

Architecture des ordinateurs

Historique et architecture générale des ordinateurs

Pr. Zaynab EL KHATTABI

Plan du cours

- ✓ **Introduction**
- ✓ **Contexte général du module**
- ✓ **Notion de l'architecture des ordinateurs**
- ✓ **Définitions et généralités**
- ✓ **Historique d'évolution des ordinateurs**
- ✓ **Architecture Von Neumann**
- ✓ **Architecture Harvard**
- ✓ **Harvard vs Von Neumann**

Objectif du cours

- De quoi est composé un ordinateur
- Quels sont les modèles sous-jacents au fonctionnement d'une machine ?
- Comment s'exécutent des programmes sur un ordinateur ?
- Quel est le lien entre le logiciel et le matériel ?
- Comment se fait l'interface avec l'extérieur ?

Introduction...

Le mot **Informatique** vient de la contraction des mots:



Introduction...

Représentation de l'information

- **Information externe**

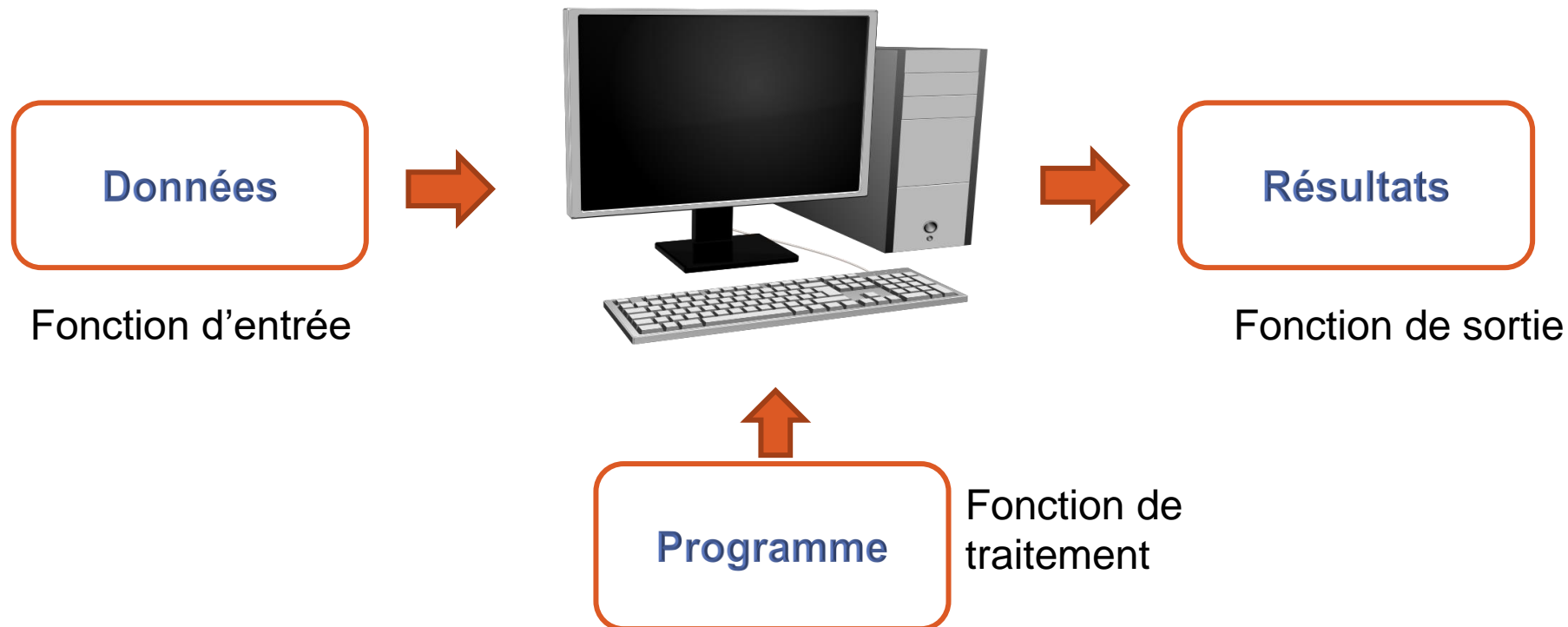
- Formats multiples et variés
- textes, images, sons ...
- Systèmes d'acquisition des données (micros, capteurs, cartes d'acquisition, scanners)

- **Information interne**

- Binaire 0101111...
- Nécessité d'avoir des unités d'échanges : transformation de l'information en binaire

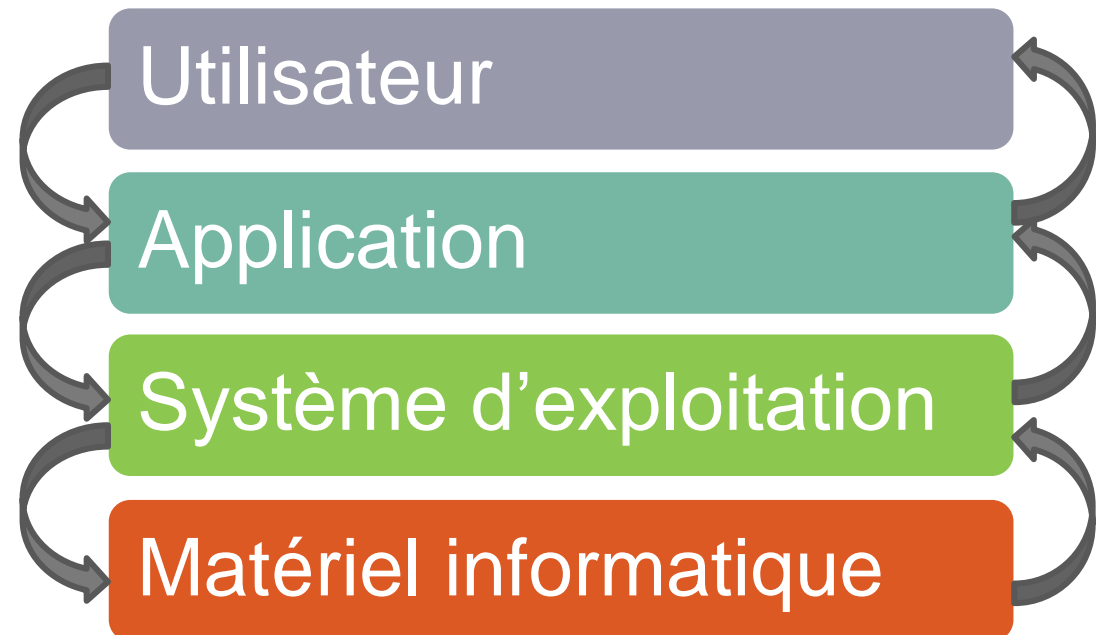
Introduction...

- Un ordinateur est une machine de traitement de l'information
- Un ordinateur est une machine **électronique programmable** capable de **stocker**, **traiter** et **recupérer** des données.

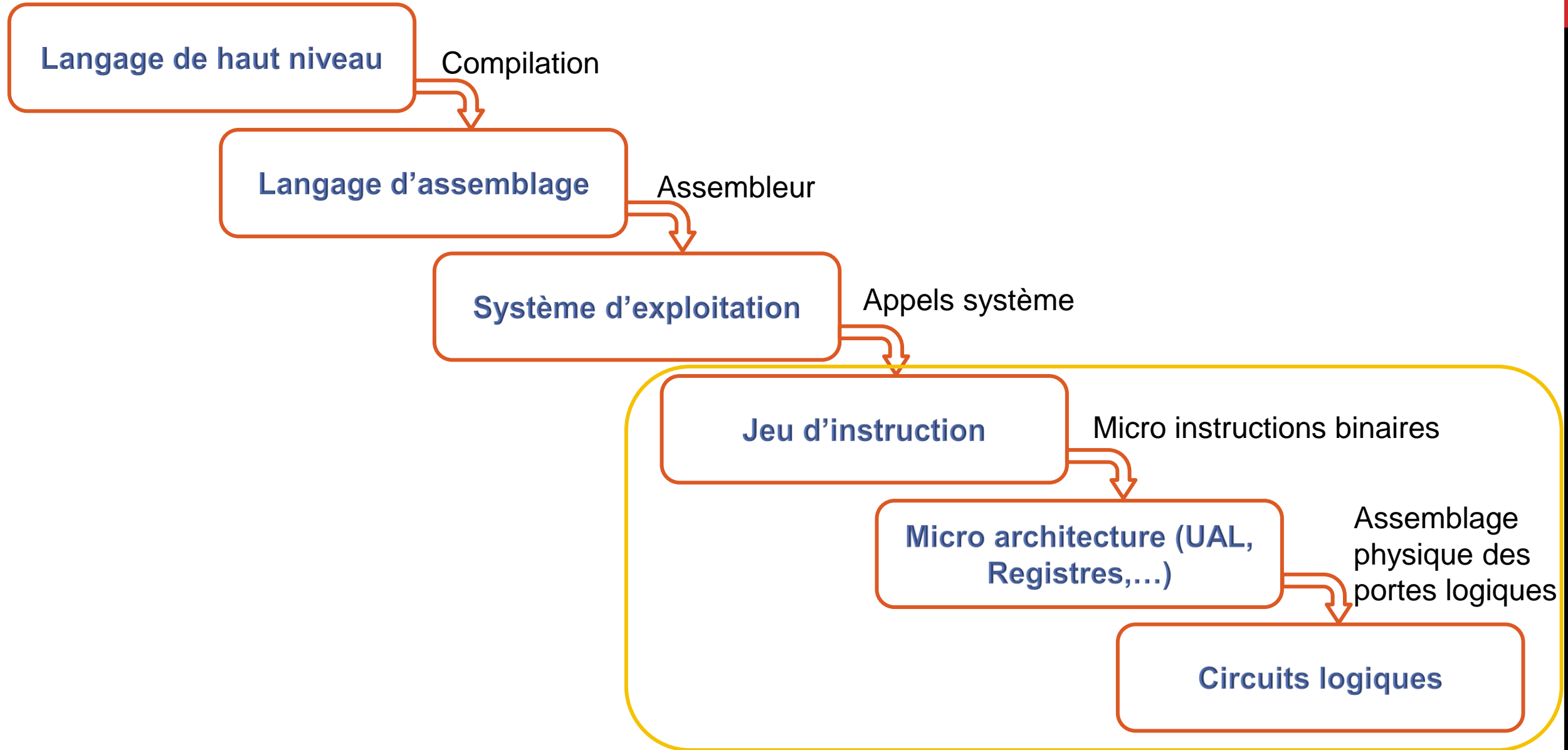


Introduction...

- Domaine de l'informatique centré sur les machines (du point de vue à la fois matérielle et logiciel).
- Le programme ou l'ensemble de programmes qui assure la gestion de l'ordinateur et les périphériques est le système d'exploitation (OS).
- Il sert d'interface entre le matériel (**hardware**) et le logiciel (**software**).



Contexte général



Notion de l'architecture des ordinateurs

- L'architecture des ordinateurs est l'étude et description du fonctionnement des composants internes d'un ordinateur.
- **Elle traite:**
 - Le type des informations manipulées et leur codage
 - Le dialogue entre composants
 - Le fonctionnement logique (pas électronique) interne des composants

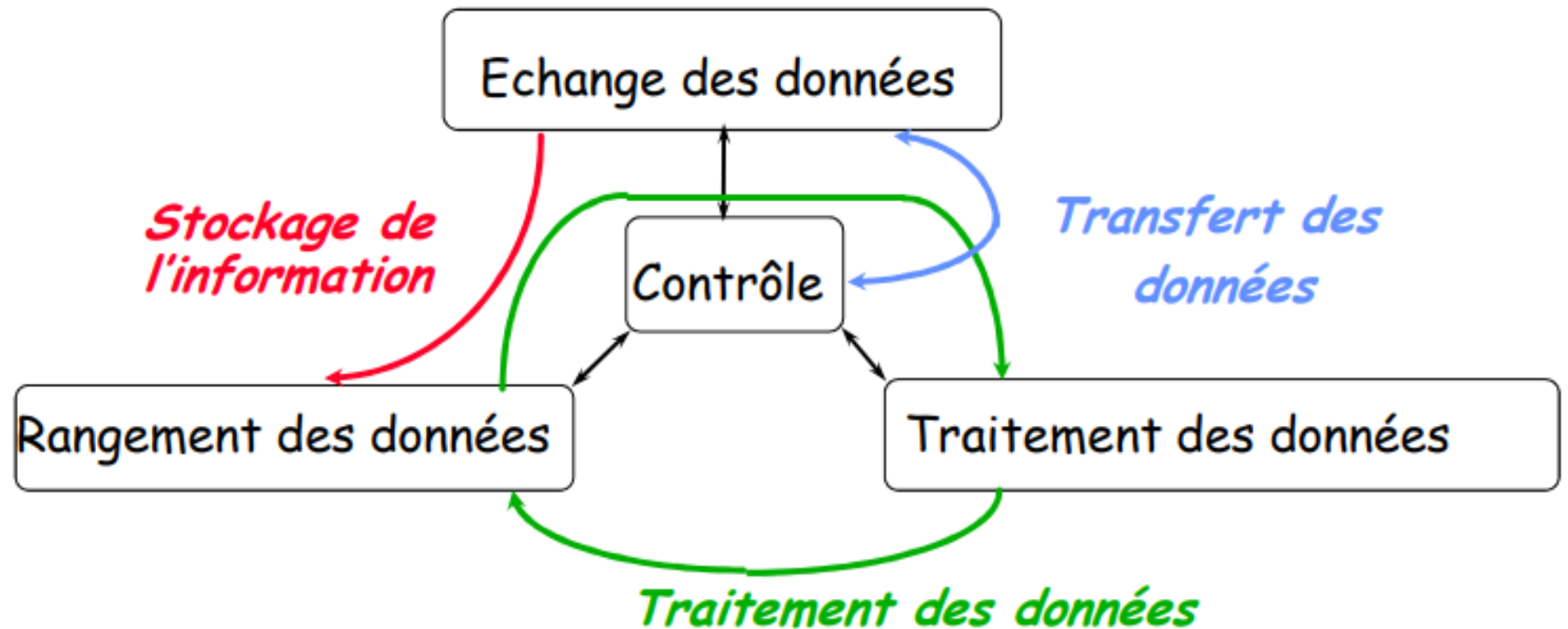
Notion de l'architecture des ordinateurs

Les différentes « vues » d'un ordinateur:

- **Vue services**
- **Vue matérielle**
- **Vue fonctionnelle**

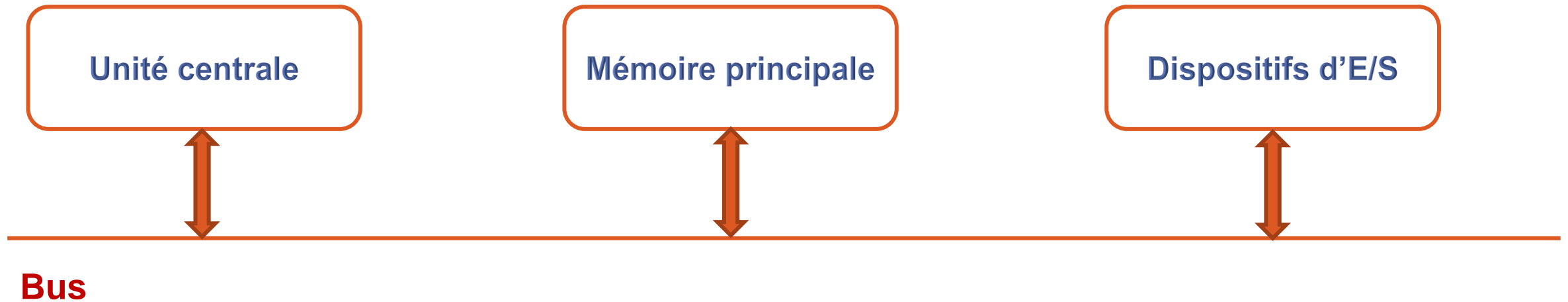
Définitions et généralités

Vue services



Définitions et généralités

Vue matérielle



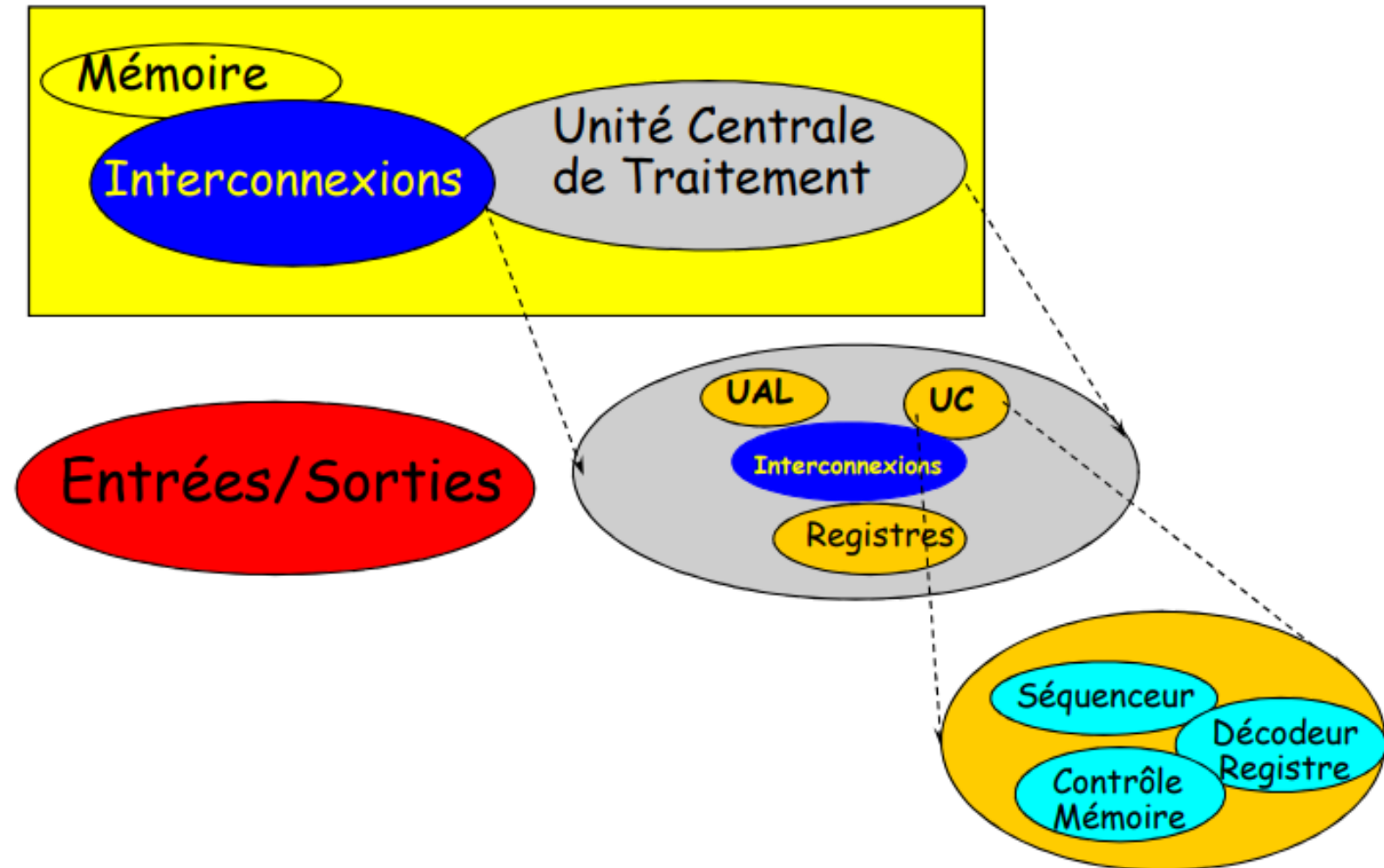
Définitions et généralités

Vue matérielle (Décomposition matérielle d'un ordinateur)

- Un ordinateur est constitué de plusieurs parties :
 - souris
 - écran
 - clavier
 - **unité centrale**
- A l'intérieur de l'unité centrale
 - **une carte mère**
 - une carte vidéo
 - des disques
- Sur la carte mère
 - un microprocesseur
 - de la mémoire (ROM, RAM) ...

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle



Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Unité de commande

- Coordinateur général
- Lit **les instructions** du programme en mémoire
- Commande l'UAL pour exécuter ces instructions

Unités d'entrées et de sorties : pour communication avec les entrées et sorties

- En entrée : clavier, souris, disque dur, ...
- En sortie : carte graphique, disque dur, ...

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

- **Une instruction:**
 - Opération élémentaire
 - Information sur :
 - ce que l'instruction fait (add, sub, mov ..)
 - sur quelles données (AL, AX, 10h ...)
- Les instructions sont spécifiques à un microprocesseur
 - Pentium 220 instructions.
 - Techno MMX +57 instructions
- Transformation d'une instruction
 - D'un langage évolué vers le langage machine (Compilateur)
 - D'un langage bas-niveau vers le langage machine (Assembleur)

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Codage d'une instruction

- Zone Opération
 - Code Opération -> Codage unique
 - jeu d'instruction limité
- Zone d'adresse
 - adresse(s) de la donnée
 - Adressage implicite -> utilisation d'un accumulateur
 - Exemple : B0 01 -> MOV AL , 01

Zone Opération	Zone adresse
----------------	--------------

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Unité de commande:

Phase de **recherche de l'instruction**

- programme en mémoire centrale
- lancement du programme (Compteur Ordinal <- @ 1ère instruction (OS))
- le séquenceur va générer les microcommandes pour placer l'instruction dans le Registre d'Instruction
- microcommande pour incrémenter le compteur ordinal (Compteur Ordinal <- @ prochaine instruction)

Phase de **traitement de l'instruction**

- Le décodeur analyse la zone opération de l'instruction
- Le séquenceur exécute les microcommandes correspondantes
- Exemple: addition

MOV AL, [0200]

ADD AL, [0300]

MOV [0400], AL

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Décodeur (ensemble de circuits)

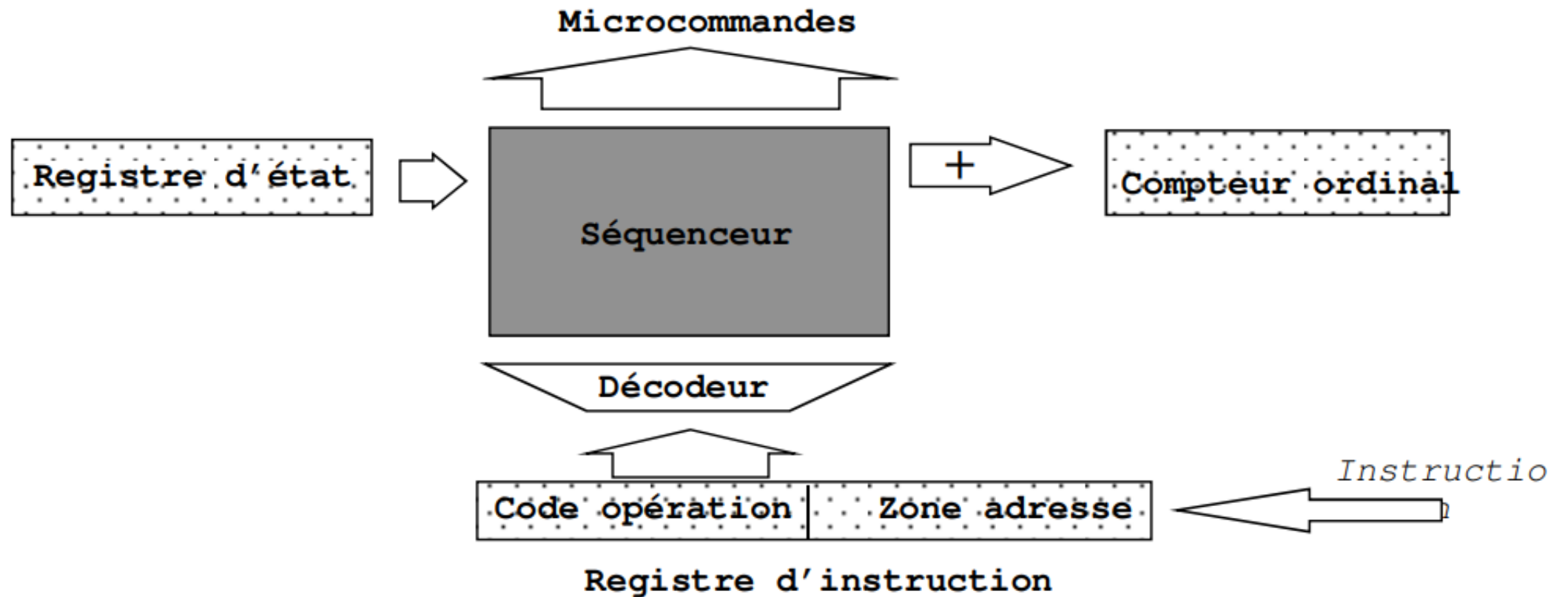
- Décode le code opératoire en une séquence de commandes et envoie les signaux correspondants à l'UAL.

Séquenceur

- Emet les microcommandes suivant un ordre (séquencement) .
- Rythmé par une horloge interne du système, Cycle machine (horloge)
- Il gère chaque étape et la transforme en signaux de contrôle.

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle (unité de commande)

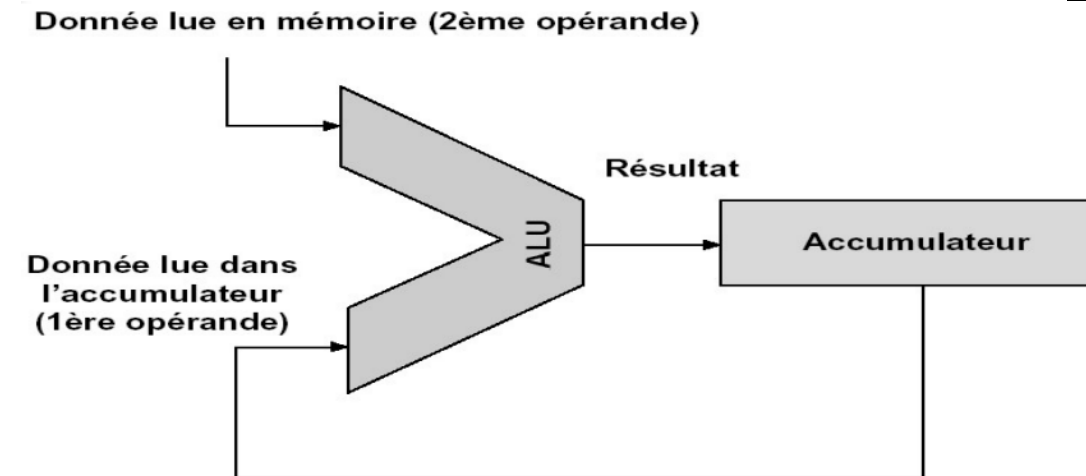


Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Registres:

- Mémoires RAM internes au μp d'accès rapide
- Compteur ordinal (PC ou IP)
 - Adresse de la prochaine instruction à exécuter
- Registre d'instruction :
 - Code de l'instruction à exécuter
- Accumulateur:
 - Contient au début une opérande de l'opération et le résultat à la fin
 - Il est utilisé pour stocker temporairement les résultats d'opérations arithmétiques et logiques effectuées par le processeur.
 - Autres types de registres: Registres d'état, Pointeur de pile, ...



Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Unité Arithmétique et Logique (UAL) : réalise des opérations élémentaires

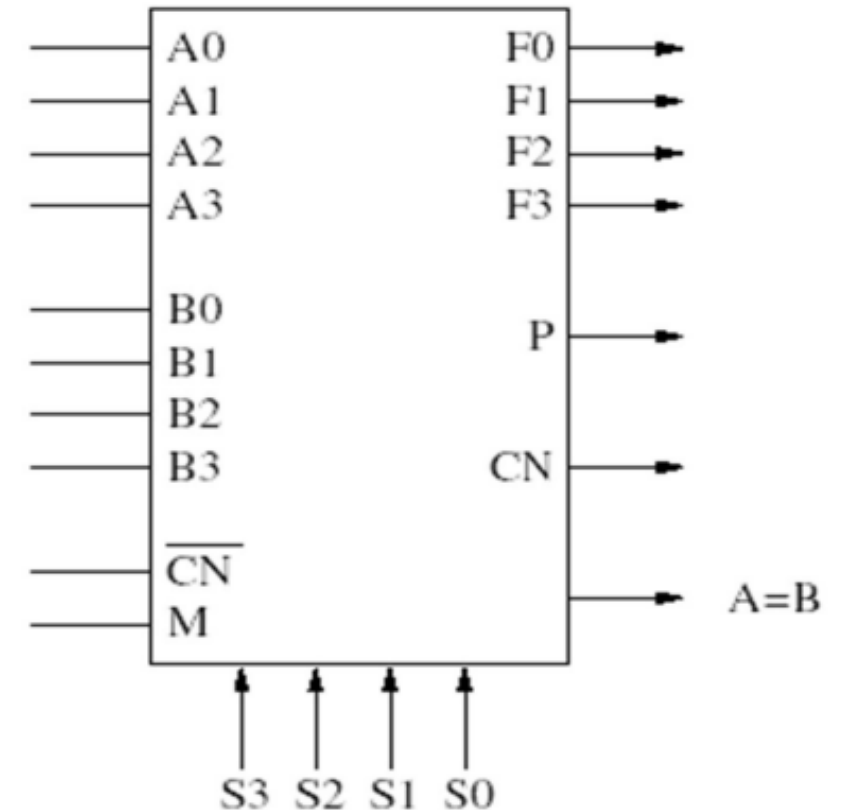
- Arithmétique : addition, soustraction, multiplication ...
- Logique : ET, OU, comparaison ...
- La sortie, qui peut être logique ou arithmétique, est sélectionnée par un multiplexeur (MUX). L'état du MUX va indiquer le fonctionnement du circuit UAL en tant que unité arithmétique ou logique.

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Unité Arithmétique et Logique (UAL) : (exemple)

- Opérandes sur A & B
- Type de fonctions sur M (1 logiques, 0 arithmétiques)
- Type d'opération sur S
- Une entrée de retenue "carry-in".
- Résultat sur F



Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Mémoire centrale

- Stocke les programmes et les données
- Enregistre les résultats intermédiaires et/ou finaux

Unité centrale de traitement

- Processeur (CPU): traite les données et envoie des ordres aux autres composants
- CPU communique avec La mémoire, les entrées, les sorties via des bus

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle

Bus : systèmes de câblage pour lier et faire communiquer les composants d'un ordinateur.

- Fils de transmission d'informations (données, adresses ou commandes)
- 1 fil transmet un bit, 1 bus à n fils = bus n bits

Types :

- Séquentiels : 1 seul fil qui transmet bit par bit
- Parallèles : transmission simultanée de +eurs bits

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle (Bus)

En pratique : plusieurs bus +/- rapides ou partagés

- Dans un PC, bus rapides:
 - Bus système
 - Bus de communication avec le CPU
 - Bus mémoire : communication avec la mémoire
 - Bus AGP (ou PCI-X) : communication avec la carte graphique
- Dans un PC, bus plus lents:
 - PCI : cartes réseaux, son ...
 - Connexion périphérique de stockage (DD, CD, DVD...)
 - ATA, SATA, SCSI ...
 - Connexion de périphériques extérieurs
 - USB, FireWire ...

Définitions et généralités

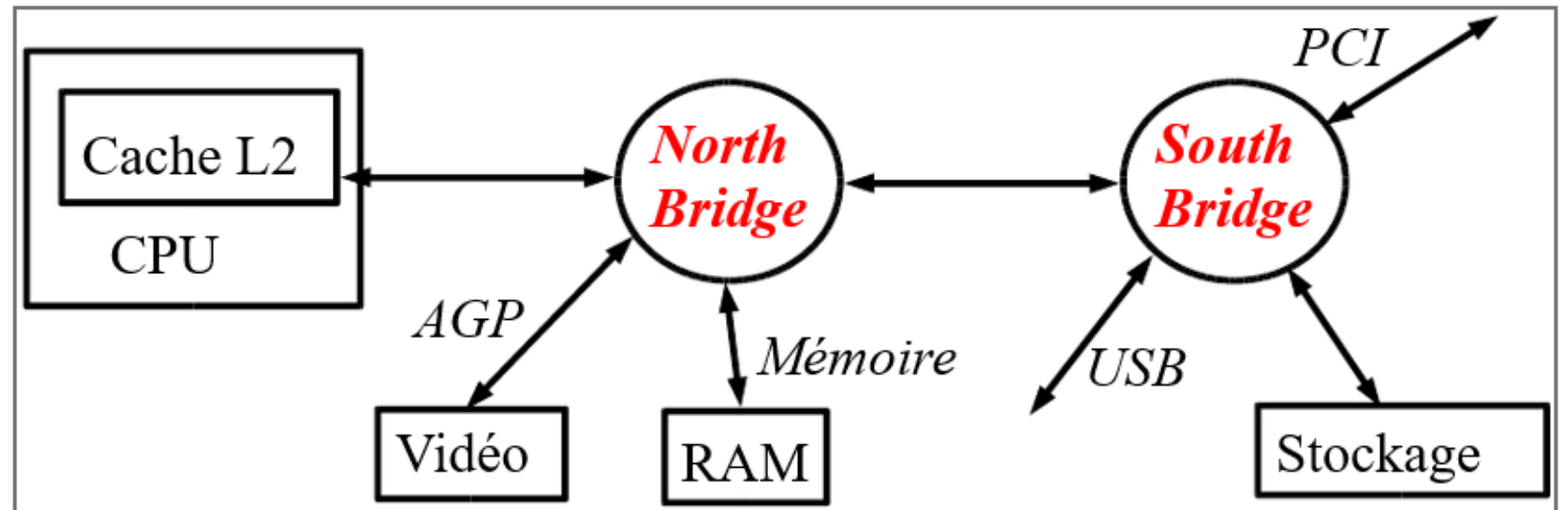
Vue fonctionnelle (Bus)

- **Chipset** : est un jeu de composants électroniques intégré dans un circuit intégré préprogrammé permettant de gérer les flux de données numériques entre le ou les processeur(s), la mémoire et les périphériques.
- Les appareils qui contiennent chipset sont :
 - Appareils électroniques de type micro-ordinateur,
 - Téléphone mobile
 - Appareil photographique numérique
 -

Définitions et généralités

Vue fonctionnelle (Bus)

- **Chipset :**
- Chipset est Composé de 2 éléments
 - Pont nord (NorthBridge) : pour les bus rapides
 - Pont sud (SouthBridge) : pour les bus lents



Historique d'évolution des ordinateurs

L'ère mécanique

L'ère électromécanique

L'ère des ordinateurs à tubes à vide

L'ère des ordinateurs à transistors

L'ère des ordinateurs à circuits intégrés

L'ère de la micro informatique

Historique d'évolution des ordinateurs

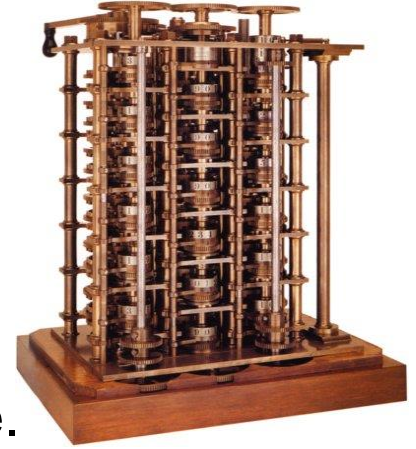
L'ère mécanique: 1640 à 1945

Les premières machines mécaniques à calculer ont été inventées au 17ème siècle.

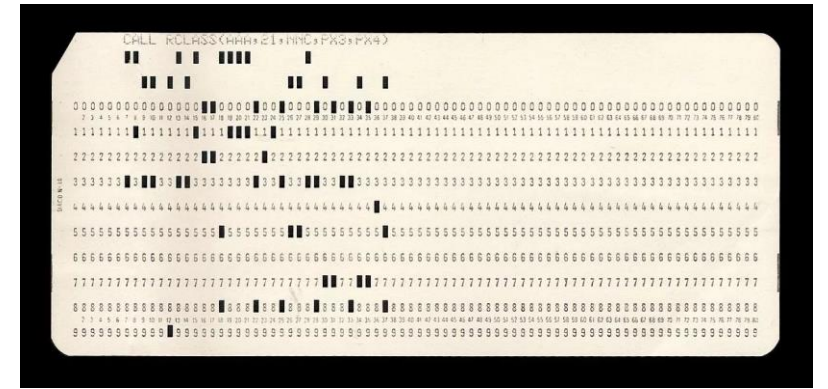
Elles utilisaient des engrenages et des roues pour effectuer des calculs, ont été largement utilisées pour effectuer des calculs mathématiques complexes pendant plusieurs siècles.

Exemple: 1830 Machine Analytique

capable de prendre des décisions en fonction des résultats précédents (contrôle de séquence, branchements et boucles)



Historique d'évolution des ordinateurs



L'ère électromécanique : 1945 à 1950

- Dans les années 1930, des machines à calculer électromécaniques ont été développées, qui utilisaient des relais et des commutateurs électriques pour effectuer des calculs.
- Ces machines étaient plus rapides et plus précises que les machines mécaniques,
- **En 1890 Hermann Hollerith construit un calculateur statistique électromécanique plus performant que les calculateurs mécaniques**
- **Utilisation de cartes perforées**
- **1938 Konrad Zuse** construit un **ordinateur binaire programmable** mécanique (Z1)
- Utilisation de relais électromécaniques : Z2, **1939**

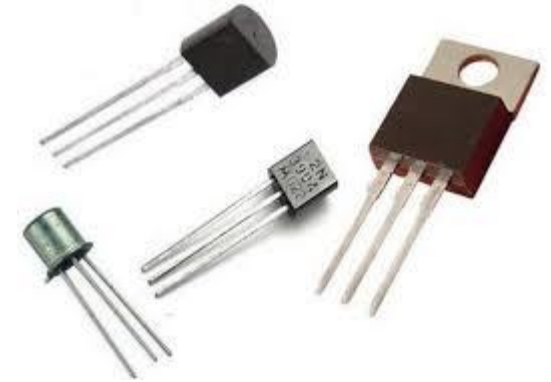
Historique d'évolution des ordinateurs

L'ère des ordinateurs à tubes à vide : 1945 à 1955

- Dans les années 1940, les premiers ordinateurs électroniques ont été construits, utilisant des tubes à vide pour stocker et manipuler des données.
- 1904 invention du Tube à vide par John Fleming
- 1939 Premier ordinateur composé de tubes à vide
- 1945 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) par Eckert et Mauchly
 - 19000 tubes à vides
 - 30 tonnes
 - 72 m²
 - 140 kW
 - 100 khz
 - 330 multiplications par seconde
- 1952 IBM commercialise son premier ordinateur pour la défense américaine
 - mémoire à tubes cathodiques de 2048 ou 4096 mots de 36 bits
 - 16000 additions/s, 2200 multiplications/s



Historique d'évolution des ordinateurs



L'ère des ordinateurs à transistors :

- Dans les années 1950, les transistors ont remplacé les tubes à vide comme principal composant électronique dans les ordinateurs.
- Les ordinateurs à transistors étaient plus petits, plus rapides et plus fiables que les ordinateurs à tubes à vide, et ont ouvert la voie à l'informatique moderne.
- **1948 invention du transistor bipolaire** par Shockley, Bardeen et Brattain, Bell Labs.
 - plus petit
 - diminution de la consommation électrique
- 1956 TRADIC par Bell, premier ordinateur à base de transistors

Historique d'évolution des ordinateurs



L'ère des ordinateurs à circuits intégrés :

Dans les années 1960, les premiers ordinateurs à circuits intégrés ont été développés, qui utilisaient des puces électroniques pour stocker et manipuler des données.

- **1958** démonstration du premier circuit intégré par **Texas Instruments**
- **1960** DEC commercialise le PDP-1 (Programmable Data Processor) vendu \$120.000 (50 exemplaires)
- **1961** Fairchild Corp commercialise les premiers circuits intégrés
- **1965** DEC commercialise le PDP-8
 - \$18.500 (50.000 exemplaires)
 - 4096 mots de 12 bits
 - accumulateur et compteur de programme
- **1968** Burroughs sort les premiers ordinateurs basés sur des circuits intégrés : B2500, B3500
- **1968** Hewlet Packard présente sa première calculatrice de bureau **HP 9100** constituée de transistors et pesant **20 kg pour \$5000 !**

Historique d'évolution des ordinateurs

L'ère de la micro-informatique :

dans les années 1970, les premiers ordinateurs personnels ont été développés, qui ont permis à un grand nombre de personnes d'accéder à l'informatique pour la première fois.

- **1971 Intel** vend le premier micro-ordinateur MCS-4 utilisant un micro-processeur Intel 4004
 - bus de données de 4 bits
 - 108 khz
 - 2300 transistors
 - \$200
- **1972 HP 65**
 - 100 pas de programme
 - \$ 800
 - utilisé lors de la mission Apollo – Soyouz en **1975**

Historique d'évolution des ordinateurs

A partir de 1977 les machines accessibles au grand public vont enfin apparaître

- **1977 Apple**
 - MOS 6502 à 1 Mhz
 - 12 ko de ROM avec BASIC
 - 4 ko de RAM
 - 40 x 24 caractères en 16 couleurs
 - \$1200
- **1977 Commodore Business Machines**
 - MOS 6502 à 1 Mhz
 - 14 ko de ROM avec BASIC
 - 4 ko de RAM (puis 8, 16 et 32)
 - 40 x 25 caractères en monochrome
 - lecteur de cassettes
 - \$800 (7600 F)

Historique d'évolution des ordinateurs

1978 Apple présente son premier lecteur de disquettes

- **1978** Intel présente le 8086
 - bus de données 16 bits
 - 4,77 Mhz
 - 29000 transistors en 3 microns
- **1979** Apple lance l'Apple Plus
 - 48 ko de RAM
- **1980** Sinclair Research commercialise le ZX80
 - NEC 780-1 à 3,25 Mhz
 - 4 ko de ROM
 - 1 ko de RAM (extensible à 16 ko)
- **1981** Sinclair Research commercialise le ZX81
 - Z80A-1 à 3,5 Mhz
 - 8 ko de ROM
 - 1 ko de RAM (extensible à 48 ko)

Historique d'évolution des ordinateurs

- **1981** Xerox commercialise le Star 8010
 - 1 Mo de RAM
 - 8 Mo de disque dur
 - interface ethernet
 - écran graphique, souris
 - imprimante laser
 - interface graphique (drag & drop)
 - tableur, traitement de texte (WYSIWYG), messagerie électronique
 - \$ 17000
 - trop cher, trop en avance sur son temps
 - pas de succès commercial

Historique d'évolution des ordinateurs

- **1981** IBM commercialise le PC 5150
 - Intel 8088 à 4,77 Mhz
 - 40 ko de ROM
 - 64 ko de RAM
 - lecteur de disquettes 5'25
 - PC DOS 1.0
 - \$ 3000
 - \$ 6000 version carte graphique CGA (640x200x16 couleur)
- **1981** Apple commercialise l'Apple III
 - 6502 A à 2 Mhz
 - 128 ko de RAM 64 ko de RAM
 - lecteur de disquettes 5'25
 - écran 80 colonnes

Historique d'évolution des ordinateurs

- **1982** Sinclair lance le ZX Spectrum
 - Z80A à 3,5 Mhz
 - 16 ko de ROM
 - 48 ko de RAM
 - 256x192 pixels en 8 couleurs
 - grand succès commercial
- **1982** Commodore commercialise le Commodore 64
 - 6510 A à 1 Mhz
 - 20 ko de ROM
 - 64 ko de RAM
 - lecteur de cassettes
 - 17 à 22 millions d'unités vendues
 - \$ 600 (4000 F)

Historique d'évolution des ordinateurs

- **1984** Apple présente le Macintosh
 - 68000 à 8 Mhz
 - 128 ko de RAM
 - 64 ko de ROM
 - écran monochrome 9 pouces
 - interface graphique + souris

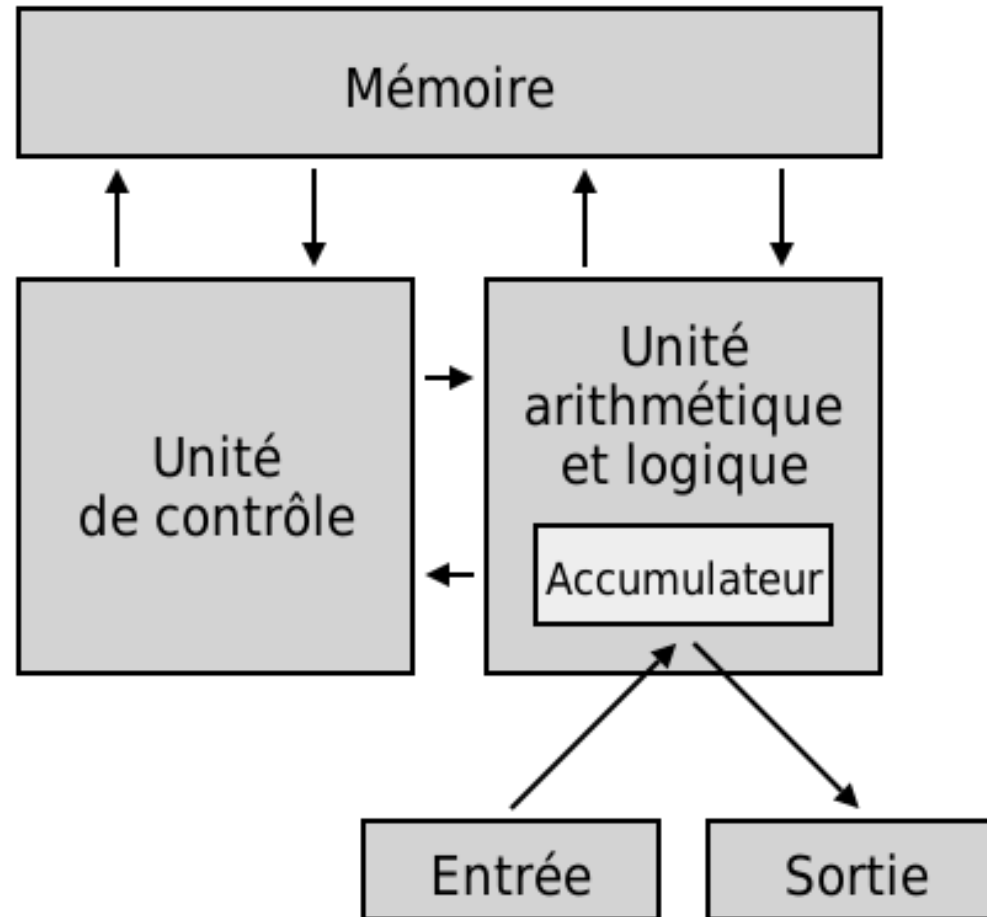
Historique d'évolution des ordinateurs

- **A partir de 1984 :**
- Disparition progressive des marques qui ont fait le succès de la Micro-informatique au profit de sociétés qui commercialisent des compatibles PC : IBM, Compaq, Toshiba, DELL, HP, Packard Bell
- Machines à bases de cassettes, lecteurs de disquettes remplacées par des machines utilisant des disques dur
- Utilisation du BASIC remplacé par MSDOS, puis Windows
- Manque d'uniformisation remplacé par compatibilité, cartes d'extension

Architecture Von Neumann

- Cette architecture est appelée ainsi en référence au mathématicien John Von Neumann qui a élaboré en juin 1945, dans le cadre du projet EDVAC, la première description d'un ordinateur dont le programme est stocké dans sa mémoire.
- Cette architecture décompose l'ordinateur en 4 parties distinctes:
 - **Unité arithmétique et logique:** effectue les opérations de base (calculs)
 - **Unité de contrôle:** qui est chargée du séquençement des opérations (commande les autres unités):
 - Envoie les signaux de contrôle aux autres unités
 - Supervise le fonctionnement de l'UAL
 - **Mémoire** qui contient à la fois les données et le programme
 - **Dispositifs d'E/S:** qui permettent de communiquer avec le monde extérieur

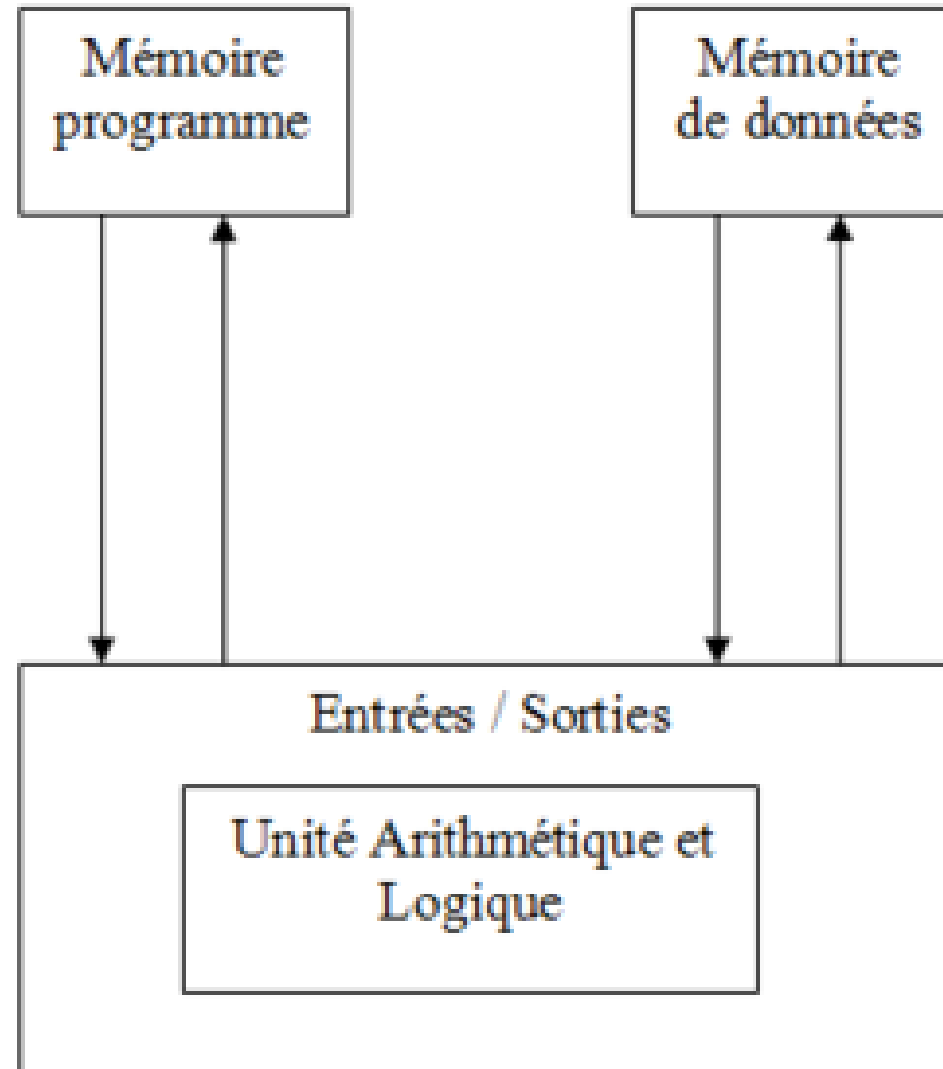
Architecture Von Neumann



Architecture de Harvard

- Le nom de cette structure vient du nom de l'université Harvard ou une telle architecture a été mise en pratique pour la première fois en 1944
- Avec deux bus distincts, l'architecture permet de transférer simultanément les données et les instructions à exécuter.
 - Ainsi, l'unité de traitement aura accès simultanément à l'instruction et aux données associées.
- Cette architecture peut se montrer plus rapide à technologie identique que l'architecture de Von Neumann
- Le gain en performance s'obtient cependant au prix d'une complexité accrue de structure.

Architecture de Harvard



Harvard vs Von Neumann

Von Neumann

- ✓ Conception est simple
- ✓ Ne requiert qu'un seul bus pour les instructions et les données
- ✓ Le processeur a besoin de deux cycle d'horloge pour terminer une instruction
- ✓ Faible performance par rapport à l'architecture de Harvard
- ✓ Coût moins cher

Harvard

- ✓ Conception est compliquée
- ✓ Nécessite deux bus séparés, un pour les instruction et un pour les données.
- ✓ Le processeur peut compléter une instruction en un cycle d'horloge.
- ✓ Plus facile à canaliser, donc de hautes performances peuvent être atteintes.
- ✓ Coût relativement élevé

