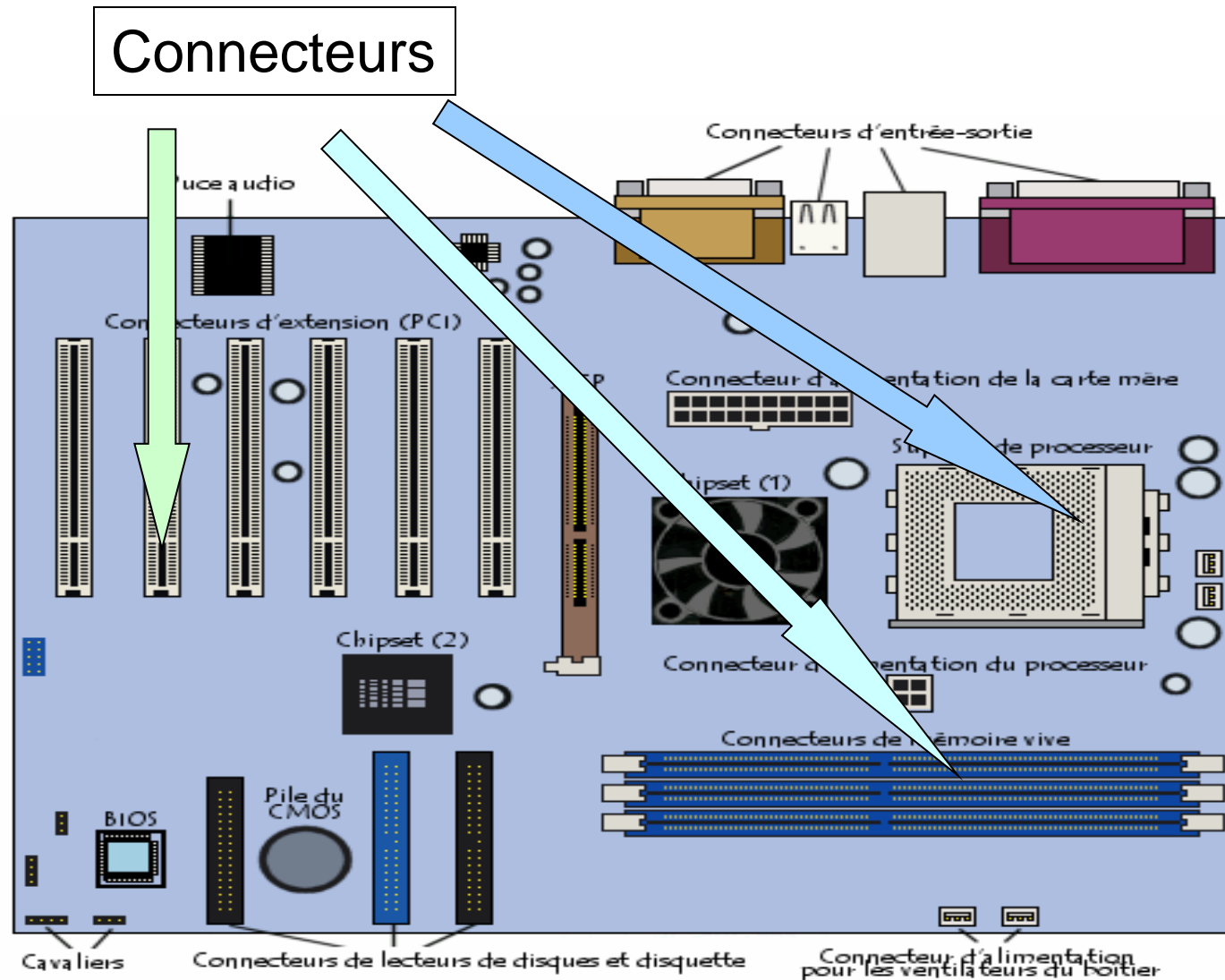
- La carte mère est le socle permettant la connexion de l'ensemble des éléments essentiels de l'ordinateur.
- C'est un grand circuit imprimé possédant notamment :
  - Des connecteurs
  - Des chipsets
  - Un (ou plusieurs) microprocesseur(s)
  - Des bus
  - Des mémoires

# LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

## ○ Les Connecteurs

- Ils sont déposés sur le circuit imprimé
- On distingue
  - Des connecteurs pour les cartes d'extension,
  - Des connecteurs pour les barrettes de mémoires,
  - Un ou des connecteurs pour le ou les microprocesseurs

# LES CONNECTEURS DE LA CARTE MÈRE

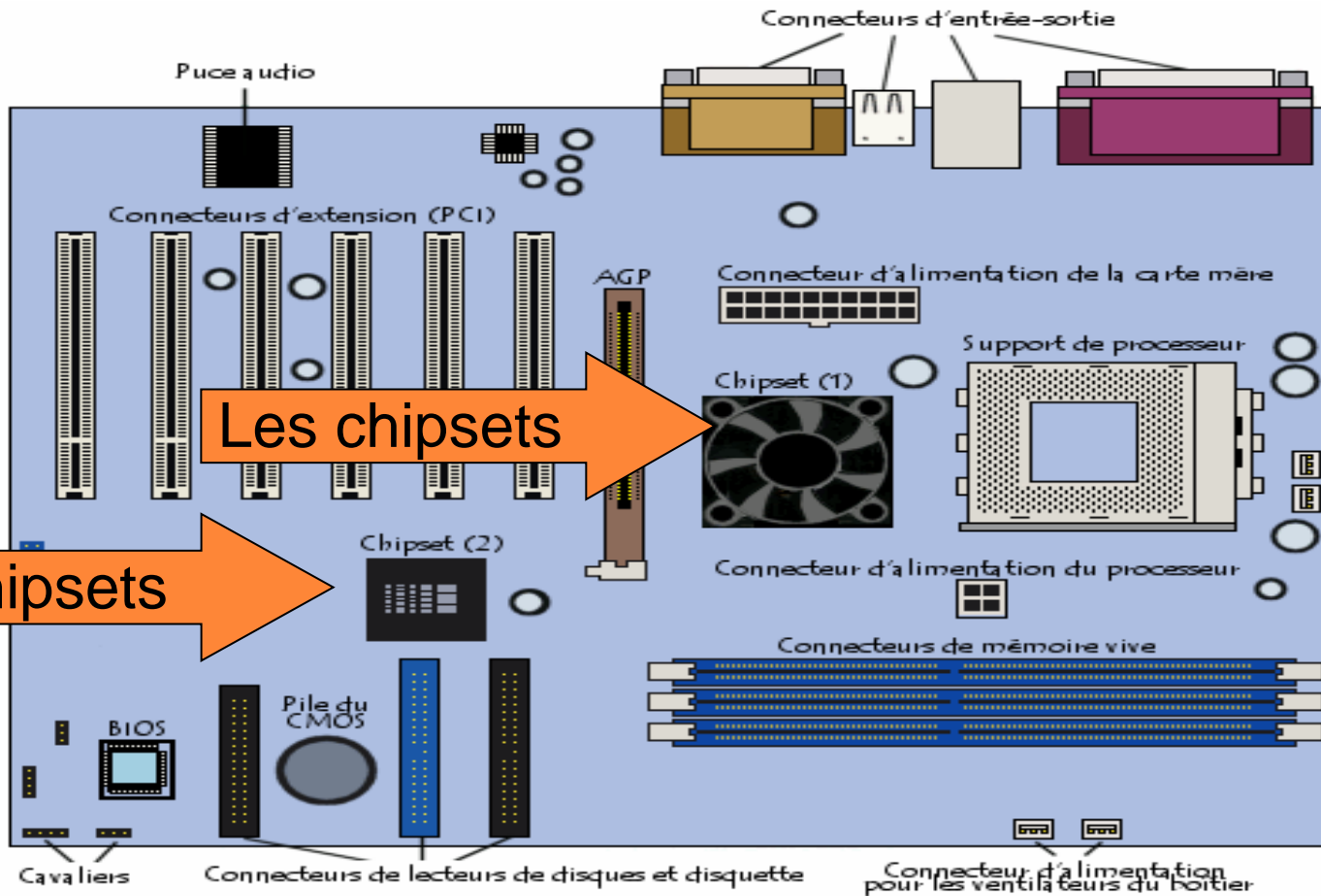


# LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

## ○ Les chipsets

- Chipset = jeu de composants ou jeu de circuits
- Son rôle est de coordonner les échanges de données entre les divers composants de l'ordinateur (processeur, mémoire...)
- Il y a plusieurs chipsets sur une carte mère.
- Certains chipsets intègrent parfois une puce graphique ou une puce audio, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire d'installer une carte d'interface graphique ou une carte son.

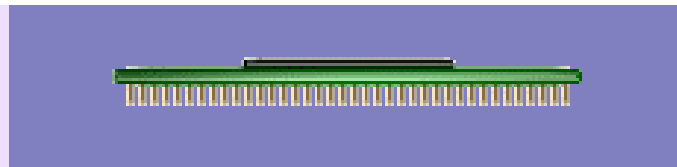
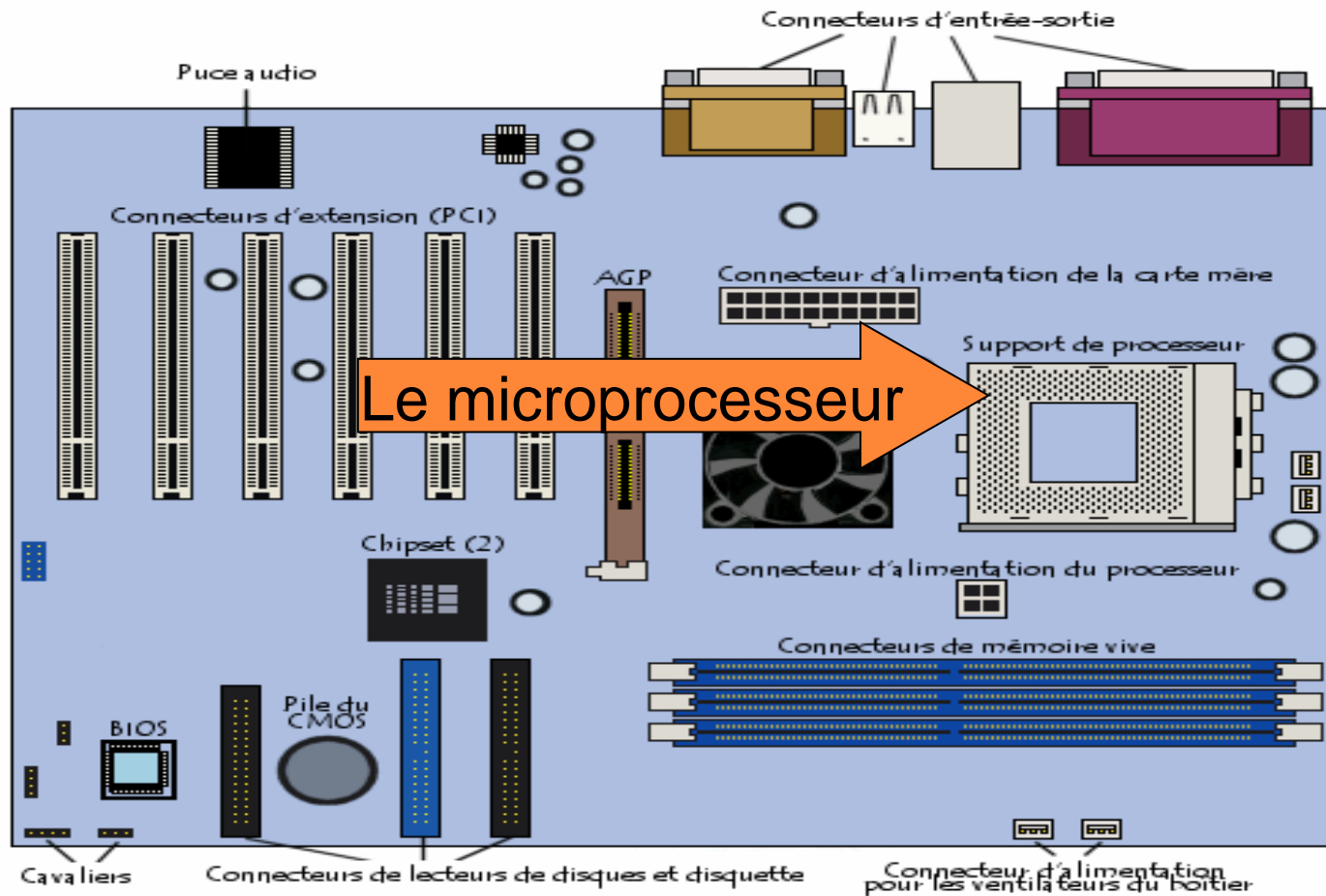
# LES CHIPSETS DE LA CARTE MÈRE



# LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

- Les bus et le microprocesseur
  - Les bus
    - Ce sont des filaments qui constituent des circuits intégrés dans le support en bakélite. Ils relient les divers composants de la carte mère entre eux.
  - Le microprocesseur
    - C'est le composant le plus important car il est considéré comme le cerveau de l'ordinateur.

# LE MICROPROCESSEUR

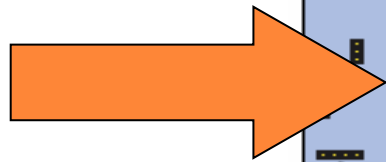
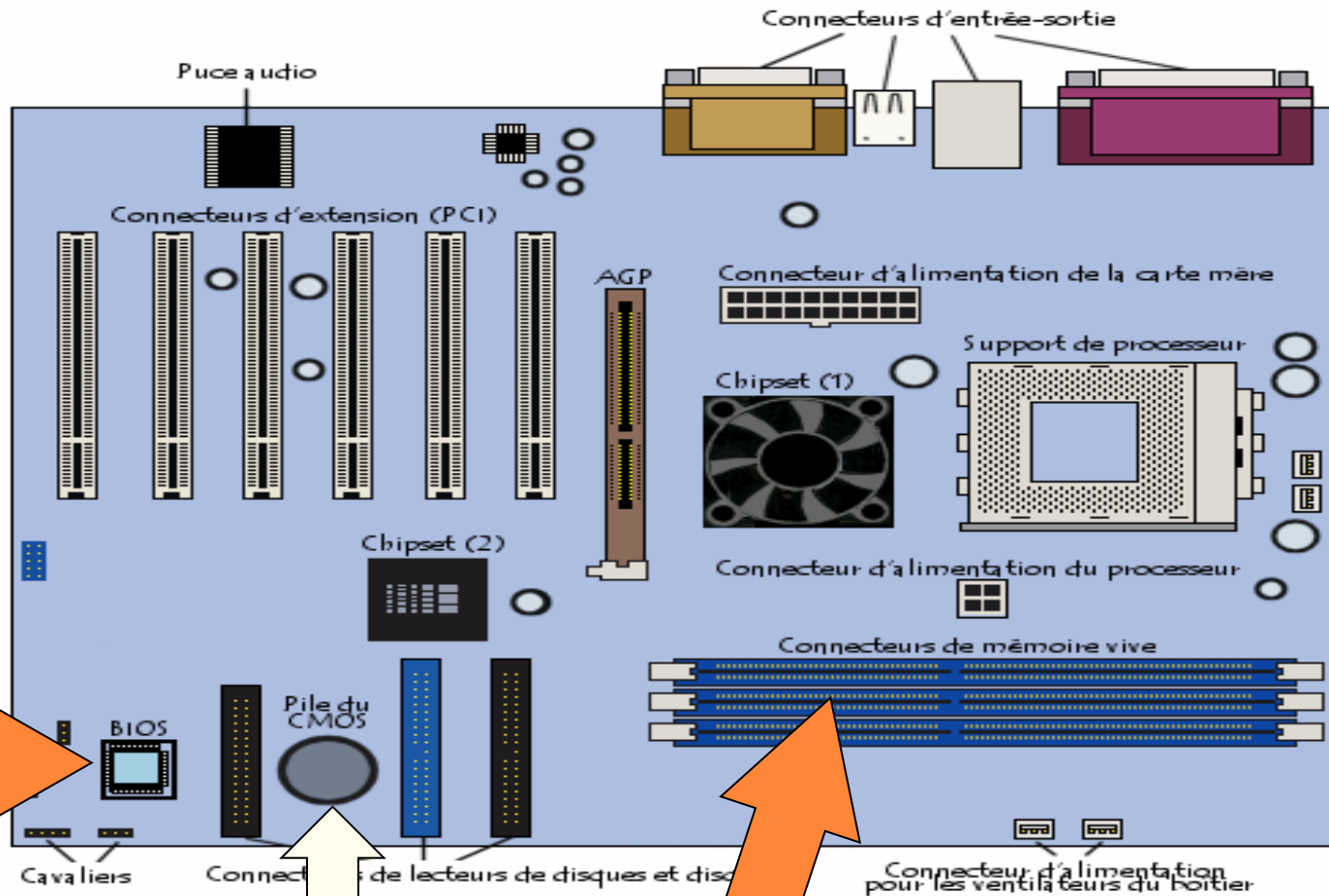


# LES ÉLÉMENTS DE LA CARTE MÈRE

- Les mémoires

- Sur la carte mère ce ne sont que des mémoires électroniques.
- On distingue deux types de mémoires :
  - Les mémoires vives qui s'intègrent dans des connecteurs particuliers.
  - Les mémoires mortes qui sont utiles au démarrage de l'ordinateur.

# LES MÉMOIRES



Mémoires mortes  
Alimentées avec une pile



Mémoires vives avec  
connecteurs



50

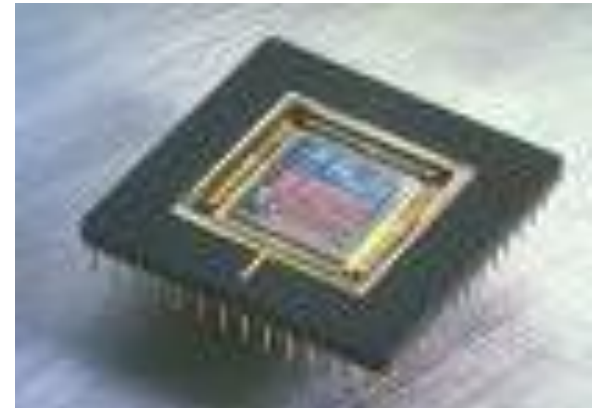
# LE PROCESSEUR

Ses entités physiques

Ses caractéristiques

# LE MICROPROCESSEUR

- Il gère: des données et des instructions.
- Il est composé de transistors (diodes).
- Il reçoit, gère et renvoie les informations qu'on lui demande de traiter sous forme de micro-impulsions électriques.

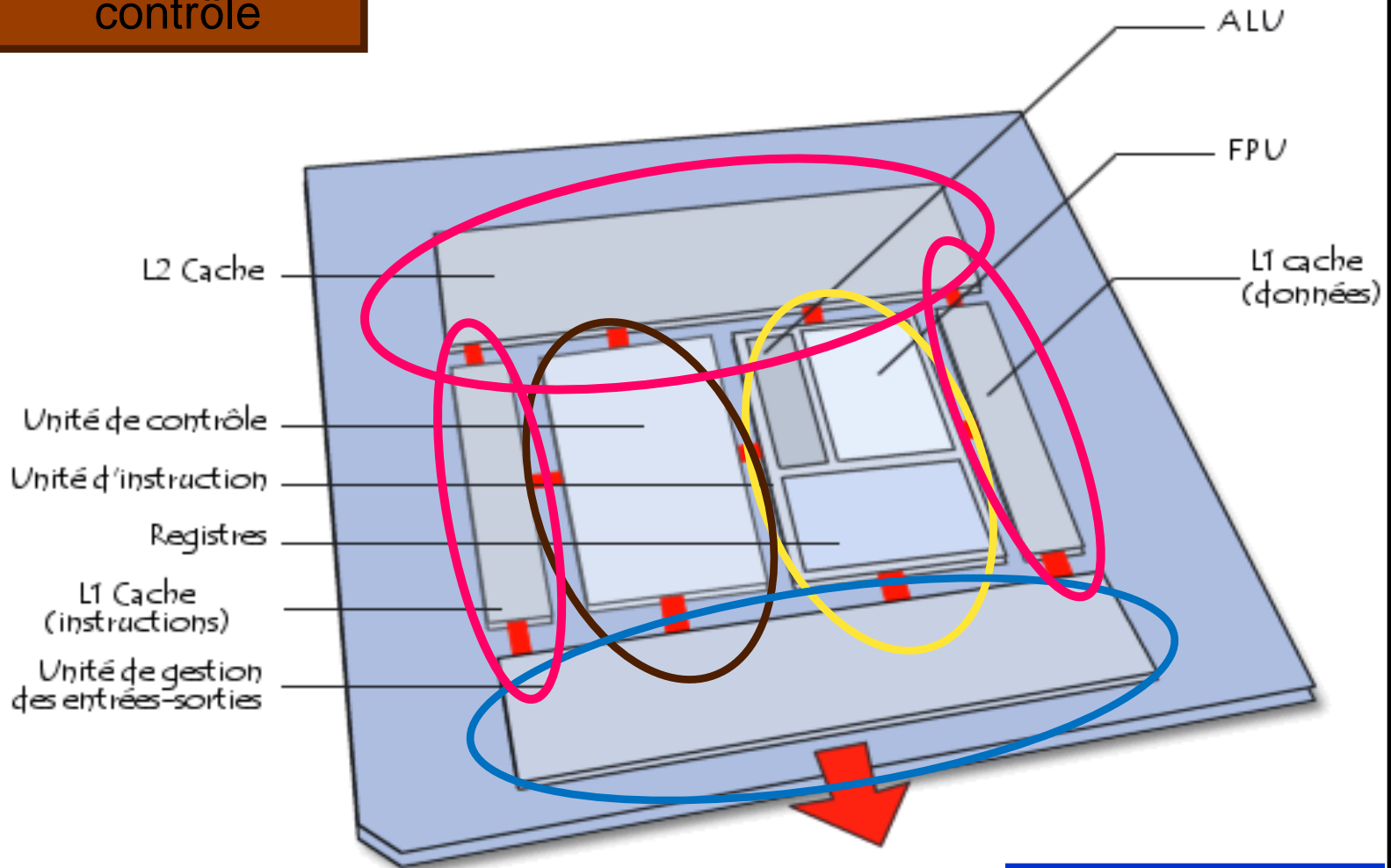


# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

- Le processeur est constitué d'un ensemble de 3 unités fonctionnelles reliées entre elles.
  - Une unité de contrôle ou d'instruction (en anglais control unit).
  - Une unité de calcul (ou unité de traitement).
  - Une unité de gestion des bus (ou unité d'entrées-sorties).
- Le processeur possède des zones de « mémoire cache ».

Unité de contrôle

Unité de calcul

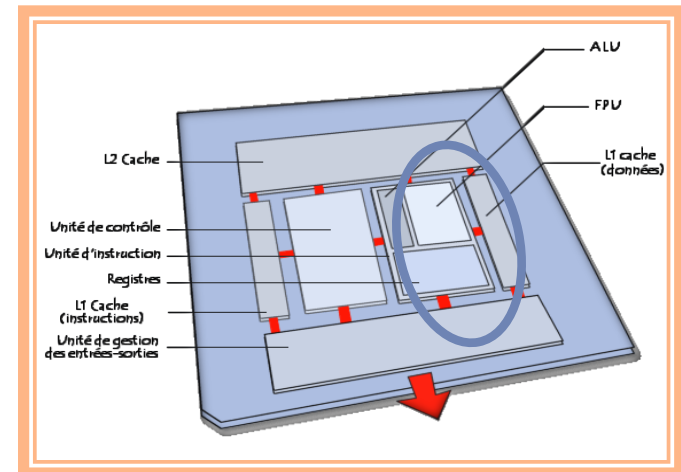


Les mémoires

Unité de gestion des Bus

# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

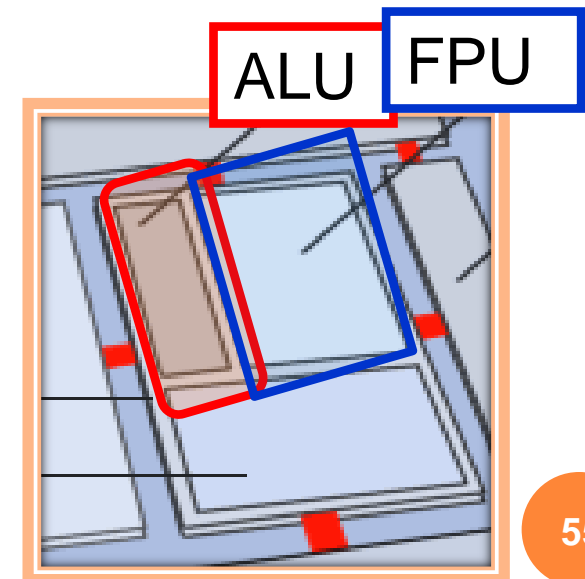
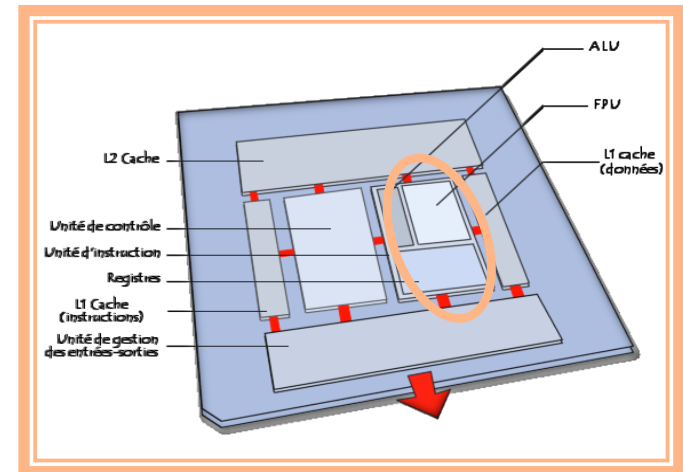
- L'unité de contrôle (control unit)
  - Elle lit les données arrivant, les décode puis les envoie à l'unité de calcul ; elle comprend :
    - Séquenceur (ou bloc logique de commande) chargé de synchroniser l'exécution des instructions au rythme d'une horloge interne.
    - Compteur ordinal contenant l'adresse de l'instruction en cours.
    - Registre d'instruction contenant l'instruction suivante.



# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

## ○ L'unité de calcul

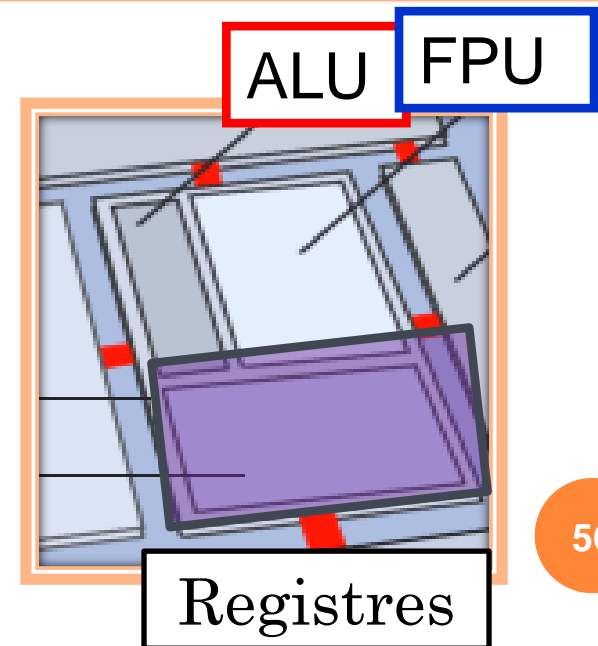
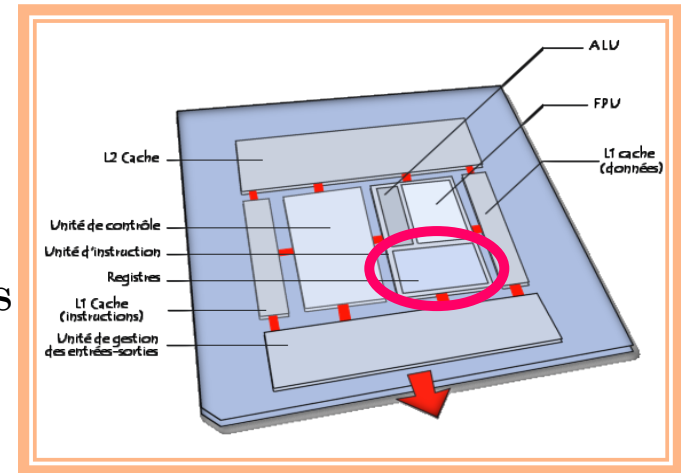
- Elle accomplit les tâches que lui a donné l'unité de Contrôle.
- Elle est composée des éléments suivants :
  - L'unité arithmétique et logique (notée ALU pour Arithmetical and Logical Unit). L'ALU assure les fonctions basiques de calculs arithmétiques et les opérations logiques (ET, OU, OU exclusif, etc.) ;
  - L'unité de virgule flottante (notée FPU, pour Floating Point Unit), qui accomplit les calculs complexes non entiers que ne peut réaliser l'unité arithmétique et logique.



# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

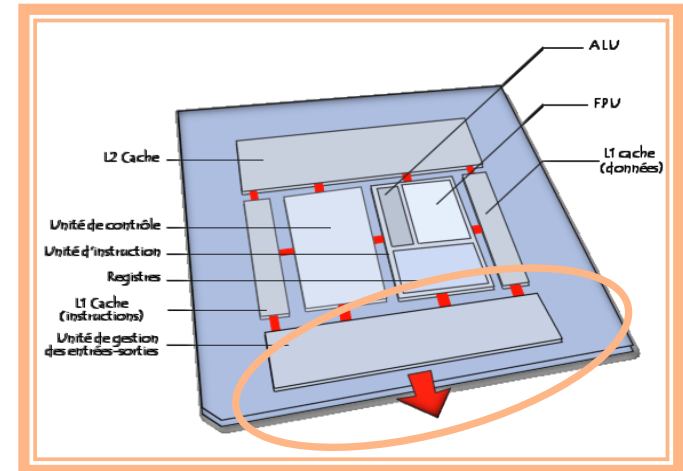
## ○ Les registres

- Le registre d'état (PSW, Processor Status Word), permettant de stocker des indicateurs sur l'état du système (retenue, dépassement, etc.) ;
- Le registre accumulateur (ACC), stockant les résultats des opérations arithmétiques et logiques ;
- Avec les nouveaux processeurs la taille des différents registres est passée de 32 à 64 bit.



# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

- L'unité de gestion des bus ou unité d'entrées-sorties.
  - Elle gère les flux d'informations entrant et sortant, en interface avec la **mémoire vive** du système.

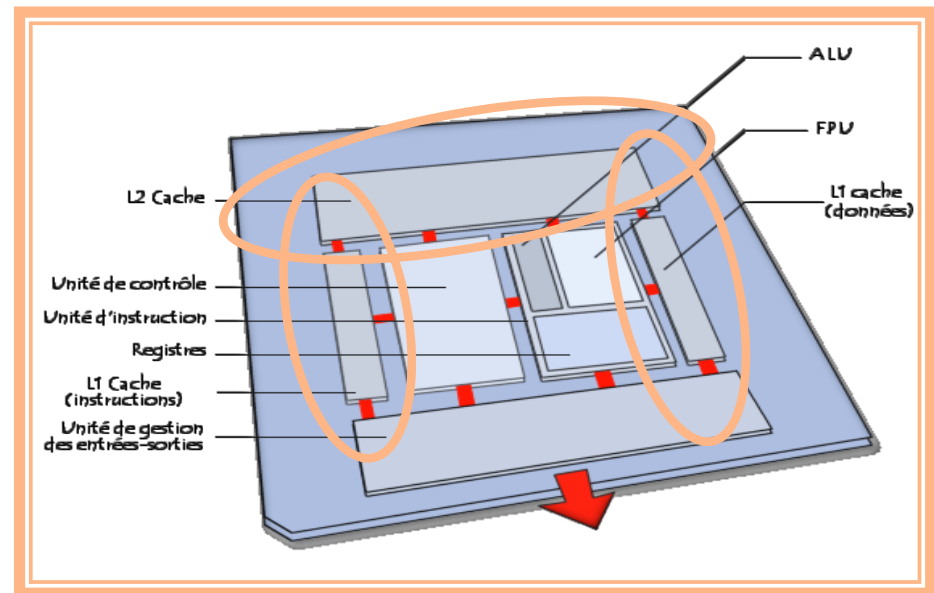


# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

- Les zones de mémoire

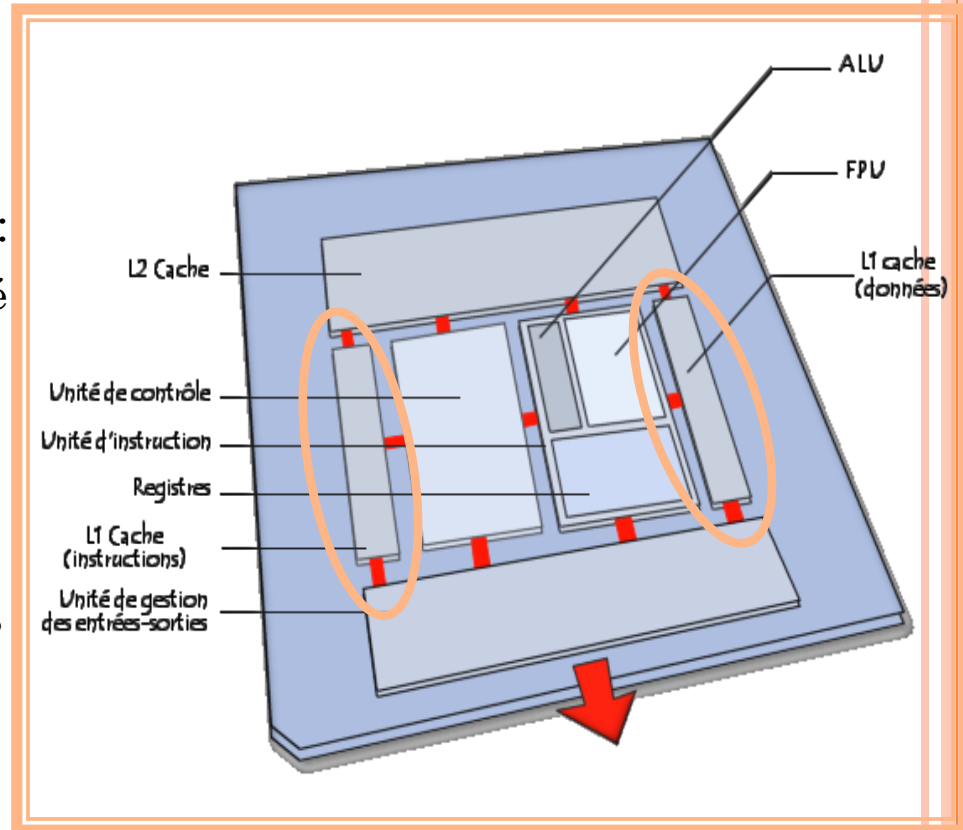
La mémoire cache (également appelée mémoire tampon) est une mémoire rapide permettant de réduire les délais d'attente des informations stockées en mémoire vive.

- Des mémoires rapides sont mises à proximité du processeur afin d'y stocker temporairement les principales données devant être traitées par le processeur.
- Les ordinateurs récents possèdent plusieurs niveaux de mémoire cache : dits caches L1, L2, L3.



# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

- Les mémoires Cache L1 (Cache L1)
  - La mémoire cache de premier niveau se subdivise en 2 parties :
    - La première est le cache de l'unité de contrôle (ou d'instructions), elle contient les instructions issues de la mémoire vive décodées..
    - 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.

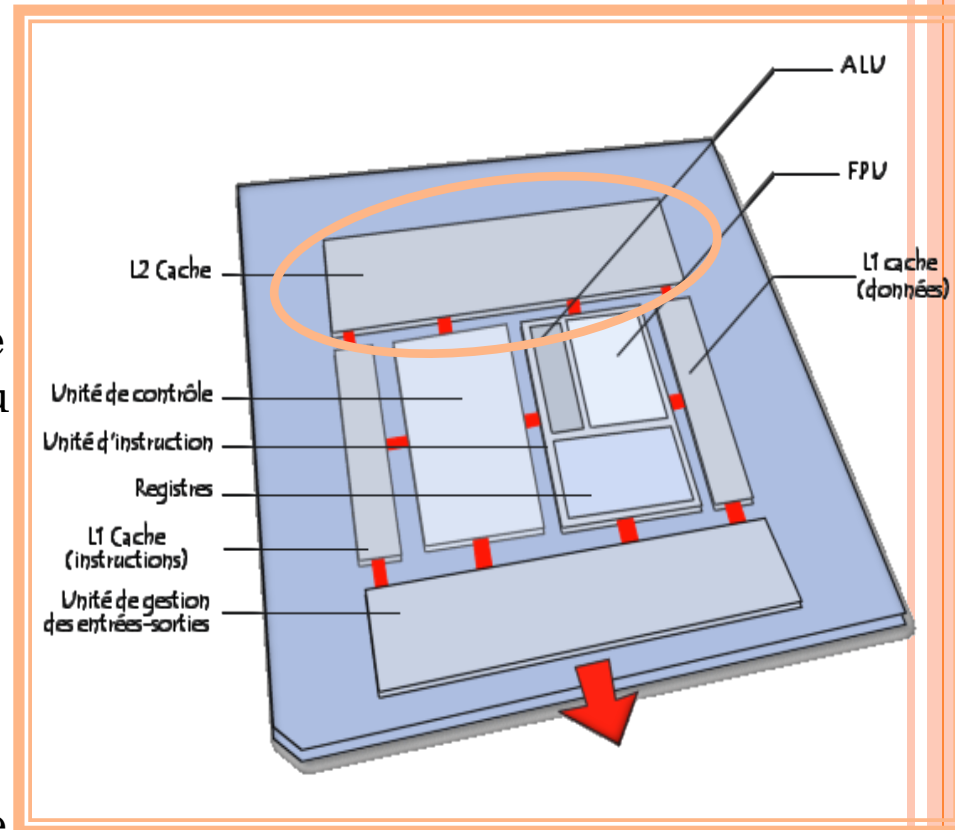


# LES ENTITÉS PHYSIQUES DU MICROPROCESSEUR

## ○ Les caches L2 et L3

La mémoire cache de second niveau est située dans le processeur

- Le cache L2 stocke de l'information en provenance de la mémoire vive à proximité du processeur
- Cette information est plus rapide d'accès que si elle reste dans le cache interne de la mémoire vive.
- Toutefois on y accède moins rapidement qu'avec le cache de premier niveau.
- La mémoire cache de troisième niveau (est située au niveau de la carte mère).



# LES CARACTÉRISTIQUES

- Ce qui fait la puissance d'un microprocesseur c'est :
  - Son architecture et le jeu d'instructions qu'il peut opérer.
  - La vitesse.
  - La taille des mémoires internes et des mémoires « cache ».

# LES CARACTÉRISTIQUES

## ○ L'architecture

- Il a semblé pendant longtemps que plus on pouvait gérer d'instructions et plus elles étaient complexes mieux c'était.
  - Architecture CISC (Complex Instruction Set Computer)
- En fait il est préférable pour améliorer les performances d'un ordinateur de ne gérer que des instructions élémentaires mais pouvant être décodées rapidement.
  - Architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer)

# LES CARACTÉRISTIQUES

- La vitesse
  - En fait c'est la fréquence d'exécution des cycles d'instructions.
  - Cette fréquence est exprimée en Mhz ou Ghz.
    - Les microprocesseurs du marché sont fréquencés à 3 Ghz.

# PROCESSEURS

- Quelques noms connus ...
  - Intel I7 (2,7 GHz)
  - Pentium (1, 2, 3, 4, centrino)
  - Opteron
  - PowerPC
  - Pentium dual core
  - Pentium quad core
  - Itanium2 (quadri-cœurs à 2 GHz  
2,05 milliards de transistors)
  - Xeon (quadri et hexa-core)
  - Larrabee (CPU+GPU)
  - Cell (PS3) (9 cores)
  - Sandy Bridge (futur 8-core)
  - Intel : prototype de processeur: démonstration d'une puce à 80 cores  
(aucune commercialisation envisagée)

# WHAT'S UP ?

- (...)
- 2,3 milliards de transistors,
- (...)
- Intel va adopter la technologie nommée « Cache and Core Recovery », permettant en fin de chaîne de désactiver un coeur ou une partie de la mémoire cache si l'un ou l'autre est défectueux ; il pourra ensuite vendre le processeur sous une autre référence (...)

Source : <http://www.zdnet.fr/actualites/informatique/0,39040745,39387041,00.htm?xtor=RSS-1>



The screenshot shows the ZDNet.fr website interface. At the top, there's a logo for ZDNet.fr and a navigation bar with categories like 'Informatique', 'Internet', 'Télécoms', 'IT-Management', and 'Photos'. A search bar is visible with the text 'RECHERCHER' and a dropdown menu set to 'Tout ZDNet.fr'. Below the search bar, the breadcrumb trail reads 'Vous êtes ici : ZDNet.fr > News > Informatique'. The main article is titled 'Processeurs' and 'Intel dévoile son Xeon à huit coeurs'. The author is Vincent Birebent, published on February 10, 2009. The article text discusses Intel's Xeon processor specifications, mentioning 2.3 billion transistors and the 'Cache and Core Recovery' technology. A sidebar on the right contains social media links and a list of brands like AMD, Appl, Asus, Bouy Tele, Cisco, Dell, Free, Goog, HP, IBM, and Intel.

# PUISSANCE DES PROCESSEURS

- Peut se mesurer en FLOPS : Floating-point Operations Per Second (FLOPS) (opérations à virgule flottante par seconde).
- Ordres de grandeur :
  - Pentium : quelques GigaFLOPS
  - Cell : 200 GigaFLOPS

# PUISSANCE DES PROCESSEURS : LOI DE MOORE

- Loi [empirique] de Moore (version approximative) :

«La puissance des processeurs double tous les 18 mois».

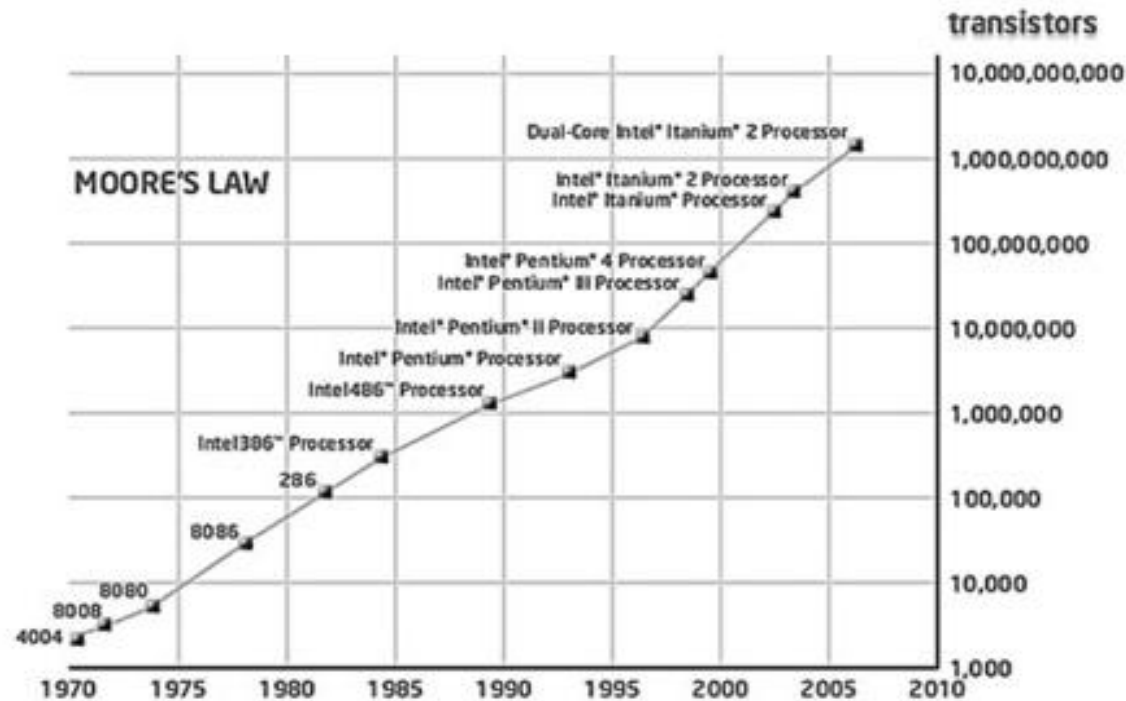


Illustration : <http://www.opensciencegrid.org/>

- Loi de Wirth : "Software slows down faster than hardware speeds up." (Le logiciel ralentit plus vite que le matériel n'accélère)

# PUISSANCE DES PROCESSEURS : BLAGUE DU JOUR

- Bill Gates « Si General Motors (GM) avait eu la même progression technologique que l'industrie informatique, nous conduirions aujourd'hui des autos coûtant 25 dollars et qui parcourraient 1000 miles avec un gallon d'essence. »
- Réponse : « Si General Motors avait développé sa technologie comme Microsoft, les voitures que nous conduirions aujourd'hui auraient les propriétés suivantes :
  - Votre voiture aurait un accident sans raison compréhensible deux fois par jour.
  - Chaque fois que les lignes blanches seraient repeintes, il faudrait racheter une nouvelle voiture.
  - L'airbag demanderait « Etes-vous sûr ? » avant de s'ouvrir.
  - A chaque fois que GM sortirait un nouveau modèle, chaque conducteur devrait réapprendre à conduire, car aucune des commandes ne fonctionnerait exactement comme dans les modèles précédents.
  - Enfin, il faudrait appuyer sur le bouton « Démarrer » pour stopper le moteur. »

# 1977 : CONSOLE ATARI 2600

- 1,19 MHz



# 2006 : SONY PS3

- Processeur Cell 3.2 GHz, Processeur graphique Nvidia



La PS3 calcule  
des millions de fois  
plus vite !



# EXEMPLE DE MODÉLISATION/SIMULATION INFORMATIQUE

- Le Falcon 7X (Dassault) - Entièrement conçu et dessiné par ordinateur.



# LES MÉMOIRES DU MICROPROCESSEUR

- La taille des mémoires  
(mémoires internes et des mémoires «cache»)
  - Rappels :
    - Les registres sont des mémoires internes où le microprocesseur peut stocker des résultats intermédiaires (cela accélère les calculs).
    - Les mémoires « cache » permettent de stocker temporairement les principales données devant être traitées par le processeur.

# LES MÉMOIRES DU MICROPROCESSEUR

- Le nombre et la taille des registres sont à prendre en compte
  - La taille des registres se mesure en bit.
- Le nombre et la capacité des mémoires « cache » sont à prendre en compte
  - Cache L1 : 32 à 128 Ko
  - Cache L2 : 128 à 512 Ko
  - Cache L3 pour les stations de travail et les serveurs (1 à 8 Mo)



74

# LES BUS

Les différents bus

Les attributions

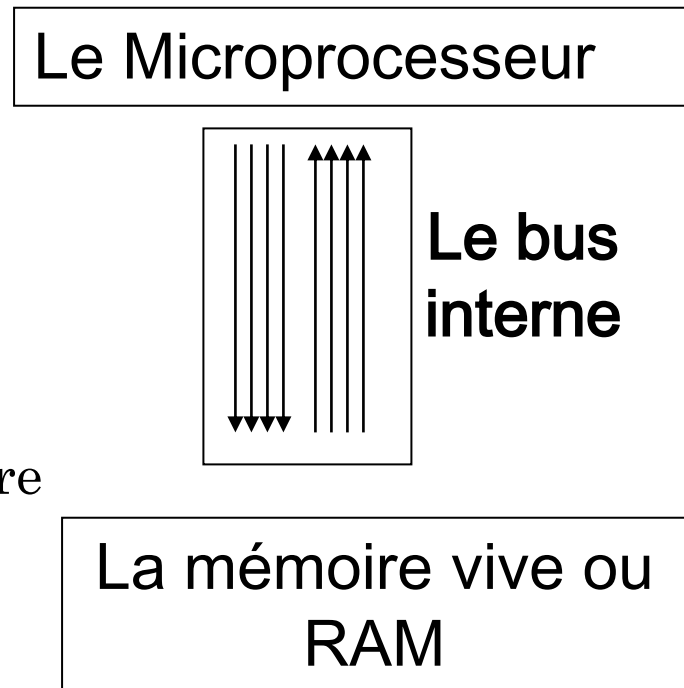
Les caractéristiques

# DÉFINITION D'UN BUS



# DÉFINITION D'UN BUS

- Ce sont des liaisons physiques sous forme de pistes de circuits qui permettent à plusieurs éléments matériels de la carte mère de communiquer.
- Ici l'exemple du bus interne qui assure la communication Mémoire vive /microprocesseur.



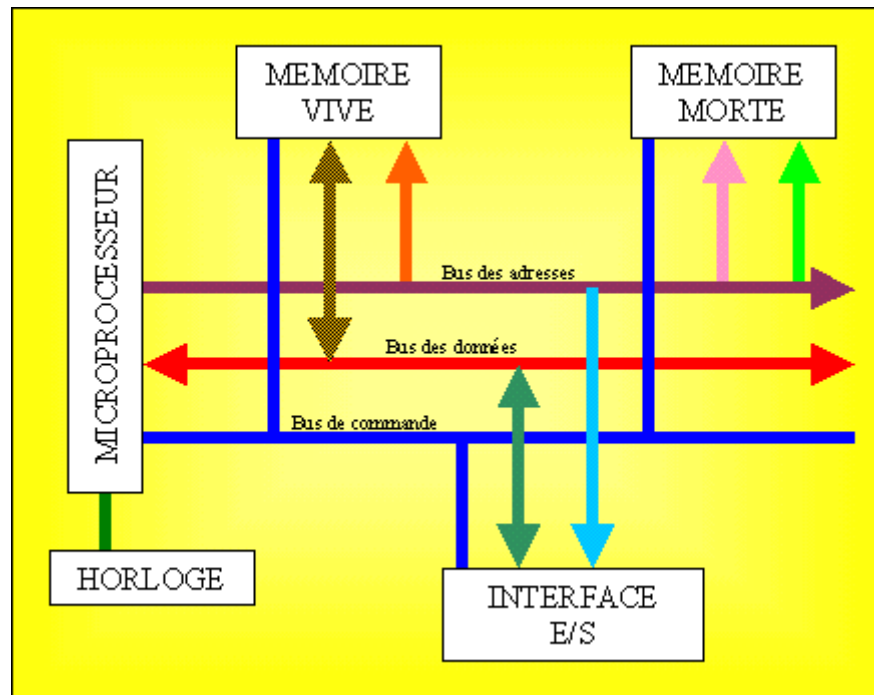
# LES DIFFÉRENTS BUS

- Le Bus interne ou Bus système en anglais « Internal bus » ou « Front Side Bus » et noté FSB.
  - Il permet la communication entre le microprocesseur et la mémoire vive.
- Le Bus d'extension parfois appelé le Bus d'Entrée/Sorties. Il permet aux divers composants de la carte-mère (USB, cartes branchées sur les connecteurs (PCI, AGP), disques durs, lecteurs et graveurs de CD-ROM, etc.) de communiquer entre eux.

# LES ATTRIBUTIONS DES BUS

- Dans chaque bus on distingue des fonctionnalités particulières :
- On distingue trois sous ensembles fonctionnels
  - Le bus des données : il transporte les informations (bus bidirectionnel)
  - Le bus de contrôle (bus des commandes) : il transporte des commandes provenant du microprocesseur vers les divers composants matériels (bus bidirectionnel car il récupère des accusés de réception)
  - Le bus d'adresses (bus d'adressage) il transporte des adresses mémoires (bus unidirectionnel)

# UN EXEMPLE DE REPRÉSENTATION DE L'ORGANISATION DES BUS SUR LA CARTE MÈRE



# LES CARACTÉRISTIQUES DES BUS

- La largeur du bus : c'est le nombre de bits que le bus peut transmettre simultanément.
  - Ex : un bus à 32 fils dit à 32 bits (Ils sont souvent 64 bits)
- La fréquence des échanges (en Htz) : c'est le nombre de paquets envoyés ou reçus pas seconde.
- Le débit maximal du bus ( $\text{Largeur} \times \text{fréquence}$  ) est exprimé en octets.
- Le bus est caractérisé par un volume d'informations transmises.



# LES MÉMOIRES CENTRALES

La mémoire vive ou Ram

La mémoire morte ou Rom

# RAPPELS SUR LES MÉMOIRES CENTRALES

- Mémoires centrales parce qu'elles sont au cœur de l'ordinateur (sur la carte mère).
- Ce sont des mémoires électroniques.
  - La Ram contient une information volatile.
  - La Rom une information durable (conservée avec un accus).

# CARACTÉRISTIQUES DE LA RAM

- La RAM c'est Random Acces Memory.
- Les applications et les données à traiter sont chargées dans la mémoire vive.
- C'est une mémoire en lecture/écriture.
- C'est une mémoire pour laquelle les échanges sont très rapides (milliardièmes de seconde).
- C'est une mémoire constituée de transistors : codage de l'information en binaire.

# FONCTIONNEMENT DE LA RAM

- Chaque transistor (condensateur) représente un bit de la mémoire.
- Pour éviter que les condensateurs ne se déchargent, il faut les rafraîchir (en anglais refresh) à un intervalle de temps régulier (le cycle de rafraîchissement).
  - Le cycle de rafraîchissement se fait toutes les 15 nanosecondes (ns) environ.

# LES TYPES DE RAM

- On distingue généralement deux grandes catégories de mémoires vives :
  - Les mémoires dynamiques (DRAM, Dynamic Random Access Module), peu coûteuses. Elles sont principalement utilisées pour la mémoire centrale de l'ordinateur.
  - Les mémoires statiques (SRAM, Static Access Module, 1997) rapides et onéreuses utilisées pour les mémoires cache du processeur.

# LES CATÉGORIES DE RAM

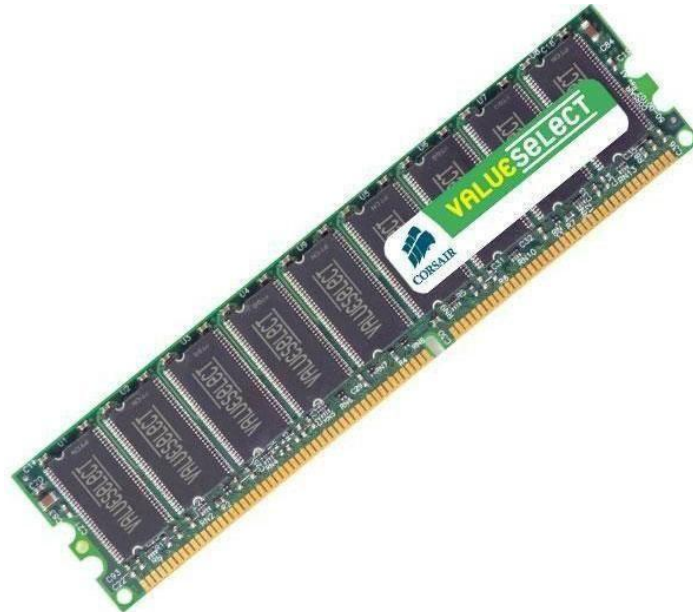
- De la moins performante à la plus performante :
  - La SDRAM (S pour Synchronous) apparue en 1997.
  - La DR-SDRAM (Direct Rambus ) transfère sur un bus de 16 bits de largeur à une cadence de 800Mhz.
  - La DDR-SDRAM (Double le taux de transfert à fréquence égale).
  - La DDR2 –SDRAM... quadruple le taux de transfert en utilisant deux canaux séparés : un pour l'écriture et un pour la lecture..

# LES FORMATS DE RAM

- Attention les barrettes de RAM ont des formats différents :
  - Les SIMM (Single Inline Memory Module)
    - (32 bits et 30 ou 72 broches ou connecteurs) Dépassées.
  - Les DIMM (Dual Inline Memory Module)
    - (64 bits et 168 broches).
  - Les SO DIMM (Small Outline DIMM) pour les portables
    - (144 et 160 connecteurs).
  - Les RIMM (Rambus Inline Memory Module)
    - 184 broches.

# LES CAPACITÉS DE RAM

- Les caractéristiques :
  - La capacité de stockage
    - 2 Go et plus.
    - Jusqu'à 4 Go pour les DDR2-SDRAM dernier modèle.



# LES CARACTÉRISTIQUES DE LA ROM

- La ROM : Read Only Memory.
- Caractéristiques de la ROM :
  - Il s'agit d'une mémoire permettant de stocker des données en l'absence de courant.
  - C'est une mémoire en lecture seule.
  - Ce type de mémoire permet notamment de conserver les données nécessaires au démarrage de l'ordinateur.

# LES TYPES DE ROM

- Les ROM ont petit à petit évolué de mémoires mortes figées à des mémoires programmables, puis reprogrammables.
  - La ROM (non programmable) et la PROM (programmable) sont obsolètes.
  - EPROM (erasable) et la EEPROM (electrical erasable) sont celles du marché.
  - On qualifie de flashage l'action consistant à reprogrammer une EEPROM.



# **LES MÉMOIRES DE STOCKAGE**

**Les grands principes du stockage de l'information  
Les supports et leur fonctionnement**

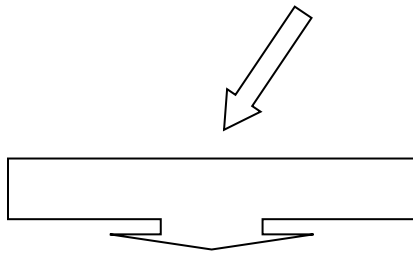
# LES GRANDS PRINCIPES DU STOCKAGE DE L'INFORMATION

## ○ Rappels :

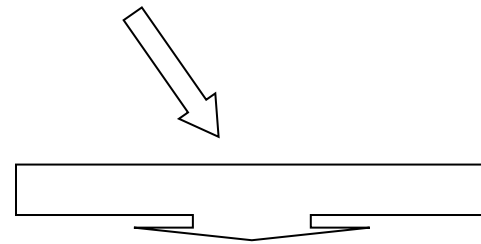
- Dans un ordinateur le disque dur est l'organe de stockage privilégié indispensable.
- Les autres éléments de stockage sont facultatifs mais nécessaires car ils répondent à des impératifs importants.
  - CD , DVD, Disquettes, Clé,.....

# LES MÉMOIRES DE STOCKAGE

- Trois grands principes :
  - L'information est rapidement disponible (accès direct).
  - Le codage de l'information se fait sous forme binaire.
  - L'information est stockée de façon durable (avec des supports appropriés).
- Deux possibilités techniques :



Disquette et disque dur  
Technologie magnétique



CD et DVD  
Technologie optique

# L'ACCÈS DIRECT

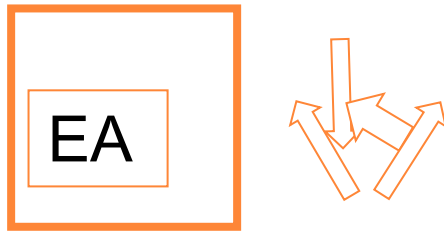
- L'information est stockée sur des disques et non sur des bandes.
- Dans le disque dur il existe un « Index » qui permet de gérer les différentes parties du disque, de stocker l'information dans des endroits précis et de la retrouver à coup sûr dans de moindres délais.
  - Cet index s'appelle la **Table d'allocation des fichiers**.

# LES SUPPORTS DE STOCKAGE

- Le support magnétique.
  - Les disques sont recouverts d'une fine couche magnétique (particules ferromagnétiques). Sur cette couche réactive on dépose un film protecteur.
  - L'écriture sur le disque est assurée par un petit électroaimant qui oriente les particules de la couche réactive dans des zones spécifiques et reconnues.

# ORIENTATION DES PARTICULES

- Résultat



Avant le passage  
de l'électroaimant



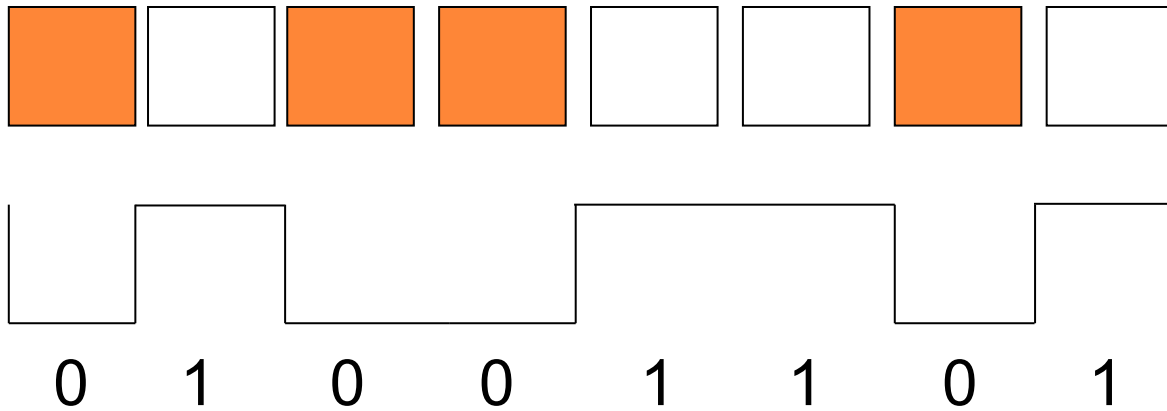
Après le passage  
de l'électroaimant

# LES SUPPORTS DE STOCKAGE ET LEUR FONCTIONNEMENT

- Le support optique.
  - Les disques sont constitués d'une matière plastique recouverte d'une fine pellicule métallique sur une des faces.
  - Le codage est en binaire.
  - Les données sont gravées sur le CD sous forme de creux et de plats.

# CREUSEMENT DU SUPPORT

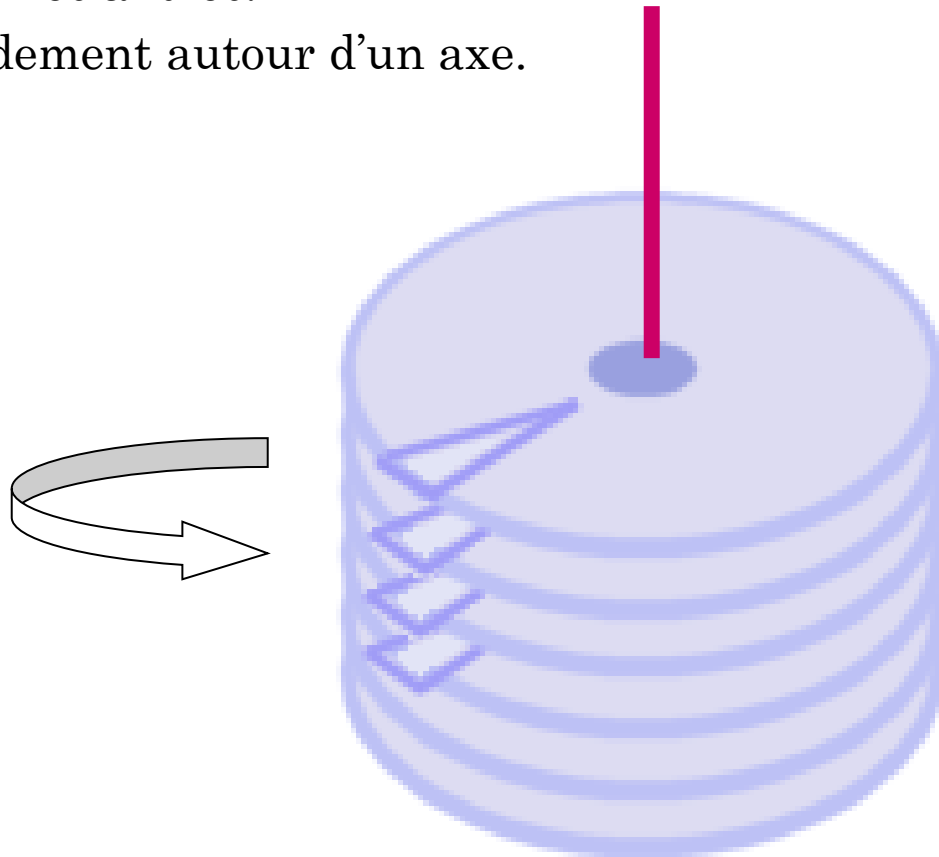
- Résultat



# LE DISQUE DUR

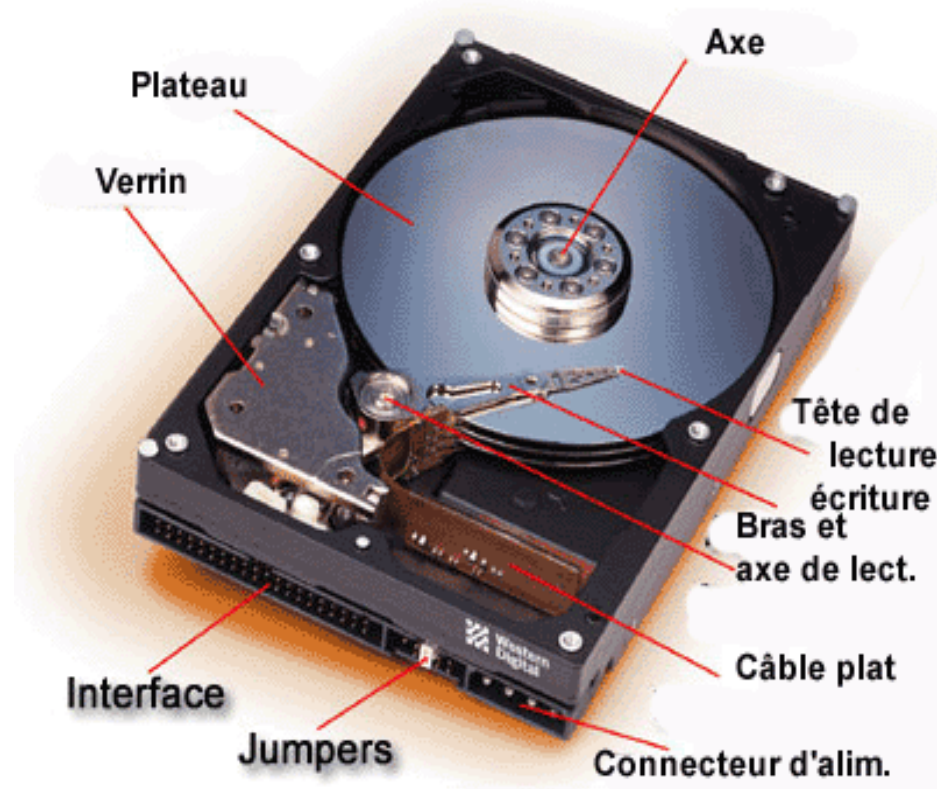
## ○ Présentation

- Le disque dur est constitué de plusieurs disques rigides en métal empilés les uns sur les autres.
- Il tourne très rapidement autour d'un axe.



# LE DISQUE DUR

- L'ensemble est contenu dans un boîtier hermétique exempt de toute particule de poussière.
- Le disque dur se met en route dès la mise en marche de l'ordinateur et ne s'arrête qu'à la fin de la session.

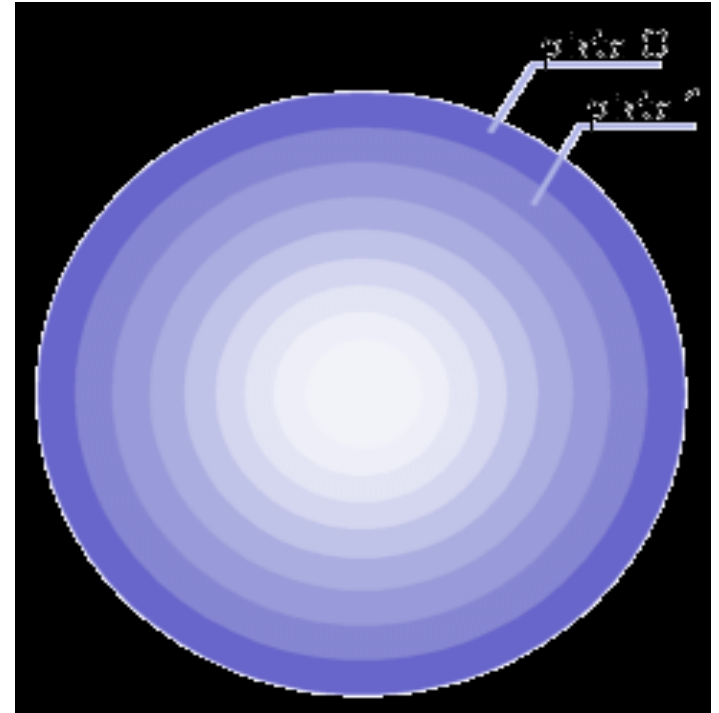


# LE FONCTIONNEMENT DU DISQUE DUR

- Pour lire et écrire des données on se sert d 'électroaimants qui sont positionnés sur les têtes. Les têtes sont activées par des bras, elles peuvent atteindre toutes les parties du disque.
- Les têtes de lecture / écriture sont dites inductives.
- Elles génèrent des champs magnétiques positifs ou négatifs qui sont interprétés comme des 0 et des 1.

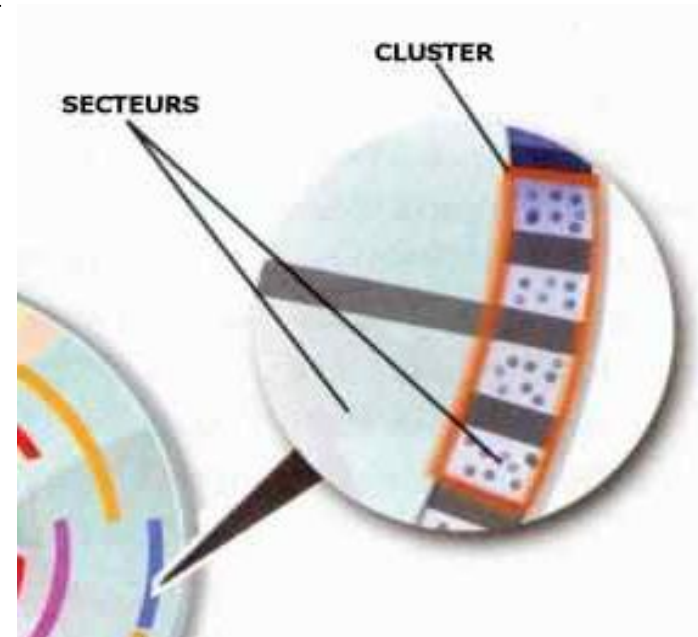
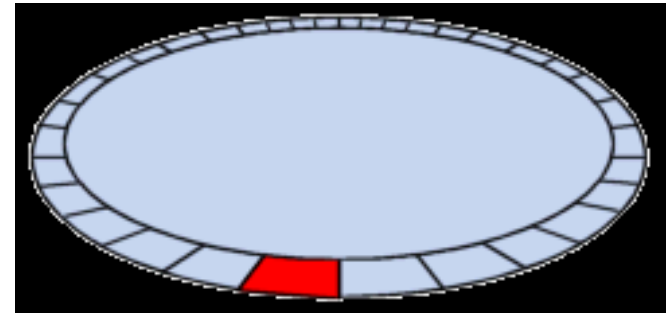
# L'ORGANISATION PHYSIQUE DU DISQUE DUR.

- Les informations sont inscrites à des endroits privilégiés du disque :
  - Ce sont les **pistes**
- Les pistes sont concentriques, partent de l'extérieur vers l'intérieur.
- Elles sont mises en place lorsque l'on « formate le disque ».



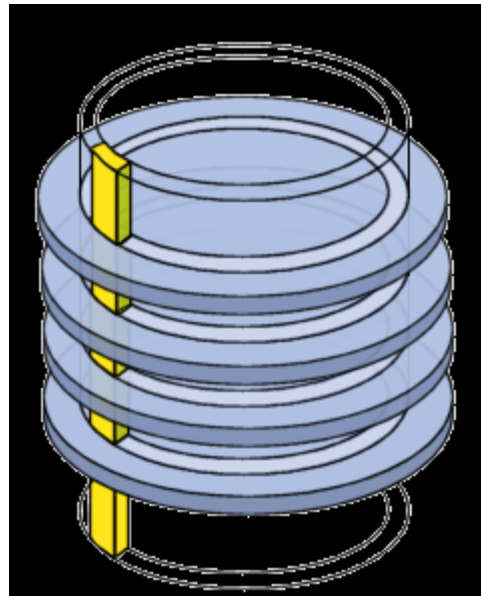
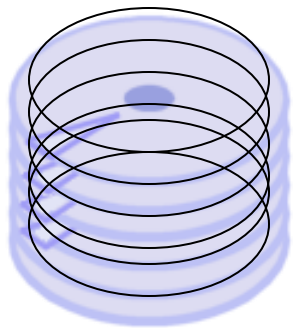
# L'ORGANISATION PHYSIQUE DU DISQUE DUR

- Chaque piste est divisée en secteurs.
- Ce sont des emplacements qui peuvent recevoir 512 octets.
- Les informations ne s'inscrivent que dans un nombre minimum de secteurs : les clusters (jusqu'à 16 secteurs).



# L'ORGANISATION PHYSIQUE DU DISQUE DUR

- Pour un disque dur composé de plusieurs disques, le cylindre est l'ensemble des données situées sur une même piste des différents plateaux.



# L'INDEXATION DES FICHIERS DANS LE DD

- L'ordonnement des données est tenu à jour dans un endroit particulier du disque (qui mobilise plusieurs secteurs de la piste 0)
  - C'est la Table d'Allocation des Fichiers.
  - En Anglais File Allocation Table (FAT).
- Les informations suivantes sont inscrites dans cette table :
  - Les clusters disponibles (vides).
  - Un index des fichiers stockés dans le disque et leurs emplacements.

# LES CARACTÉRISTIQUES DES DD

## ○ Quelques chiffres

- Capacité : volume de données pouvant être stockées sur le disque (500Go-1To).
- Vitesse de rotation : vitesse à laquelle les plateaux tournent. La vitesse des disques durs est de l'ordre de 7200 à 15000 tr/mn.
- Temps d'accès moyen : il représente le temps moyen que met le disque entre le moment où il a reçu l'ordre de fournir des données et le moment où il les fournit réellement. Il doit ainsi être le plus court possible (9ms).

# LES INTERFACES DES DD

- Il s'agit de la connectique du disque dur. Les principales interfaces pour disques durs sont les suivantes :
  - IDE/ATA
  - Serial ATA
  - SCSI
- Il existe par ailleurs des boîtiers externes permettant de connecter des disques durs en USB.
- Les marques
  - IBM, Maxtor, Quantum, Seagate, Western Digital.

# LE CD (COMPACT DISC) DISQUE COMPACT

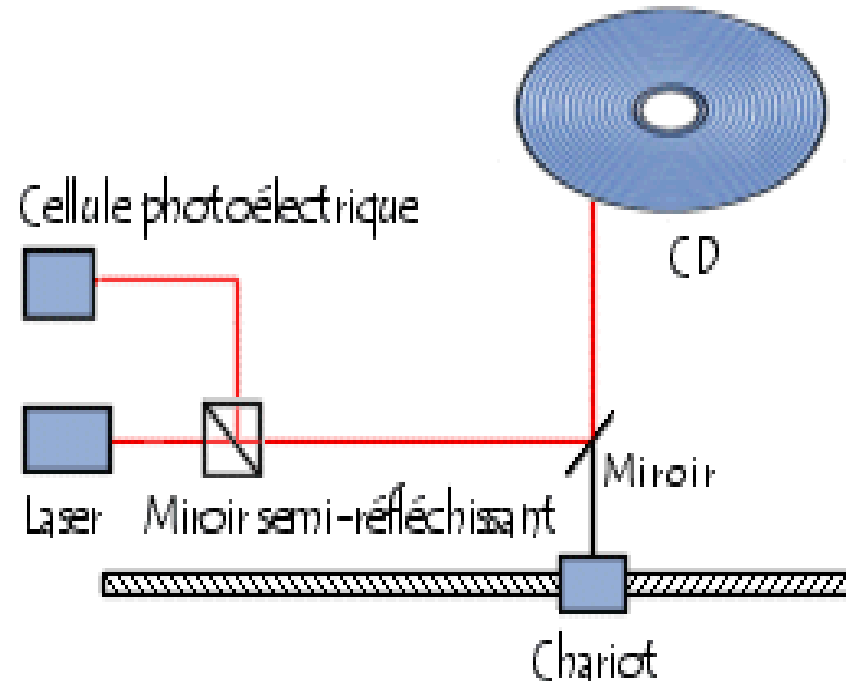
## ○ Présentation

- Rappel : disque de polycarbonate de 120 mm de diamètre et de 1,2 millimètre d'épaisseur.
- Le polycarbonate a été retenu pour ses propriétés optiques.



# LE FONCTIONNEMENT DU CD

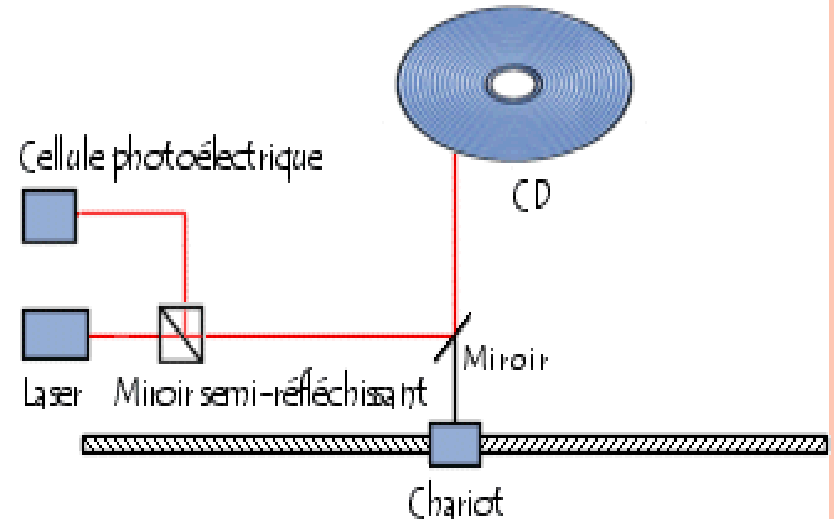
- Un CD est lu par une diode laser de 780 nm de longueur d'onde (laser rouge) à travers la couche de polycarbonate.  
En mesurant cette intensité réfléchie avec une photodiode, on est capable de lire les données sur le disque.



# LE FONCTIONNEMENT DU CD SUITE

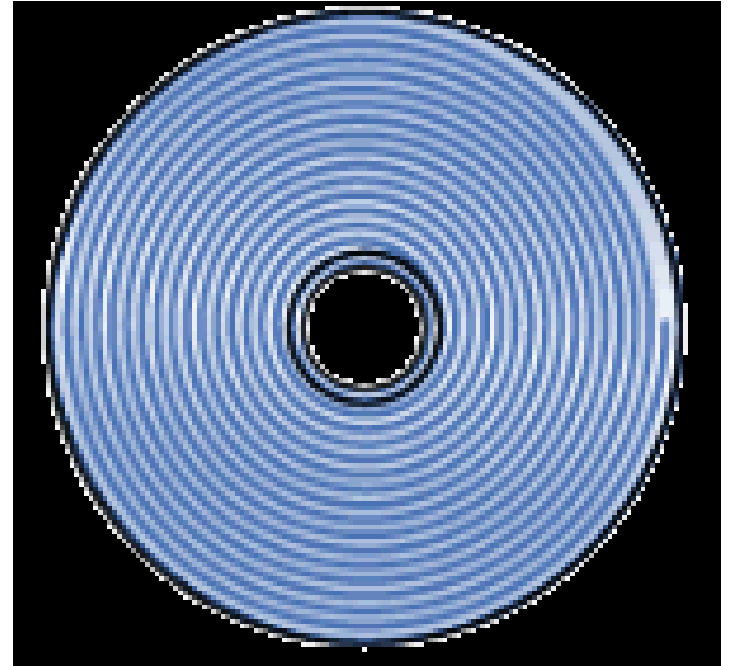
- Lorsque le laser passe sur un plat la lumière du laser est réfléchi sur la photodiode produisant un 1.

Quand il passe dans un creux la lumière se disperse (elle n'est pas réfléchi) ce sont des 0.



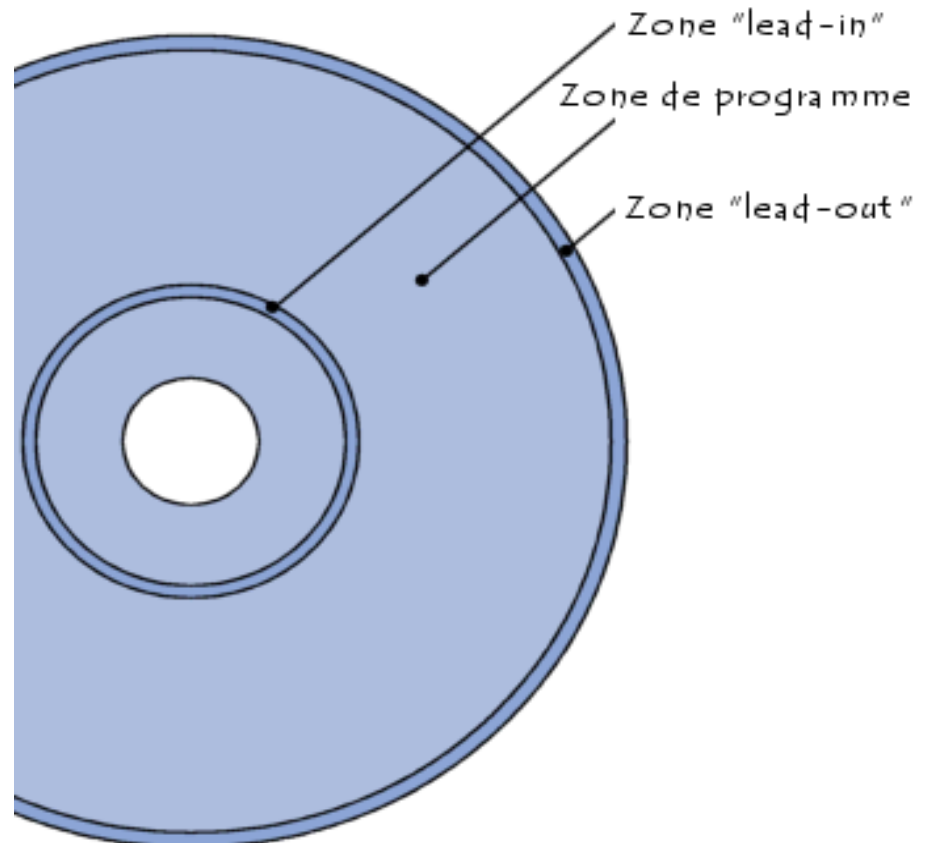
# L'ORGANISATION PHYSIQUE D'UN CD

- L'information est stockée sur 22188 pistes gravées en spirales (il s'agit en réalité d'une seule piste concentrique).



# L'ORGANISATION PHYSIQUE D'UN CD

- La zone « Lead-in » (parfois notée LIA) contenant uniquement des informations décrivant le contenu du support (zone d'indexation au travers d'une TOC, Table of Contents).
- La zone de Programme est la zone contenant les données.
- La zone Lead-Out (parfois notée LOA) marque la fin du CD.



# LES CARACTÉRISTIQUES DU CD

- Quelques chiffres
  - La capacité de stockage (650Mo)
  - La vitesse 32X voire 50X
    - Elle est calculée par rapport à la vitesse d'un CD audio (150 Ko/s).
    - Un lecteur de 3000 Ko/s sera qualifié de 20 X (20 fois plus vite qu'un lecteur de base).
  - Le temps de réponse pour un 32X est de l'ordre de 70ms.
  - Les interfaces
    - ATAPI (IDE, SATA) ou SCSI.

# LES STANDARDS POUR LES CD

- Les CD -ROM
  - Permet de stocker des données : graphiques, vidéo ou audio.
  - Les données sont en lecture seule
    - Exemple : une encyclopédie
- CD inscriptibles. Il se décline en trois parties :
  - Partie I: le format des CD-MO (disques magnéto-optiques)
  - Partie II: le format des CD-WO (Write Once notés CD-R)
  - Partie III: le format des CD-RW (CD ReWritable ou CD réinscriptibles)
- CD vidéo (VCD ou VideoCD)
- CD extra (CD-XA)

# LE DVD (DIGITAL VERSATILE DISC )

## ○ Présentation

- Disque de polycarbonate de 120 mm ou 80 mm de diamètre.



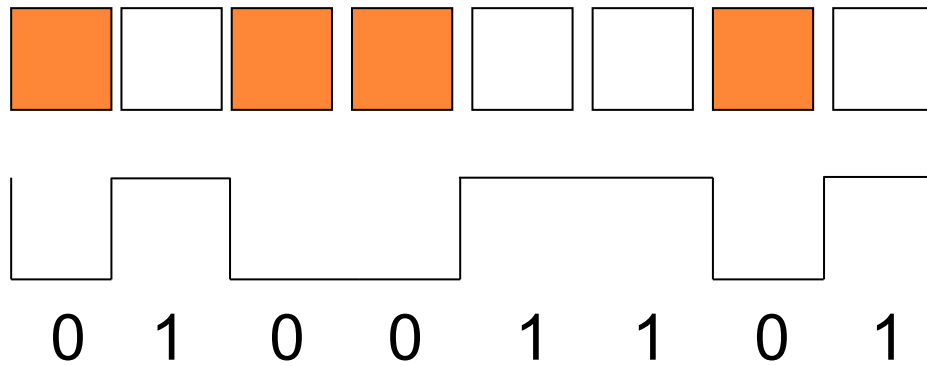
# LE FONCTIONNEMENT D'UN DVD

## ○ Le codage binaire

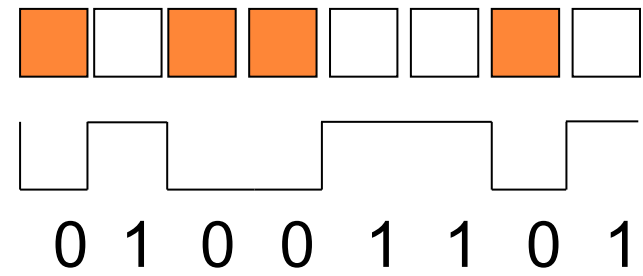
- C'est le même principe que le codage binaire du CD (mais avec une capacité de stockage plus grande).
- Les données sont gravées sur le DVD avec des creux et des plats. Par contre les alvéoles sont beaucoup plus petites (il y en a plus et donc plus de stockage)

# LE FONCTIONNEMENT D'UN DVD

- Un creux est codé comme un 0 un plat correspond à 1.



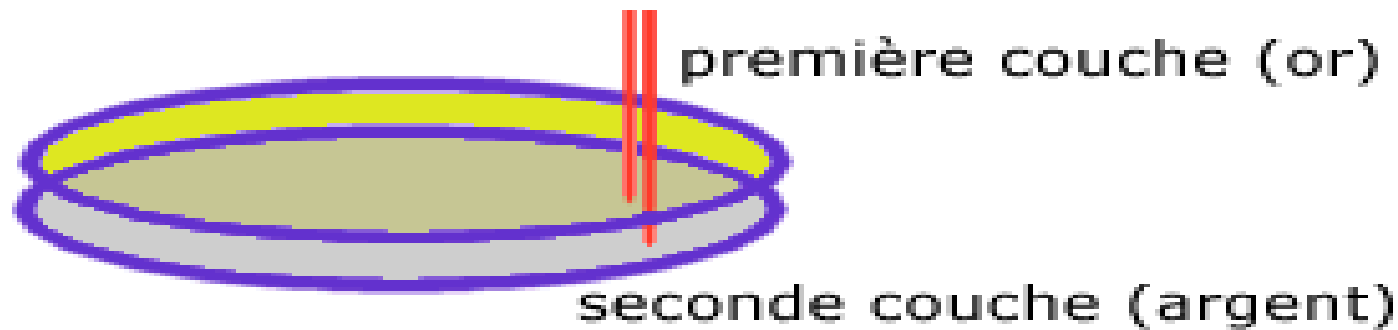
**CD**



**DVD**

# LA TECHNOLOGIE MISE EN ŒUVRE

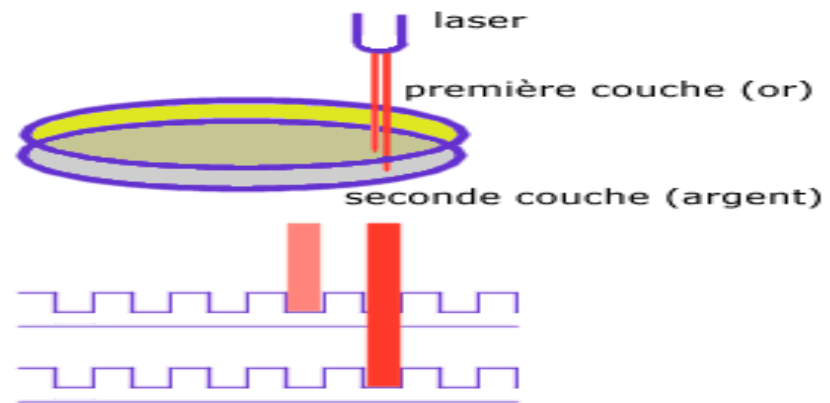
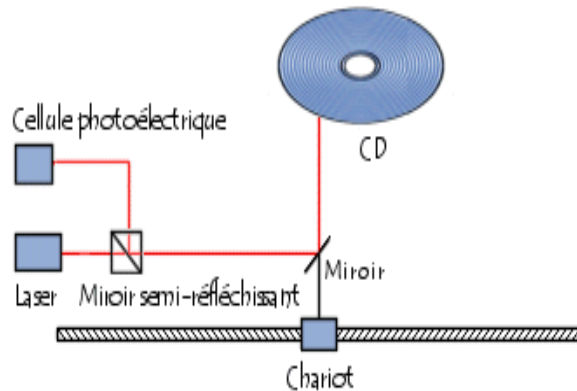
- C'est sur le même principe de l'utilisation du laser.



- En plus dans les DVD récents il existe une « double couche ». Ces disques sont constitués d'une couche transparente à base d'or et d'une couche réflexive à base d'argent.

# LA TECHNOLOGIE MISE EN ŒUVRE

- Pour lire le DVD il faut un laser avec une longueur d'onde plus faible 650/635 nm correspondant à un laser orange (les trous sont plus rapprochés) et on utilise une double intensité.
- Avec l'intensité faible le rayon se réfléchit sur la surface dorée. Avec l'intensité plus importante le rayon traverse la première couche et se réfléchit sur la surface du fond.



# QUELQUES CHIFFRES

Type de support	Capacité	Temps musical équivalent	Nombre de CD équivalent
CD	650Mo	1h18 min	1
DVD simple face simple couche	4.7Go	9h30	7
DVD simple face double couche	8.5Go	17h30	13
DVD double face simple couche	9.4Go	19h	14
DVD double face double couche	17Go	35h	26

# LES DVD BLU-RAY

## ○ Présentation

- Le nom « Blu-ray » vient simplement de la technologie utilisée pour lire et graver les données : « Blu » (bleu) et « ray » (rayon laser).
- Le standard est un disque de 120 mm mais il existe des disques de 80 mm de diamètre.

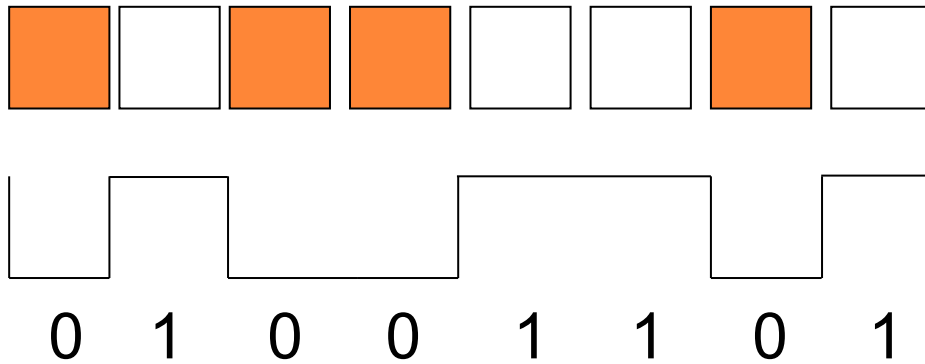


# LE FONCTIONNEMENT D'UN DVD BLU-RAY

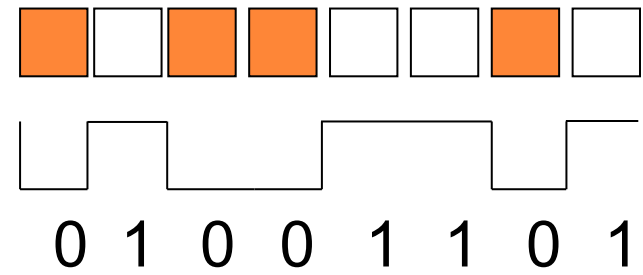
- Le codage binaire (rappel)
  - C'est le même principe que le codage binaire du DVD (mais avec une capacité de stockage plus grande).
  - Les données sont gravées sur le DVD avec des creux et des plats. Par contre les alvéoles sont beaucoup plus petites (il y en a plus et donc plus de stockage).

# LE FONCTIONNEMENT D'UN DVD BLU-RAY

- Un creux est codé comme un 0 un plat correspond à 1.



**DVD**



**DVD Blu-RAY**

# LA TECHNOLOGIE MISE EN ŒUVRE

- Cette technologie utilise une diode laser bleue (en fait bleue violacée) fonctionnant à une longueur d'onde de 405 nm pour lire et écrire les données de façon très rapprochées.

# QUELQUES CHIFFRES

- La capacité de stockage est de 25 Go pour un simple couche ou 50 Go (double couche)
  - 15 Go pour le disque 8cm de la PlayStation 3.
  - Le projet de faire des disques de 100 Go et 200 Go.
- Développé par : Blu-ray Disc Association.
- Utilisé pour le stockage, de vidéo haute définition, et pour les jeux (PlayStation 3).

# LES MÉMOIRES DE STOCKAGE

## ○ Evolutions

- Selon l'opinion de nombreux chercheurs (y compris ceux de la fondation Blu-ray), le disque Blu-ray représente sûrement la dernière des technologies basées sur un support plastique et avec un laser visible. Les ondes violettes et ultraviolettes plus courtes sont absorbées fortement par le plastique utilisé dans la fabrication des disques.
- Les technologies futures prévoient plutôt l'utilisation de plaques de verre.

# CLÉS USB

- Une **clé USB** (en anglais USB key) est un périphérique de stockage amovible de petit format.  
Une clé USB se compose d'une coque plastifiée (pour la protéger), d'un connecteur USB et de la mémoire flash.



# QUEL TYPE DE MÉMOIRE POUR UNE CLÉ

## ○ La mémoire Flash

- Une mémoire à semi-conducteurs, non volatile et réinscriptible.
- Elle possède les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne se volatilisent pas lors d'une mise hors tension.
- Ce type de mémoire ne possède pas d'éléments mécaniques, d'où leur grande résistance aux chocs.

# AUTRES APPLICATIONS DES MÉMOIRES FLASH

○ En raison de sa vitesse élevée, de sa durabilité et de sa faible consommation, la mémoire flash est idéale pour de nombreuses applications :

- Appareils photos numériques
- Les téléphones cellulaires
- Les imprimantes
- Les ordinateurs portables
- Les baladeurs mp3



# CARACTÉRISTIQUES

- Caractéristiques de base
  - Clé USB capable de stocker jusqu'à plusieurs giga-octets de données.
  - Pour des utilisateurs nomades.
- Fonctionnalités annexes
  - **Fonctionnalités de chiffrement** : cryptage des données afin d'en renforcer leur confidentialité.
  - **Protection des données en écriture** : afin d'éviter la suppression ou la modification des données.
  - **Fonctions multimédias** prises casque et lecture de fichiers audios (généralement au format MP3).



# **LE DÉMARRAGE DE L'ORDINATEUR**

**Le BIOS**

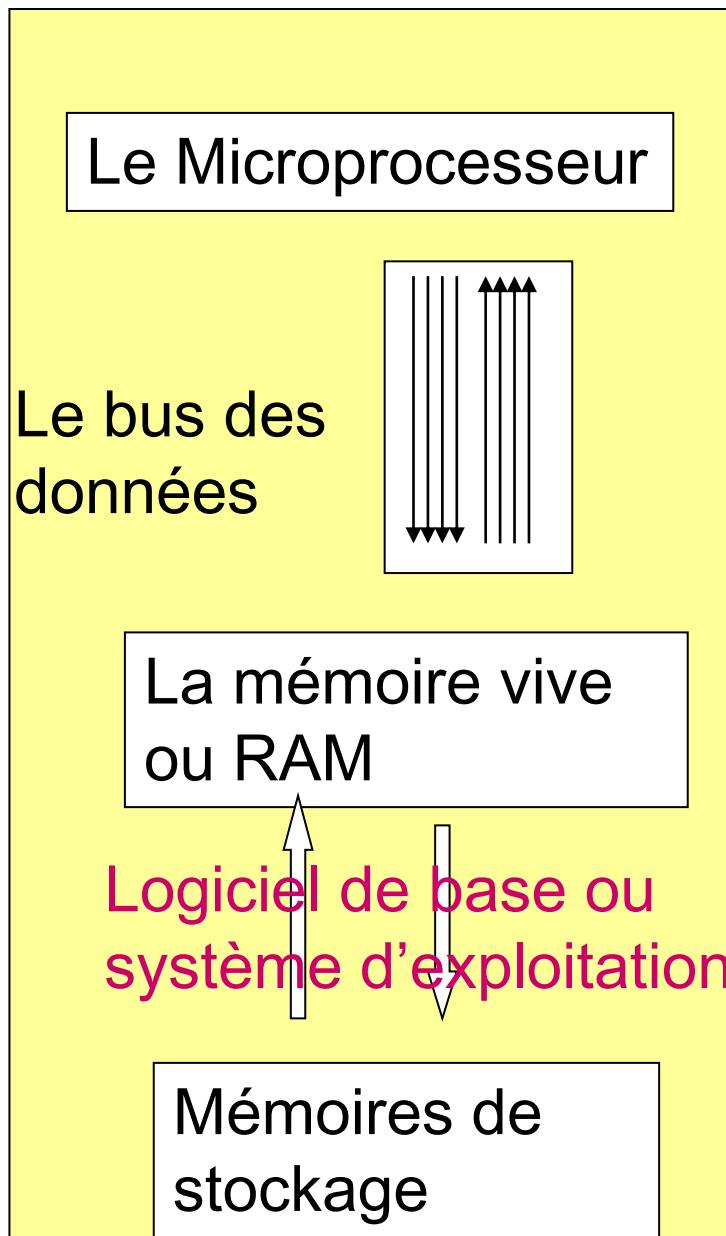
**Le rôle du système d'exploitation**

# LE BIOS(BASIC INPUT/OUTPUT SYSTEM)

- Le bios est un programme (logiciel) stocké en partie dans une mémoire ROM et dans une mémoire EEPROM (mémoire modifiable) qui permet le contrôle des éléments matériels de votre ordinateur.
- L'exécution du Bios se fait à chaque démarrage de votre ordinateur.
- Il effectue les réglages et charge le logiciel de base.

# LE RÔLE DU SYSTÈME D'EXPLOITATION (OS)

- L' OS (Operating system) :
  - C'est le logiciel de base ou système d'exploitation.
  - Il est à la base de l'utilisation de l'ordinateur.
- Son rôle :
  - Il a deux utilités essentielles (de base) :
    - Le chargement de logiciels et de documents.
    - Le dialogue avec l'utilisateur.



Que se passet-il quand on allume l'ordinateur ?

La ROM est sollicitée et le Programme Bios est exécuté



L'information pour le chargement du logiciel de base est exécutée.

Quel est le nom du système d'exploitation utilisé par votre ordinateur ?

Windows 7 (...), Ubuntu (Linux).

# VIDÉOS

[http://www.dailymotion.com/video/xc5pz0\\_comment-est-fabrique-un-microproces\\_tech#rel-page-12](http://www.dailymotion.com/video/xc5pz0_comment-est-fabrique-un-microproces_tech#rel-page-12)

[http://www.dailymotion.com/video/x50ecx\\_explosion-d-un-processeur\\_tech#rel-page-under-7](http://www.dailymotion.com/video/x50ecx_explosion-d-un-processeur_tech#rel-page-under-7)