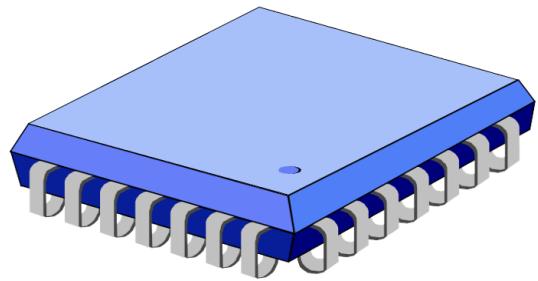


Cours

# Architecture des microprocesseurs



[doudou.dione@esp.sn](mailto:doudou.dione@esp.sn)

## ☐ Introduction

- ✓ Microprocesseur

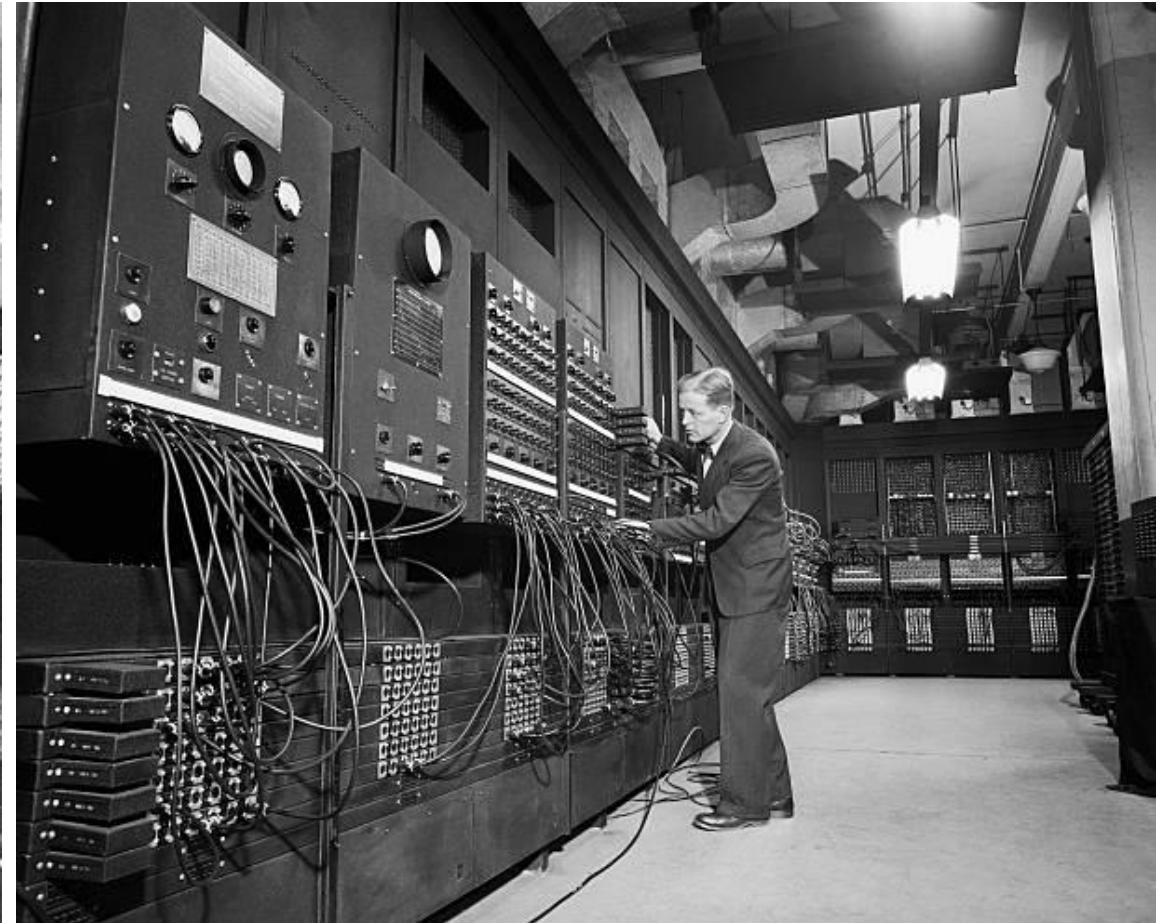
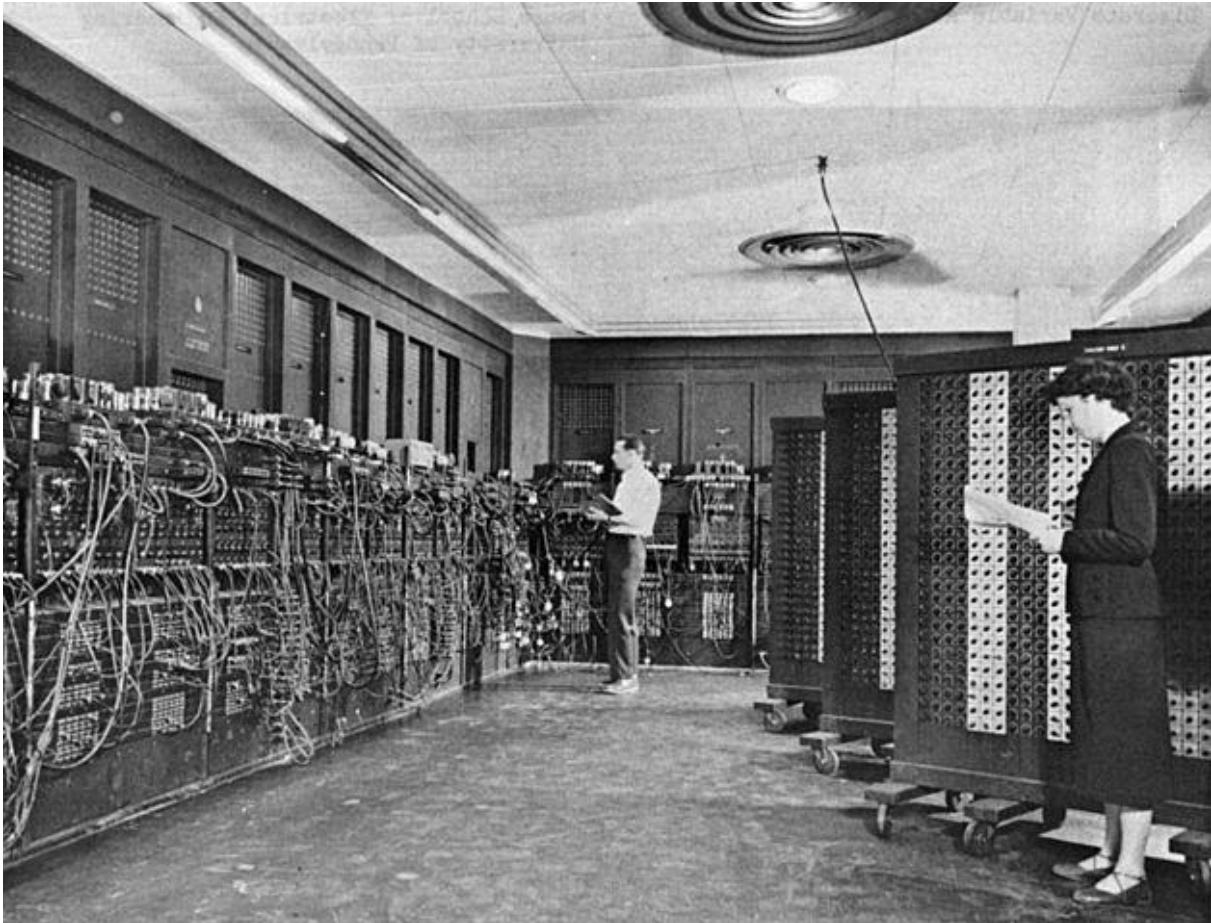
Composant électronique d'un ordinateur qui traite des données à l'aide d'instructions machines



## ☐ Introduction

### ✓ Historique

1945



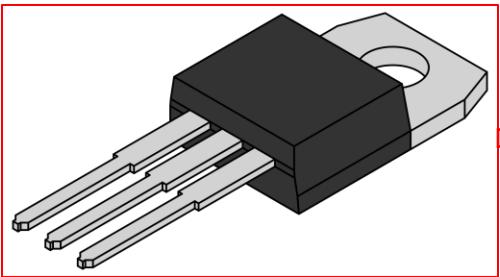
Le premier ordinateur : Electronic Numerical Integrator And Computer (ENIAC), une machine qui pesait 30 tonnes et occupait plus de 160m<sup>2</sup>

## ☐ Introduction

### ✓ Historique

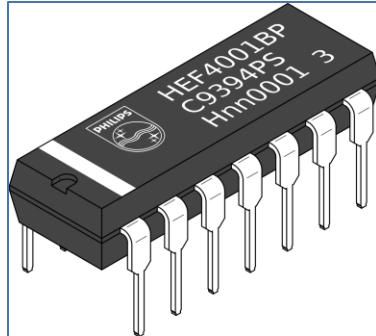
Inventions des premiers circuit intégrés et des transistors

1947

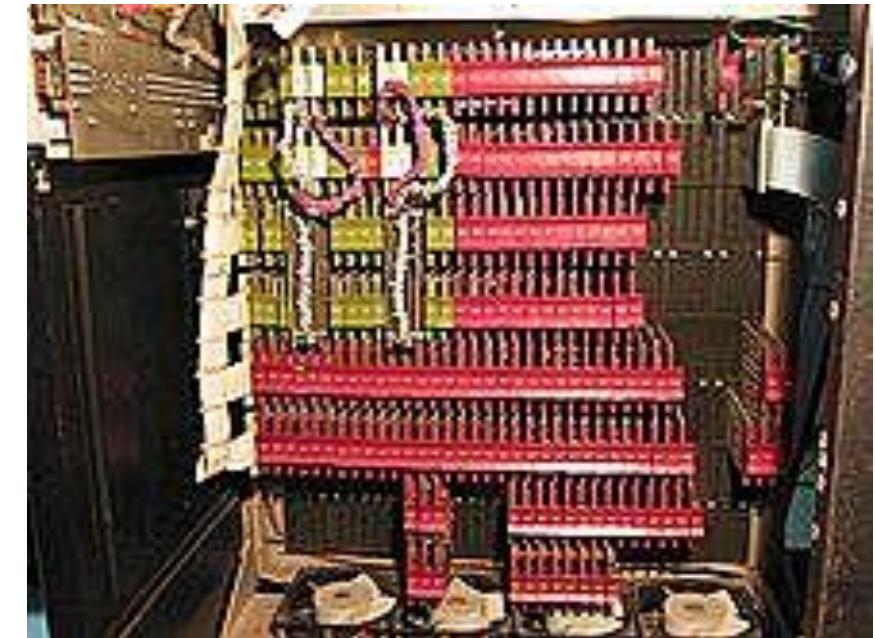


Transistor

1958

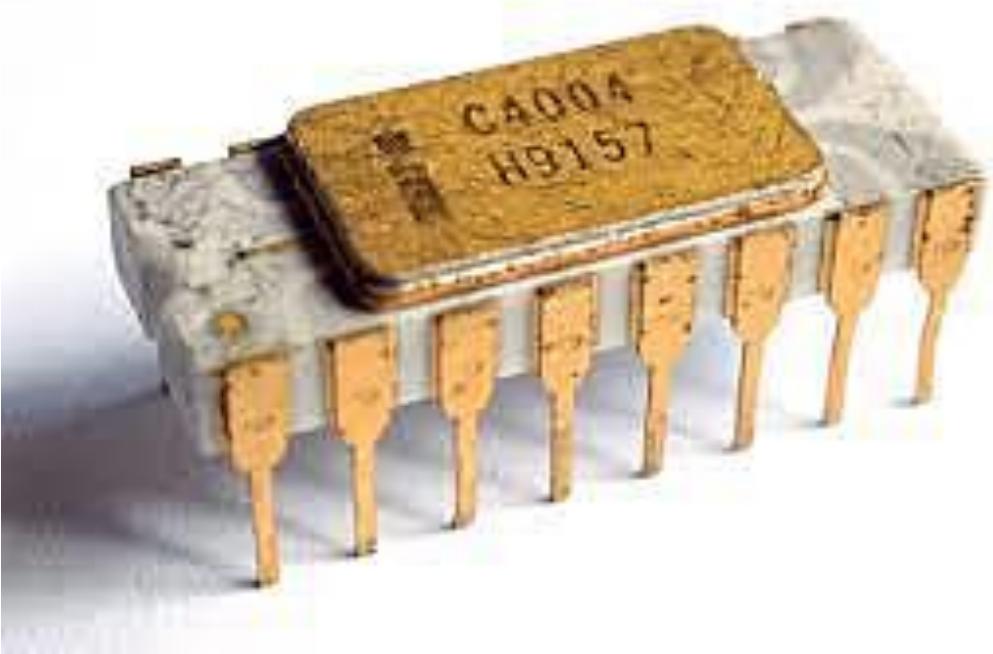


Circuit intégré



## ☐ Introduction

- ✓ Historique



## ☐ Introduction

### ✓ Historique

#### Résumé

Processeur	Année	Caractéristiques principales
<b>Transistors</b>	Années 50-60	Élimination des tubes à vide et des relais électromécaniques .
<b>Intel 4004</b>	1971	Premier processeur à puce unique, 4 bits, capable de 60 000 opérations par seconde .
<b>Intel 8086</b>	1978	Utilisé dans les premiers PC d'IBM, marquant l'ère des microprocesseurs .
<b>Processeurs multi-cœur</b>	Années 2000	Émergence des processeurs multicœur en raison de la dissipation thermique .

## ☐ Introduction

- ✓ Différence entre processeur et microprocesseur

Aspect	Processeur	Microprocesseur
<b>Définition</b>	Composant électronique qui exécute des instructions et effectue des calculs dans un système informatique.	Type de processeur conçu sur une seule puce de circuit intégré.
<b>Applications</b>	Utilisé dans divers systèmes informatiques, tels que les serveurs, les ordinateurs centraux et les superordinateurs.	Couramment utilisé dans l'électronique grand public et les systèmes embarqués.
<b>Complexité</b>	Peut être plus grand et plus puissant, adapté aux tâches complexes.	Plus petit et plus spécialisé, adapté aux systèmes embarqués et autres appareils.
<b>Architecture</b>	Peut avoir plusieurs cœurs et une vitesse d'horloge variable.	Comprend des millions, voire des milliards, de transistors sur une seule puce de silicium.
<b>Fonctions</b>	Gère les opérations, les entrées/sorties et coordonne les activités d'autres composants matériels et logiciels.	Effectue des opérations arithmétiques, logiques et de contrôle, manipulant des données.

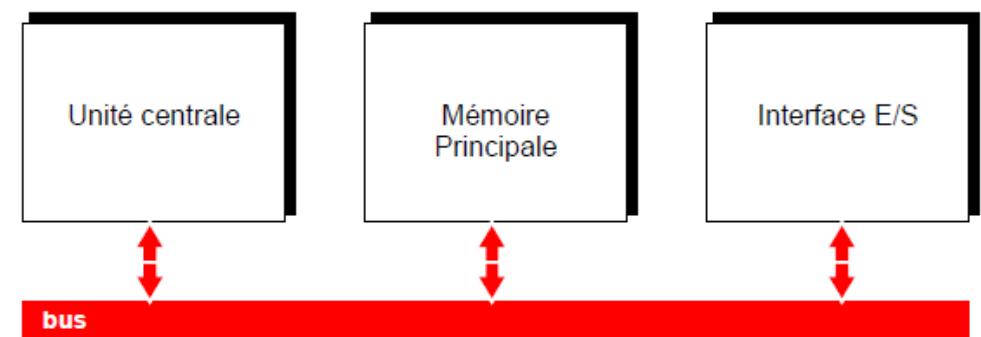
## □ Introduction

### Concepts de base

- ✓ Modèle de Von Neuman (1945)
  - Conçue par le mathématicien et physicien John Von Neumann en 1945.
  - Les données du programme et les instructions sont stockées dans la même mémoire.
  - Utilise un bus commun pour transférer les données et les instructions.
  - Nécessite deux cycles d'horloge pour exécuter une instruction.
  - Coûte moins cher et est utilisée dans les ordinateurs personnels et les petits systèmes

Décompose l'ordinateur en 4 parties :

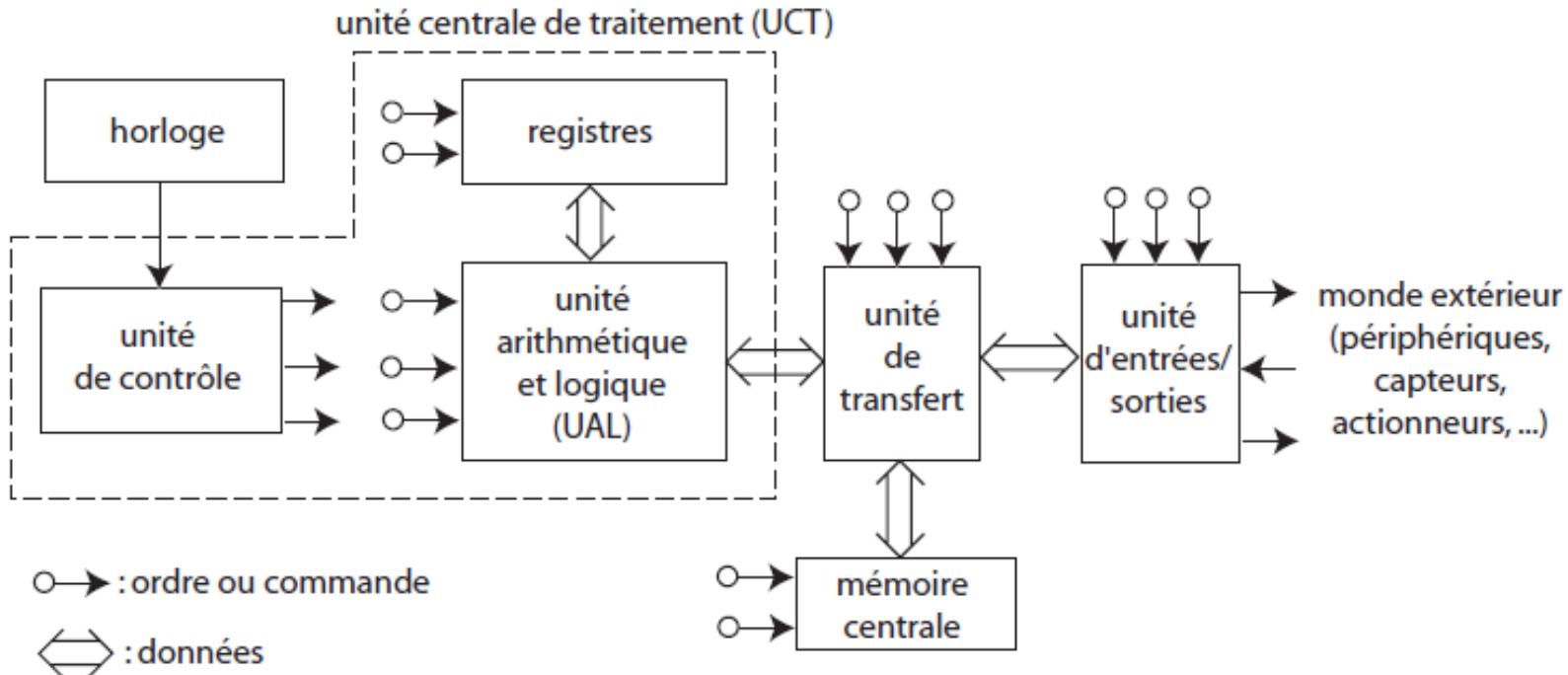
- Unité Arithmétique et Logique (UAL)
- Unité de contrôle
- Mémoire
- Entrées/Sorties



## □ Introduction

### Concepts de base

#### Architecture d'un microprocesseur



Un microprocesseur consiste en une unité centrale de traitement (UAL + registres + unité de contrôle) entièrement contenue dans un seul circuit intégré

## □ Introduction

### Concepts de base

#### ✓ Les registres

Les registres sont des emplacements de stockage temporaires situés à l'intérieur du processeur. Ils sont utilisés pour stocker des données et des instructions pendant l'exécution d'un programme.

Les registres sont plus rapides que la mémoire principale (RAM) car ils sont intégrés directement dans le processeur.

Il existe plusieurs types de registres :

- **registre d'instruction** (contenant l'instruction en cours d'exécution),
- **registre d'adresse** (stockant l'adresse mémoire),
- **registre d'accumulateur** (utilisé pour les opérations arithmétiques).

# □ Introduction

## Concepts de base

### ✓ Les registres

- registre d'instruction

Nom du Registre	Description
<b>PC (Program Counter)</b>	Contient l'adresse mémoire de la prochaine instruction à exécuter.
<b>IR (Instruction Register)</b>	Stocke l'instruction actuellement en cours d'exécution.
<b>MAR (Memory Address Register)</b>	Contient l'adresse mémoire d'une donnée à lire ou à écrire.
<b>MDR (Memory Data Register)</b>	Stocke temporairement les données lues depuis ou écrites vers la mémoire.
<b>R0, R1, R2, ...</b>	Registres généraux pour stocker des données temporaires.
<b>SP (Stack Pointer)</b>	Pointe vers le sommet de la pile (utilisé pour les appels de fonctions).
<b>FP (Frame Pointer)</b>	Pointe vers le cadre de la fonction en cours d'exécution.

## □ Introduction

### Concepts de base

#### ✓ Les instructions

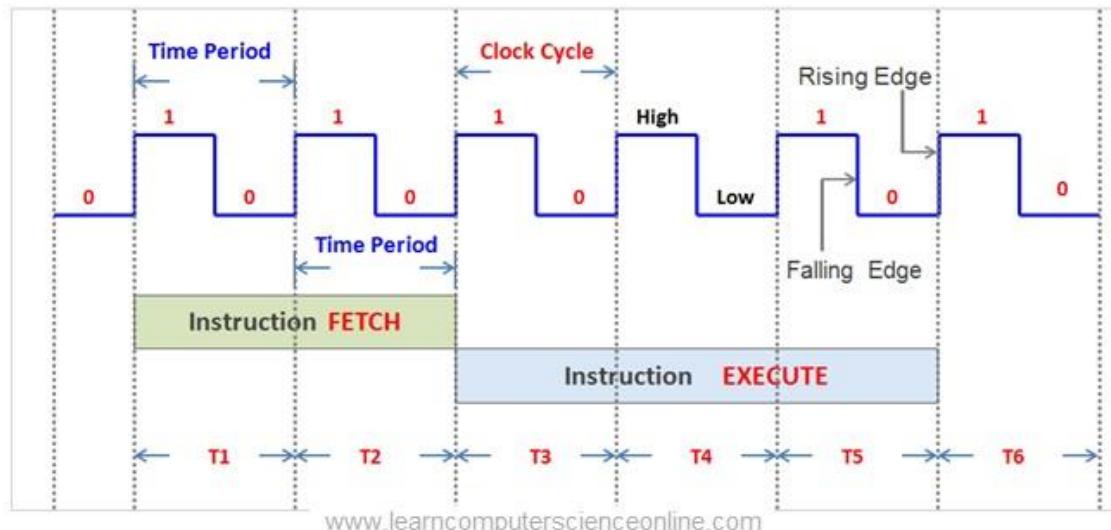
- Les instructions sont les commandes élémentaires comprises par le processeur. Elles décrivent les opérations à effectuer (comme l'addition, la soustraction, le chargement de données, etc.).
- Les instructions sont codées en langage machine (binaire) et sont exécutées séquentiellement par le processeur.

# ☐ Introduction

## Concepts de base

### ✓ Les cycles d'horloge

- Le processeur fonctionne en suivant une horloge interne. Chaque cycle d'horloge représente une unité de temps.
- Pendant chaque cycle d'horloge, le processeur effectue une opération (lecture d'instruction, exécution d'une instruction, etc.).
- La vitesse d'horloge (mesurée en hertz) détermine la rapidité d'exécution des instructions.

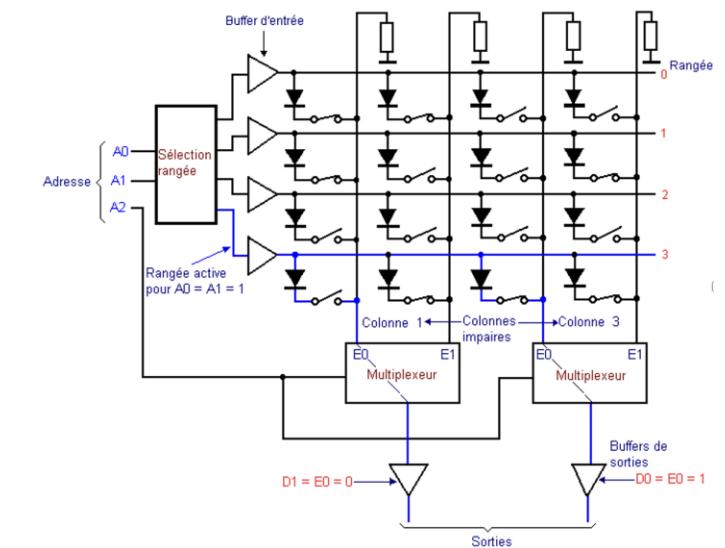
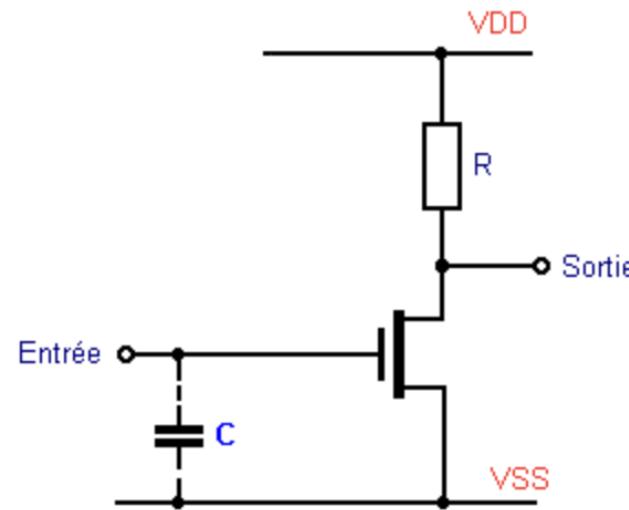
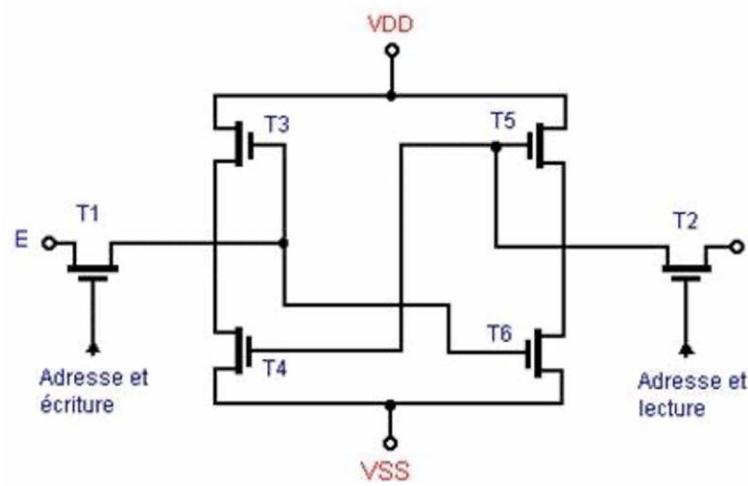


# □ Introduction

## Concepts de base

### ✓ Les niveaux de mémoire

- Les niveaux de mémoire désignent les différentes couches de stockage utilisées par le processeur.
- Registres: Les plus rapides, mais aussi les plus petits.
- Cache: Mémoire intermédiaire entre les registres et la RAM.
- RAM (mémoire principale): Plus grande, mais plus lente que le cache.
- Disque dur/SSD: Mémoire de stockage permanente, utilisée pour stocker des programmes et des données.



## □ Introduction

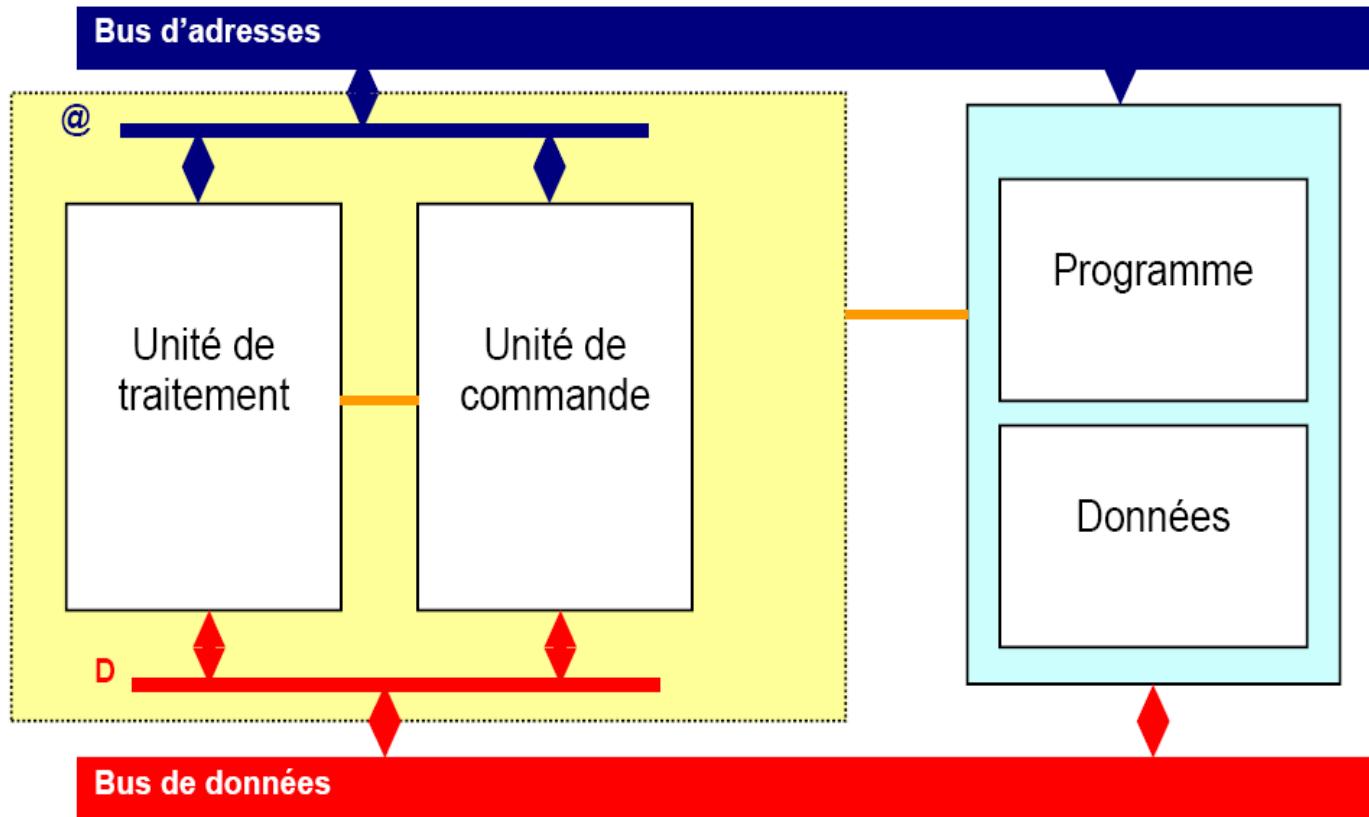
### Concepts de base

Evolution des processeurs

<b>Processeur</b>	<b>Cœurs</b>	<b>Transistors</b>	<b>Gravure</b>
Intel 4004	1	2300	10 000
Intel 8080	1	4500	6 000
Core 2 Duo	2	+400 Millions	45
.....	..	.....	.....
Core iX	8	Plusieurs milliards	10

## □ Le microprocesseur

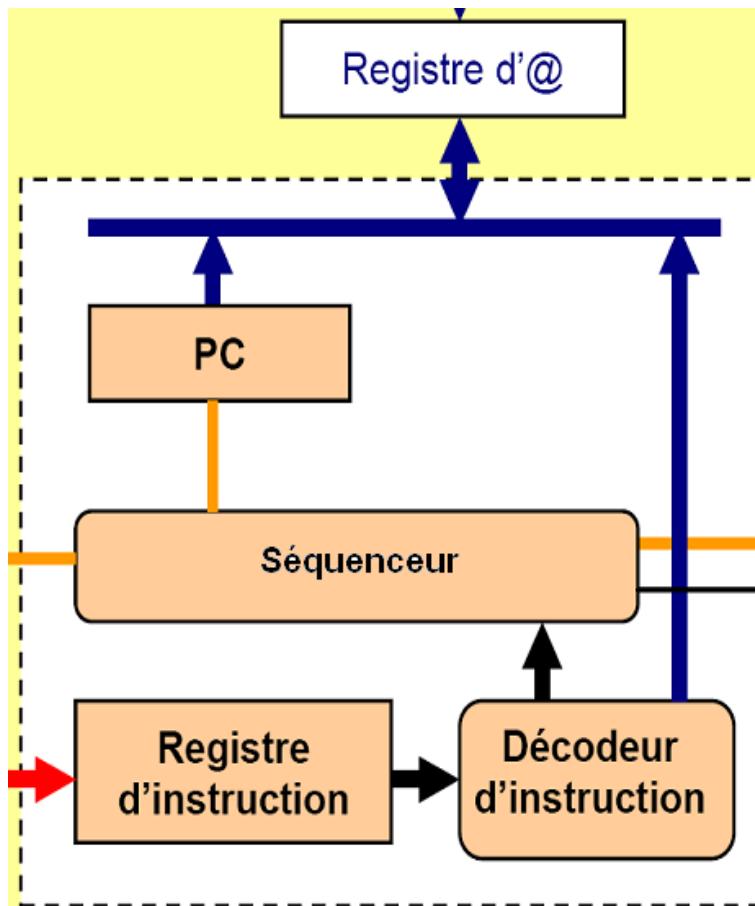
- ✓ Architecture interne



# □ Le microprocesseur

- ✓ Architecture interne

L'unité de commande

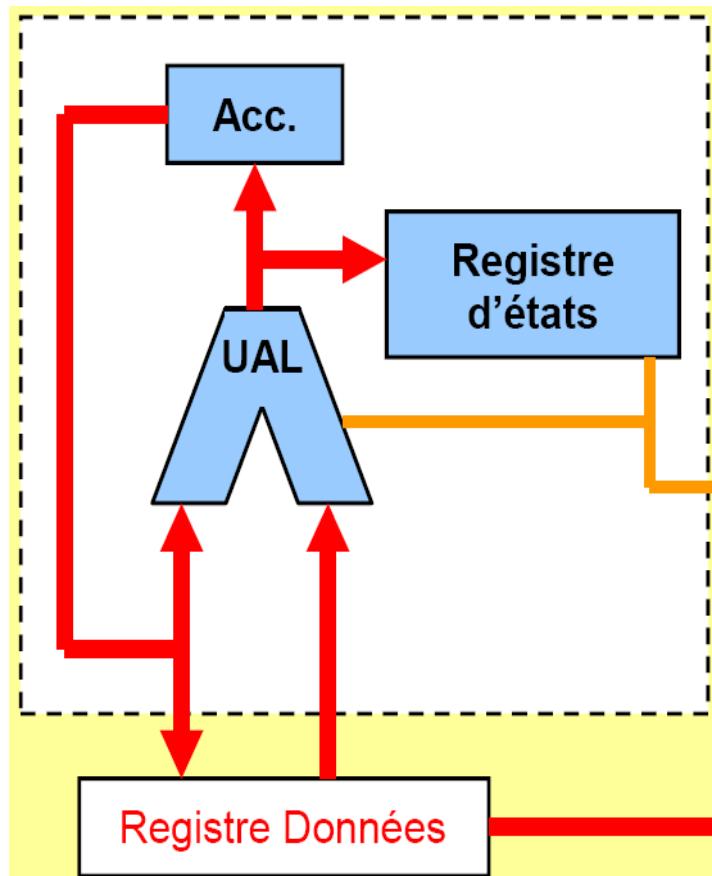


- 1. Le compteur de programme (PC : Programme Counter)**  
appelé aussi **Compteur Ordinal (CO)** est constitué par un registre dont le contenu est initialisé avec l'adresse de la première instruction du programme. Il contient toujours l'adresse de la prochaine instruction à exécuter.
- 2. Le registre d'instruction et le décodeur d'instruction :** Chacune des instructions à exécuter est transférée depuis la mémoire dans le registre instruction puis est décodée par le décodeur d'instruction.
- 3. Bloc logique de commande (ou séquenceur) :** Il organise l'exécution des instructions au rythme d'une horloge. Il élabore tous les signaux de synchronisation internes ou externes (bus de commande) du microprocesseur en fonction de l'instruction qu'il a à exécuter. Il s'agit d'un automate réalisé de façon microprogrammée.

# □ Le microprocesseur

## ✓ Architecture interne

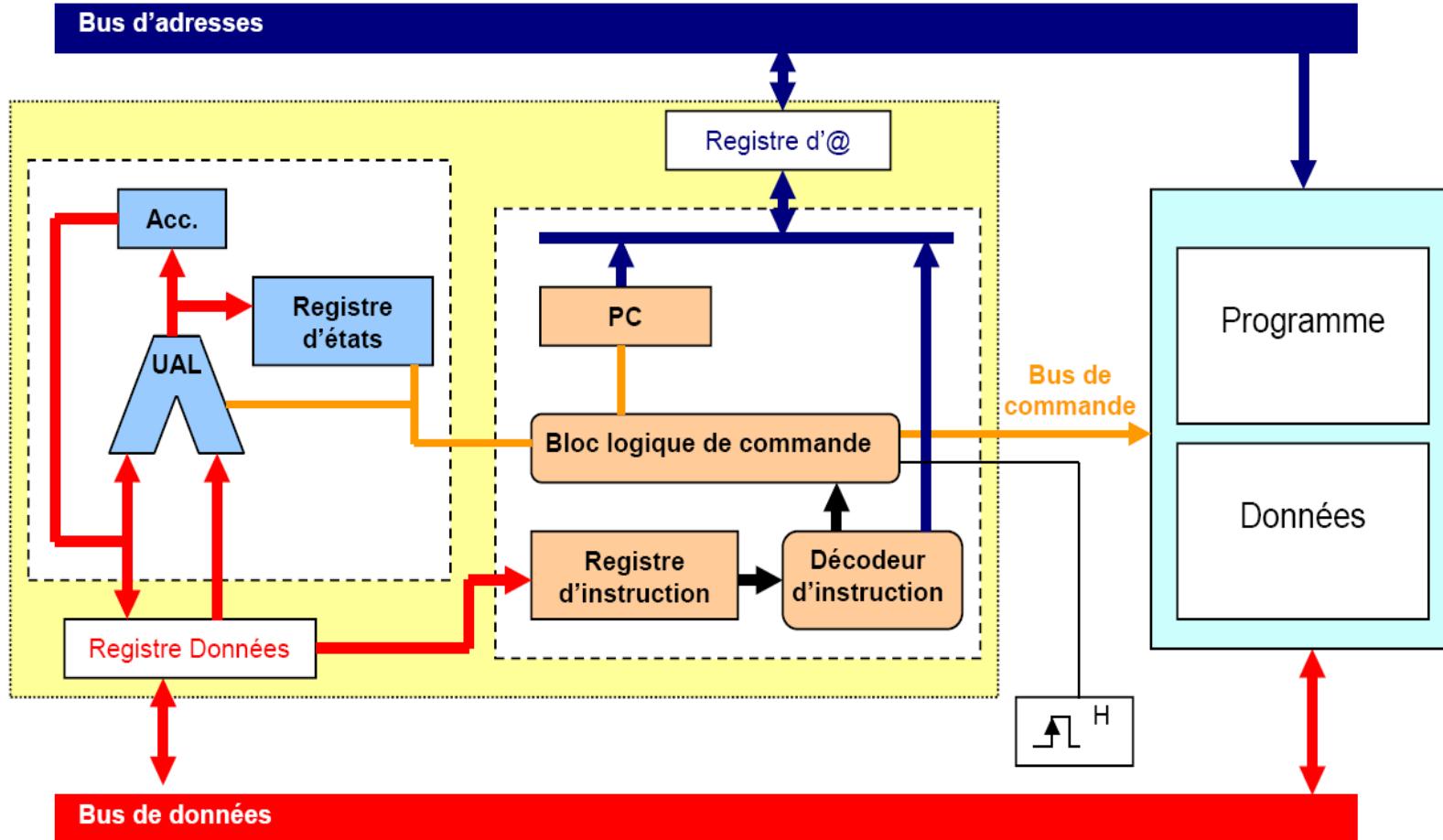
L'unité de traitement



1. **Les accumulateurs** sont des registres de travail qui servent à stocker une opérande au début d'une opération arithmétique et le résultat à la fin de l'opération.
2. **L'Unité Arithmétique et Logique (UAL)** est un circuit complexe qui assure les fonctions logiques (ET, OU, Comparaison, Décalage, etc...) ou arithmétique (Addition, soustraction...).
3. **Le registre d'état** est généralement composé de 8 ou 16 bits à considérer individuellement. Chacun de ces bits est un indicateur dont l'état dépend du résultat de la dernière opération effectuée par l'UAL. On les appelle *indicateur d'état* ou *flag* ou *drapeaux*. Dans un programme le résultat du test de leur état conditionne souvent le déroulement de la suite du programme.

# □ Le microprocesseur

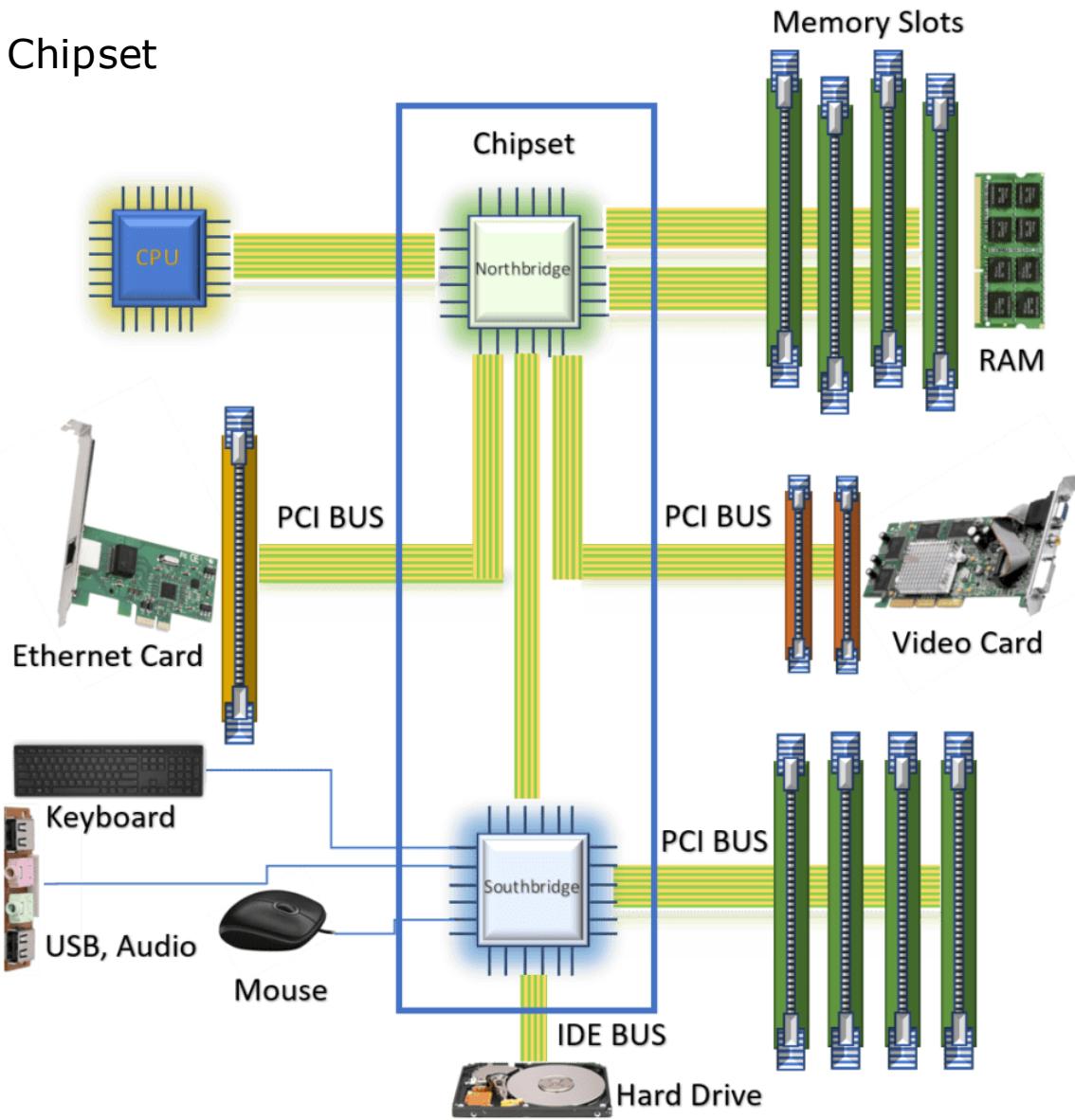
## ✓ Architecture interne



# ☐ Introduction

## Concepts de base

### Le Chipset



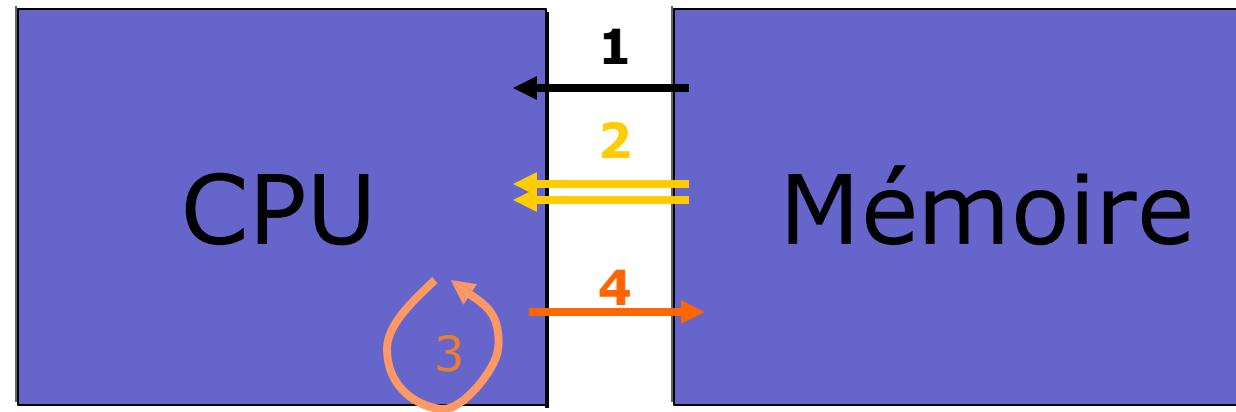
Le chipset est un composant essentiel intégré à la carte mère d'un micro-ordinateur. Il joue un rôle crucial dans la fluidité des communications au sein du système.

- ✓ Le pont nord gère la communication entre le processeur, la mémoire et la carte graphique.
- ✓ Le pont sud gère la communication avec d'autres périphériques tels que les ports USB, les ports SATA et les ports Ethernet



## □ Le microprocesseur

Le fonctionnement basique d'une opération



- (1) Charger une instruction depuis la mémoire
- (2) Charger les opérandes depuis la mémoire
- (3) Effectuer les calculs
- (4) Stocker le résultat en mémoire

## Le microprocesseur

### Le traitement des instructions

#### Organisation d'une instruction

Le microprocesseur ne comprend qu'un certain nombre d'instructions qui sont codées en binaire.

Une instruction est composée de deux éléments :

- **Le code opération** : C'est un code binaire qui correspond à l'action à effectuer par le processeur
- **Le champ opérande** : Donnée ou bien adresse de la donnée.

La taille d'une instruction peut varier, elle est généralement de quelques octets (1 à 8), elle dépend également de l'architecture du processeur.

# □ Le microprocesseur

## Le traitement des instructions

### Exemple d'instruction

- Instruction d'addition :

Accumulateur = Accumulateur + Opérande

Correspondant à l'instruction ADD A,#2



Cette instruction est comprise par le processeur par le mot binaire :

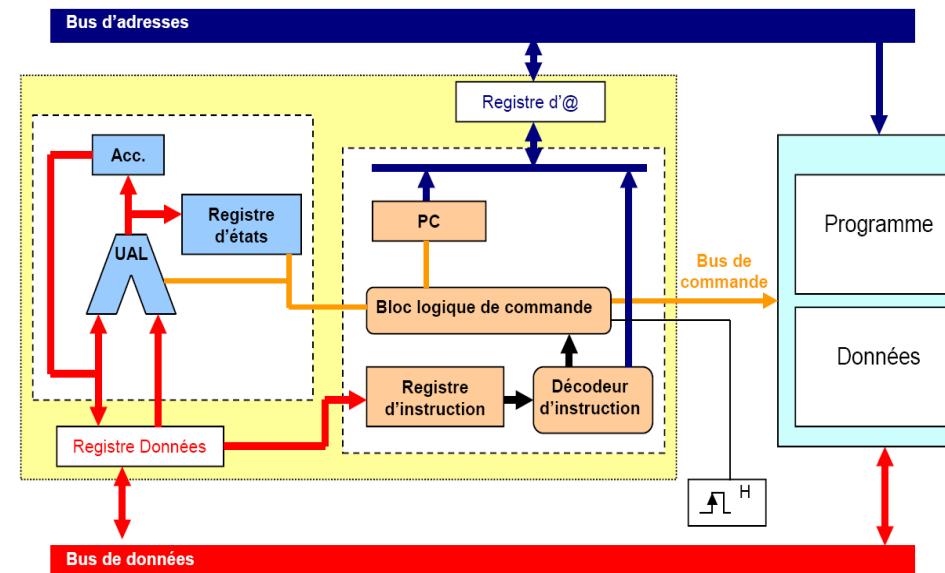
11001            000 0000 0010            =    code machine

# □ Le microprocesseur

## Le traitement des instructions

### Phase 1 : Recherche de l'instruction en mémoire

- La valeur du PC est placée sur le bus d'adresse par l'unité de commande qui émet un ordre de lecture.
- Après le temps d'accès à la mémoire, le contenu de la case mémoire sélectionnée est disponible sur le bus des données.
- L'instruction est stocké dans le registre d'instruction du processeur

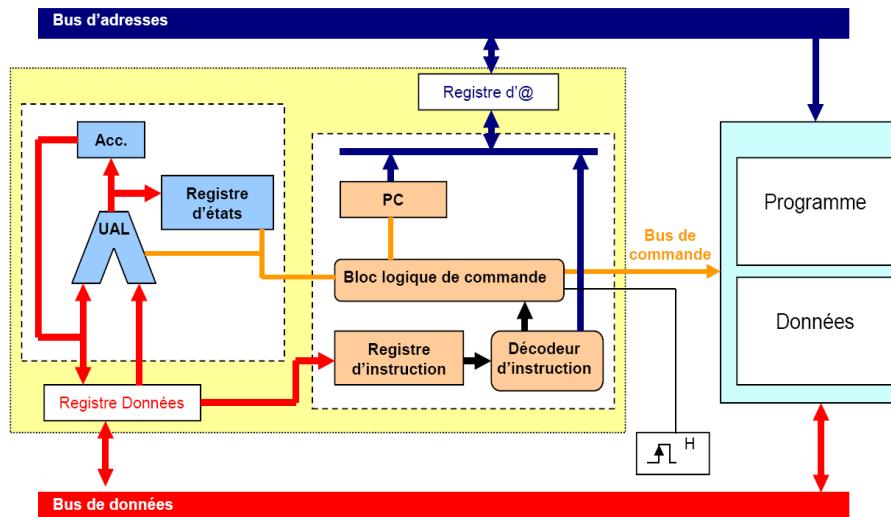


# □ Le microprocesseur

## Le traitement des instructions

### Phase 2 : Décodage et recherche de l'opérande

- L'unité de commande transforme l'instruction en une suite de commandes élémentaires nécessaires au traitement de l'instruction.
- Si l'instruction nécessite une donnée en provenance de la mémoire, l'unité de commande récupère sa valeur sur le bus de données.
- L'opérande est stocké dans le registre de données

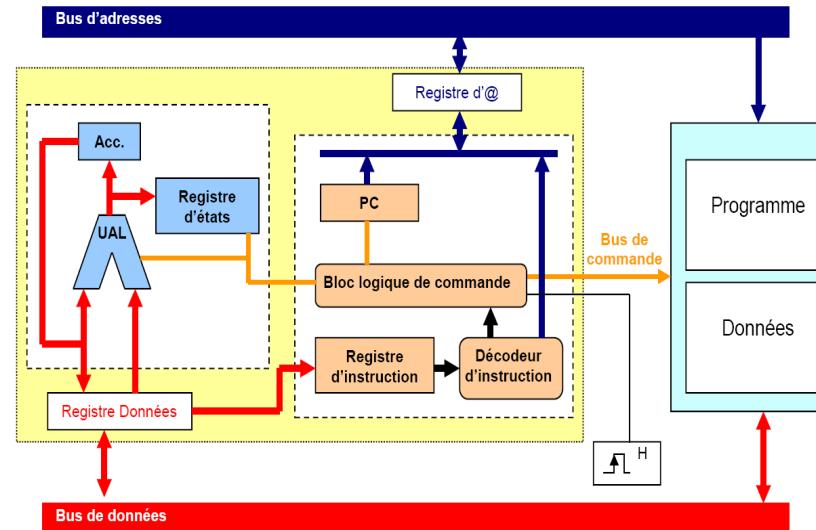


# □ Le microprocesseur

## Le traitement des instructions

### Phase 3 : Exécution de l'instruction

- Le séquenceur réalise l'instruction.
- Les drapeaux sont positionnés (registre d'état).
- L'unité de commande positionne le PC sur l'instruction suivante.



# □ Le microprocesseur

## Le traitement des instructions

### Les architectures RISC et CISC

Actuellement l'architecture des microprocesseurs composent de deux grandes familles :

- L' architecture CISC (Complex Instruction Set Computer)
- L'architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer)

<b>Architecture RISC</b>	<b>Architecture CISC</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Instructions simples ne prenant qu'un seul cycle</li><li>▪ Instructions au format fixe</li><li>▪ Décodeur simple (câblé)</li><li>▪ Beaucoup de registres</li><li>▪ Peu de modes d'adressage</li><li>▪ Compilateur complexe</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Instructions complexes prenant plusieurs cycles</li><li>▪ Instructions au format variable</li><li>▪ Décodeur complexe (microcode)</li><li>▪ Peu de registres</li><li>▪ Beaucoup de modes d'adressage</li><li>▪ Compilateur simple</li></ul>

## □ Le microprocesseur

### Les modes d'adressages

Ce sont les diverses manières de définir la localisation d'une opérande. Les trois modes d'adressage les plus courants sont :

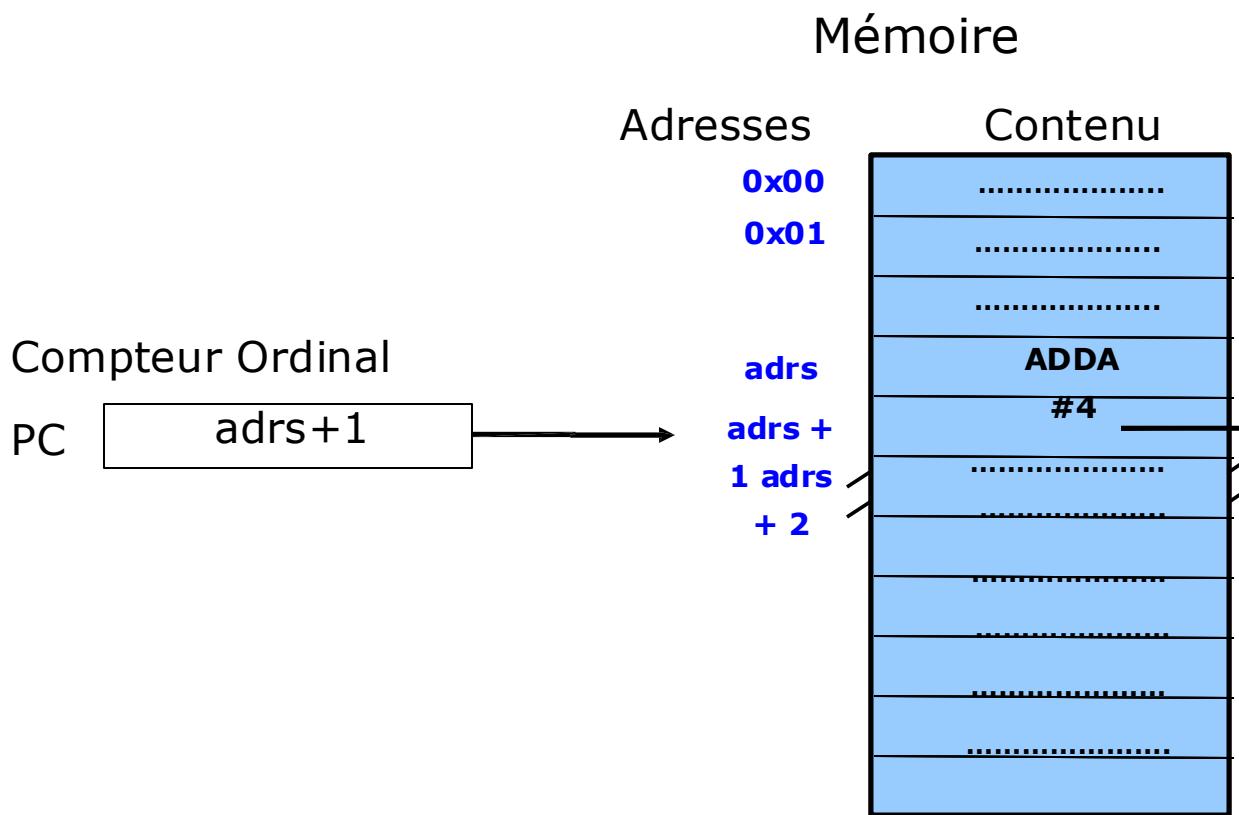
- Adressage immédiat
- Adressage direct
- Adressage indirect

# Le microprocesseur

## Les modes d'adressages

Immédiat

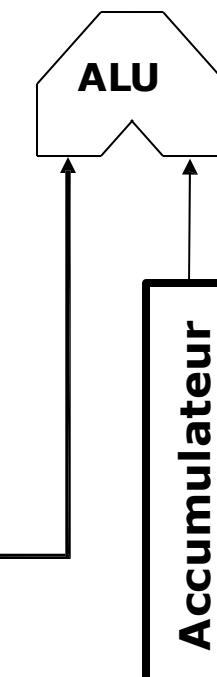
Exemple : ADD A #4



ADD : Opcode de l'instruction qui indique une addition.

A : Le registre où le résultat de l'addition sera stocké.

#4 : La valeur immédiate qui sera ajoutée au contenu de A



### Registre Avant l'Instruction :

- Supposons que le registre A contient la valeur 3.

### Instruction :

- L'instruction ADD A, #4 signifie "Ajouter la valeur immédiate 4 au contenu du registre A".

### Registre Après l'Instruction :

- Après l'exécution de l'instruction, le contenu de A sera  $3 + 4 = 7$ .

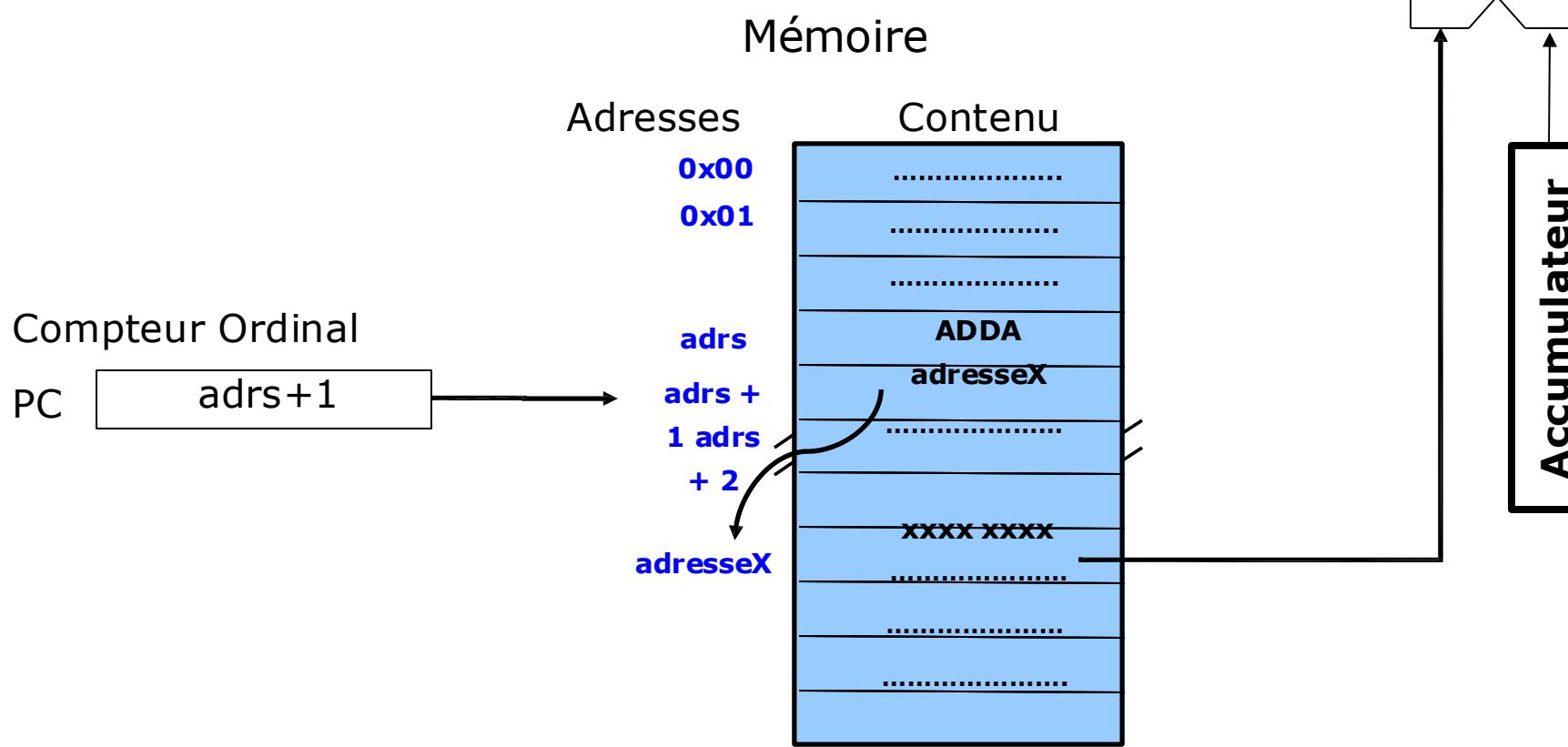
## Le microprocesseur

# Les modes d'adressages

## Direct

Ici, `adresseX` est une adresse mémoire. L'instruction ajoute la valeur stockée à l'adresse mémoire `adresseX` au contenu de A.

Exemple : ADD A      adresseX



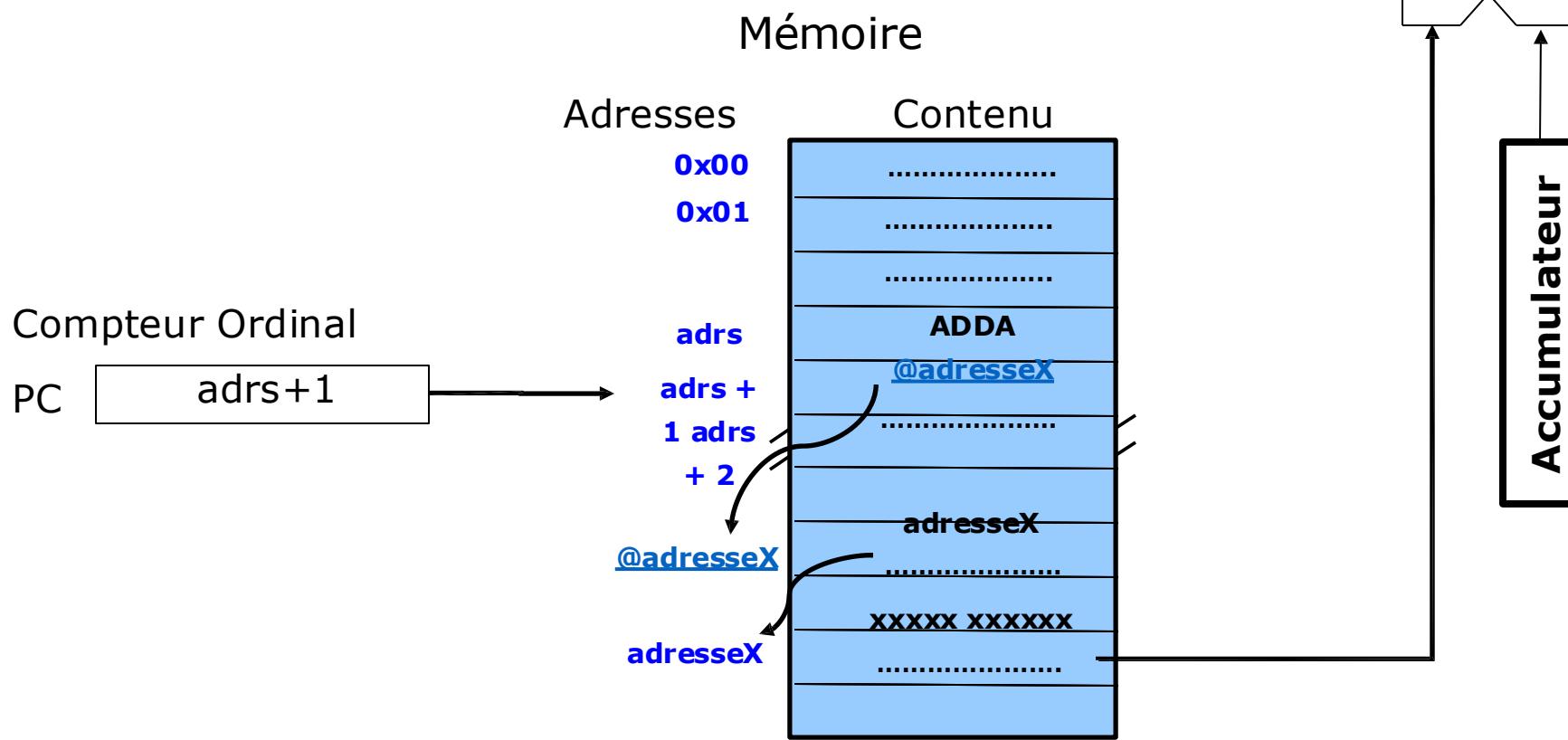
# □ Le microprocesseur

## Les modes d'adressages

Indirect

Ici, l'adresse mémoire où se trouve l'opérande est contenue dans le registre B. L'instruction ajoute la valeur située à l'adresse pointée par B au contenu de A.

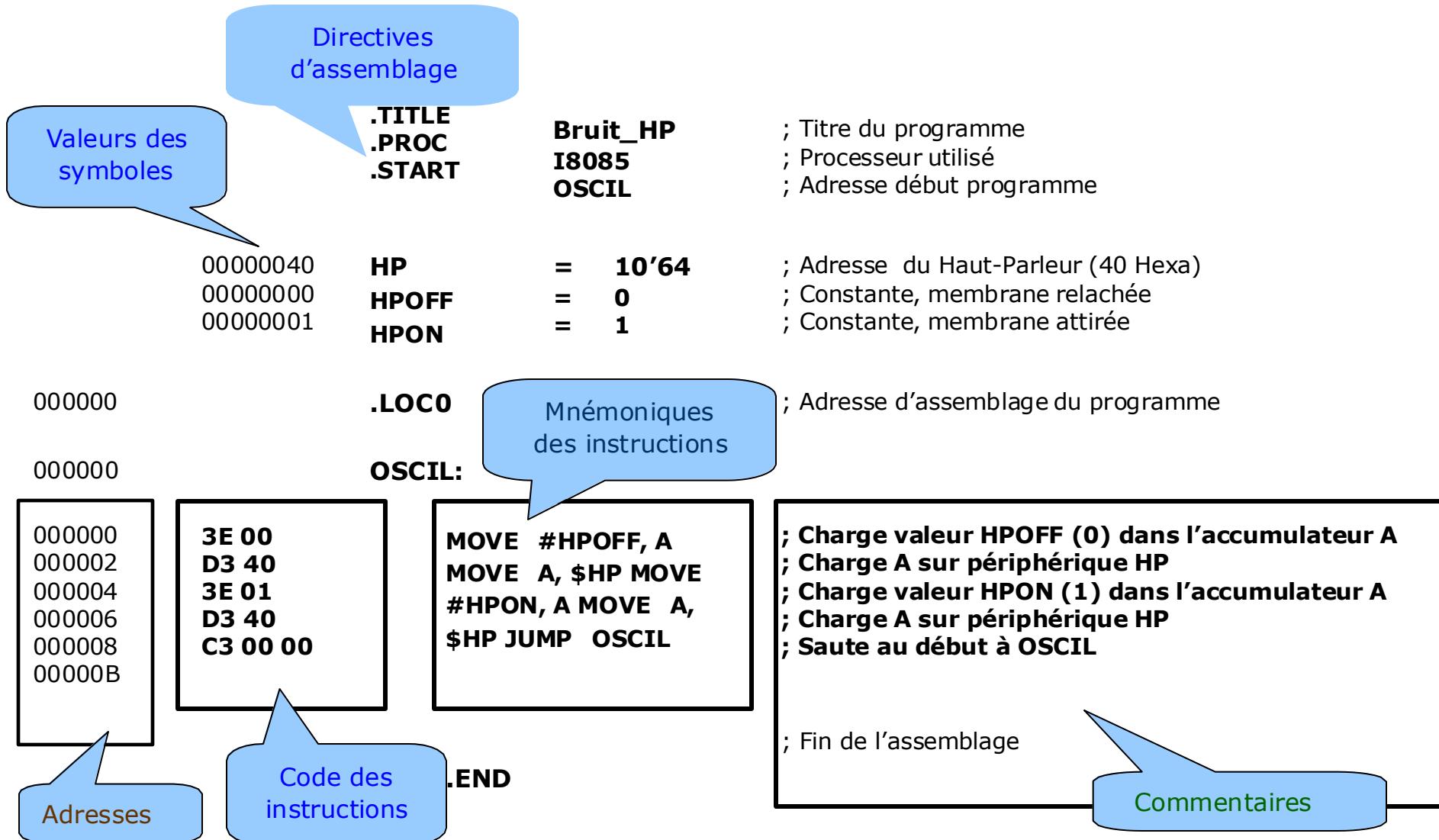
Exemple : ADD A @adresseX



# □ Le microprocesseur

## Les modes d'adressages

### Exemple d'exécution



# □ Le microprocesseur

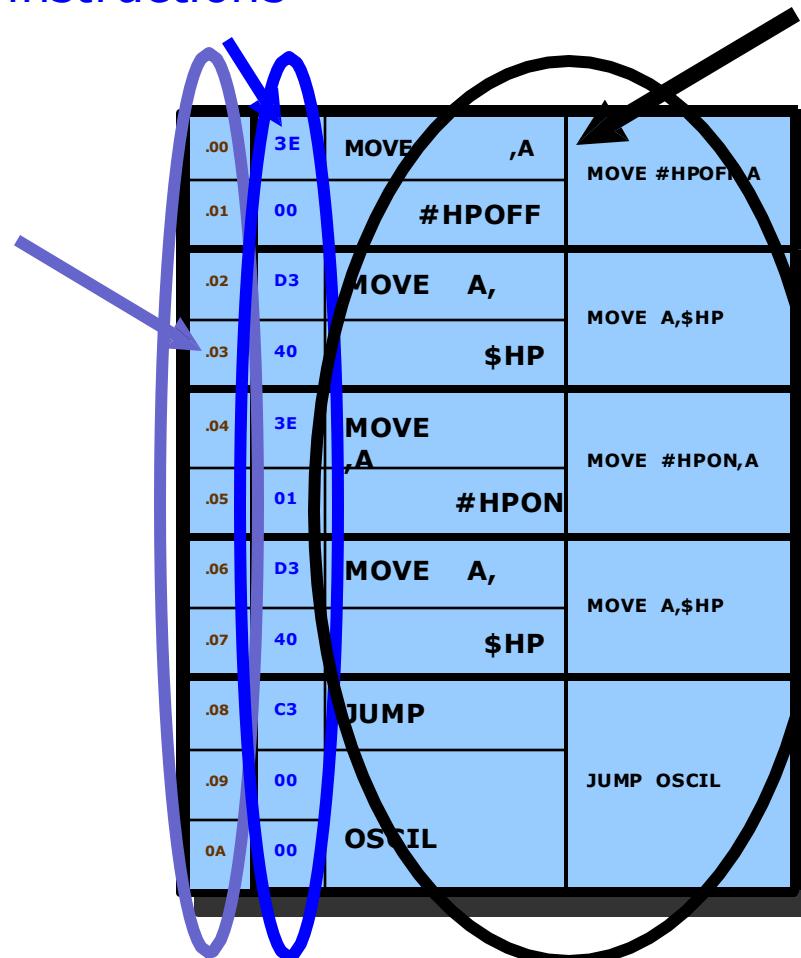
## Les modes d'adresses

Exemple d'exécution

Programme:  
instructions

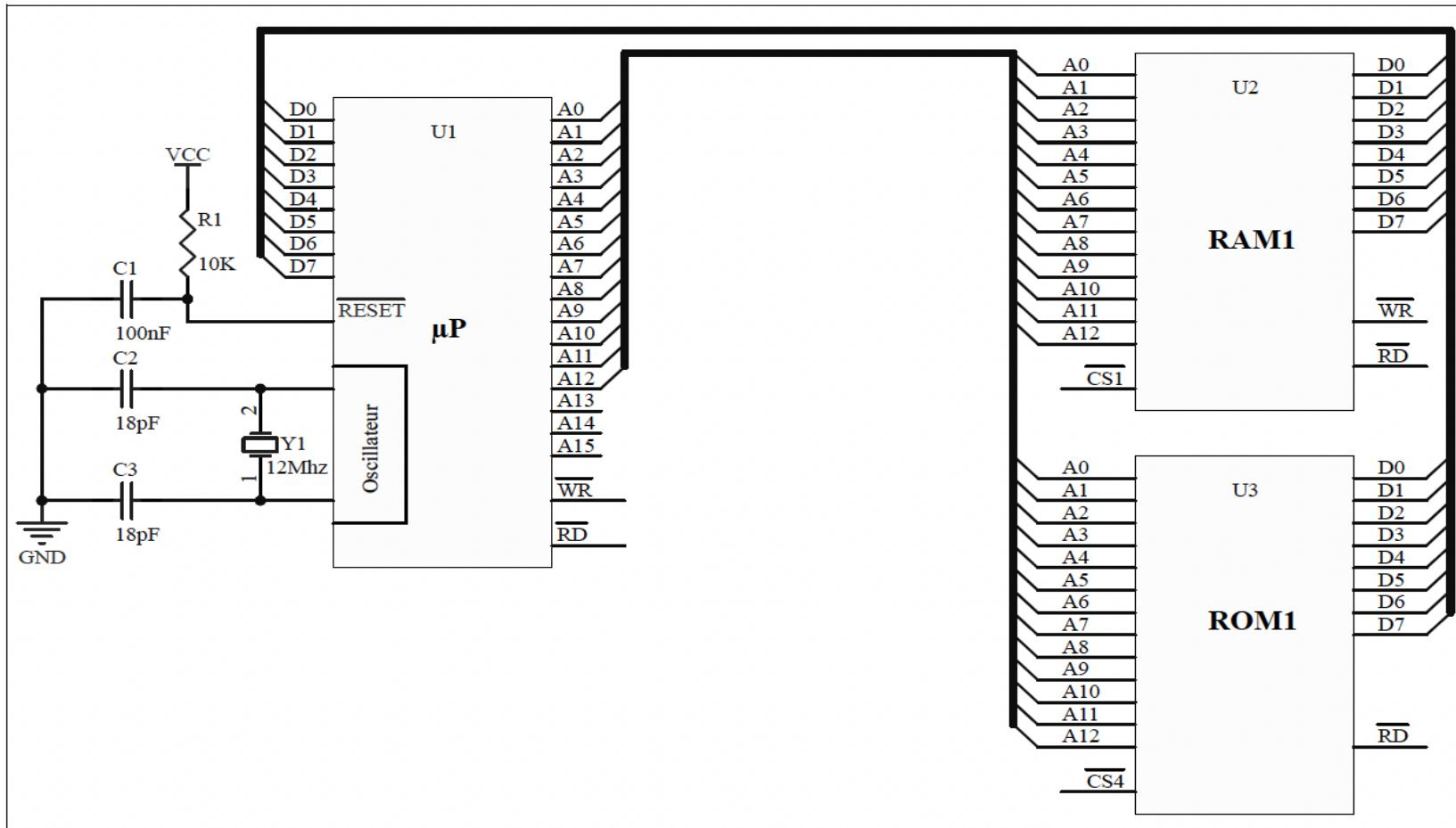
Vue symbolique

Adresses



## □ Le microprocesseur

## Exercice d'application



1. Quelle est l'architecture de ce microprocesseur ?
  2. Donner la capacité de chaque mémoire en kbits et en koctets.
  3. On veut adresser la mémoire RAM1 à partir de l'adresse 0000H et la ROM1 à partir de l'adresse E000H.
    - a. Compléter le tableau suivant, en indiquant dans la troisième colonne l'adresse la plus basse et l'adresse la plus haute de chaque mémoire en hexadécimal.

## Le microprocesseur

### Exercice d'application

b. Donner les équations logiques des lignes  $\overline{CS1}$  et  $\overline{CS4}$  en fonction des lignes d'adresses A15, A14 et A13.

c. Compéter alors le schéma de décodage d'adresse en utilisant des opérateurs logiques.

On veut étendre la capacité mémoire de cette carte en ajoutant deux mémoires RAM2 et ROM2 identiques aux précédentes.

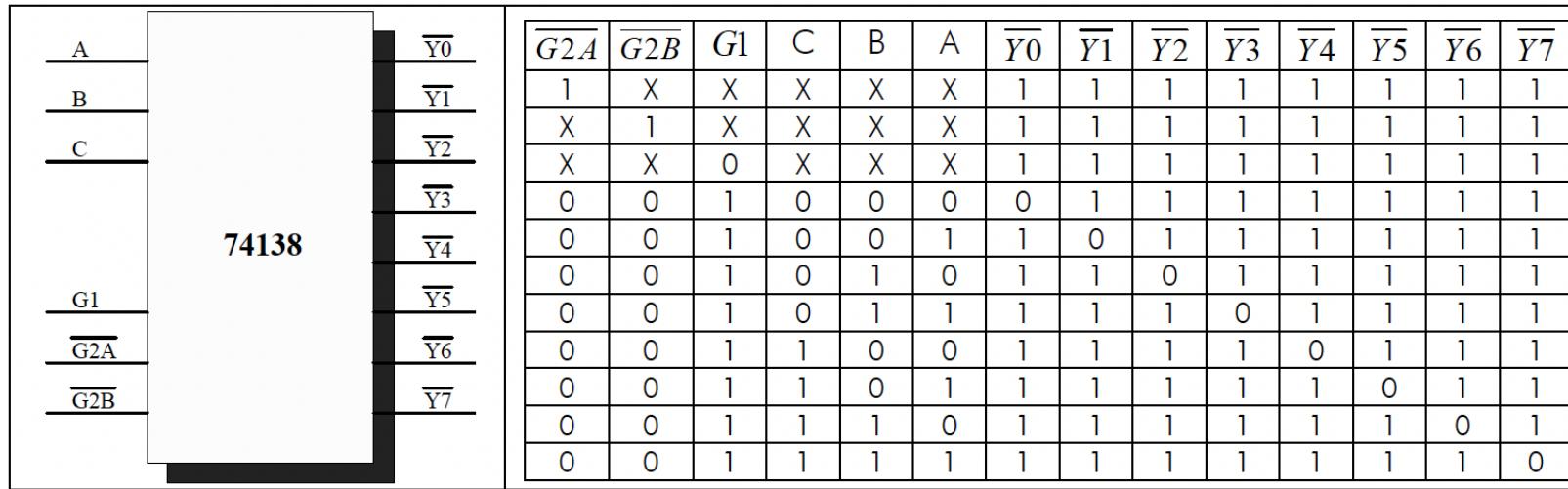
a. Donner l'adresse de base des nouvelles mémoires, si l'on veut que deux mémoires de même type soient adjacentes.

b. Donner les équations logiques des lignes de sélection  $\overline{CS2}$  et  $\overline{CS3}$  (correspondant respectivement aux mémoires RAM2 et ROM2) en fonction des lignes d'adresses A15, A14 et A13.

c. Donner le schéma de décodage d'adresses de toutes les mémoires en utilisant le circuit intégrées 74138.

# □ Le microprocesseur

## Exercice d'application



5. On suppose que le programme utilisateur commence au début de la mémoire programme (ROM), et que le vecteur RESET est situé à l'adresse FFFEH.

Donner le contenu des cases mémoires d'adresses FFFEH et FFFFH (ce microprocesseur a une architecture little-endian, c.-à-d. que l'octet le plus faible est placé à l'adresse basse et l'octet le plus fort est placé à l'adresse haute).