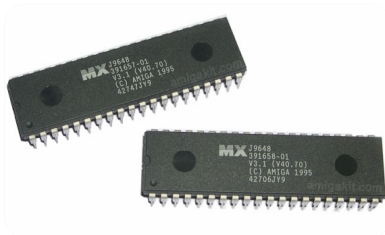


63-12

Introduction à l'Informatique



La Mémoire



Xavier Barmaz

School of Management | 

1

Unité et taille des mémoires

Vidéo: # digi7up bope# 

2

Unités

0 1 0 0 1

- Bit (b)
 - Plus petite unité d'information manipulable (Valeur 0 ou 1)
- Octet (o)
 - Appelé **byte** en anglais (B)
 - Unité d'information composée de 8 bits

10110101

11000011

11110001

3

Taille en bit et en octets

Tableau de conversion bits & octets

Mesure	en bits	en octets
	8 bits	1 octet
1 kilobit	1'000 bits	125 octets
1 kibibit	1'024 bits	128 octets
512 kibibits	524'288 bits	65'536 octets
1 mébibit	1'048'576 bits	131'072 octets
...

Différentes mesures de l'octet

Nom	Abréviation	Valeur	=
Kiloctet	ko	10^3	1'000 octets
Mégaoctet	Mo	10^6	1'000 ko = 1'000'000 octets
Gigaoctet	Go	10^9	1'000 Mo = 1'000'000'000 octets
Téraoctet	To	10^{12}	...
Pétaoctet	Po	10^{15}	...
Exaoctet	Eo	10^{18}	...
Zettaoctet	Zo	10^{21}	...
Yottaoctet	Yo	10^{24}	...

Mesures binaires de l'octet

Nom	Abréviation	Valeur	=
Kibiocet	kio	2^{10}	1'024 octets
Mébioctet	Mio	2^{20}	1'024 kio = 1'048'576 octets
Gibiocet	Gio	2^{30}	1'024 Mio = 1'073'741'824 octets
Tébioctet	Tio	2^{40}	...
Pébioctet	Pio	2^{50}	...
Exbioctet	Eio	2^{60}	...
Zébioctet	Zio	2^{70}	...
Yobioctet	Yio	2^{80}	...

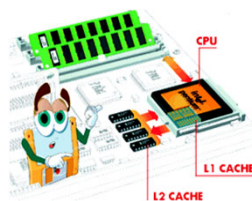
4

Pourquoi la « mémoire » ?

5

Pourquoi la « mémoire » ?

- Des données peuvent être stockées dans plusieurs endroits sur l'ordinateur
 - La zone la plus importante en taille est le disque dur
- La relative **lenteur** du **HD** par rapport au **processeur** ne permet pas son utilisation lors de l'exécution de programmes
- La mémoire **RAM** ou **mémoire principale** permet de palier en partie à ce problème.
- La mémoire **cache** (L1, L2, L3) permet de palier totalement à ce problème.



6

Analogie avec un bar



- EEPROM → Liste des prix
- Disque dur → La cave
- RAM → Les frigos bar
- Cache L2 → Le bar
- Cache L1 → Le plateau du serveur
- Registres → La main du serveur



Vidéocon # déj'jeq hq# 1 2 3 4 5

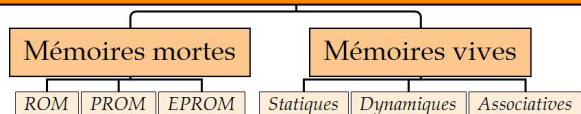
7

Types de mémoires



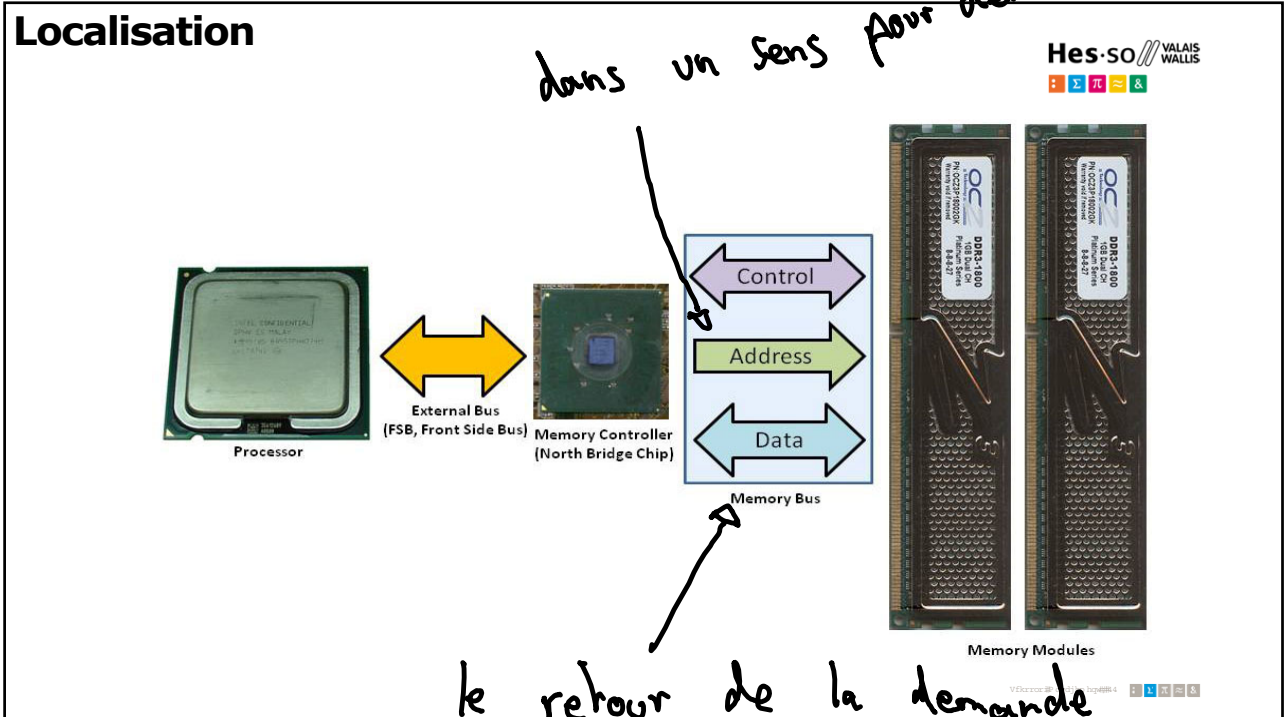
- **les mémoires à semi-conducteurs**
 - Mémoires mortes vs Mémoires vives
 - RAM, ROM, PROM, ...
 - très rapides mais de petites tailles
- **les mémoires magnétiques**
 - disque dur, disquette, ...
 - moins rapides mais avec une capacité plus importante
- **les mémoires optiques**
 - DVD, CDROM, ...

Mémoires à semi-conducteurs

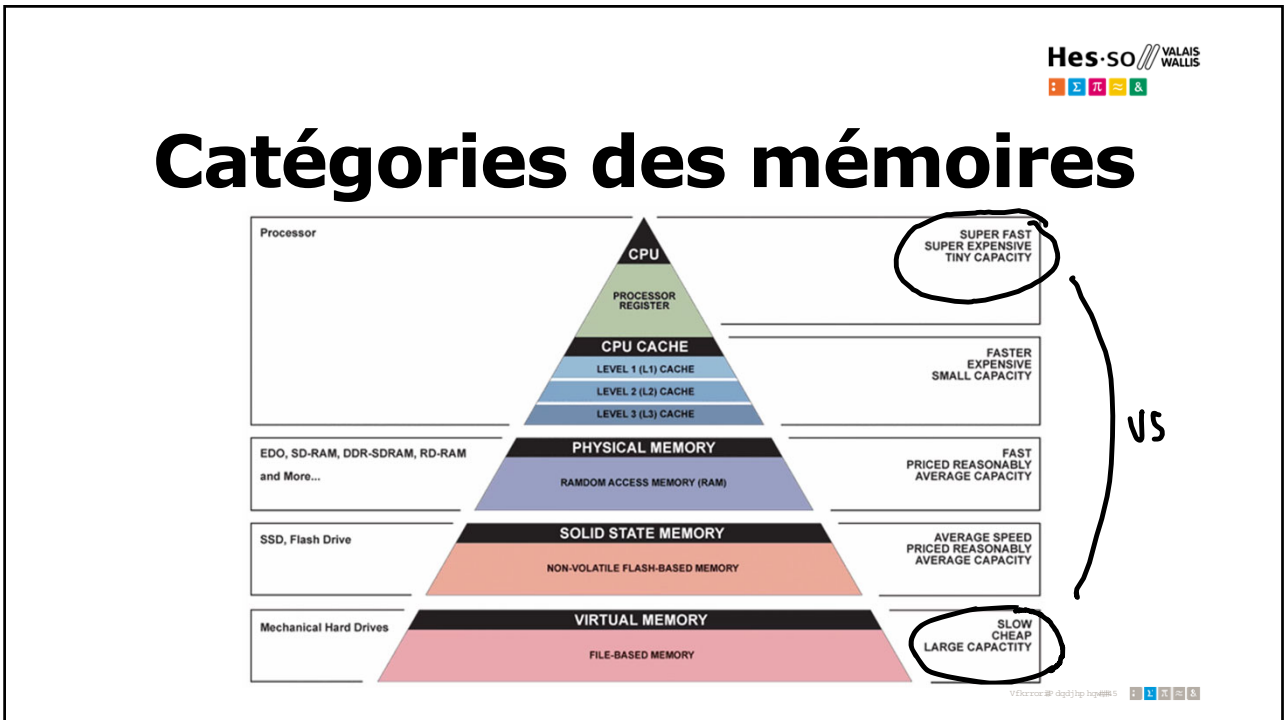


Vidéocon # déj'jeq hq# 1 2 3 4 5

8



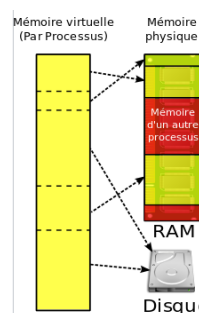
11



12

Catégories des « mémoires »

- dynamic ← ← stable
- Mémoire vive (**RAM**) : DRAM vs SRAM
 - Mémoire **volatile** : mémoire qui perd ses données si l'ordinateur est mis hors tension. La RAM est une mémoire volatile.
 - Mémoire morte (**ROM**) : les informations y sont écrites mais ne peuvent pas être modifiées.
 - Mémoire **flash** : mémoire rémanente. L'intégralité de ses données peut être effacée en une seule opération.
 - Mémoire de **masse** : ce terme englobe tous les périphériques de stockage (disques durs, clé USB, DVD, etc.).
 - **CMOS** du BIOS : contient une horloge et une petite mémoire avec les informations importantes pour le BIOS de l'ordinateur.
 - Mémoire **virtuelle** : repose sur l'utilisation de traduction à la volée des adresses (virtuelles) vues du logiciel, en adresses physiques de RAM :
 - Permet d'**utiliser de la mémoire de masse comme extension** de la mémoire vive.
 - Permet de mettre en place des mécanismes de **protection de la mémoire**.
 - Permet de **partager la mémoire entre processus**.
 - Mémoire **cache** : très rapide et permet l'accélération de certaines opérations.



↓ L1, L2, L3 } du processeur

13

c'est dans le cas où la RAM est pleine, on va utiliser un bout du HDD

Capacité

Chaque espace mémoire possède une **capacité mesurée en octets**. On a classiquement les valeurs suivantes :

Registre	64 octets à 1 Ko
Cache de niveau 1	32 Ko à 128 Ko
Cache de niveau 2	512 Ko à 8 Mo
Cache de niveau 3	3 à 10 Mo
Mémoire principale	512 Mo à 8 Go
Disque dur	250 Go à 2 To
CD	700 Mo
DVD, DVD blu-ray	4,7 Go à 50 Go
Clé amovible	1 Go à 32 Go
Bande	10 Go

↑ bande VHS, grande quantité, longévité

14

Structure des mémoires

15

Structure de la mémoire

- La mémoire centrale d'un ordinateur est une mémoire **adressable** (adresse numérique)
- Elle s'apparente à un ensemble de **casiers identifiés** par un numéro qui constitue une adresse
- On peut voir ces casiers comme un immense building où chaque étage est un casier



Un bus peut lire plusieurs casier..

16

!!! Processeur : Le mot machine

- Les casiers mémoires sont en général de la dimension d'un byte
- Un **mot machine** est l'**unité de base manipulée par un processeur**.
 - transfert de la mémoire au microprocesseur par le bus mémoire
 - la taille d'un mot s'exprime en bits ou en octets
 - les machines **accèdent à plusieurs casiers (byte) en une fois**
 - la taille est souvent utilisée **pour classer les microprocesseurs (32 bits, 64 bits...)**
 - un processeur est d'autant plus **rapide que ses mots sont longs**, car les données qu'il traite à chaque cycle sont plus importantes



↳ largeur du registre dans le processeur

↳ lecture 32 bits
donc 32 casiers
en une fois

17

Octet – mot binaire – mot long

- Un nombre binaire composé de 8 bits s'appelle un **octet (byte)** et peut prendre des valeurs (décimales) de 0 à 255.
 - Cette taille a son importance car c'est ce que peut contenir une case mémoire.
- Deux cases mémoire ensemble peuvent contenir 16 bits (permettant de stocker une valeur entre 0 et 65 535) et s'appellent parfois « **mot binaire** » (**word**)
- Un **long mot** étant alors quatre cases mémoire, soit 4 octets ou 32 bits (**dword**). Et un **gword** est de **64 bits**.

8 bits	16 bits	32 bits	64 bits
octet	WORD	DWORD	QWORD

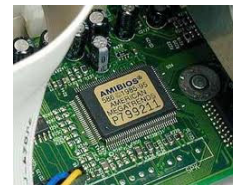
18

Les familles: ROM vs RAM

20

ROM vs RAM

- Deux grands types de mémoire :
 - ROM (**Read Only Memory**)
 - mémoires mortes
 - **non volatile**
 - **non éditable** d'origine
 - RAM (**Random Access Memory**)
 - mémoires vives
 - **volatile**
 - **éditable**



21

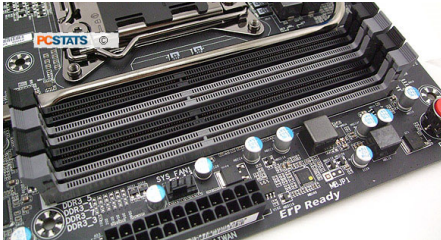
Les RAM

cher →

pas cher →

- La RAM est un circuit intégré constitué de millions de **transistors** et **condensateurs**.
 - Le **condensateur** est l'endroit où la **charge** réelle est **mémorisée**, représentée par des **0** ou **1** pour le système (pas pour la SRAM).
 - Un condensateur qui stocke une **valeur binaire de 1** contient donc **plusieurs électrons stockés** (avec une **charge négative**)
 - Le transistor agit comme une porte ou un commutateur.

<https://fr.living-in-belgium.com/capacitor-vs-transistor-6034>





22

Les RAM

- 3 grandes catégories
 - DRAM (Dynamic RAM): mémoire principale
 - SRAM (Static RAM): mémoire cache L1-L2-L3
 - VRAM (Video RAM): sur les cartes graphiques dédiées
- La RAM constitue la grande majorité de la mémoire principale

<https://fr.gadget-info.com/difference-between-sram>

23

DRAM (Dynamic RAM)

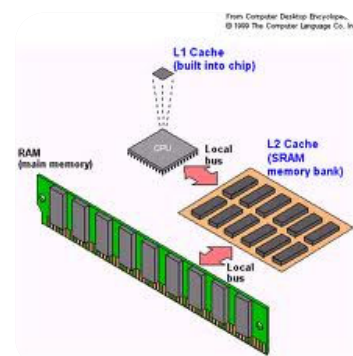


- Se **décharge lentement**
- Les condensateurs doivent être **constamment régénérés**
 - Grosse **consommatrice d'électricité**
- **Peu coûteuse**
- Principalement **utilisée pour la mémoire centrale de l'ordinateur**
- Beaucoup plus lente que le processeur

24

SRAM (Static RAM)

- Très **rapide**
- Ne **nécessite pas de rafraîchissement**
 - N'utilise **pas de condensateurs**
- **Chère car** nécessite plus de **transistors**
 - Permet de **stocker les données**
- Principalement utilisée **pour les mémoires cache du processeur**



<http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-sram-and-dram/>

25

Les ROM



- ROM (Read Only Memory)
 - impossible à reprogrammer
 - plus vraiment utilisée aujourd'hui

- PROM (Programmable ROM)
 - programmable par l'utilisateur
 - programmable **une seule fois par impulsion électrique sur un fusible**
 - une fois la programmation faite, il est impossible de modifier les données mémorisées car l'on ne peut pas remettre un fusible microscopique dans la cellule.

Vidéo sur le thème de la mémoire

²⁷
evolution

Les ROM



- EPROM (Erasable PROM)
 - bit stocké sous la forme de charges électriques localisées dans une cellule mémoire, isolées du reste du circuit
 - effaçable avec un outil **ultraviolets** qui décharge les cellules

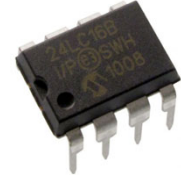
- EEPROM ou E²PROM (Electrically EPROM)
 - Effaçable par un **courant électrique** directement dans la machine
 - Utilisé pour le **BIOS**
 - Mémoire **flash** (Utilisé sur les sticks USB, carte mémoire, ...)



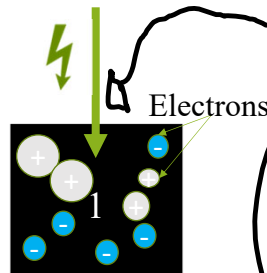
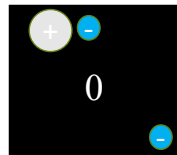
Vidéo sur le thème de la mémoire

EEPROM

- **E**lectrically-**E**rasable **P**rogrammable **R**ead-**O**nly **M**emory
 - Contenu peut être effacé électriquement et est reprogrammable autant que nécessaire
 - constituée de 'cellules' isolées électriquement
 - en injectant du courant dans ces cellules, les électrons qui se retrouvent « coincés » à l'intérieur vont changer les caractéristiques (ou valeur) de celles-ci.



Une cellule qui contient plus qu'un nombre donné d'électrons « coincés » à l'intérieur stockera l'information 1, tandis qu'une cellule plus vide stockera 0.

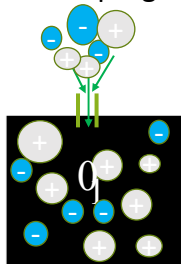


Ex: On décide que les cellules qui ont plus de 15 électrons valent 1 et celles qui ont moins ou 15 électrons valent 0.

29

EEPROM

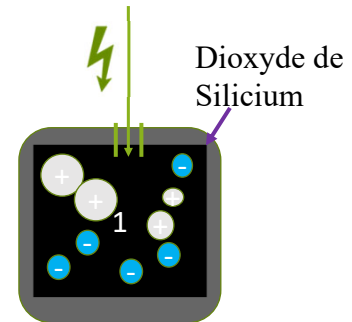
- Comment effacer le contenu d'une EEPROM
 - Imaginons cette cellule comme une petite chambre, avec une petite entrée étroite dans laquelle 30 personnes (électrons) sont serrées et s'agitent dans tous les sens.
 - Lorsqu'on veut faire sortir toutes ces personnes de la pièce, on fait entrer encore plus de gens dans la chambre (**on envoie une impulsion de haute tension**) jusqu'à ce qu'ils soient tellement entassés qu'ils se retrouvent presque tous propulsés dehors (effet quantique « *tunneling* »).
 - La cellule se retrouve alors **pratiquement** vide et l'information stockée 1 devient alors 0. On peut répéter le procédé combien de fois on veut, d'où le terme mémoire effaçable électriquement et reprogrammable (=la reemplir).



30

EEPROM

- Comment cette information est-elle « gardée » lorsqu'il y a une coupure de courant ?
 - Les cellules sont isolées électriquement. Elles sont incorporées dans du dioxyde de Silicium qui est un des meilleurs isolants électriques existants.
 - Ce qui veut dire que nos 'personnes' enfermées dans notre chambre, sans une impulsion électrique puissante, ne pourront jamais forcer la sortie par la petite porte, ni par nul par d'autre car il n'y a pas d'autre issue.
 - Sans courant électrique, l'information peut donc rester intacte pendant des dizaines d'années.



31

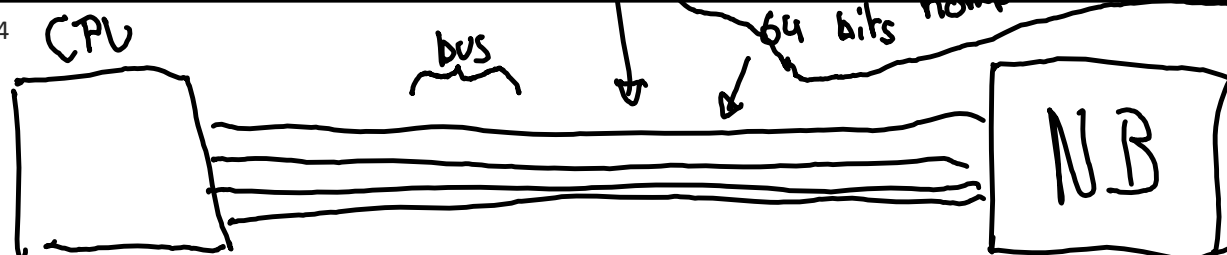
Résumé des différents types de mémoire

Type	Accès	Modifications	Initialisation	Volatile
RAM	Lecture/écriture	Électrique	Électrique	Oui
ROM	Lecture seule	Non	Masque	Non
PROM	Lecture seule	Non	Électrique	Non
EPROM	Essentiellement lecture	Ultraviolets	Électrique	Non
EEPROM Flash	Essentiellement lecture	Électrique	Électrique	Non

33

Caractéristiques des mémoires

34



Vitesse

- Fréquence et débit binaire
 - La **fréquence** (vitesse) de la RAM se mesure en **Megahertz** ou MHz (ou CAS mesuré en ns)
 - Nombres d'oscillations d'un phénomène périodique par unité de temps
 - 400 MHz à 2000 MHz (2GHz) et plus
 - Contraire de la période [s]
 - $F = 1/T$
- Le **débit** (bande passante ou bandwidth) de la RAM se mesure en **MegaBytes/s (ou bits/s)**
 - Mesure de la quantité de données numériques transmises par unité de temps
 - «PC2-9600» peut déplacer 9600 MegaBytes par secondes

DDR2-RAM	Speed
PC2-3200	400 MHz
PC2-4200	533 MHz
PC2-5300	667 MHz
PC2-6400	800 MHz
PC2-8500	1066 MHz
PC2-9600	1200 MHz

DDR3-RAM	Speed
PC3 8500	1066 MHz
PC3 10600	1333 MHz
PC3 12800	1600 MHz
PC3 14400	1800 MHz
PC3 16000	2000 MHz

<https://www.youtube.com/watch?v=52O-KfPgoNo>

<https://www.youtube.com/watch?v=9yVmtu9dNmY>

35

quantité \times vitesse = débit

Autre mesure de Vitesse

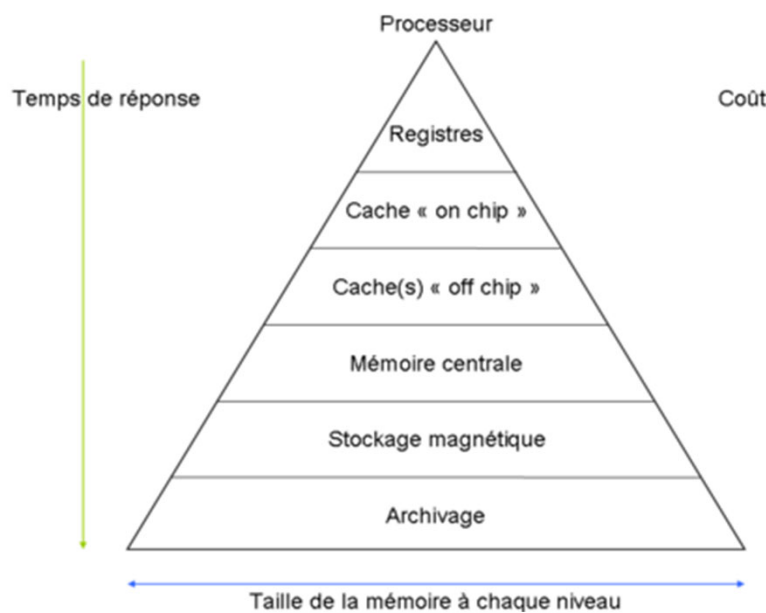
Un CAS bas est meilleur

- **CAS** [Column Address Strobe] en Nanosecondes
 - En parlant des activités des mémoires, la métrique temporelle couramment utilisée est la nanoseconde (ns)
 - Milliardième de seconde
 - Donc, en regardant une puce RAM qui stipule **70 ns**, cela signifie qu'il faut **70 nanosecondes pour lire et rafraîchir (DRAM) chaque cellule de mémoire.**

36

résumé

Rapport Capacité-Accès



38

Performances

*L'usage de la mémoire flash supprime en théorie le problème des temps d'accès, ramené à l'ordre de **0,1 ms seulement**

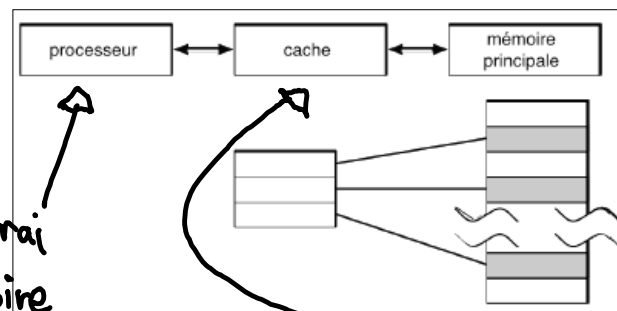
Un ordinateur est donc composé de plusieurs types de mémoire !

Nom	Tps accès	Performance
ROM	• 150ns	<ul style="list-style-type: none"> Se programme à la fabrication Moins utilisée à nos jours Read Only
PROM	• 150ns	<ul style="list-style-type: none"> Programmable qu'une seule fois par l'utilisateur Programmation « fusible » Read Only
EPROM	• 150ns	<ul style="list-style-type: none"> S'efface au UV Le programme s'efface après 40 ans Utilise un programmeur spécifique Essentiellement lecture
EEPROM	• 120ns	<ul style="list-style-type: none"> S'efface et se prog. Électriquement (limitée à 1'000'000x) Exemple d'utilisation : Stock. BIOS Essentiellement lecture
FLASH-ROM	• 50ns	<ul style="list-style-type: none"> Tps d'efface + prog. = très rapide Reprog. Jusqu'à 100'000x Le programme s'efface après 40 ans Faible consommation d'énergie Essentiellement lecture
SRAM	• 5ns	<ul style="list-style-type: none"> Très rapide Pas de rafraîchissement Read/Write
DRAM	• 60ns	<ul style="list-style-type: none"> Se décharge lentement Read/Write

39

La mémoire cache

- La mémoire principale n'arrive plus à suivre le **rythme effréné des fréquences d'horloge** des processeurs du marché.
- Le cache contient en permanence un **sous-ensemble** (une copie) des informations stockées en mémoire principale.



la vrai
mémoire
du processeur = registre

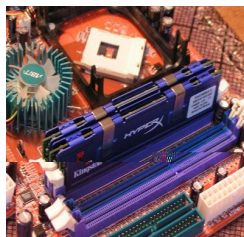
il anticipe les infos que le processeur veut.
Si le cache extrait pas ce serait plus lent

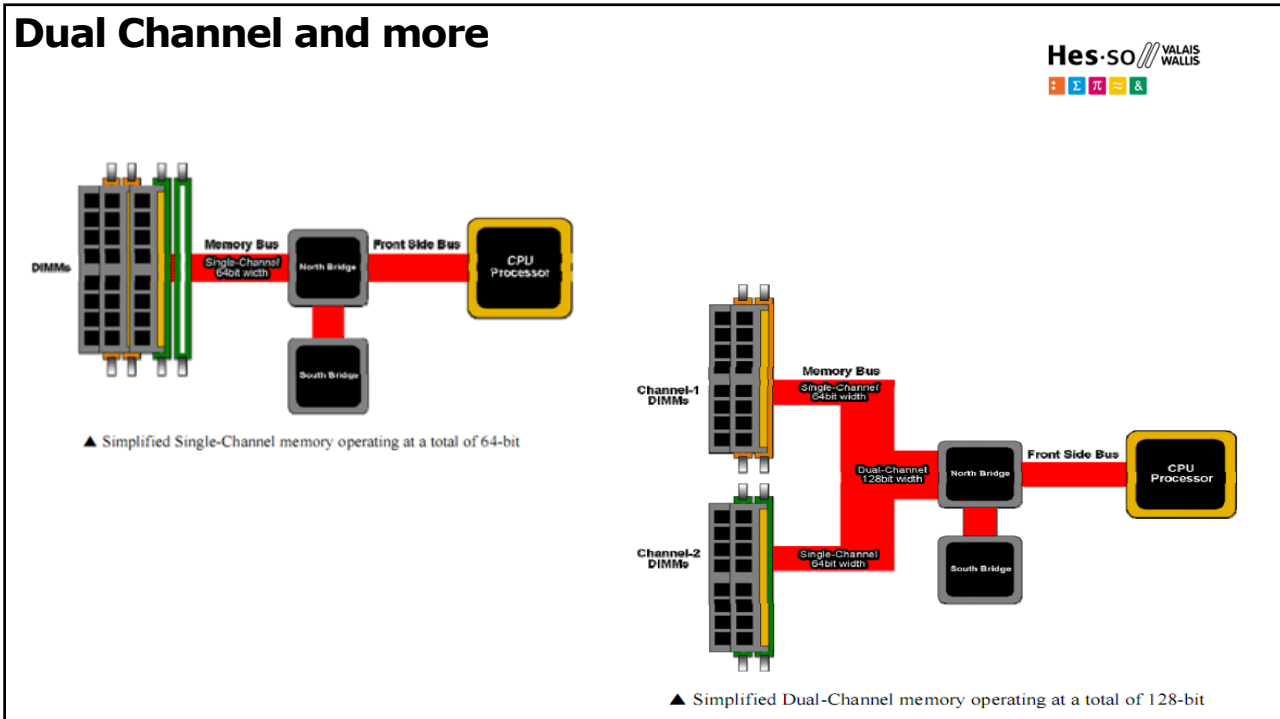
40

Tuning des mémoires

Dual Channel and more

- Le «dual channel» combine les deux mémoires pour
 - doubler la bande passante de la RAM en augmentant les canaux
 - augmenter la vitesse à laquelle la RAM est accédée (~20%)
- La carte mère doit supporter l'activation du dual-channel ou plus de manière automatique ou manuelle.





51

Overclocking

- L'Overclocking consiste à :
 - Faire **fonctionner la RAM plus vite** qu'elle n'est supposée pour augmenter les performances.

RAM

64 bits

→

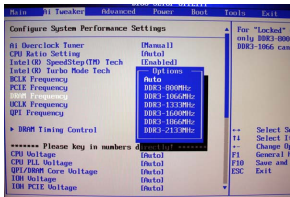
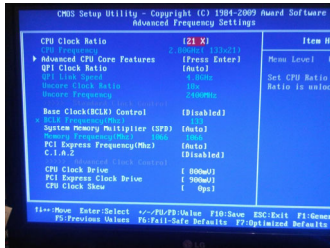
CPU

64 bits

→

CPU

- Il est nécessaire de modifier les paramètres dans le **BIOS** de la carte mère.
 - But: **modifier la tension** de la RAM pour garder l'environnement stable

52

Résumé



- Il existe **différents types de mémoires**, se distinguant par leurs **performances**, leurs **accès**, leur **fabrication**.
- La mémoire électronique rapide (**RAM statique**) est utilisée dans le processeur et la mémoire cache, tandis que la **RAM dynamique** est le choix idéal pour la mémoire principale.
- La **mémoire secondaire** oblige à faire appel à un support optique ou magnétique, avec des performances bien moindres mais une capacité inégalée.



53

Sources



- <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-sram-and-dram/>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9moire_virtuelle#M%C3%A9moire_virtuelle_pagin%C3%A9e
- <https://www.youtube.com/watch?v=52O-KfPgoNo>
- <https://www.youtube.com/watch?v=9yVmtu9dNmY>
- https://xtronics.com/wiki/How_EPROMS_Work.html
- <https://www.elprocus.com/eeprom-features-applications-circuit-diagram/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=U6i8Xmi0Y20>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Electrically-erasable_programmable_read-only_memory
- <https://en.wikipedia.org/wiki/EEPROM>



54