

# **Architecture Matérielle des Ordinateurs**

*Thierry Joubert*

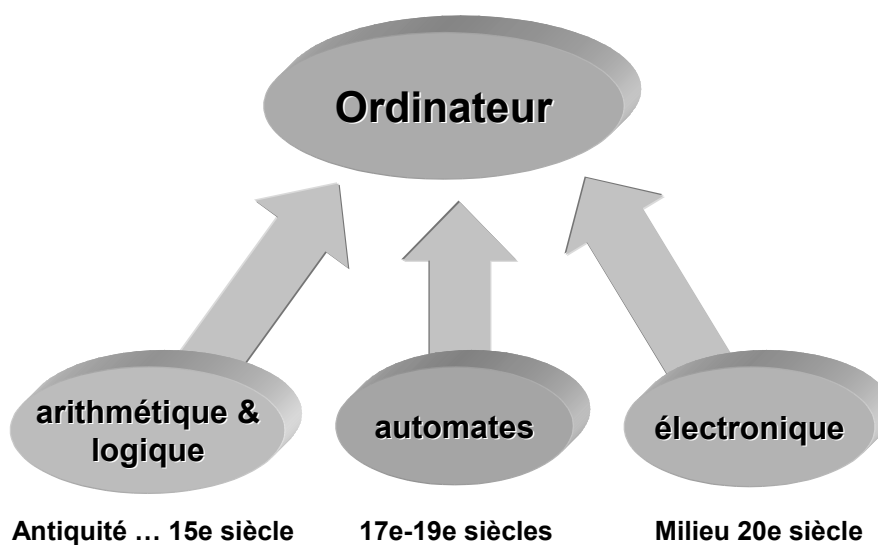
## **Plan**

- **Le calculateur numérique**
- **Les Entrées - Sorties**
- **Notions d'assembleur**
- **Architectures évoluées**

# Plan de la première partie

- ◆ historique
- ◆ Principe généraux
- ◆ Information numérique
- ◆ Unité de calcul
- ◆ Mémoire

## Origines



# Définition

- **Ordinateur :**  
☞ « **Automate électronique effectuant des opérations arithmétiques et logiques** »
- **Des caractéristiques intéressantes**
  - ❖ **Programmable**
  - ❖ **Rapide**
  - ❖ **Fiable**
  - ❖ **Dense**
  - ❖ **... Bon marché**

# Les Précurseurs

- **-3000 – Empereur Fou-Hi**  
Symboles : Premiers nombres binaires
- **1642 – Pascal**  
Machines arithmétiques : Calcul dirigé manuellement
- **1728 – Falcon / 1805 – Jacquard**  
Automates : Métier à tisser doté d'un programme
- **1833 – Babbage**  
Machine analytique : Unité de calcul, mémoire, registre et entrée des données par carte perforée
- **1840 – Ada Augusta Byron, comtesse de Lovelace**  
Principe : « Processus logique d'exécution d'un programme par itérations successives » ou algorithme



# L'envol

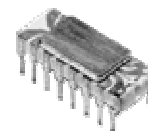
- **1937 – Alan M. Turing**  
Principe : Résolution des problèmes mathématiques en utilisant un ordinateur logique très simple
- **1943 – Howard Aiken (Harvard / IBM)**  
Calculateur électromécanique : le Mark I (3000 relais, 800 km de câbles, 3 opérations sur 23 chiffres par seconde)
- **1945 – Von Neumann**  
Description complète d'un ordinateur à programme enregistré
- **1946 – P. Eckert et J. Mauchly**  
Élaboration du premier ordinateur, l'ENIAC :
  - ❖ 19000 tubes, 30 tonnes, occupe 72 m<sup>2</sup>, consomme 140KW
  - ❖ Cadencé à 100KHz, 330 multiplications par seconde

© T. Joubert 2004

7

# L'ère informatique

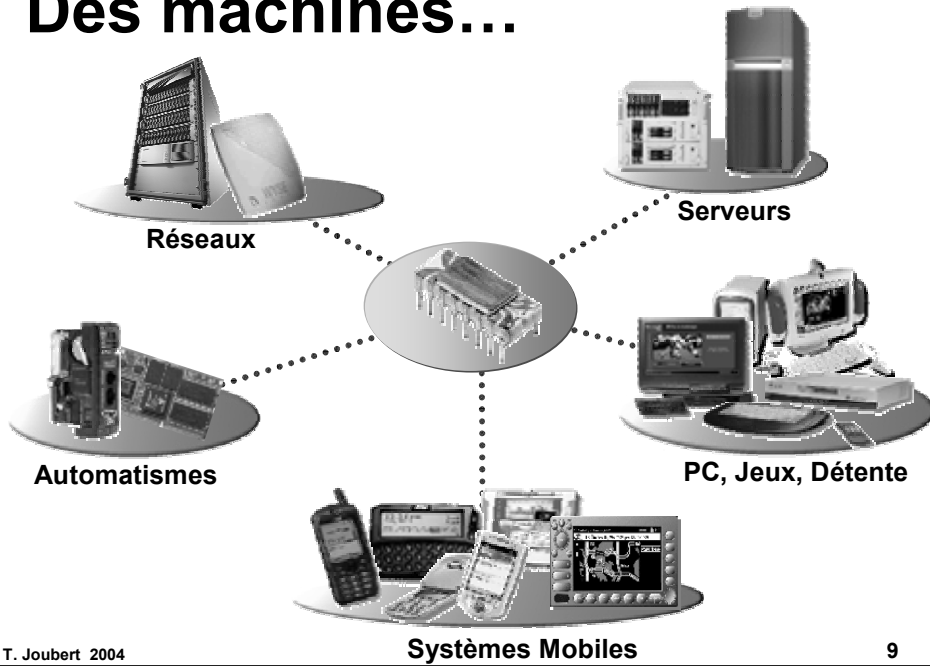
- **1947 – W. Shockley, W. Brattain et J. Bardeen (Bell)**  
Invention du transistor
- **1955 – TRADIC**  
Premier ordinateur à base de transistors
- **1959 – Texas Instrument**  
Annonce de la création du premier circuit intégré.
- **1971 – Marcian Hoff (Intel)**  
Vente du premier microprocesseur → Intel 4004 :
  - ❖ Processeur 4bits à 108KHz – Adressage sur 640 octets
  - ❖ 60000 instructions/seconde – 2300 transistors (10 µm)



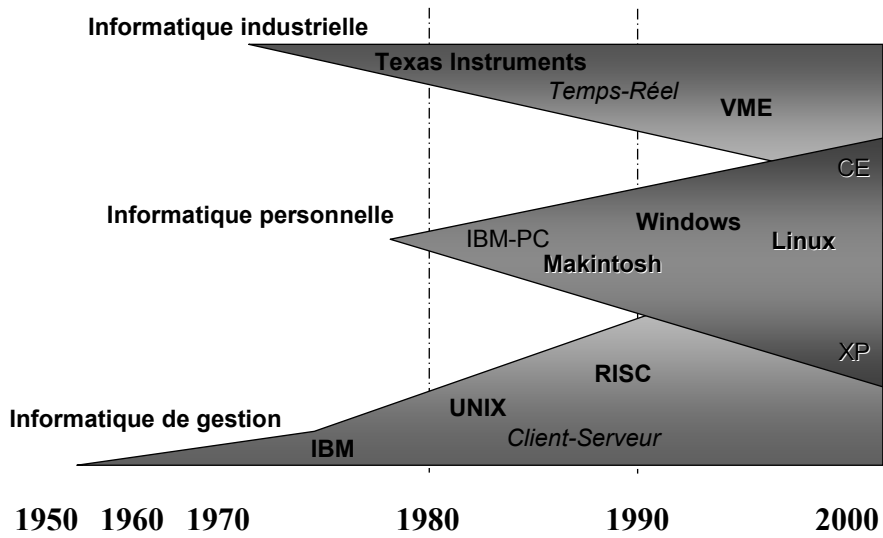
© T. Joubert 2004

8

# Des machines...



# Domaines d'application

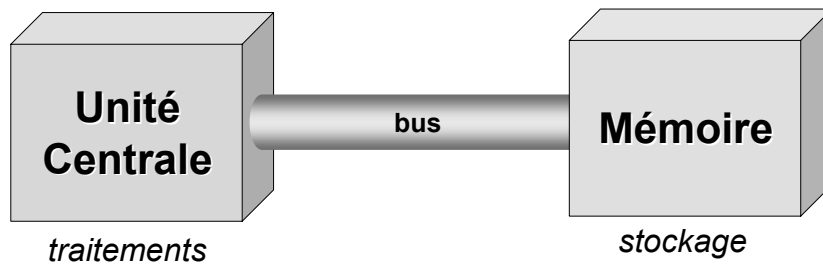


© T. Joubert 2004

10

# Organisation générale

- Architecture de Von Neumann :
  - ❖ Unité Centrale → *Traitements*
  - ❖ Mémoire → *Stockage*
  - ❖ Bus → *Transferts*

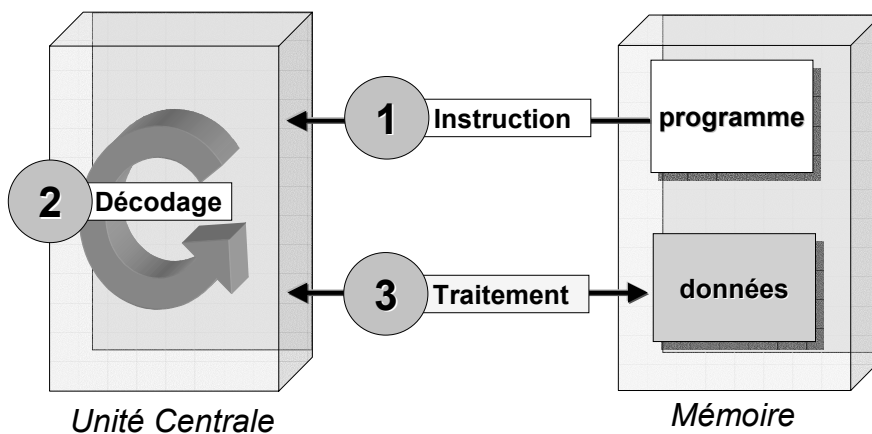


© T. Joubert 2004

11

# Principe général

- UC = Automate cyclique :
  - ❖ Extraction → Décodage → Traitement

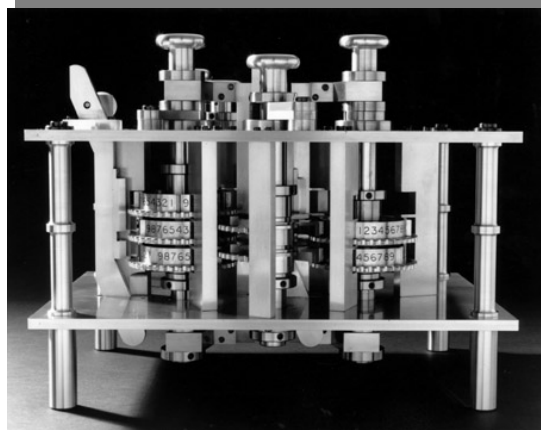


© T. Joubert 2004

12

# Automate mécanique

- Babbage XIX<sup>e</sup> siècle
  - ❖ Engrenages → état mécanique

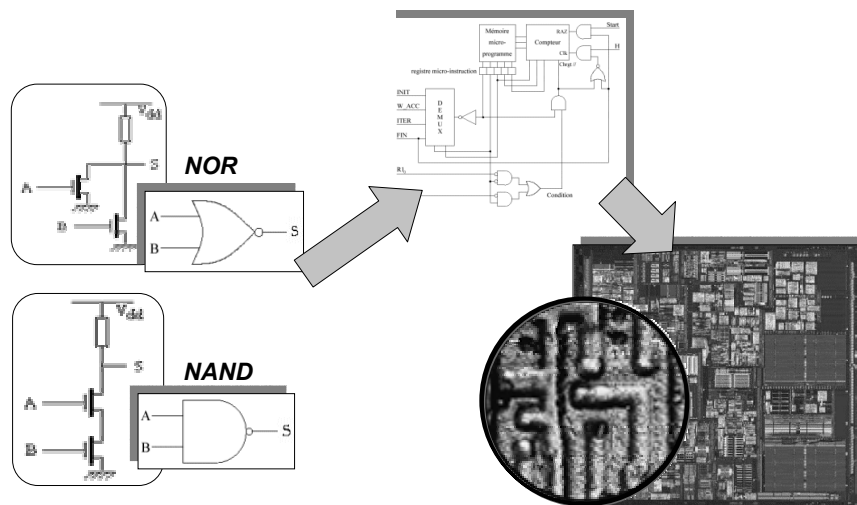


© T. Joubert 2004

13

# Automate électronique

- Transistors = interrupteurs → état électrique



© T. Joubert 2004

Puce de silicium

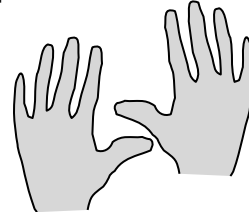
14

# ON-OFF $\Rightarrow$ Données binaires

- Principe de la numération de position :

- ❖ En base 10

$$1234 = 1 \times 1000 + 2 \times 100 + 3 \times 10 + 4 \times 1$$
$$10^3 \quad 10^2 \quad 10^1 \quad 10^0$$

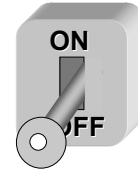


- \* Permet les opérations « en colonnes »

- ☞ Plus efficace que la notation « Romaine »

- ❖ En base 2

$$10011010010 = 1 \times 1024 + 1 \times 128 + 1 \times 64 + 1 \times 16 + 1 \times 2$$
$$2^{10} \quad \dots \quad 2^7 \quad 2^6 \quad \dots \quad 2^4 \quad \dots \quad 2^1$$



# Logique booléenne

- Algèbre de Boole (*binaire*) :

- ❖ Deux valeurs

- \* VRAI

- \* FAUX

- ❖ Trois opérateurs

- \* ET

- \* OU

- \* NON



# Logique et électronique

- Tables de vérité

a	NON a
0	1
1	0

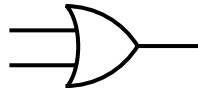
a	b	a OU b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a	b	a ET b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- Electronique



*inverseur*



*Porte « OU »*



*Porte « ET »*

© T. Joubert 2004

17

# Arithmétique binaire

- Opérations de base :

- ❖ Addition

- \* Opérateur OU « bit à bit » avec retenue

- ❖ Multiplication / Division par 2

- \* Décalage à gauche / à droite

- ❖ Comparaison

- \* Opérateur ET bit à bit

☞ L'arithmétique binaire peut être entièrement réalisée avec l'algèbre de Boole

© T. Joubert 2004

18

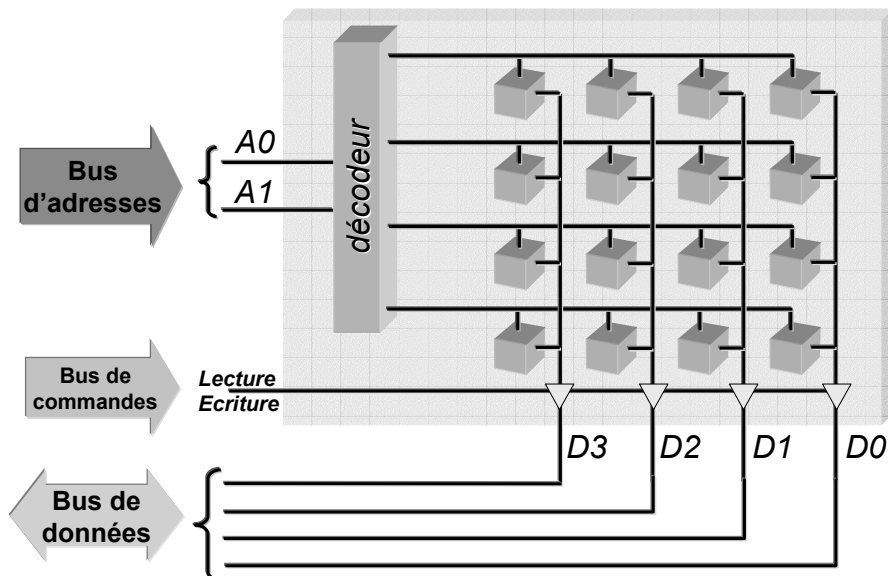
# Information numérisée

- Pour faire entrer la « réalité » dans la mémoire de l'ordinateur :
  - ✓ Nombres = binaires (01100010)
  - ✓ Logique = booléens (VRAI – FAUX)
  - ✗ Le reste = ???
- ☞ On transforme tout en nombres (*codage*)
  - \* Alphabet = tables ASCII puis UNICODE
  - \* Couleur = composantes (R, V, B)
  - \* Son, image = échantillonnage numérique
  - \* Etc...

© T. Joubert 2004

19

# La mémoire et les bus



© T. Joubert 2004

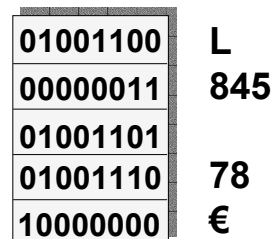
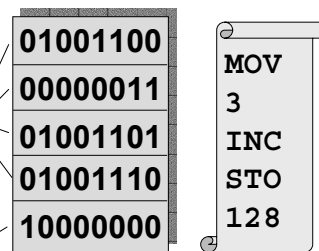
20

# Caractéristiques mémoire

- **Bus d'adresses**
  - ❖ Définit le nombre de cellules accessibles :
    - \* 24 bits → 16 777 215 (16 Méga)
    - \* 32 bits → 4 294 967 295 (4 Giga)
  
- **Bus de données**
  - ❖ Définit la taille de la cellule (mot UC)
  
  - ☞ La cellule adressable reste le plus souvent l'OCTET, un mot UC peut en contenir plusieurs

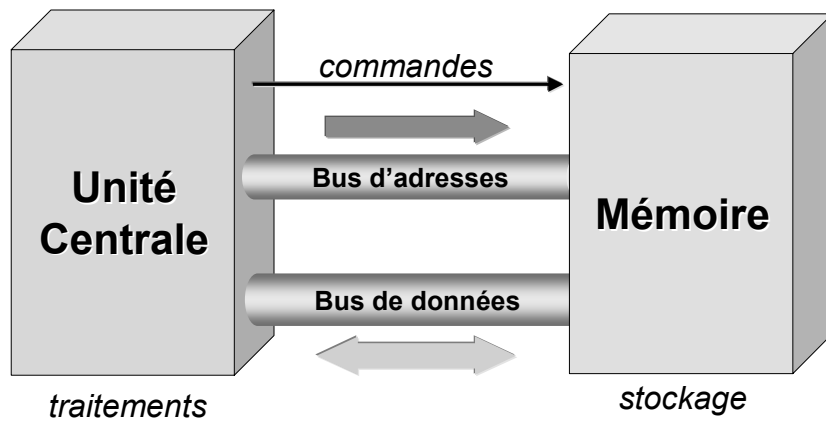
# Contenu de la mémoire

- **Programme**
  - ❖ **Opérations**
    - \* Numéro de « code op. »
  - ❖ **Opérandes**
    - \* Valeur numérique
    - \* Adresse d'une donnée
  
- **Données**
  - ❖ Valeurs numériques
  
- ☞ **Pas de différence !**



# Transferts d'information

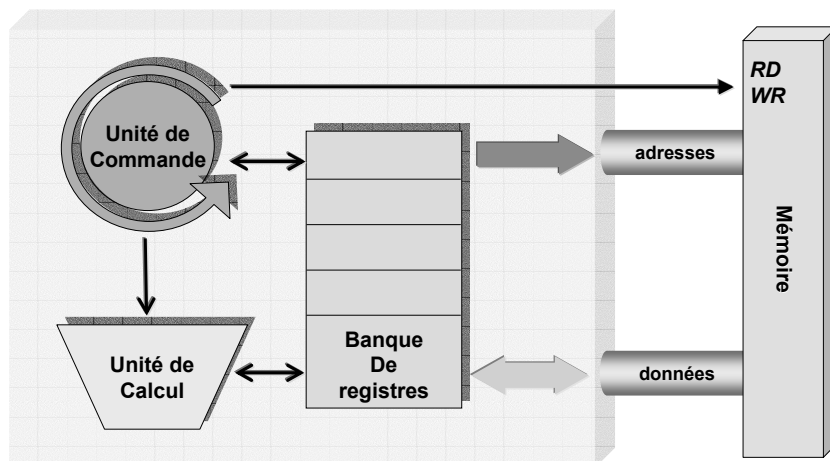
- Utilisation des bus



© T. Joubert 2004

23

# Composants de l'UC

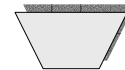


© T. Joubert 2004

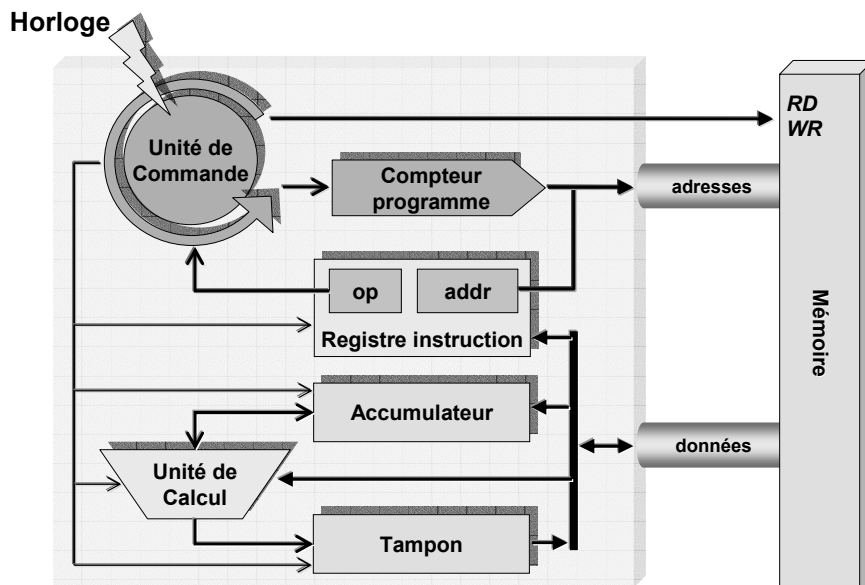
24

# Composants de l'UC

- **Unité de commande = « chef d'orchestre »**
  - ❖ Commande et synchronise les autres acteurs
  - ❖ Récupère et décode les instructions
  
- **Unité de calcul = « usine »**
  - ❖ Modifie les valeurs
    - \* Opérations de l'algèbre de Boole, décalages ...
  
- **Banque de registres = « magasin »**
  - ❖ Cellules mémoire spécialisées :
    - \* Interface avec la mémoire (recopies aller-retour)
    - \* Données utiles aux unités de commande et de calcul



# Composants de l'UC (détail)



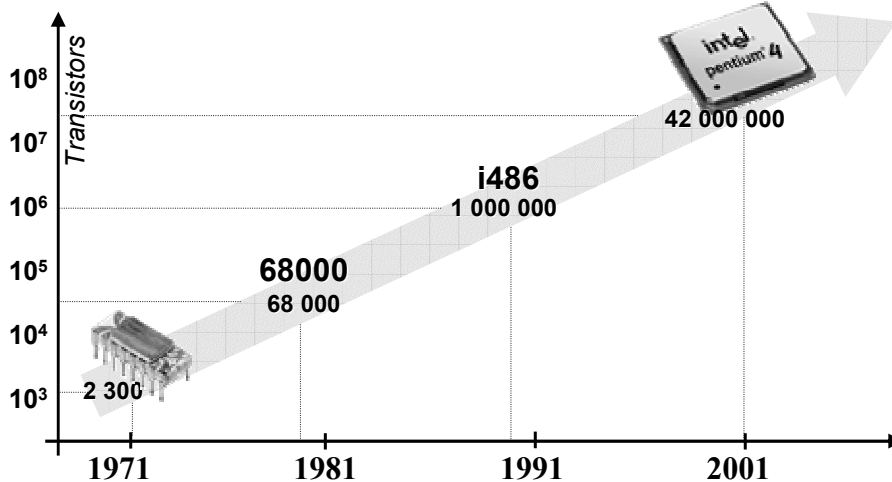
# Caractéristiques de l'UC

- Taille du mot machine
  - ❖ 32 bits – 64 bits
- Nombre d'instructions
  - ❖ Décodage câblé - micro programmé
  - ❖ CISC – RISC
- Nombre de registres
- Fréquence d'horloge

© T. Joubert 2004

27

# Progrès des UC



Loi de Moore (1968) : « La puissance des UC double tous les 18 mois »

© T. Joubert 2004

28

## Relation UC - Mémoire

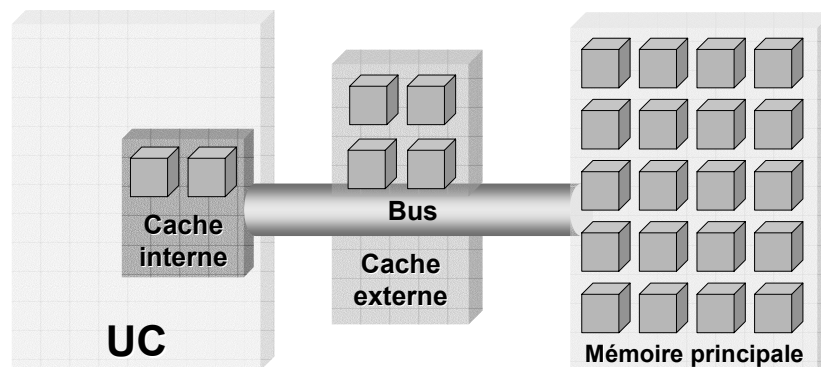
- **Une course inégale :**
  - ❖ Progrès UC = 55% par an
  - ❖ Progrès Mémoire = 7% par an
- **Compromis Mémoire**
  - ❖ Coût – Performances (Taille & Vitesse)
- **Solution = Fractionner**
  - ❖ Cache interne = mémoire très rapide
  - ❖ Cache externe = mémoire rapide
  - ❖ Mémoire principale

© T. Joubert 2004

29

## Transferts de blocs

- **Utilisation des Caches**
  - ❖ Blocs mémoire de taille fixe
  - ❖ Recopies de blocs entre caches et UC



© T. Joubert 2004

30

# Mémoire Principale

- **RAM : Random Access Memory**

- ❖ Mémoire Dynamique
- ❖ DRAM = Dynamic RAM
- ❖ SDRAM = Synchronous DRAM

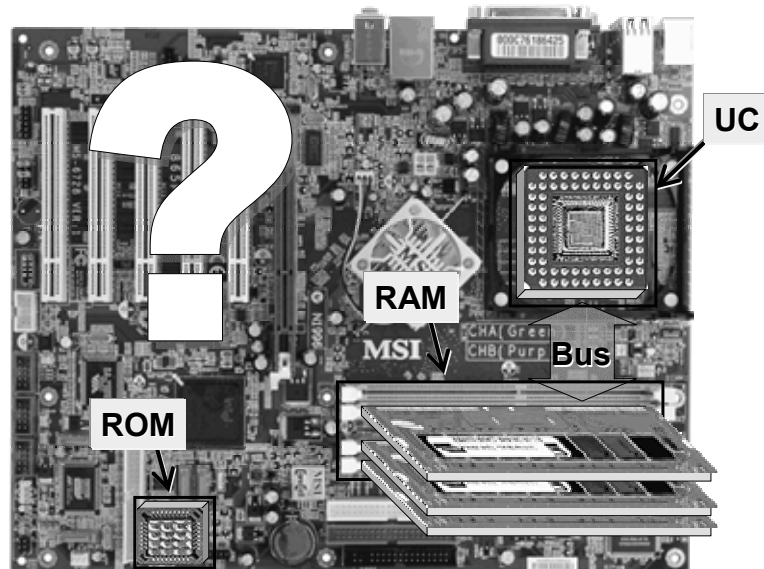


- **ROM : Read Only Memory**

- ❖ Mémoire Statique
- ❖ PROM = Programmable ROM
- ❖ EPROM, EEPROM = Erasable PROM
- ❖ FLASH = EEPROM exploitée par blocs



# Implantation PC





# **Conclusion**

- **Une architecture unique**
- **Des composants standardisés**
- **Relations avec l'extérieur ?...**