

Architecture Matérielle des Ordinateurs

Thierry Joubert

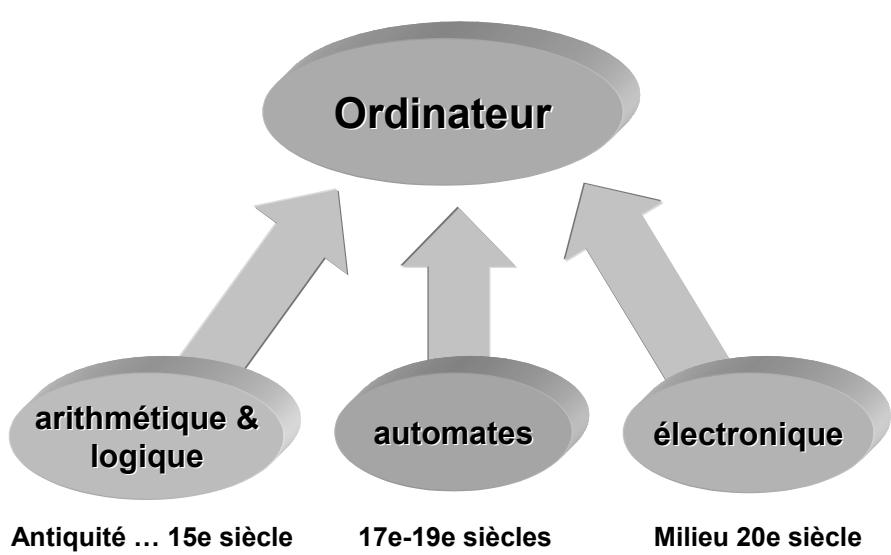
Plan

- **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 m², consomme 140KW
- Cadencé à 100KHz, 330 multiplications par seconde

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.

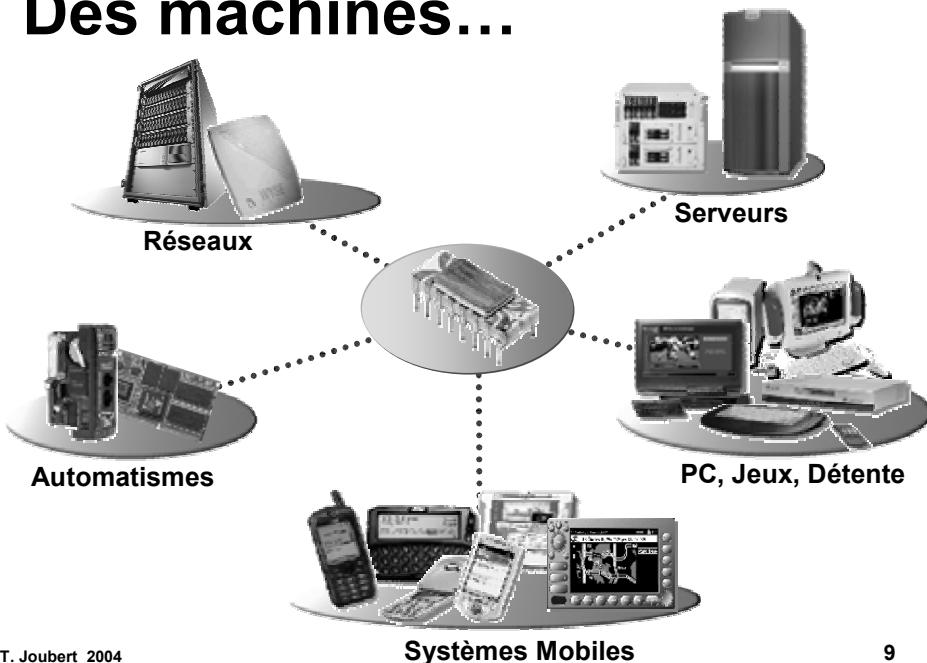
- **1971 – Marcian Hoff (Intel)**

Vente du premier microprocesseur → Intel 4004 :

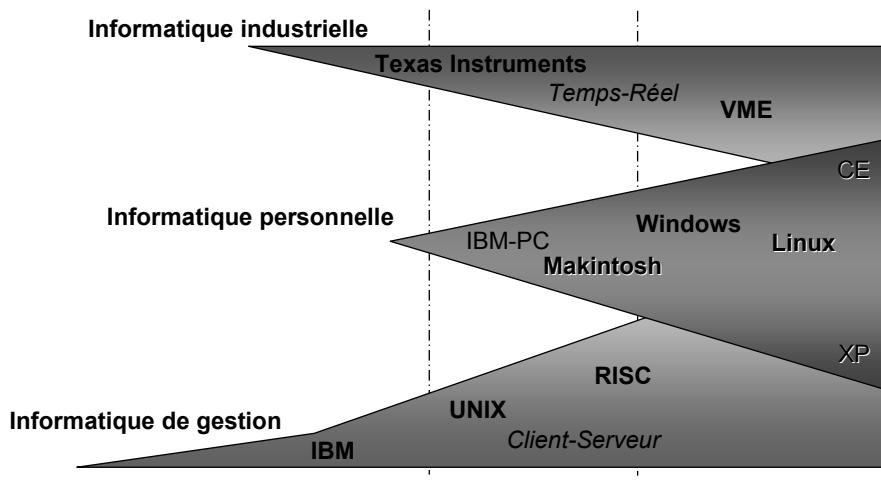
- Processeur 4bits à 108KHz – Adressage sur 640 octets
- 60000 instructions/seconde – 2300 transistors (10 µm)



Des machines...

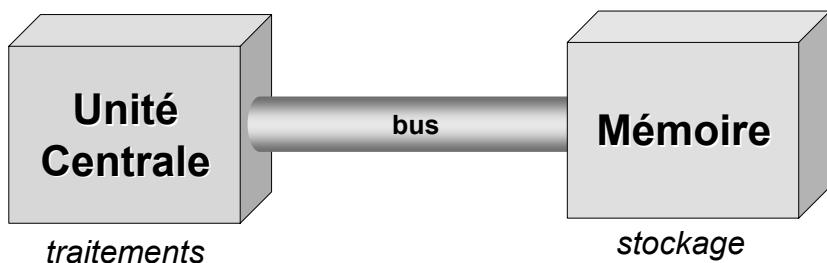


Domaines d'application



Organisation générale

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

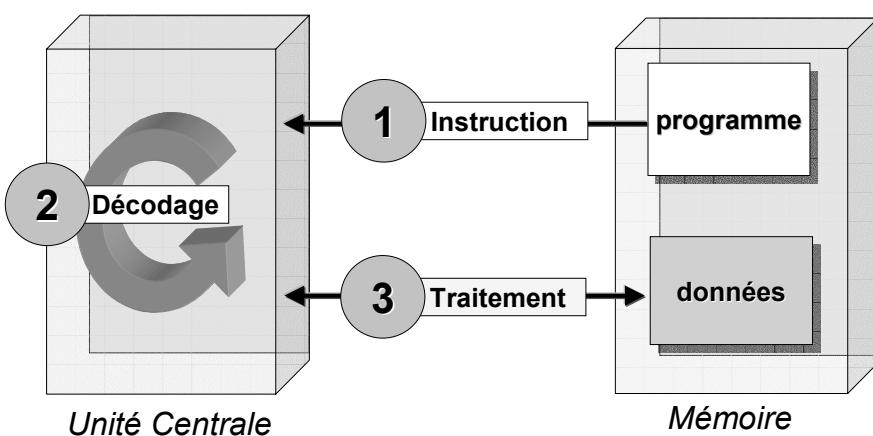


© T. Joubert 2004

11

Principe général

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

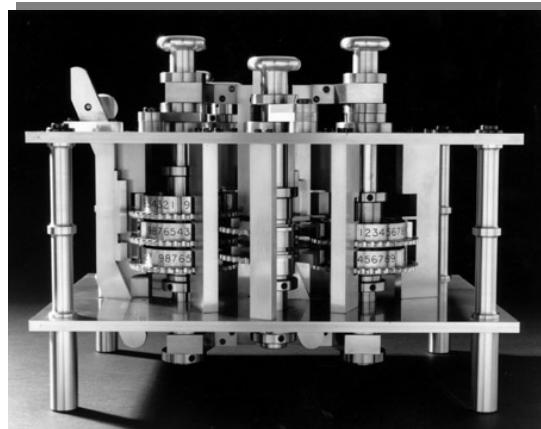


© T. Joubert 2004

12

Automate mécanique

- Babbage XIX^e siècle
 - ❖ Engrenages → état mécanique

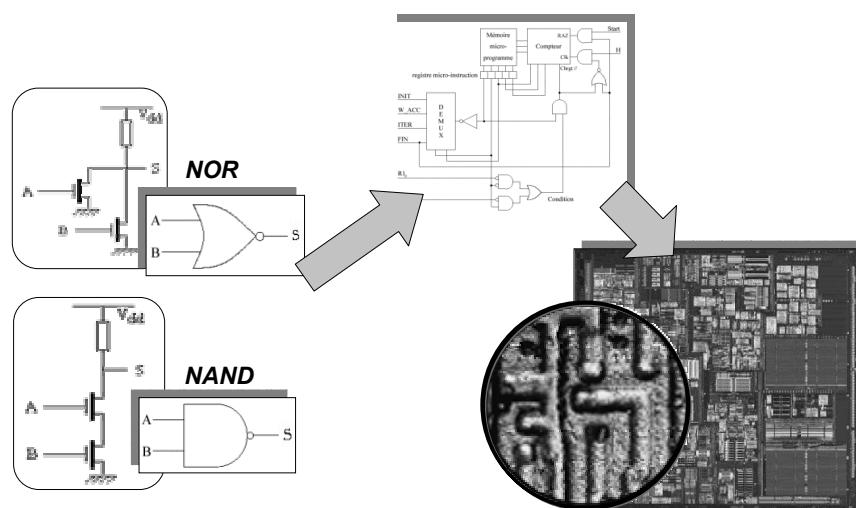


© T. Joubert 2004

13

Automate électronique

- Transistors = interrupteurs → état électrique



© T. Joubert 2004

Puce de silicium

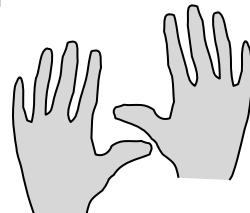
14

ON-OFF \Rightarrow Données binaires

- **Principe de la numération de position :**

- ❖ **En base 10**

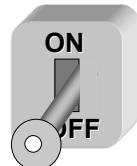
$$1234 = 1 \times 1000 + 2 \times 100 + 3 \times 10 + 4 \times 1$$
$$10^3 \quad 10^2 \quad 10^1 \quad 10^0$$



- * Permet les opérations « en colonnes »
 - ☞ Plus efficace que la notation « Romaine »

- ❖ **En base 2**

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



© T. Joubert 2004

15

Logique booléenne

- **Algèbre de Boole (*binaire*) :**

- ❖ **Deux valeurs**

- * VRAI
 - * FAUX

- ❖ **Trois opérateurs**

- * ET
 - * OU
 - * NON

© T. Joubert 2004

16

Logique et électronique

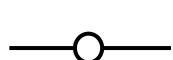
- Tables de vérité

a	NON a
0	1
1	0

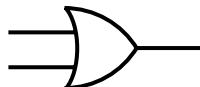
a	b	a OU b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

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

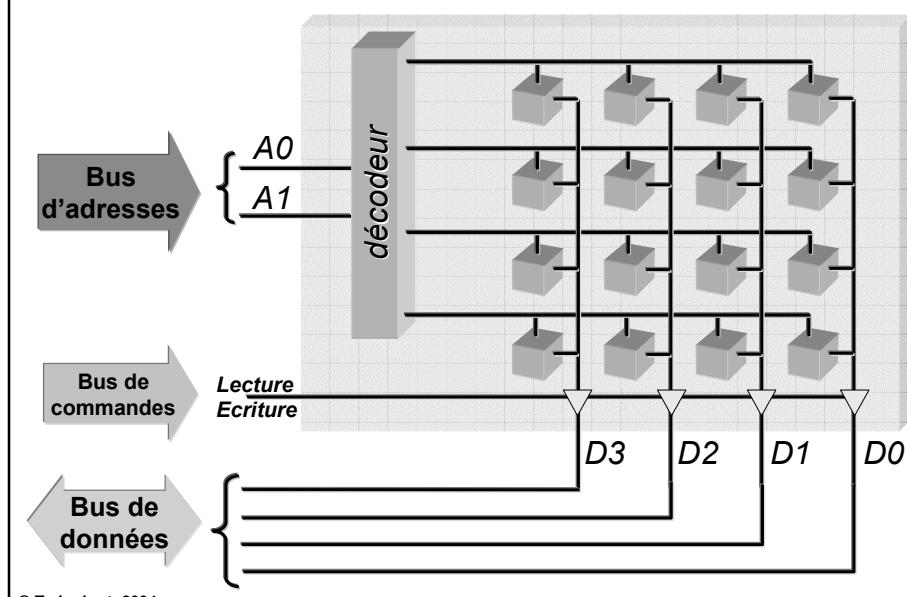
Information numérisée

- 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

© T. Joubert 2004

21

Contenu de la mémoire

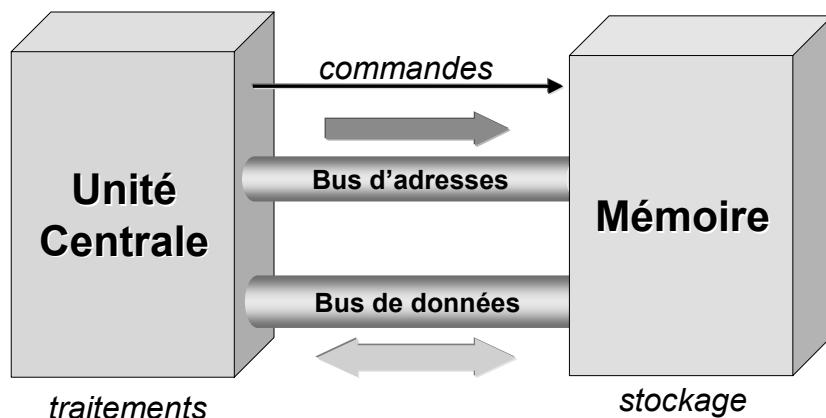
- **Programme**
 - ❖ Opérations
 - * Numéro de « code op. »
 - ❖ Opérandes
 - * Valeur numérique
 - * Adresse d'une donnée
 - **Données**
 - ❖ Valeurs numériques
- ☞ **Pas de différence !**
-
- | |
|----------|
| 01001100 |
| 00000011 |
| 01001101 |
| 01001110 |
| 10000000 |
- | |
|-----|
| MOV |
| 3 |
| INC |
| STO |
| 128 |
- | |
|----------|
| 01001100 |
| 00000011 |
| 01001101 |
| 01001110 |
| 10000000 |
- | |
|-----|
| L |
| 845 |
| 78 |
| € |

© T. Joubert 2004

22

Transferts d'information

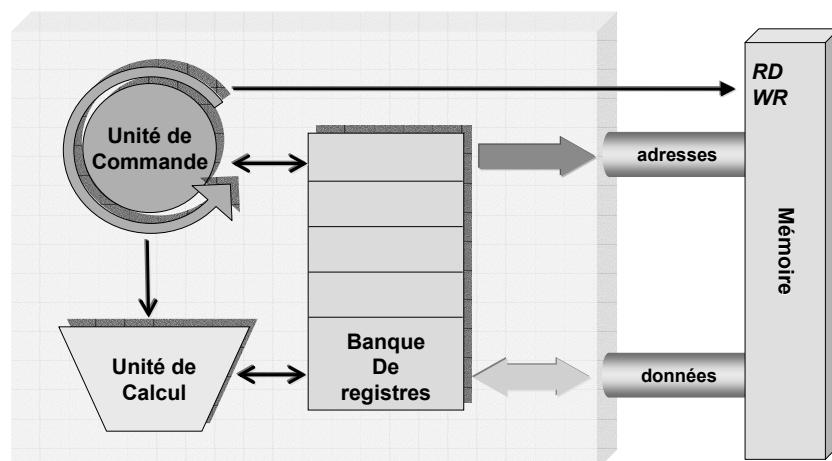
- Utilisation des bus



© T. Joubert 2004

23

Composants de l'UC

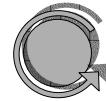


© T. Joubert 2004

24

Composants de l'UC

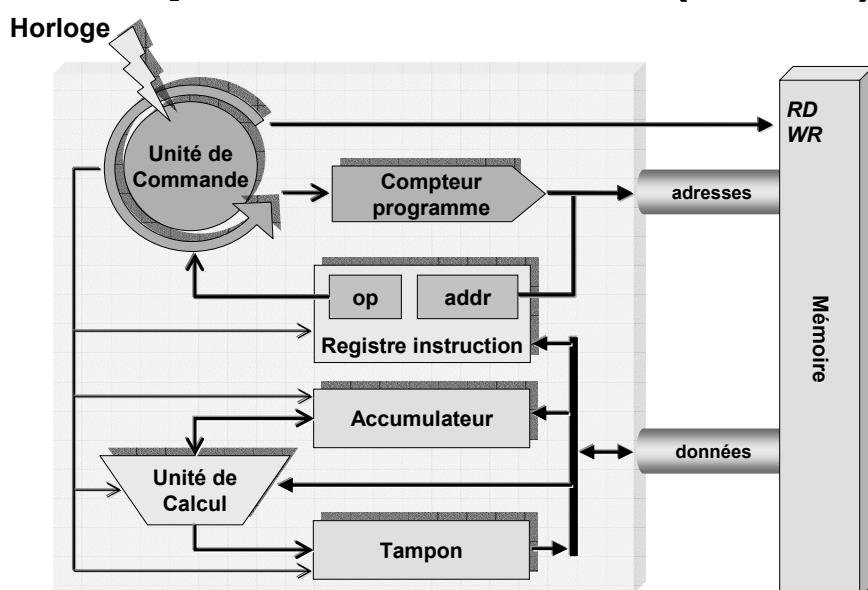
- **Unité de commande = « chef d'orchestre »**
 - ❖ Commande et synchronise les autres acteurs
 - ❖ Récupère et décode les instructions
- **Unité de calcul = « usine »**
 - ❖ Modifie les valeurs
 - * Opérations de l'algèbre de Boole, décalages ...
- **Banque de registres = « magasin »**
 - ❖ Cellules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



© T. Joubert 2004

25

Composants de l'UC (détail)



© T. Joubert 2004

26

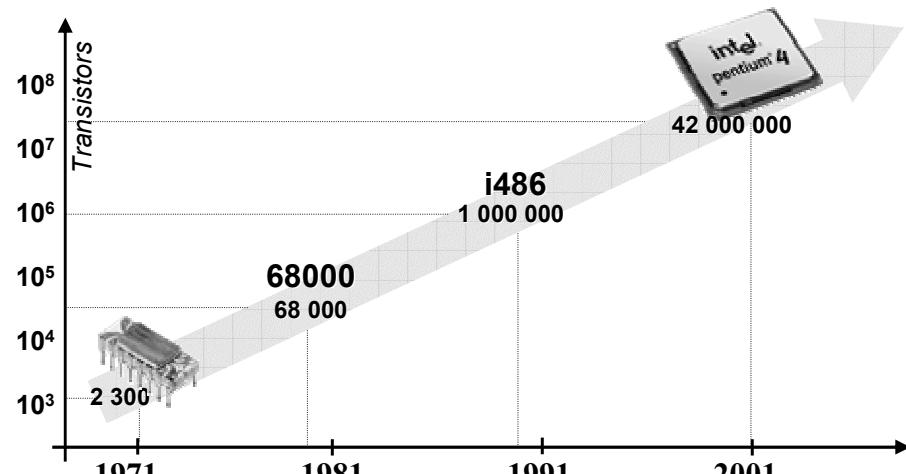
Caractéristiques de l'UC

- 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

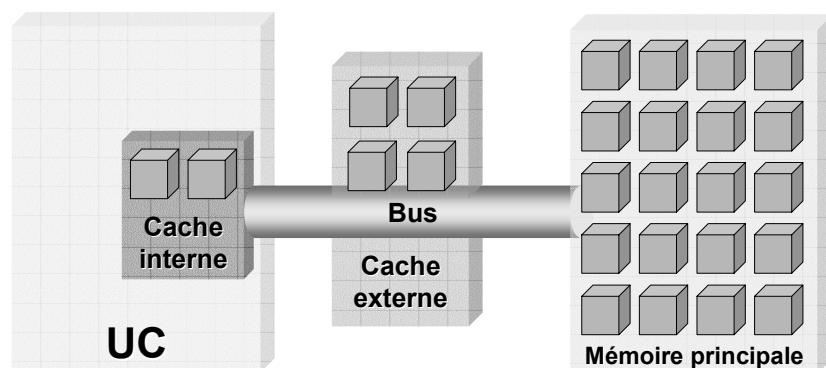
- **Une course inégale :**
 - ❖ Progrès UC = 55% par an
 - ❖ Progrès Mémoire = 7% par an
- **Compromis Mémoire**
 - ❖ Coût – Performances (Taille & Vitesse)
- **Solution = Fractionner**
 - ❖ Cache interne = mémoire très rapide
 - ❖ Cache externe = mémoire rapide
 - ❖ Mémoire principale

© 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

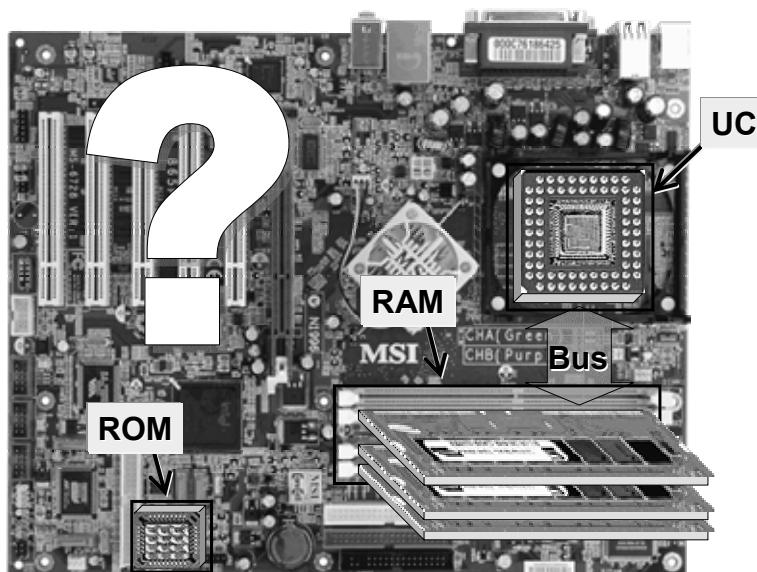
- **RAM : Random Access Memory**
 - ❖ Mémoire Dynamique
 - ❖ DRAM = Dynamic RAM
 - ❖ SDRAM = Synchronous DRAM
- **ROM : Read Only Memory**
 - ❖ Mémoire Statique
 - ❖ PROM = Programmable ROM
 - ❖ EPROM, EEPROM = Erasable PROM
 - ❖ FLASH = EEPROM exploitée par blocs



© T. Joubert 2004

31

Implantation PC



© T. Joubert 2004

32

Conclusion

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