

# Architecture des ordinateurs

## Mémoire

Florent Devin, Matthias Colin



Ecole Internationale des Sciences du Traitement de  
l'Information

# Introduction

# Introduction

## Importance

Deux caractéristiques essentielles pour un ordinateur :

- Vitesse de traitement
- Capacité à mémoriser les informations

## Mémoire

- enregistrer
- conserver
- restituer des informations

# Généralités

# Caractéristiques

## Définitions très large

- Mémoire : dispositif (électronique) capable de conserver et de restituer une information
- Mot mémoire : ensemble de bits pouvant être lus ou écrits simultanément

## Remarque

La performance des  $\mu$ processeurs augmente de 55% par an depuis 1987.

La performance des mémoires augmente de 7% par an !

# Caractéristiques

## Différents types physiques de mémoires

Principaux supports utilisés :

- Semi-conducteur : registres
- Magnétique : disquettes
- Optique : CD, DVD, Blue-Ray

# Caractéristiques

## Durée de mémorisation

- Fonction du temps :
  - Quasi-permanente : CD-ROM, disques, disquettes, ROM
  - temporaire : mémoires dynamiques, registres
- Alimentation électrique
  - Alimenté : RAM, registre,
  - Non alimenté : CD-ROM, ...

# Caractéristiques

## Capacité

- Représente le nombre d'information stockable
- Exprimé en mot (*word*) ou octet (*byte*)
- Utilisation des puissances de 2
  - $2^{10} = 1\text{K} = 1\,024$
  - $2^{20} = 1\text{M} = 1\,048\,576$
  - $2^{30} = 1\text{G} = 1\,073\,741\,824$
  - $2^{40} = 1\text{T} = 1\,099\,511\,627\,776$
  - $2^{50} = 1\text{P} = 1\,125\,899\,906\,842\,620$
  - $2^{60} = 1\text{E}$
  - $2^{70} = 1\text{Z}$
  - $2^{80} = 1\text{Y}$

# Caractéristiques

## Performance

- Temps d'accès : temps nécessaire à une opération de lecture/écriture
- débit : la quantité d'informations lues/écrites par unité de temp (1Mo/s)
- Mode d'accès : Manière de retrouver une information

# Caractéristiques

## Hiérarchie

L'idéal est de disposer d'une mémoire très rapide et illimitée !  
C'est impossible.

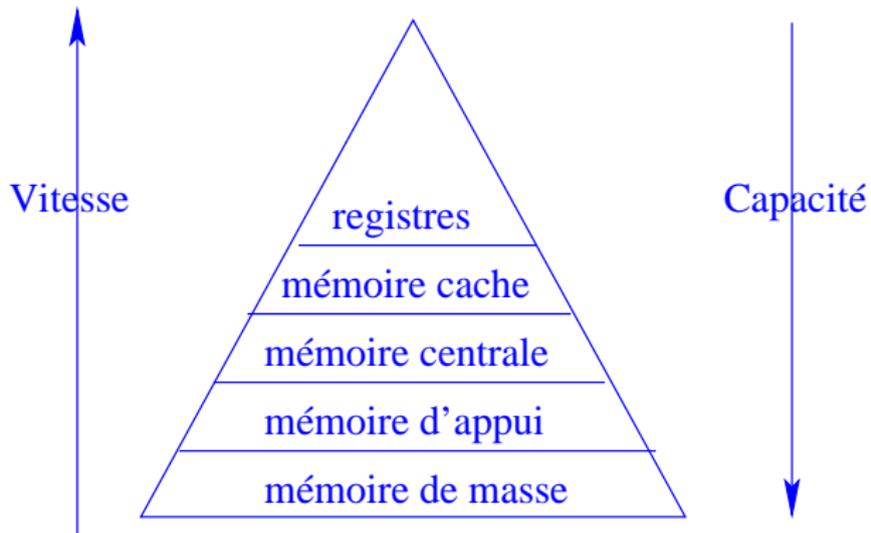
- d'une part du fait du coût engendré
- d'autre part technologiquement impossible (le temps d'accès augmente avec la capacité).

# Caractéristiques

## Hiérarchie

- Plus les données sont utilisées, plus on doit y accéder rapidement  $\Rightarrow$  hiérarchie
  - du plus rapide au moins rapide
  - du moins coûteux au plus coûteux
  - du plus petit au plus grand

# Schéma



# Registres

## Caractéristiques

- Situés dans le CPU
- Grande vitesse
- Stockage des opérandes et des résultats
- Capacité typique : 1 mot (32/64 bits)
- Débit : vitesse horloge processeur

# Mémoire cache

## Caractéristiques

- Mémoire rapide
- Faible capacité (par rapport à la mémoire centrale)
- Tampon entre CPU et mémoire centrale
- Capacité typique : quelques Mo

# Mémoire centrale

## Caractéristiques

- Mémoire principale
- Temps d'accès élevé
- Stockage des données et des programmes
- Capacité typique : quelques Go

# Mémoire d'appui

## Caractéristiques

- Présente dans les systèmes évolués
- Intermédiaire entre mémoire centrale et mémoire de masse
- Augmente la vitesse d'échange avec les périphériques

# Mémoire de masse

## Caractéristiques

- Mémoire périphérique
- Grande capacité
- Coût faible
- Lente
- Capacité typique : 2 Go à 2 To

# Caractéristiques des mémoires actuelles

## Tableau récapitulatif

	EDO	SDRAM PC100	DDRAM 2700	DDR2 PC2-6400	DDR3
Largeur	32	64	64	64	64
Capacité	16 Mo	256 Mo	512 Mo	1 Go	2 Go
Fréquence	66	100	333	800	1600
Débit (Mo/s)	267	800	2700	6400	>10000
Voltage	3.3	3.3	2.5	1.8	1.5

# Mode d'accès

# Présentation

## Différents modes d'accès

- Dépend de l'utilisation voulue
  - Accès aléatoire
  - Accès par le contenu
  - Accès séquentiel
  - Accès direct
  - Accès LIFO
  - Accès FIFO

# Accès aléatoire

## Présentation

- Mode d'accès le plus utilisé
- Un mot : une adresse
  - Indice dans un vecteur de longueur fixe de bits.
  - Désigne de manière fixe et non ambiguë le mot.
  - Fonctionnement identique à celui déjà présenté (Machine de Von Neumann)
  - Mémorisation de l'information à traiter dans un registre (RA)
  - Écriture/lecture via un registre (RM)

# Accès aléatoire

## Présentation

- À tout instant, n'importe quelle adresse peut être traitée, d'où le nom d'accès aléatoire.
- La taille d'une adresse dépend de la taille mémoire
  - Taille mémoire 4 Gbits  $\Rightarrow$  32 bits

# Accès aléatoire

## Utilisation

- Stockage des données et programme
- Liste des opérations possibles
  - Lecture(*adr*)
    - lecture de la donnée mémorisée dans le mot d'adresse *adr*.
  - Ecriture(*adr*, donnée)
    - écriture de *donnée* dans le mot d'adresse *adr*.

# Accès aléatoire

## Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(0, abc)	
Ecriture(1, def)	
Ecriture(2, ghi)	
Lecture(1)	def
Ecriture(1, jkl)	
Lecture(2)	ghi
Lecture(1)	jkl
Lecture(0)	abc

# Accès par le contenu

## Présentation

- Mémoire associative
- Principale utilisation → Mémoire cache
- Pas de notion d'adresse
- Composé de 2 parties
  - Un descripteur, clef
  - Le mot associé

# Accès par le contenu

## Utilisation

- Liste des opérations possibles
  - Ecriture(clé, donnée)
    - écriture d'une donnée associée au descripteur clé
  - Lecture(clé)
    - lecture de la donnée associée au descripteur clé
  - Existe(clé)
    - tester s'il y a une donnée associée au descripteur clé
  - Retirer(clé)
    - supprime une clé de la mémoire.

# Accès par le contenu

## Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(clé1, abc)	
Ecriture(clé2, def)	
Ecriture(clé3, ghi)	
Lecture(clé2)	def
Ecriture(clé2, jkl)	
Lecture(clé3)	ghi
Lecture(clé2)	jkl
Lecture(clé1)	abc

# Accès séquentiel

## Présentation

- Archivage d'importants volumes de données
- Écriture séquentielle
- Accès séquentiel
- Exemple : bande magnétique

# Accès séquentiel

## Utilisation

- Liste des opérations possibles
  - Début
    - pour se positionner sur la première donnée
  - Lecture
    - lecture d'une donnée
  - Ecriture(donnée)
    - écriture d'une donnée
  - Fin
    - aller à la fin des données

# Accès séquentiel

## Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue	Opération	Donnée lue
Début		Fin	
Ecriture(abc)		Ecriture(jkl)	
Ecriture(def)		Début	
Ecriture(ghi)		Lecture	abc
Début		Lecture	def
Lecture	abc	Lecture	ghi
Lecture	def	Lecture	jkl

# Accès direct

## Présentation

- L'utilisation classique sont les disques
- L'accès se fait bloc par bloc
- Une donnée appartient à un bloc
- Une donnée a une position dans un bloc
- Opération : lecture (bloc, déplacement), écriture (bloc, déplacement, donnée)
- Le temps d'accès est variable

# Accès LIFO

## Présentation

- Last In First Out
- Pile
- Plusieurs manières réaliser
  - utilisation de registres à décalage
  - simulation par une mémoire de type RAM
    - RA : compteur
  - D'autres techniques, mais plus complexe
- Souvent lié au mécanisme d'appel et de retour de sous programme

# Accès LIFO

## Utilisation

- Listes des opérations possibles
  - Ecriture(donnée)
    - écriture d'une donnée
  - Lecture
    - lecture d'une donnée
  - Sommet
    - lecture suivie d'une re-écriture (la pile est inchangée)
  - Vide
    - pour tester s'il y a encore des données

# Accès LIFO

## Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(abc)	
Ecriture(def)	
Ecriture(ghi)	
Lecture()	ghi
Ecriture(jkl)	
Lecture()	jkl
Lecture()	def
Lecture()	abc

# Accès FIFO

## Présentation

- First In First Out
- File
- Plusieurs manières de réaliser
  - l'utilisation de registres à décalage ;
  - la simulation par une mémoire de type RAM.
    - Utilisation de deux registres
- Tampon sur dispositif d'entrée

# Accès FIFO

## Utilisation

- Listes des opérations possibles
  - Ecriture(donnée)
    - écriture d'une donnée
  - Lecture
    - lecture d'une donnée
  - Vide
    - tester s'il y a encore des données mémorisées.

# Accès FIFO

## Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(abc)	
Ecriture(def)	
Ecriture(ghi)	
Lecture()	abc
Ecriture(jkl)	
Lecture()	def
Lecture()	ghi
Lecture()	jkl

# Mémoire principale

## ATTENTION

L'accès à la mémoire principale est le chemin le plus important dans l'ordinateur

# Mémoire principale

## RAM

- Stockent des données temporaires
- 2 catégories
  - RAM dynamique (DRAM)
    - Condensateurs utilisés comme unités de mémorisation.
    - Rafrâchissement périodique obligatoire
    - Simple, dense, peu coûteuse
    - Demeure depuis 20 ans la brique de base d'un ordinateur
    - Composée : 1 transistor, 1 condensateur

# Mémoire principale

## RAM

- Stockent des données temporaires
- 2 catégories
  - RAM statique (SRAM)
    - Bascules utilisées comme unités de mémorisation
    - Plus rapide
    - Pas de rafraîchissement
    - Composée : 4 transistors (2 portes NOR)
    - Coût plus élevé

# Mémoire principale

## ROM

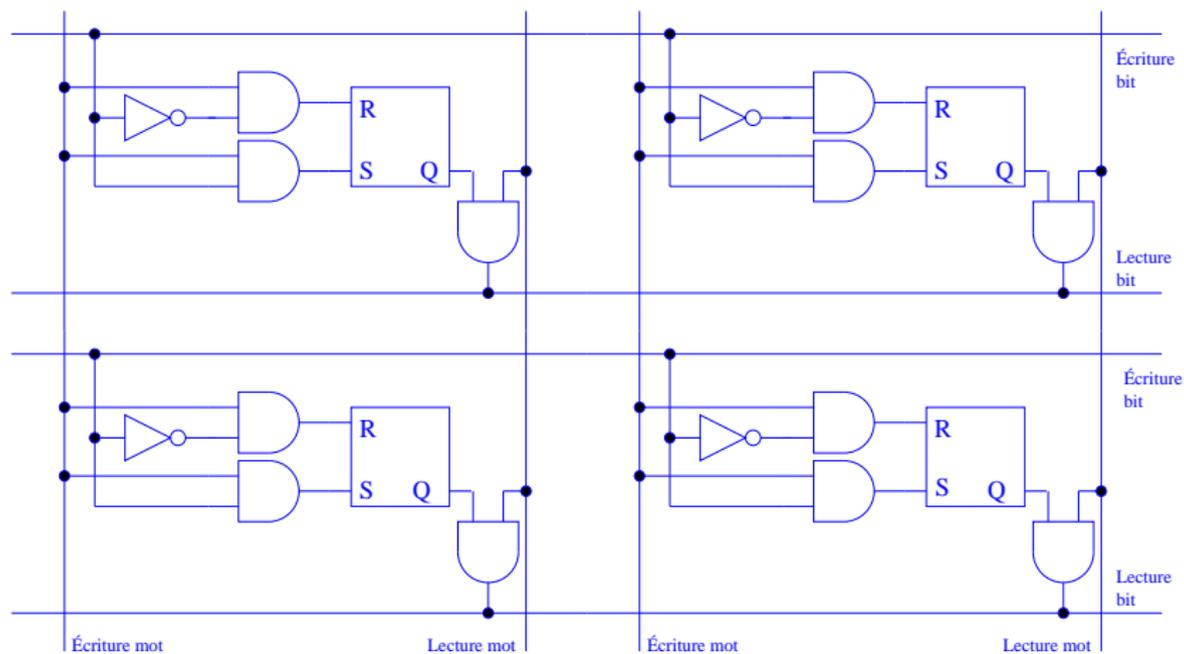
- Utilisées pour le stockage permanent
  - Programmes systèmes
  - Micro Programmation
- 4 catégories
  - ROM : écriture unique lors de la fabrication
  - PROM : écriture unique après la fabrication
  - EPROM : admet un nombre d'écriture limité (effaçage par ultra-violet)
  - EAROM : admet un nombre d'écriture illimité (effaçage par électricité)

# Mémoire principale

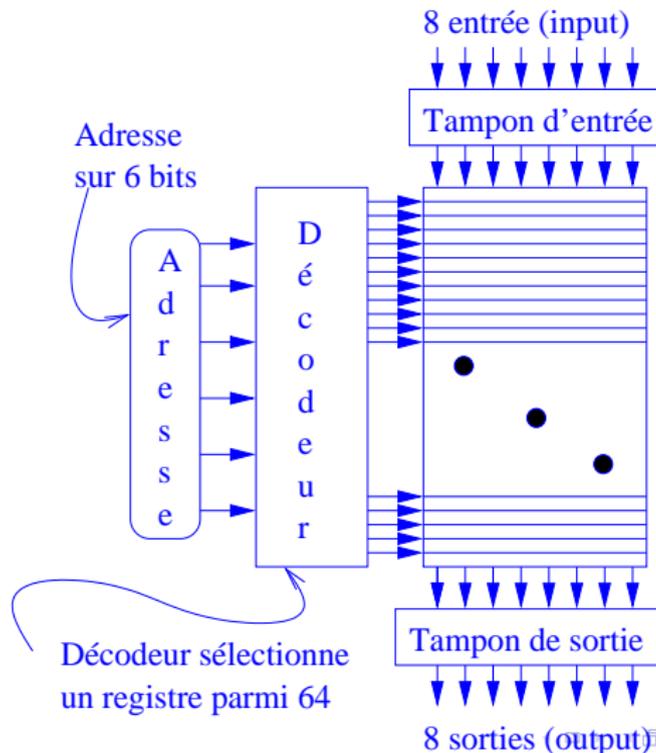
## Organisation

- élément de base d'une mémoire semi-conducteur : cellule
- Chaque cellule possède 3 connexions
  - Une entrée de connexion : indique si la cellule est concernée par l'opération courante
  - Une entrée de contrôle : indique si l'opération est écriture ou lecture
  - Une ligne bidirectionnelle pour les données

# Mémoire principale



# Mémoire principale

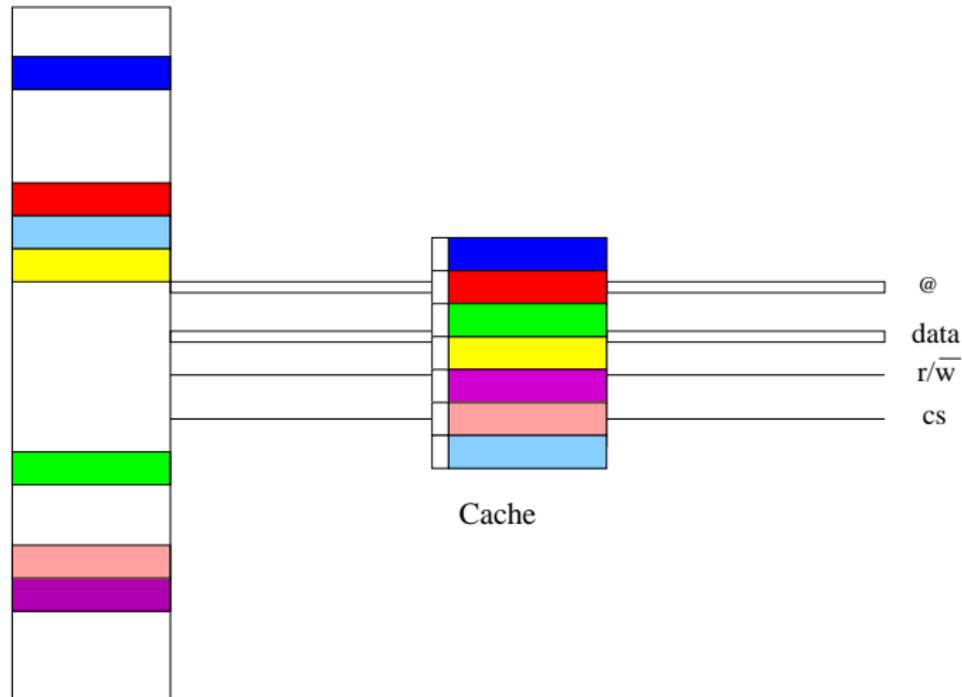


# Mémoire cache

## Présentation

- niveau de mémorisation intermédiaire
- très rapide : plusieurs dizaines de fois que la mémoire principale
- de petite capacité
- mémorise les données ou instructions les plus récentes
- situé
  - entre le processeur et la mémoire
  - entre le processeur et un autre cache

# Mémoire cache



Principale

Cache