

Architecture de l'ordinateur

Frédérique Barré, Éric Favier & Vincent Lozano

Énise

Année 2007/2008

Sommaire

1 Introduction

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur
- 5 Architecture en couches

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur
- 5 Architecture en couches

Introduction

Définition

« Un ordinateur est une **machine**
capable de résoudre des **problèmes**
en appliquant des **instructions** préalablement définies »

Andrew Tanenbaum

Architecture de l'ordinateur, InterÉditions, 1988.

Introduction

Objectif de cet enseignement

- Étudier d'un point de vue **logique** (et non électronique)

Introduction

Objectif de cet enseignement

- Étudier d'un point de vue **logique** (et non électronique)
 - 1 le fonctionnement des composants internes d'un ordinateur

Introduction

Objectif de cet enseignement

- Étudier d'un point de vue **logique** (et non électronique)
 - 1 le fonctionnement des composants internes d'un ordinateur
 - 2 la façon dont ils dialoguent

Introduction

Objectif de cet enseignement

- Étudier d'un point de vue **logique** (et non électronique)
 - 1 le fonctionnement des composants internes d'un ordinateur
 - 2 la façon dont ils dialoguent
- Connaître la nature des **informations** manipulées et leur codage

Introduction

Objectif de cet enseignement

- Étudier d'un point de vue **logique** (et non électronique)
 - 1 le fonctionnement des composants internes d'un ordinateur
 - 2 la façon dont ils dialoguent
- Connaître la nature des **informations** manipulées et leur codage
- Expérimenter en « **programmant** » en langage machine.

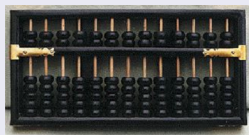
Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique**
 - Machines à calculer
 - Métiers à tisser
 - Charles Babbage
 - Les premiers ordinateurs
 - Joseph Von Neuman
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur

Machines à calculer

Vers -500

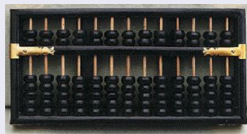
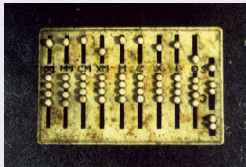
Apparition des premiers outils de calcul (bouliers, abaque) :



Machines à calculer

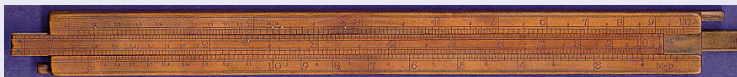
Vers -500

Apparition des premiers outils de calcul (bouliers, abaque) :



1632

Invention de la règle à calcul



Machines à calculer

1642 : Blaise Pascal

La **Pascaline** effectue mécaniquement additions/soustractions.



Machines à calculer

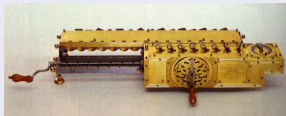
1642 : Blaise Pascal

La **Pascaline** effectue mécaniquement additions/soustractions.



1684 :Gottfried Leibnitz

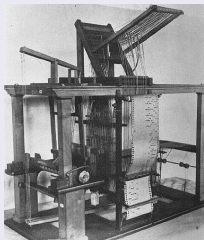
Première machine effectuant les multiplications et les divisions.



Métiers à tisser

1725 Basile Bouchon (lyonnais)

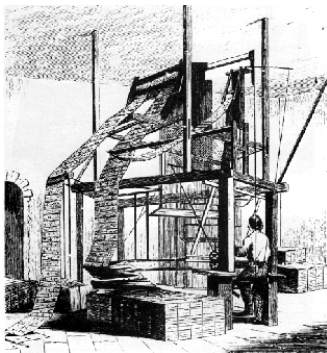
Utilise une **bande de papier perforé** pour automatiser le tissage des motifs



Métiers à tisser

1800 Joseph-Marie Jacquard

Invente le premier métier entièrement automatique (les cartes perforées contiennent le **programme** fixant le motif ornemental et commandant le mouvement des « lisses »)



Charles Babbage

1820

Il conçoit la **difference engine**

- permettant de graver sur des plateaux de cuivre des tables numériques pour la navigation en mer ;
- basée sur la méthode des différences finies ;
- utilisant des cartes perforées.

Charles Babbage

1820

Il conçoit la **difference engine**

- permettant de graver sur des plateaux de cuivre des tables numériques pour la navigation en mer ;
- basée sur la méthode des différences finies ;
- utilisant des cartes perforées.

1823–1843

Il tente de la mettre au point.



Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - ① le magasin (mémoire) ;

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - 1 le magasin (mémoire) ;
 - 2 le moulin (unité de calcul) ;

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - 1 le magasin (mémoire) ;
 - 2 le moulin (unité de calcul) ;
 - 3 l'entrée (lecteur de cartes perforées) ;

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - 1 le magasin (mémoire) ;
 - 2 le moulin (unité de calcul) ;
 - 3 l'entrée (lecteur de cartes perforées) ;
 - 4 la sortie (perforation ou impression)

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - ① le magasin (mémoire) ;
 - ② le moulin (unité de calcul) ;
 - ③ l'entrée (lecteur de cartes perforées) ;
 - ④ la sortie (perforation ou impression)
- pouvant tester si un nombre est positif

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - ① le magasin (mémoire) ;
 - ② le moulin (unité de calcul) ;
 - ③ l'entrée (lecteur de cartes perforées) ;
 - ④ la sortie (perforation ou impression)
- pouvant tester si un nombre est positif
- pouvant faire un branchement conditionnel

Charles et Ada

1834

Charles rencontre [Ada Lovelace](#) (fille du poète Lord Byron)

Il entreprend la conception de l'[analytical engine](#) :

- composée de 4 parties :
 - ① le magasin (mémoire) ;
 - ② le moulin (unité de calcul) ;
 - ③ l'entrée (lecteur de cartes perforées) ;
 - ④ la sortie (perforation ou impression)
- pouvant tester si un nombre est positif
- pouvant faire un branchement conditionnel
- utilisant un langage de programmation très simple

Charles et Ada

1842

Ada Lovelace publie la description de l'analytical engine

Charles et Ada

1842

Ada Lovelace publie la description de l'analytical engine

1880

Le fils de Charles, Henry Babbage, réalise une partie de la machine

Charles Babbage

Charles et Ada

1842

Ada Lovelace publie la description de l'analytical engine

1880

Le fils de Charles, Henry Babbage, réalise une partie de la machine



1815–1852

1936 Konrad Zuse



ENIAC

1945 Electronic Numerical Integrator, Analyzer and Computer

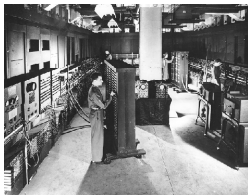
Il s'agit du premier « ordinateur »

ENIAC

1945 Electronic Numerical Integrator, Analyzer and Computer

Il s'agit du premier « ordinateur »

- 17468 tubes électroniques et 1600 relais, 30 tonnes, 150KW, plus deux puissants moteurs, occupant 169 m² au sol

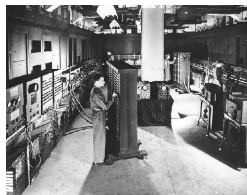


ENIAC

1945 Electronic Numerical Integrator, Analyzer and Computer

Il s'agit du premier « ordinateur »

- 17468 tubes électroniques et 1600 relais, 30 tonnes, 150KW, plus deux puissants moteurs, occupant 169 m² au sol
- les données sont sur des cartes perforées

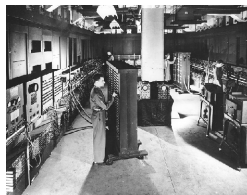


ENIAC

1945 Electronic Numerical Integrator, Analyzer and Computer

Il s'agit du premier « ordinateur »

- 17468 tubes électroniques et 1600 relais, 30 tonnes, 150KW, plus deux puissants moteurs, occupant 169 m² au sol
- les données sont sur des cartes perforées
- les programmes sont câblés en mémoire



Von Neuman

Fin 1945

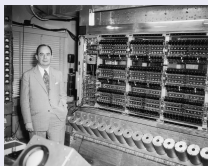
Il propose un modèle d'ordinateur

Von Neuman

Fin 1945

Il propose un **modèle d'ordinateur**

- machine universelle contrôlée par programme

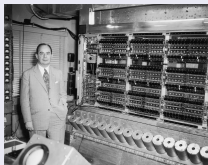


Von Neuman

Fin 1945

Il propose un **modèle d'ordinateur**

- machine universelle contrôlée par programme
- **instructions** et **données**, sous format binaire, stockées en mémoire

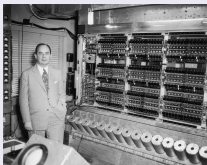


Von Neuman

Fin 1945

Il propose un **modèle d'ordinateur**

- machine universelle contrôlée par programme
- **instructions** et **données**, sous format binaire, stockées en mémoire
- le programme peut modifier ses propres instructions

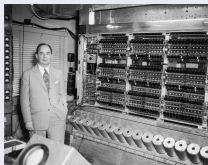


Von Neuman

Fin 1945

Il propose un **modèle d'ordinateur**

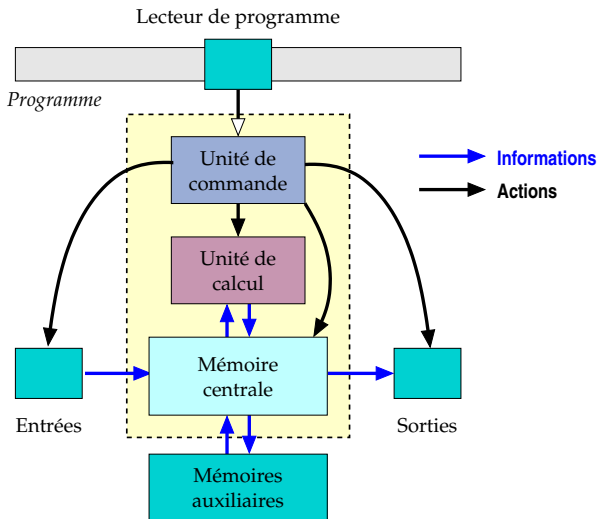
- machine universelle contrôlée par programme
- **instructions** et **données**, sous format binaire, stockées en mémoire
- le programme peut modifier ses propres instructions
- permettant les ruptures de séquence



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur**
 - Schéma général
 - Unité centrale
 - Mémoire centrale
 - Les bus
 - Périphériques
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur

Machine de Babbage



Machine de Von Neumann

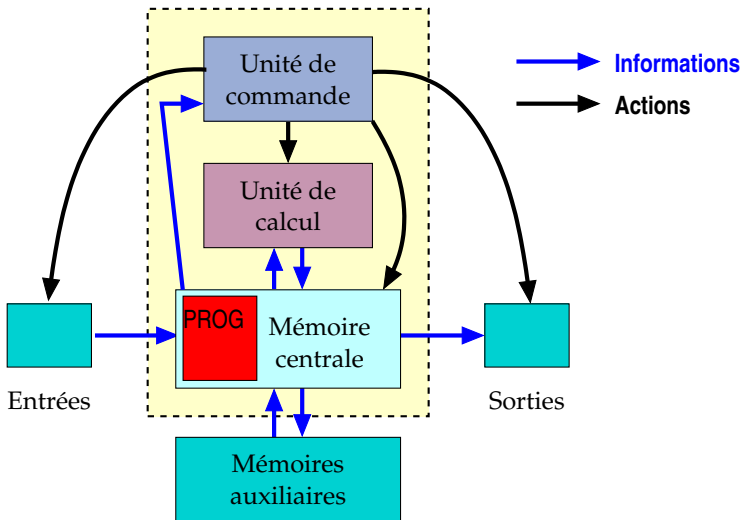


Schéma général

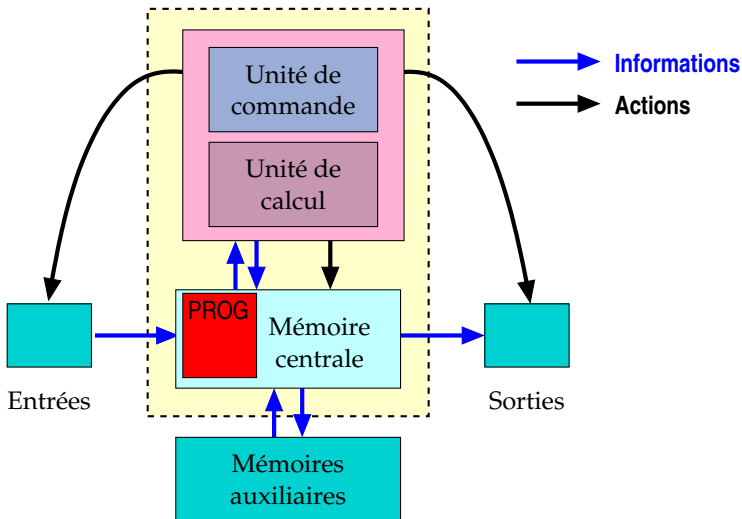


Schéma général

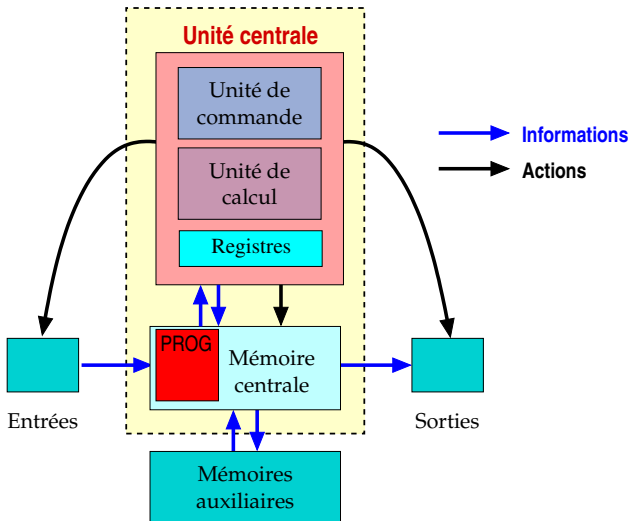
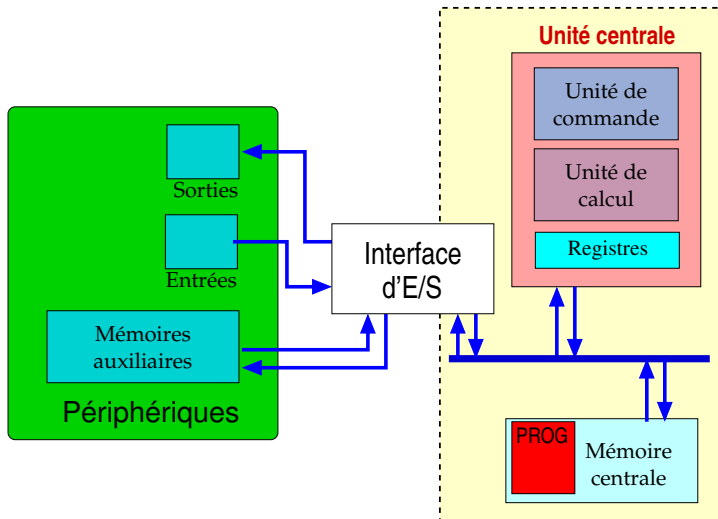


Schéma général



Unité centrale

En anglais

central processing unit (CPU)

Unité centrale

En anglais

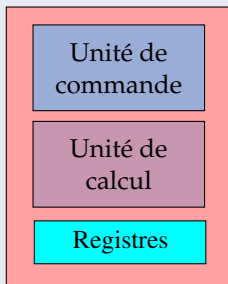
control processing unit (CPU)

Une définition

C'est le « cerveau » de l'ordinateur,
son rôle est d'exécuter
les programmes
chargés en mémoire.

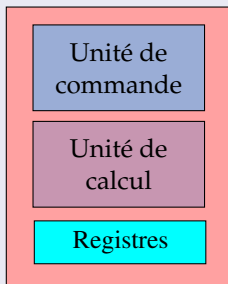
Unité centrale (ou processeur)

Elle comporte trois éléments reliés par un bus interne



Unité centrale (ou processeur)

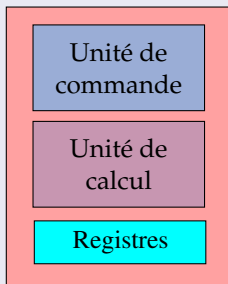
Elle comporte trois éléments reliés par un bus interne



Unité de commande (UC) cadencée
par une horloge pilote
l'exécution des
instructions

Unité centrale (ou processeur)

Elle comporte trois éléments reliés par un bus interne

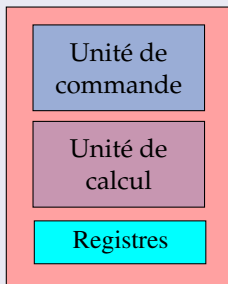


Unité de commande (UC) cadencée par une horloge pilote l'exécution des instructions

Unité arithmétique et logique (UAL) exécute des opérations arithmétiques et booléennes

Unité centrale (ou processeur)

Elle comporte trois éléments reliés par un bus interne



Unité de commande (UC) cadencée par une horloge pilote l'exécution des instructions

Unité arithmétique et logique (UAL) exécute des opérations arithmétiques et booléennes

Registres mémoire de taille réduite mais d'accès très rapide.

Unité centrale (ou processeur)

Définition

Microprocesseur : UC intégrée dans un circuit électronique

Exemples

- INTEL 80286 : 16 bits
- INTEL 80386 et 80486 : 32 bits
- INTEL PENTIUM : 32 bits
- INTEL ITANIUM : 64 bits
- MOTOROLA 68000 : 16/32 bits
- POWERPC
- SPARC

Mémoire centrale

C'est la mémoire interne de l'ordinateur

Elle est à distinguer de la mémoire « auxiliaire »
(périphériques de stockage)

Mémoire centrale

C'est la mémoire interne de l'ordinateur

Elle est à distinguer de la mémoire « auxiliaire »
(périphériques de stockage)

À tout instant on ne trouve en mémoire centrale que :

- 1 les programmes en cours d'exécution
- 2 les données manipulées par ces programmes

Mémoire centrale

C'est la mémoire interne de l'ordinateur

Elle est à distinguer de la mémoire « auxiliaire »
(périphériques de stockage)

À tout instant on ne trouve en mémoire centrale que :

- 1 les programmes en cours d'exécution
- 2 les données manipulées par ces programmes

Sa structure

Bascules pouvant prendre deux états :

- désignés par 0 et 1
- appelées BIT(s) pour Binary digit

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Octets et multiples

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Octets et multiples

- octet (*byte*) : 8 bits

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Octets et multiples

- octet (*byte*) : 8 bits
- kilo-octet (Ko) : 1024 octets

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Octets et multiples

- octet (*byte*) : 8 bits
- kilo-octet (Ko) : 1024 octets
- mega-octet (Mo) : 1024 Ko = 1048576 octets

Mémoire centrale

Quelques définitions

Adresse

c'est un **numéro** permettant de désigner une cellule

Mot / cellule

- plus petite quantité de mémoire adressable : **8 bits**
- une cellule de 8 bits peut contenir 2^8 valeurs différentes

Octets et multiples

- octet (*byte*) : 8 bits
- kilo-octet (Ko) : 1024 octets
- mega-octet (Mo) : 1024 Ko = 1048576 octets
- giga-octet (Go) : 1024 Mo = 1073741824 octets

Les bus

Bus de données

Il achemine les données entre les dispositifs d'entrées/sorties, la mémoire et les registres.

Les bus

Bus de données

Il achemine les données entre les dispositifs d'entrées/sorties, la mémoire et les registres.

Bus d'adresses

Il transporte les adresses des instructions et des données (adresses en mémoire centrale ou adresses des dispositifs d'entrées/sorties)

Les bus

Bus de données

Il achemine les données entre les dispositifs d'entrées/sorties, la mémoire et les registres.

Bus d'adresses

Il transporte les adresses des instructions et des données (adresses en mémoire centrale ou adresses des dispositifs d'entrées/sorties)

Bus de commande

Il est constitué d'un ensemble de lignes acheminant divers signaux de contrôle (comme par exemple les interruptions)

Périphériques

Définition

C'est ce qu'il y a « autour » de l'unité centrale

Périphériques

Définition

C'est ce qu'il y a « autour » de l'unité centrale

Caractéristiques

On distingue les périphériques :

Périphériques

Définition

C'est ce qu'il y a « autour » de l'unité centrale

Caractéristiques

On distingue les périphériques :

D'entrée/sortie clavier, écran, souris, imprimante, table traçante, ...

Périphériques

Définition

C'est ce qu'il y a « autour » de l'unité centrale

Caractéristiques

On distingue les périphériques :

D'entrée/sortie clavier, écran, souris, imprimante, table traçante, ...

De stockage mémoires « auxiliaires » ou secondaires (lecteurs de disques, bandes magnétiques, ...)

Périphériques

Définition

C'est ce qu'il y a « autour » de l'unité centrale

Caractéristiques

On distingue les périphériques :

D'entrée/sortie clavier, écran, souris, imprimante, table traçante, ...

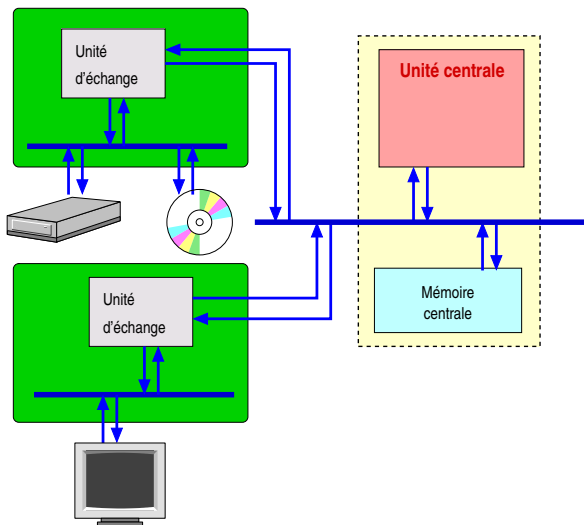
De stockage mémoires « auxiliaires » ou secondaires (lecteurs de disques, bandes magnétiques, ...)

Coût

Inversement proportionnel au temps d'accès

Périphériques

Schéma général



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur**
 - Utilisation d'un langage d'assemblage
 - Simulation du fonctionnement (1)
 - Simulation du fonctionnement (2)
- 5 Architecture en couches

Langage d'assemblage

Langage d'assemblage

Transferts mémoire

MOV <destination> , <source>

Exemples :

Langage d'assemblage

Transferts mémoire

MOV <destination> , <source>

Exemples :

- MOV RD1,17 : transfert de la valeur 17 vers RD1

Langage d'assemblage

Transferts mémoire

MOV <destination> , <source>

Exemples :

- MOV RD1, 17 : transfert de la valeur 17 vers RD1
- MOV RD2, [adr] : transfert de la mémoire vers RD2

Langage d'assemblage

Transferts mémoire

MOV <destination> , <source>

Exemples :

- MOV RD1 , 17 : transfert de la valeur 17 vers RD1
- MOV RD2 , [adr] : transfert de la mémoire vers RD2
- MOV [adr] , RD1 : transfert de RD1 vers la mémoire

Langage d'assemblage

Transferts mémoire

MOV <destination> , <source>

Exemples :

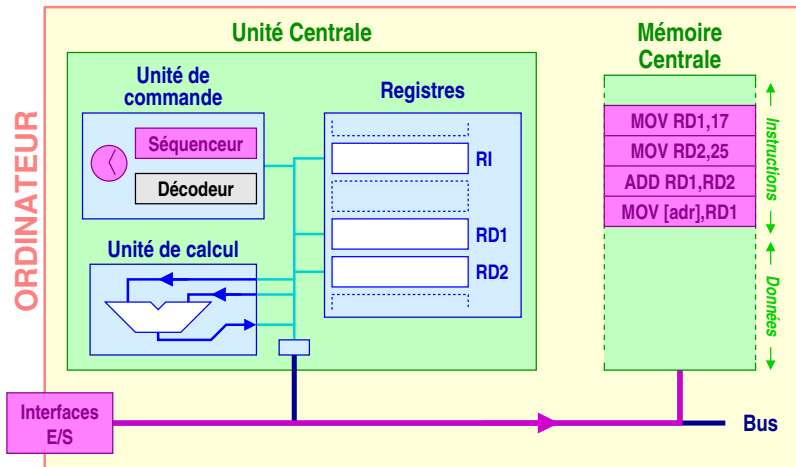
- MOV RD1 , 17 : transfert de la valeur 17 vers RD1
- MOV RD2 , [adr] : transfert de la mémoire vers RD2
- MOV [adr] , RD1 : transfert de RD1 vers la mémoire

Opérations arithmétiques

ADD <RDi> , <RDj>

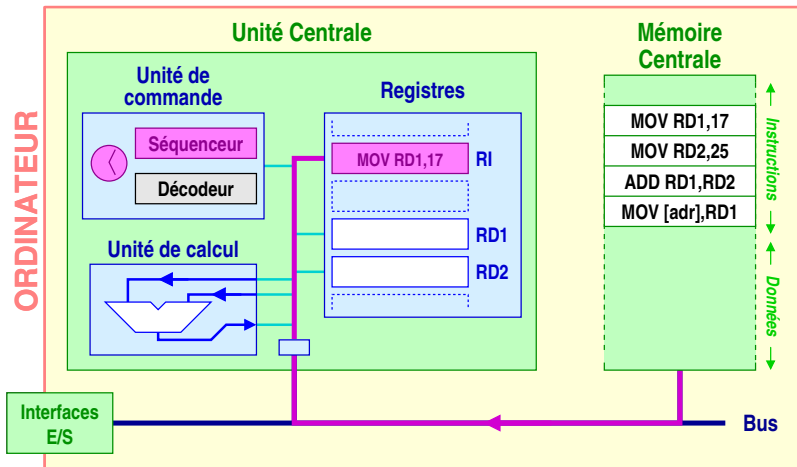
Les valeurs stockées dans les registres de données RDi et RDj sont additionnées et le résultat est placé dans RDi.

Simulation du fonctionnement (1)



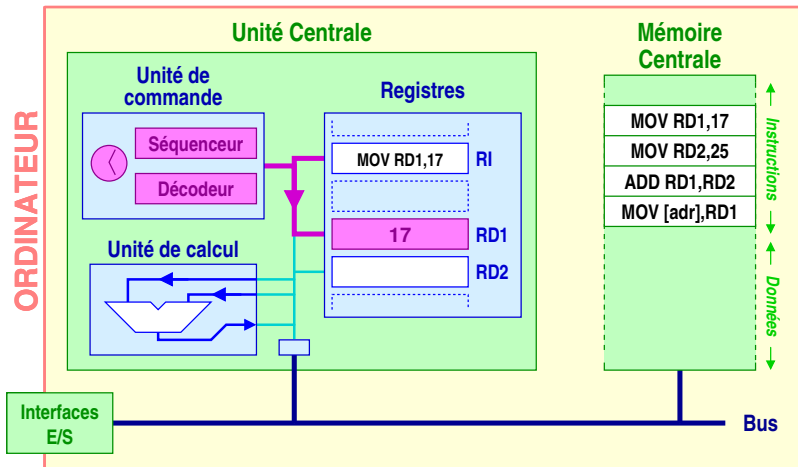
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



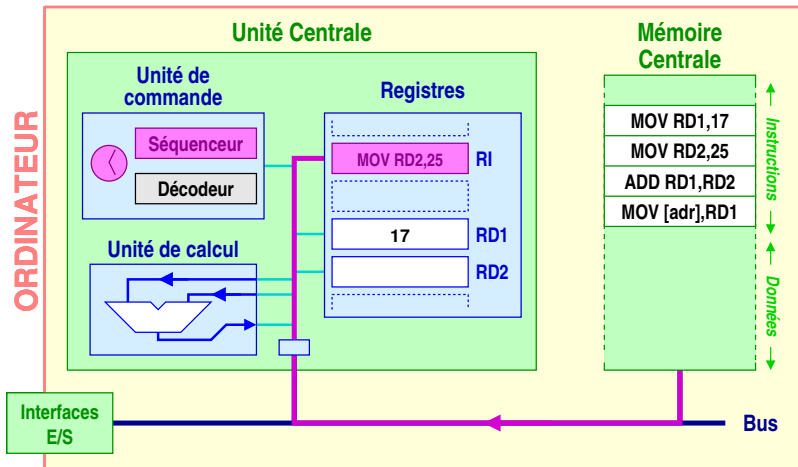
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



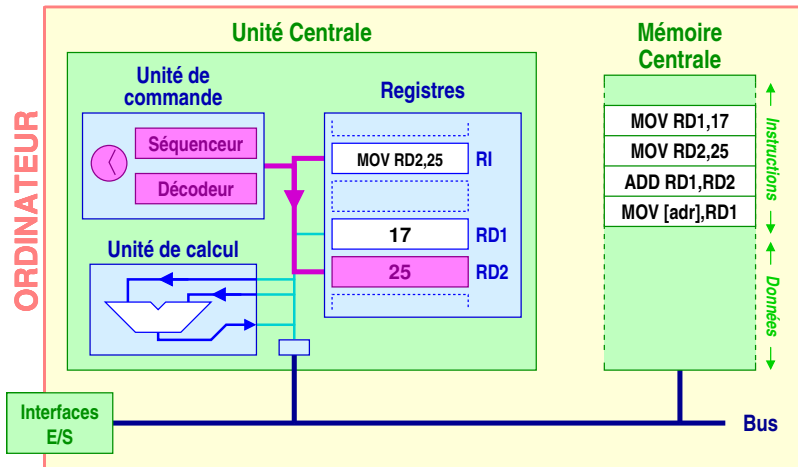
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



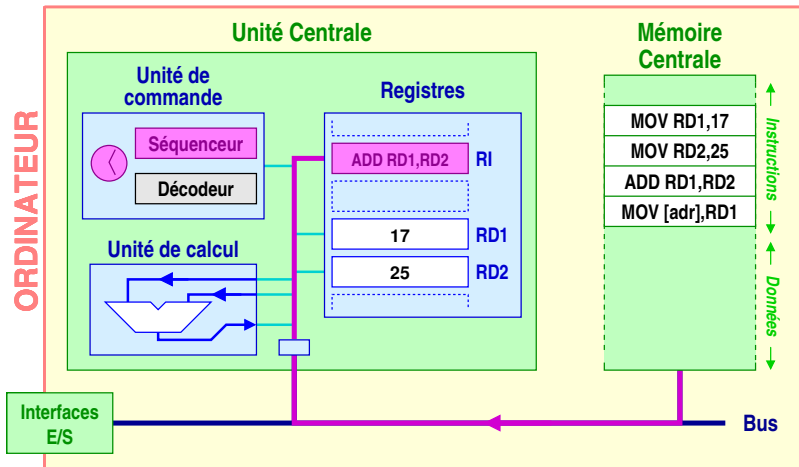
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



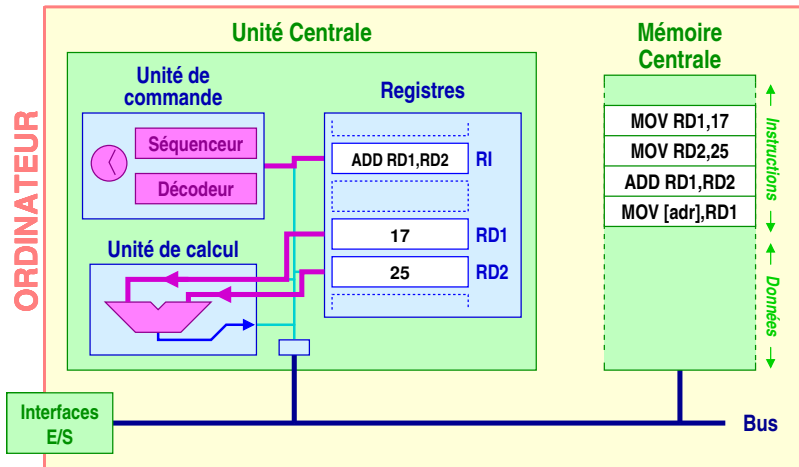
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



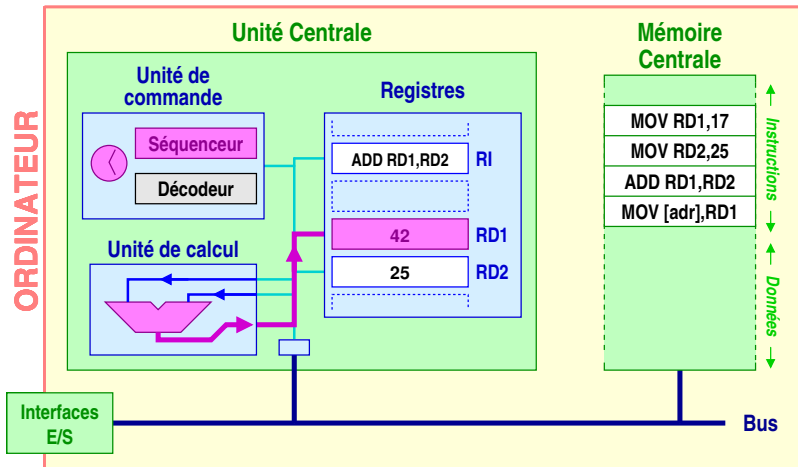
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



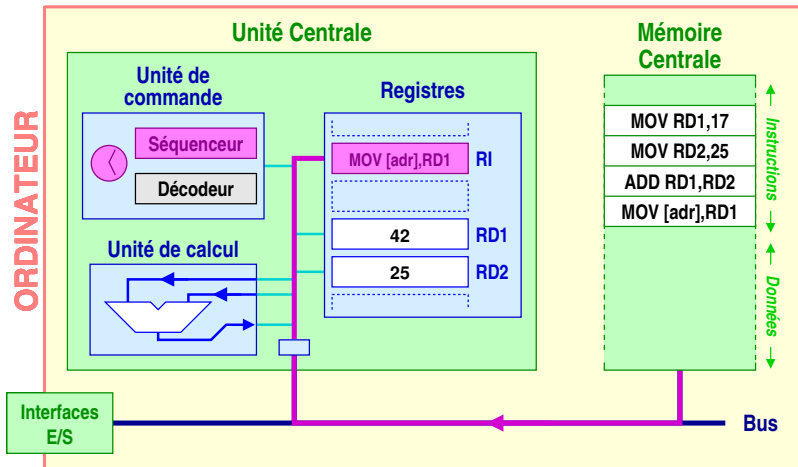
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



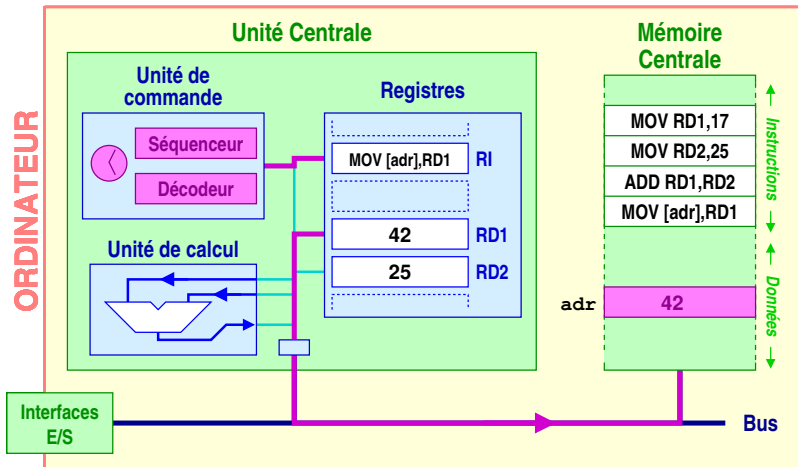
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)



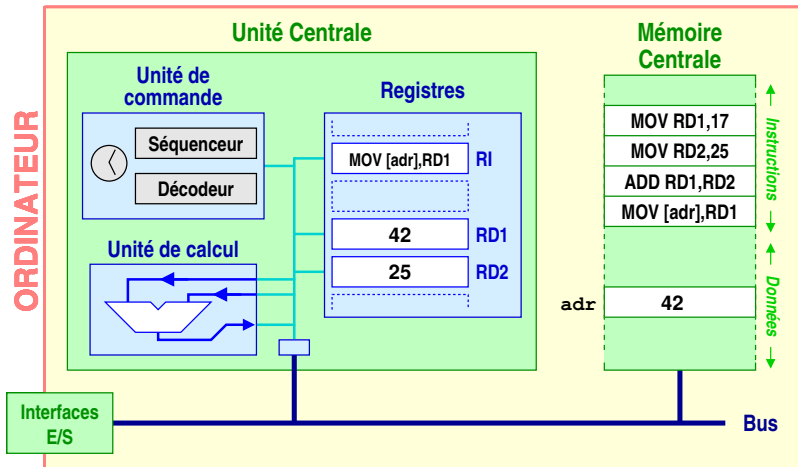
Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)

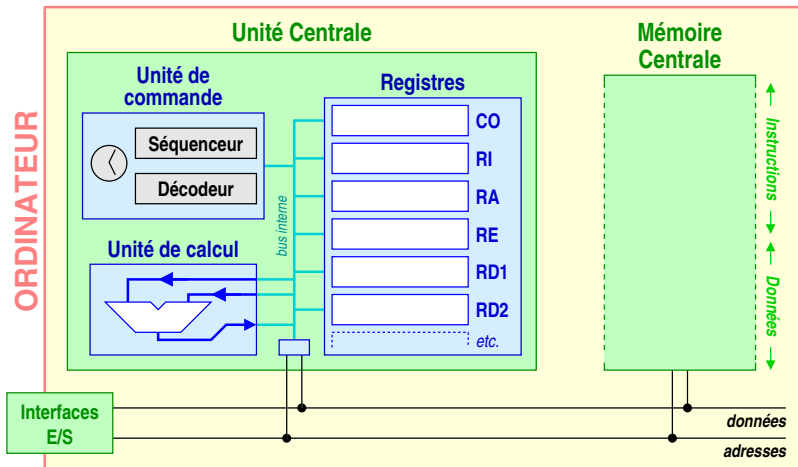


Simulation du fonctionnement (1)

Simulation du fonctionnement (1)

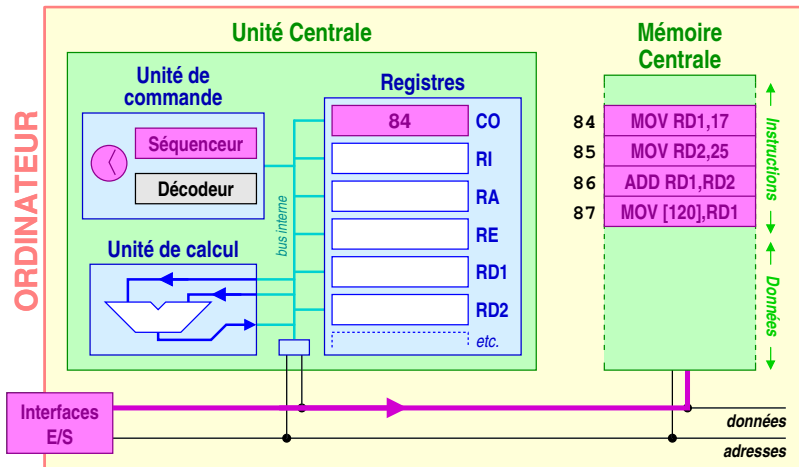


Simulation du fonctionnement (2)



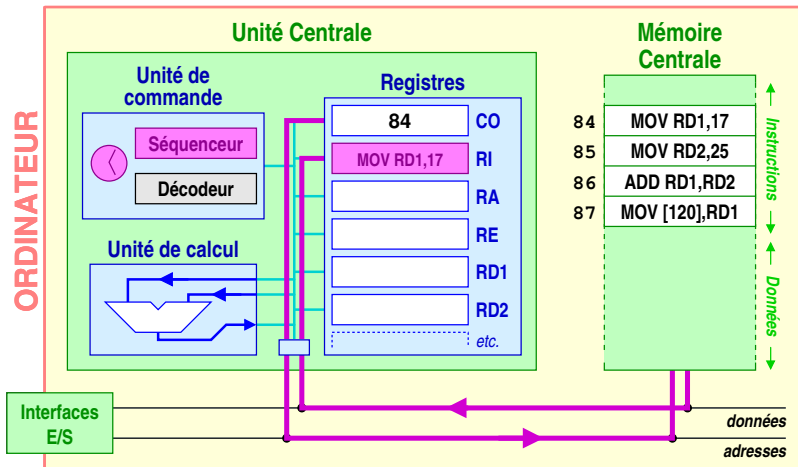
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



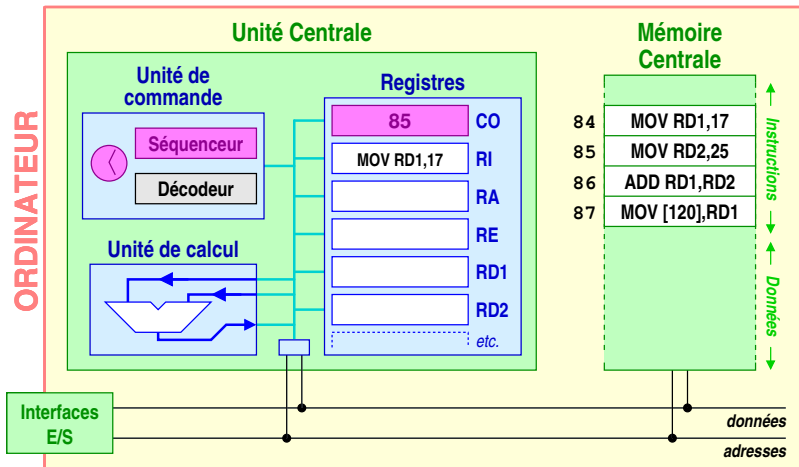
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



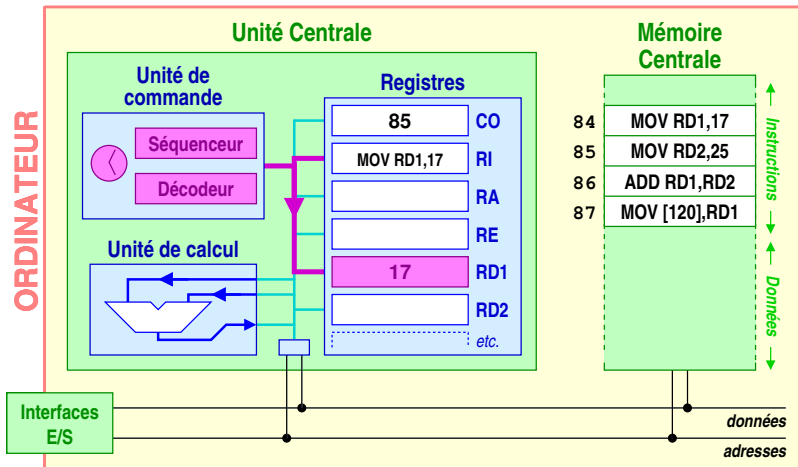
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



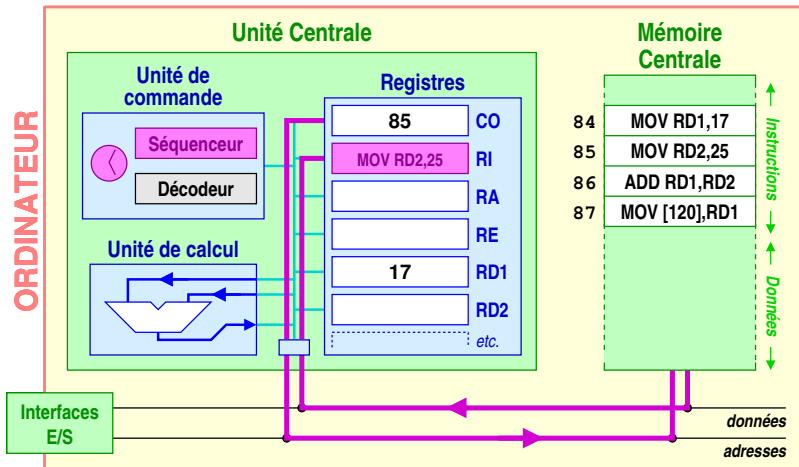
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



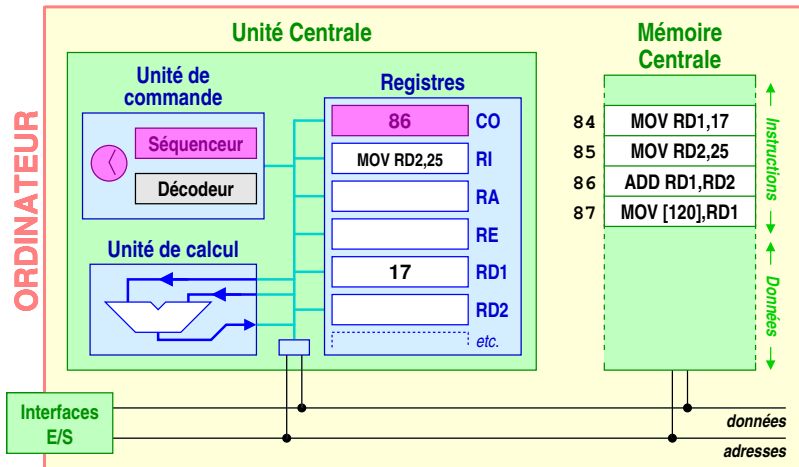
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



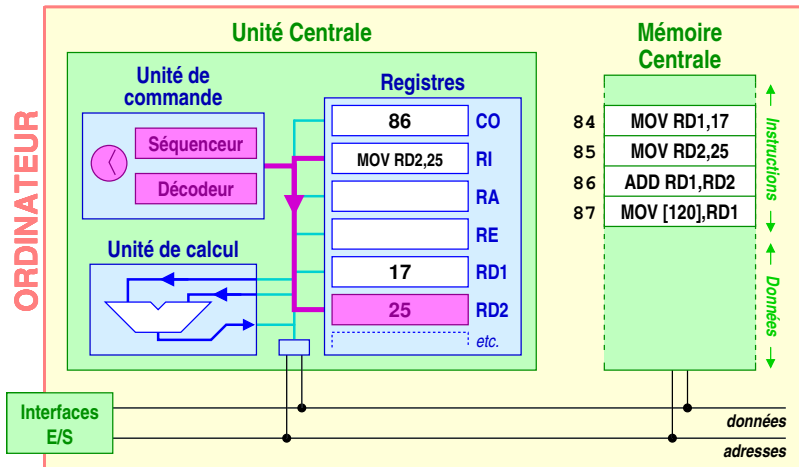
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



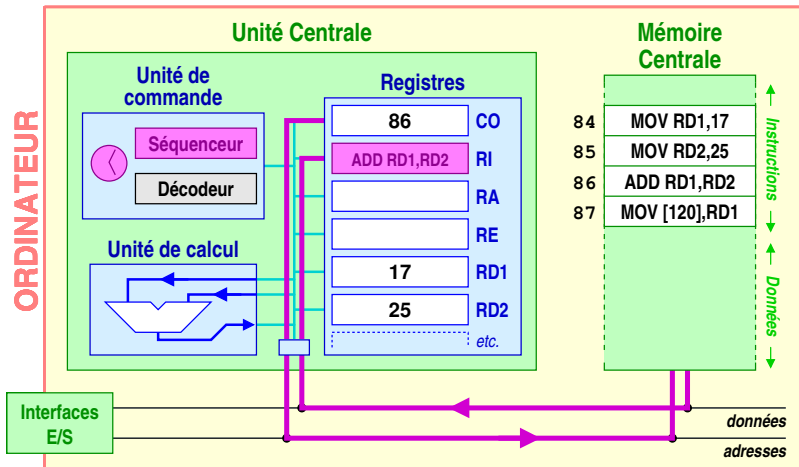
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)

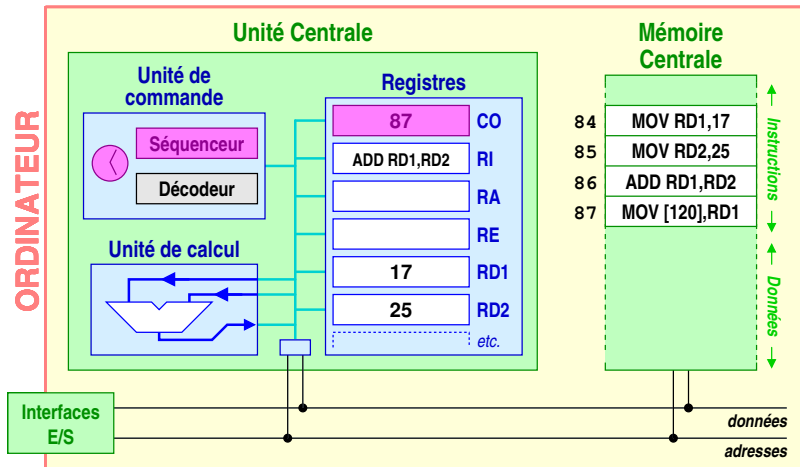


Simulation du fonctionnement (2)

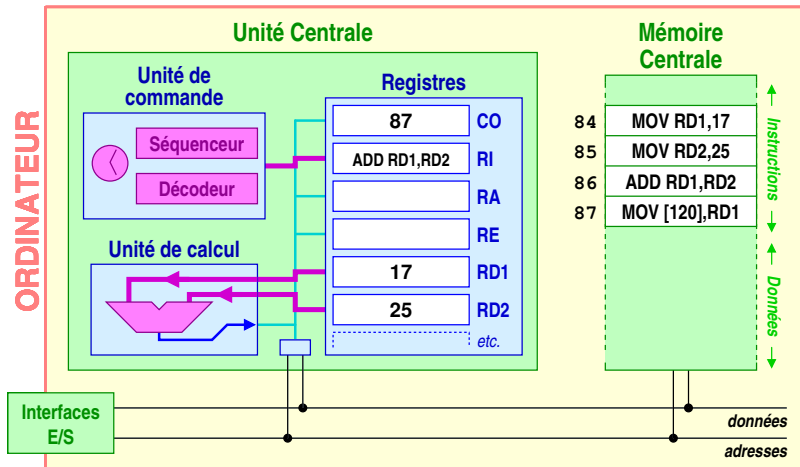
Simulation du fonctionnement (2)



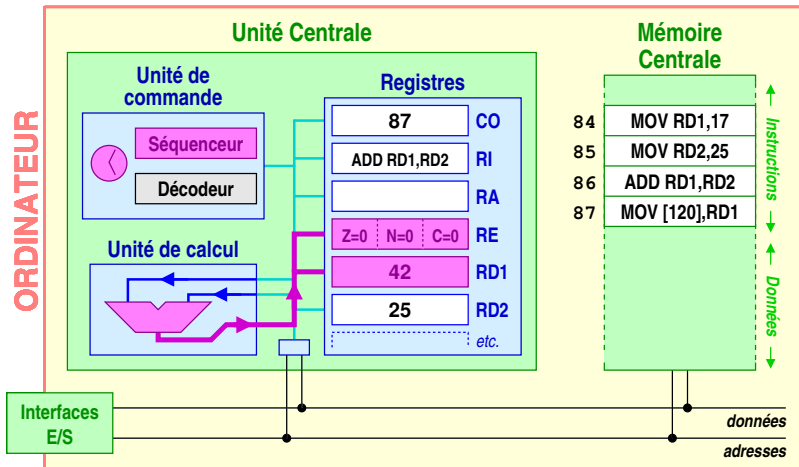
Simulation du fonctionnement (2)



Simulation du fonctionnement (2)

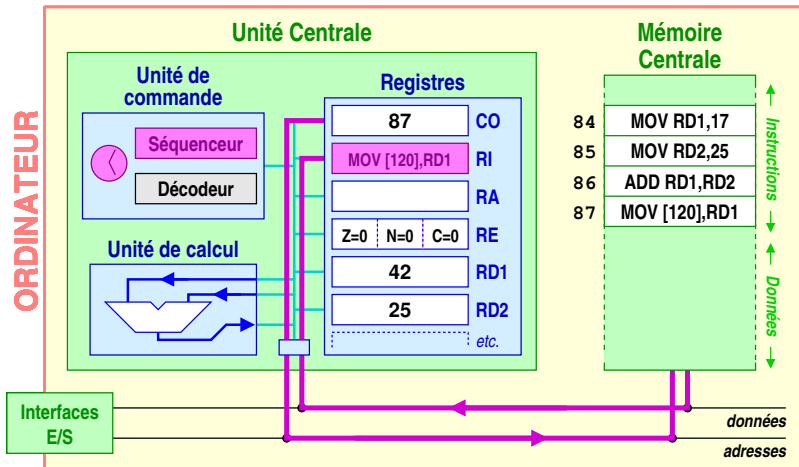


Simulation du fonctionnement (2)

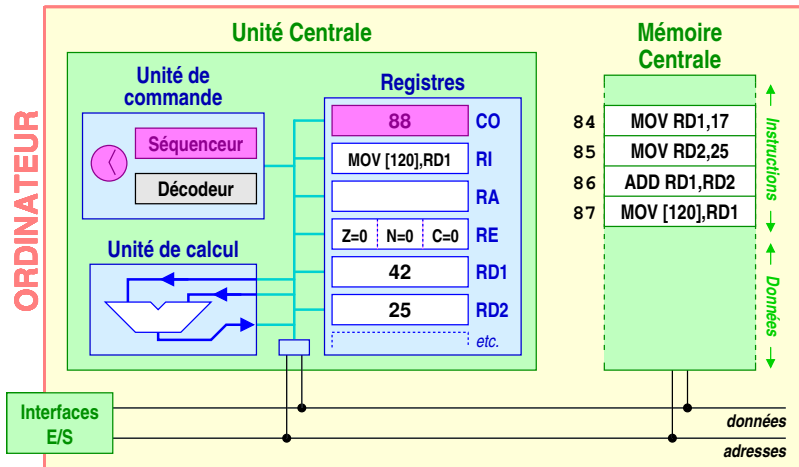


Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)

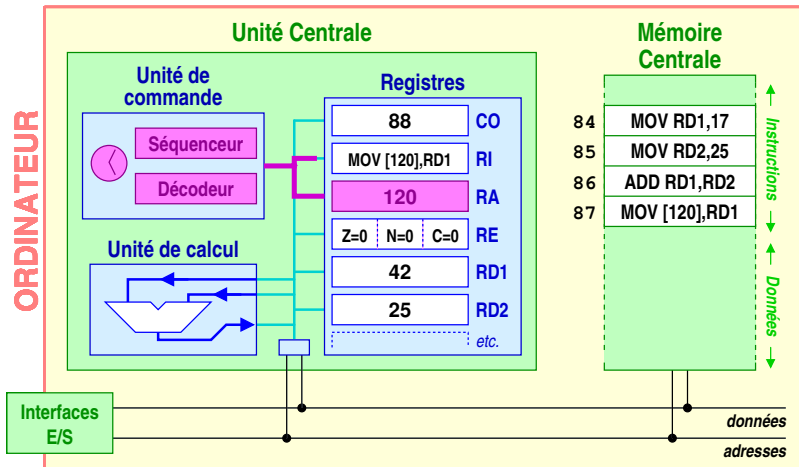


Simulation du fonctionnement (2)



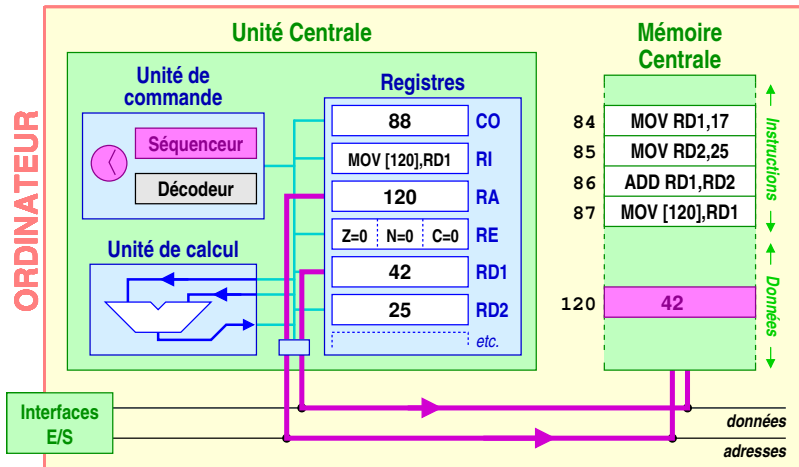
Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)

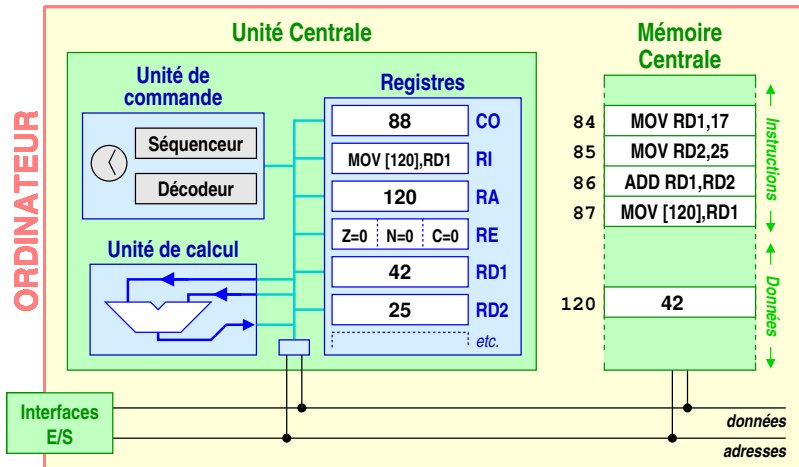


Simulation du fonctionnement (2)

Simulation du fonctionnement (2)



Simulation du fonctionnement (2)



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Historique
- 3 Structure de l'ordinateur
- 4 Fonctionnement de l'ordinateur
- 5 Architecture en couches**

Architecture en couches

Architecture en couches

Ordinateur des années 50

Architecture en couches

Ordinateur des années 50

Deux couches logicielles viennent se superposer à la machine physique :

Couche	Langage(s)
Langage d'assemblage	Assembleur
Machine traditionnelle	Langage machine
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Machine traditionnelle	Langage machine
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Système d'exploitation	Langage de commande
Machine traditionnelle	Langage machine
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Langage d'assemblage	Assembleur
Système d'exploitation	Langage de commande
Machine traditionnelle	Langage machine
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Langages de programmation	Pascal, C, ADA, Prolog, etc.
Langage d'assemblage	Assembleur
Système d'exploitation	Langage de commande
Machine traditionnelle	Langage machine
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Découpage de référence

Le découpage de référence introduit par Andrew TANENBAUM compte 7 couches :

Couche	Langage(s)
Programmes d'applications	
Langages de programmation	Pascal, C, ADA, Prolog, etc.
Langage d'assemblage	Assembleur
Système d'exploitation	Langage de commande
Machine traditionnelle	Langage machine
Micro-programmée	Micro-programme (ROM)
Physique	Combinaison de portes logiques

Architecture en couches

Architecture en couches

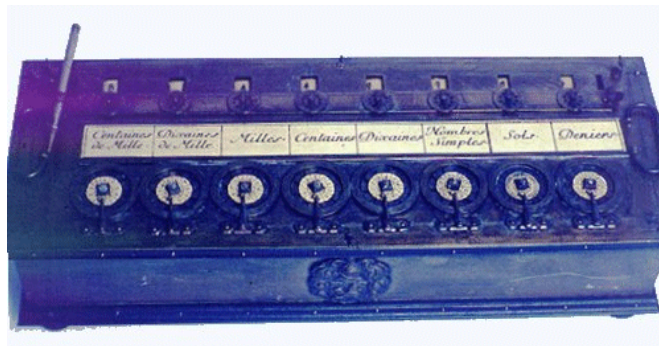
Modèle simplifié

Architecture en couches

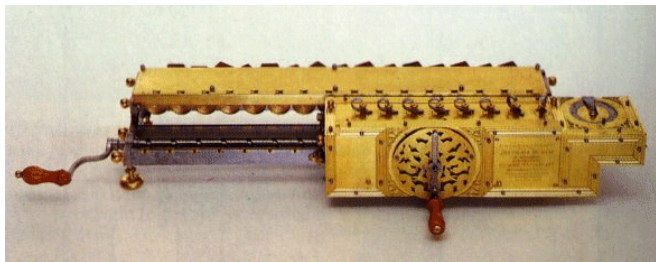
Modèle simplifié

Couche	Langage(s)
Langages de programmation	Pascal, C, ADA, Prolog, etc.
Système d'exploitation	Langage de commande
Machine traditionnelle	Langage machine
Physique	Combinaison de portes logiques

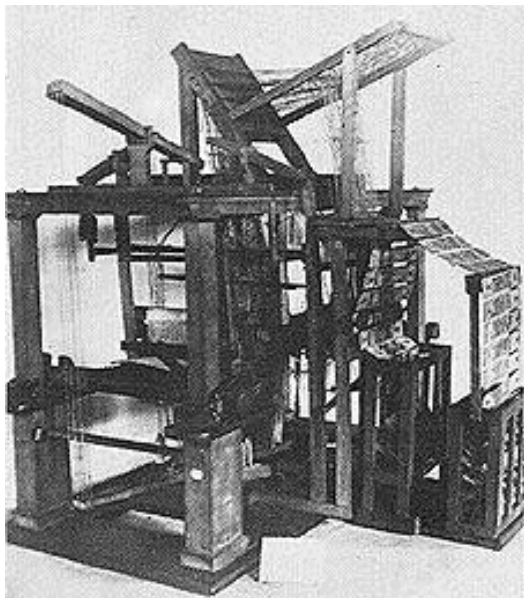
La Pascaline



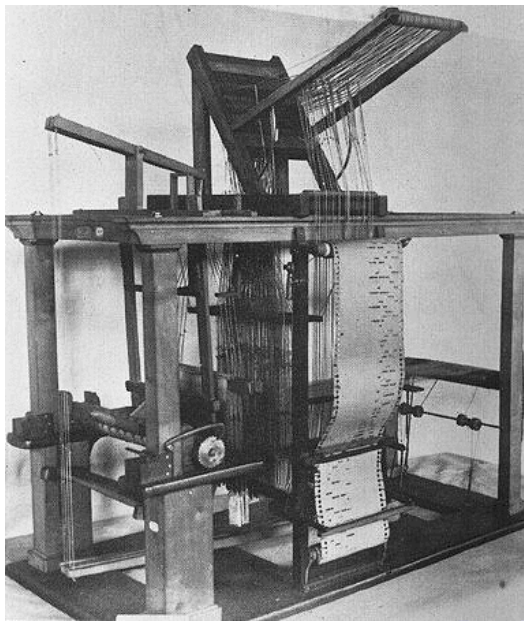
La machine de Leibnitz



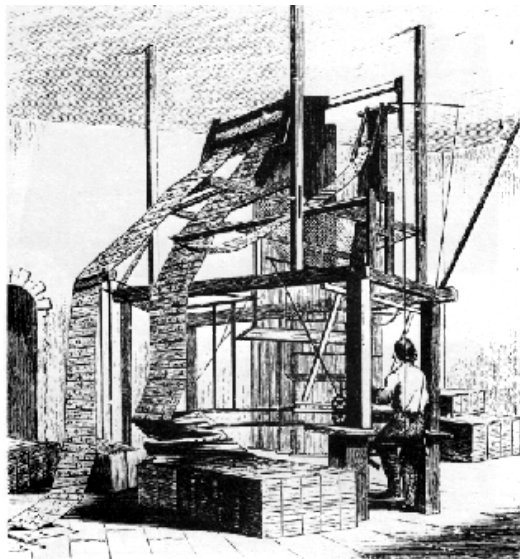
La machine de Falcon



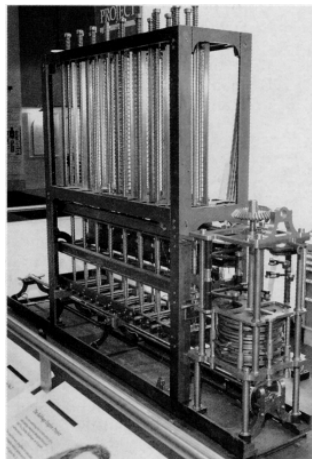
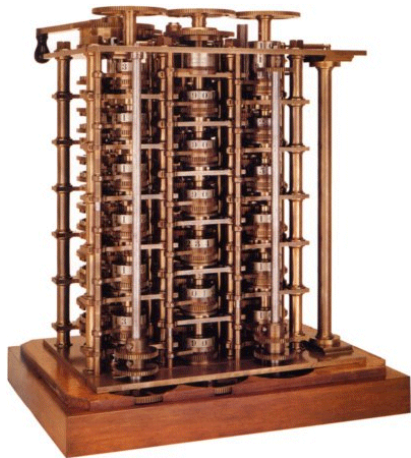
La machine de Bouchon



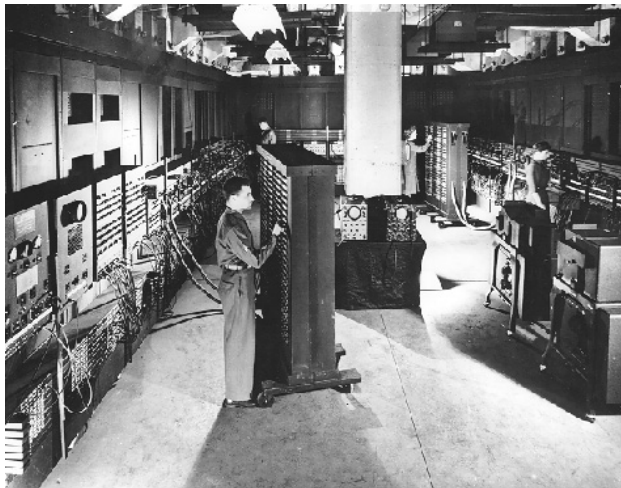
La machine de Jacquard



La machine de Babbage



L'Eniac



Von Neumann

