

Introduction à l'architecture des ordinateurs

Cours 1

Architecture générale d'un ordinateur

Histoire et évolution de l'informatique

version du 14 septembre 2021

Plan du cours

Histoire des ordinateurs

La technologie de réalisation aujourd'hui

Organisation générale d'un ordinateur

Cheminement des données

Le processeur

Quelques mots sur la hiérarchie de la mémoire

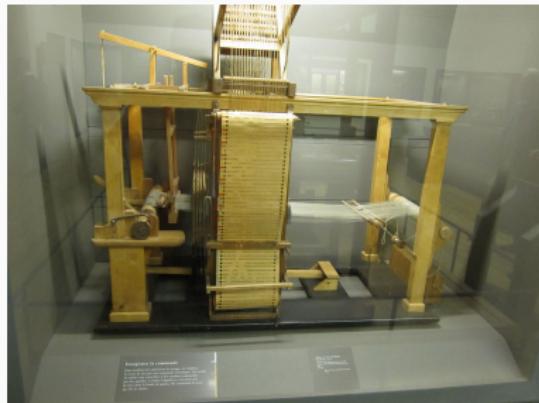
Autres éléments d'un ordinateur

Machine à calculer, Blaise Pascal (1642)



© CNAM, Paris

Les métiers à tisser programmables (1725 et plus)



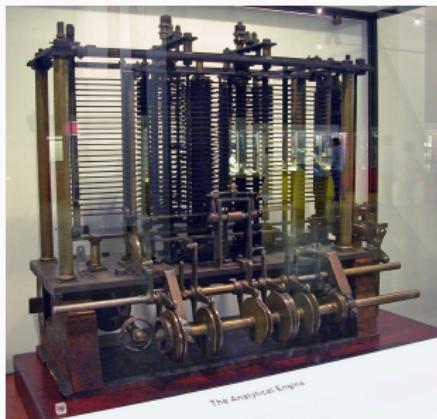
Basile Bouchon (1725)



Joseph Marie Jacquard (1801)

La première machine à calculer programmable (183X)

La **machine analytique** imaginée par Charles Babbage : mécanique, à vapeur, jamais achevée

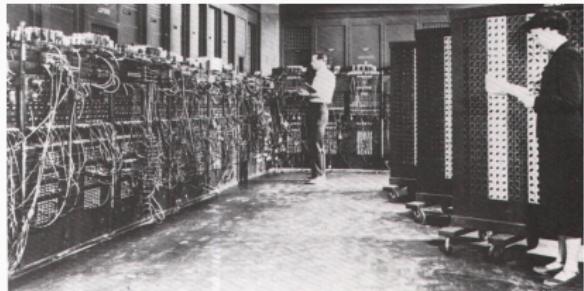


Prototype inachevé (1871)



Ada Lovelace, programmeuse

Le premier ordinateur électronique : ENIAC (1946)



L'ENIAC c'est :

- 167 m²
- 100 000 additions/s
- Mémoire : 20 décimaux signés à 10 chiffres

Ordinateur?

Machine programmable universelle (**Turing-complet**) et complètement électronique

Électronique?

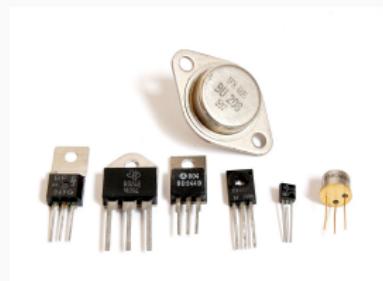
L'information est manipulée via des « interrupteurs » pilotables en tension

→ ici ce sont des tubes à vide

Miniaturisation



Lampes (~ 1910)
ou tubes à vide,
tubes électroniques



Transistors (1947)
J. Bardeen, W.
Shockley, W. Brattain
(Nobel de physique
1956)



Circuits intégrés (1958)
J. Kilby (Nobel de
physique 2000)

Le premier ordinateur de bureau : Programma 101, Olivetti (1965), 3 200\$.



Un mini-ordinateur qui a marqué son époque : le DEC PDP 11

Processeur 16 bits. Machine sur laquelle Unix a été conçu à la fin des années 60.



Carte processeur du PDP 11/03 (1975)

Premier PDP 11 fabriqué en Large Scale Integration (LSI), 10 000 transistors/puce. 4 MiB de mémoire adressable, processeur à 3.6 MHz.



L'Apple II (1977)

4 KiB de mémoire, processeur MOS Technology 6502 à 1 MHz, 1298\$.



L'IBM PC (1981)

16 KiB de mémoire, processeur Intel 8088 à 4.77 MHz, DOS, 1565\$.



Apple Macintosh (1984)

128 KiB de mémoire, processeur Motorola 68000 à 7.83 MHz, MacOS, 2 495\$.



SPARCstation I (1989)

1 MiB à 4 MiB de mémoire, processeur SPARC à 20 MHz. Écran 19"
1152×900, 256 couleurs. Système UNIX. 9 000\$ à 20 000\$



Plan du cours

Histoire des ordinateurs

La technologie de réalisation aujourd'hui

Organisation générale d'un ordinateur

Cheminement des données

Le processeur

Quelques mots sur la hiérarchie de la mémoire

Autres éléments d'un ordinateur

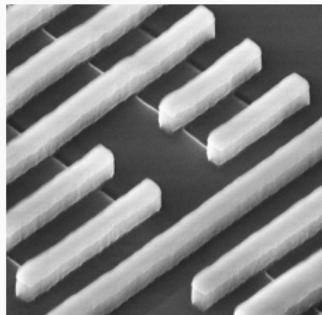
Technologie CMOS

CMOS (Complementary Metal-Oxyde-Semiconductor)

Procédé de fabrication des transistors à effet de champ (*MOSFET* pour Metal-Oxyde-Semiconductor Field Effect Transistor) née à la fin des années 60.

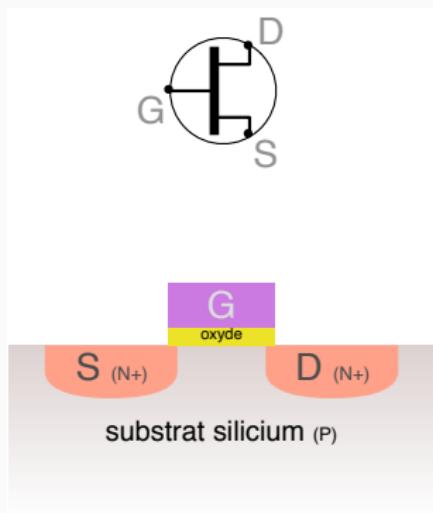
C'est une technologie planaire (les transistors sont implantés à la surface du silicium).

C'est toujours la technologie la plus utilisée aujourd'hui, que ce soit pour concevoir des processeurs ou d'autres types de composants électroniques

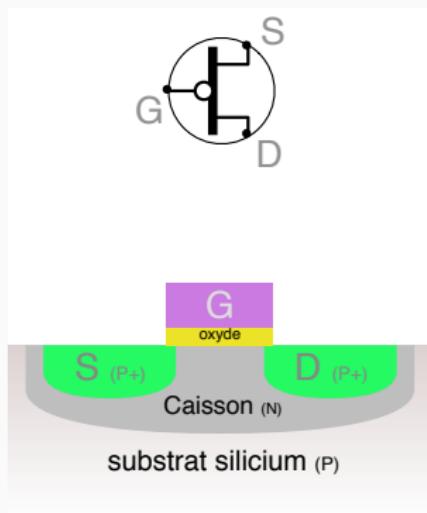


Transistors MOS

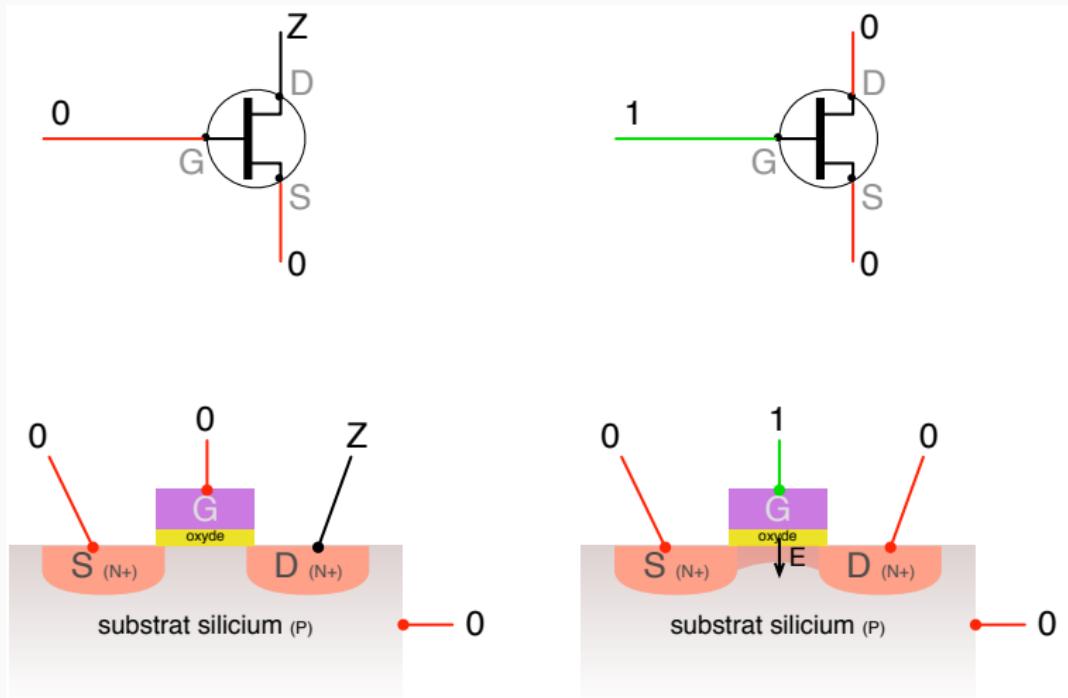
Transistor NMOS



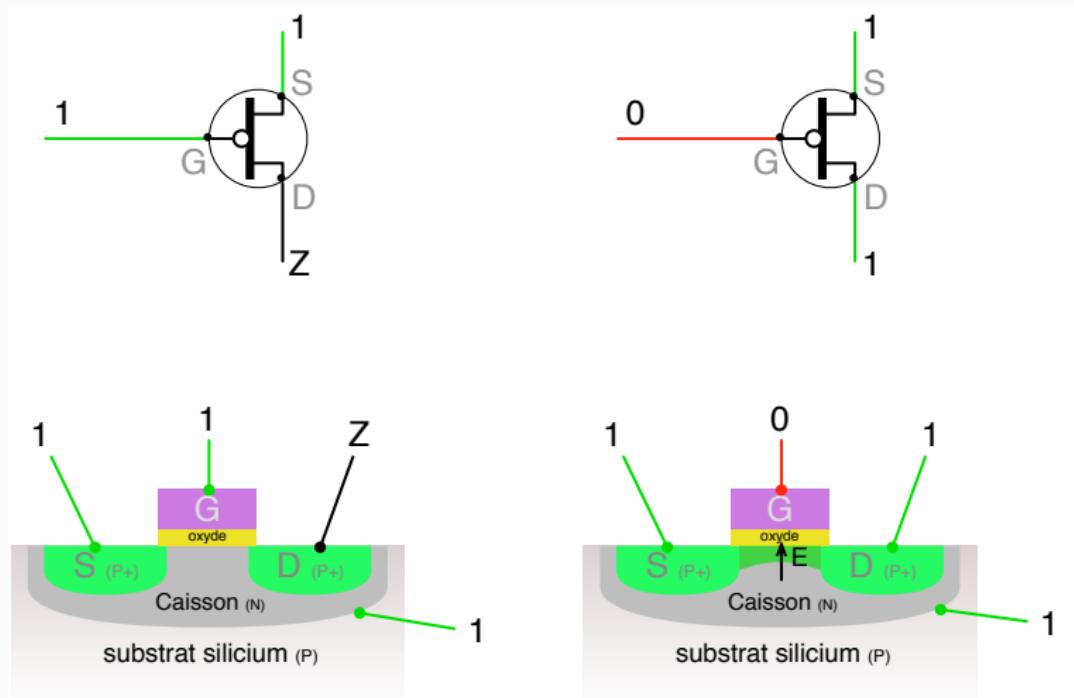
Transistor PMOS



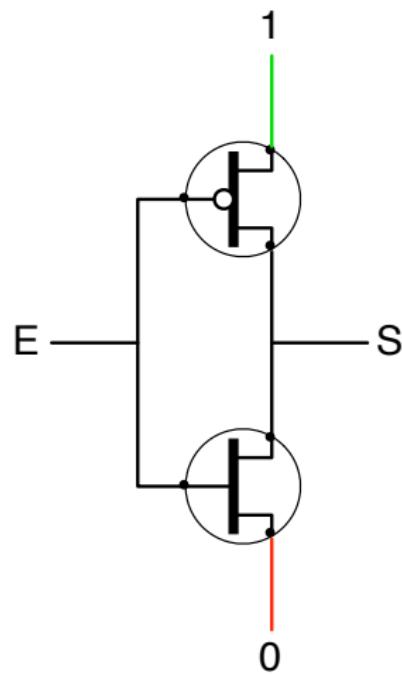
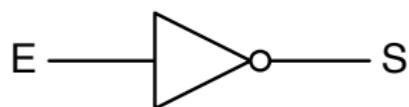
Fonctionnement du transistors NMOS



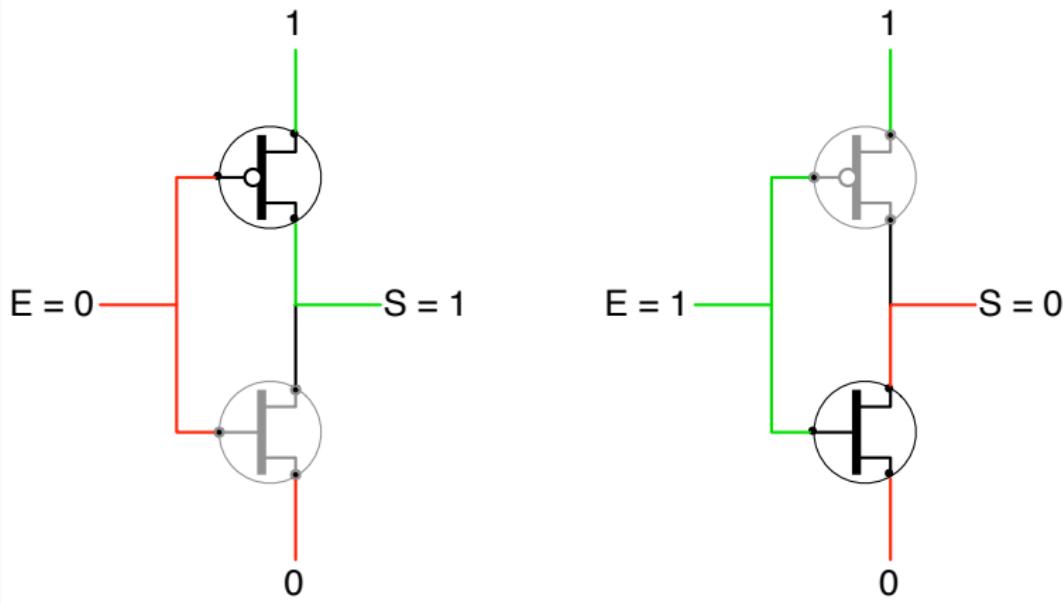
Fonctionnement du transistors PMOS



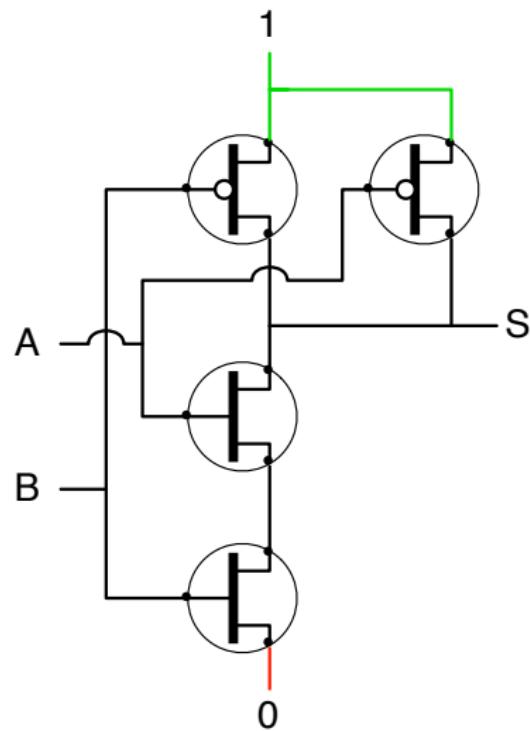
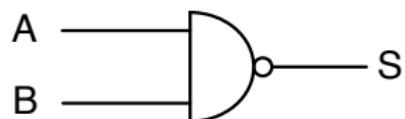
Inverseur CMOS (1)



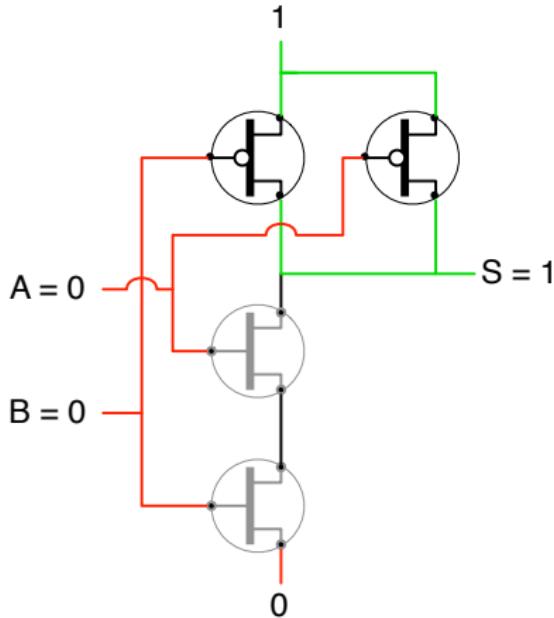
Inverseur CMOS (2)



Porte NAND 2 entrées (1)

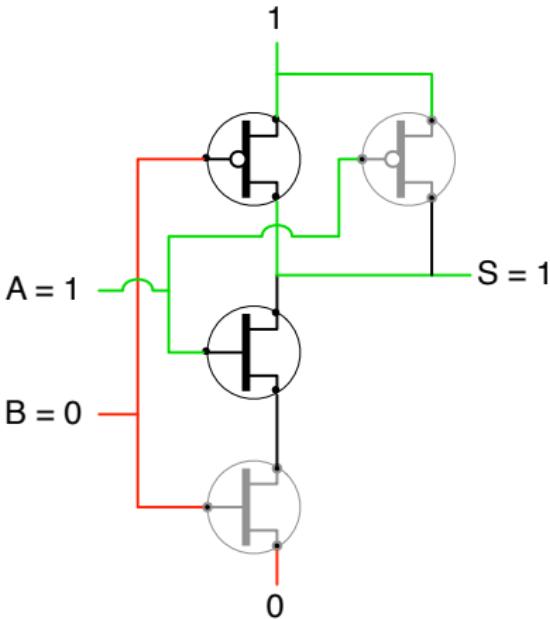


Porte NAND 2 entrées (2)



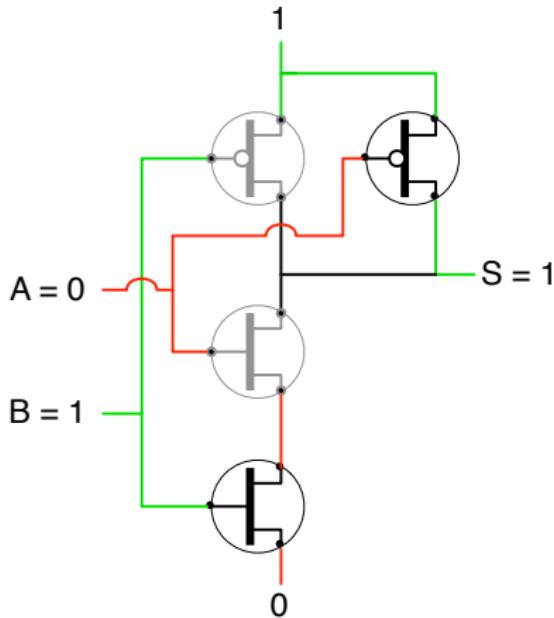
B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



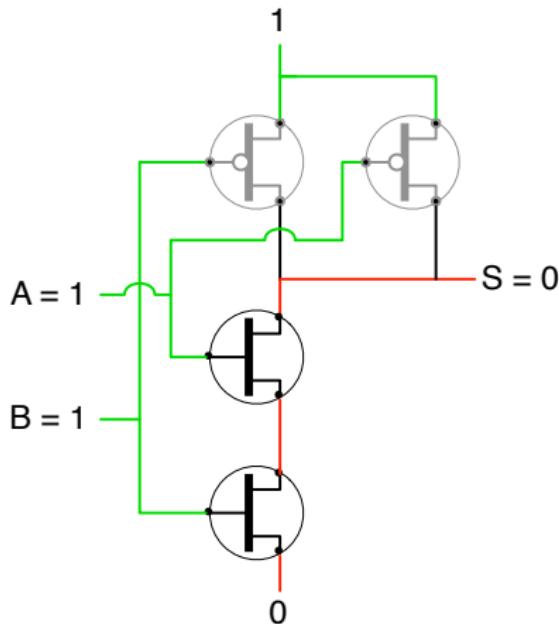
B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Implantation de fonctions arithmétiques et logiques

À partir de la porte NAND que nous venons de voir, il est possible :

- d'implanter les autres fonctions logiques (NOT, AND, OR, ...)
- d'implanter les fonctions arithmétiques usuelles (addition, soustraction, multiplication, ...)
- d'implanter les autres éléments constitutifs de la partie calculatoire d'un ordinateur (multiplexeur, codeur, ...)

Cf. TD n°1

Et la mémoire ?

Implantation de fonctions arithmétiques et logiques

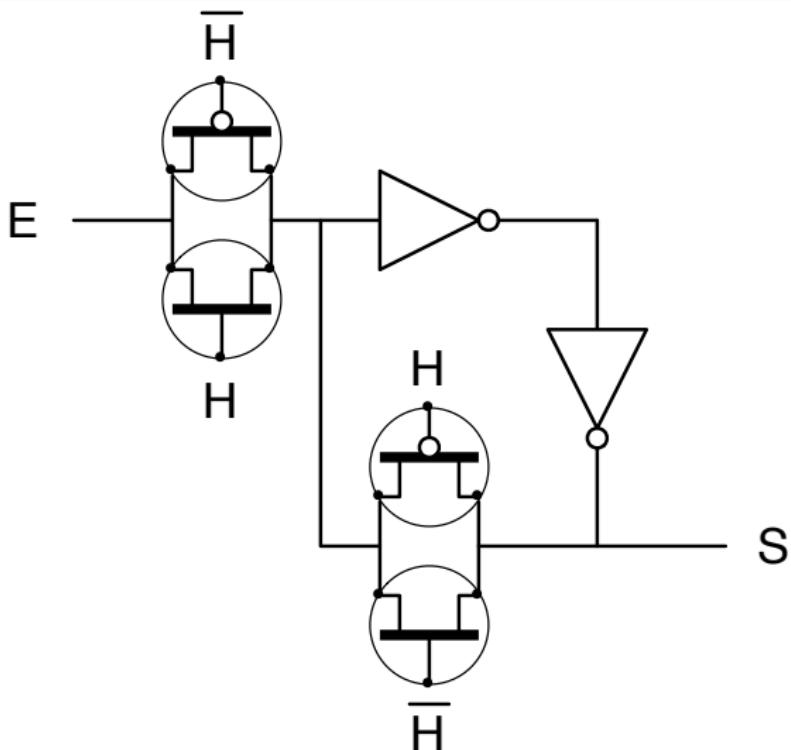
À partir de la porte NAND que nous venons de voir, il est possible :

- d'implanter les autres fonctions logiques (NOT, AND, OR, ...)
- d'implanter les fonctions arithmétiques usuelles (addition, soustraction, multiplication, ...)
- d'implanter les autres éléments constitutifs de la partie calculatoire d'un ordinateur (multiplexeur, codeur, ...)

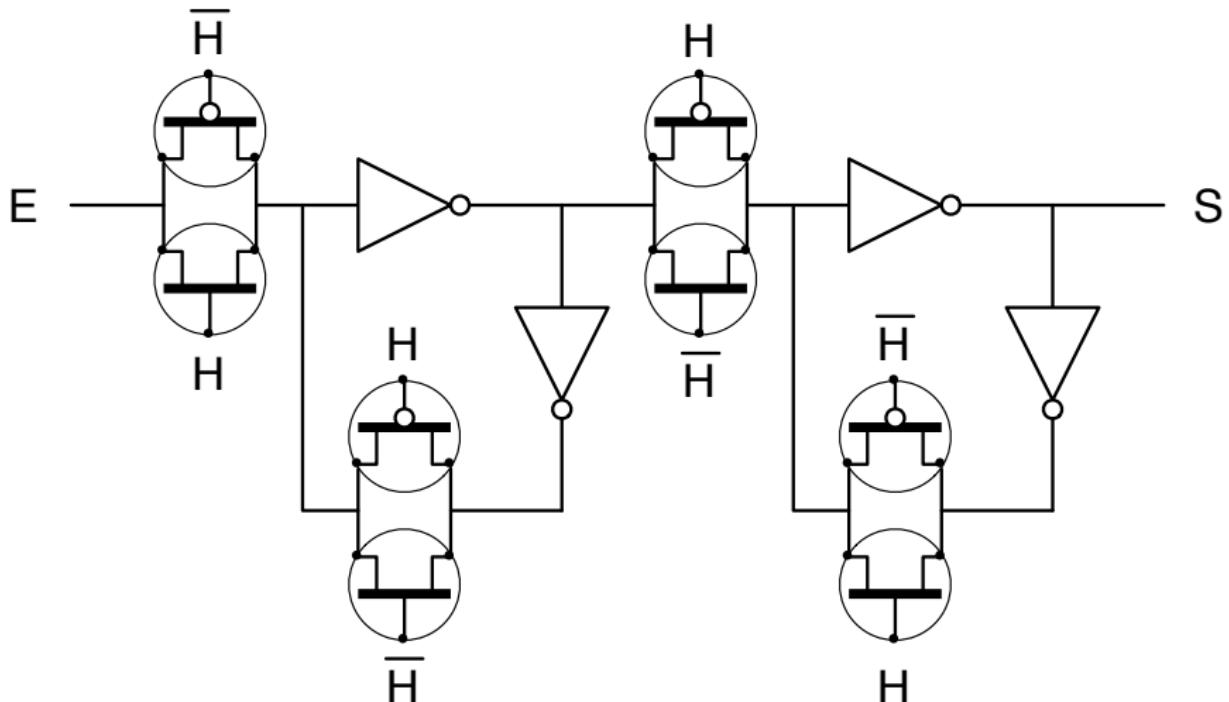
Cf. TD n°1

Et la mémoire ?

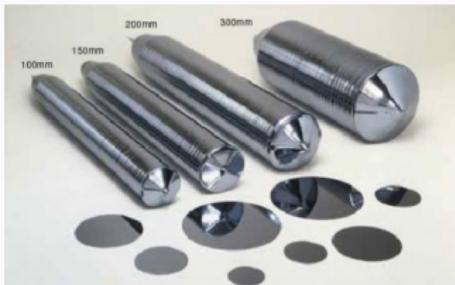
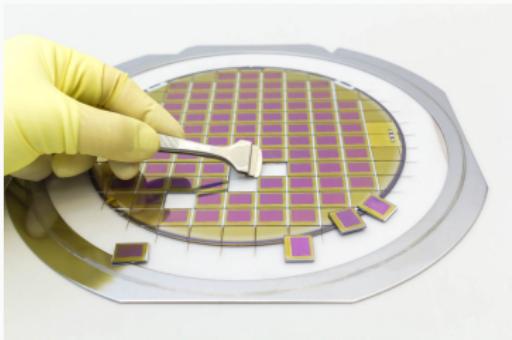
Registre 1 bit



Registre 1 bit opaque (asynchrone)



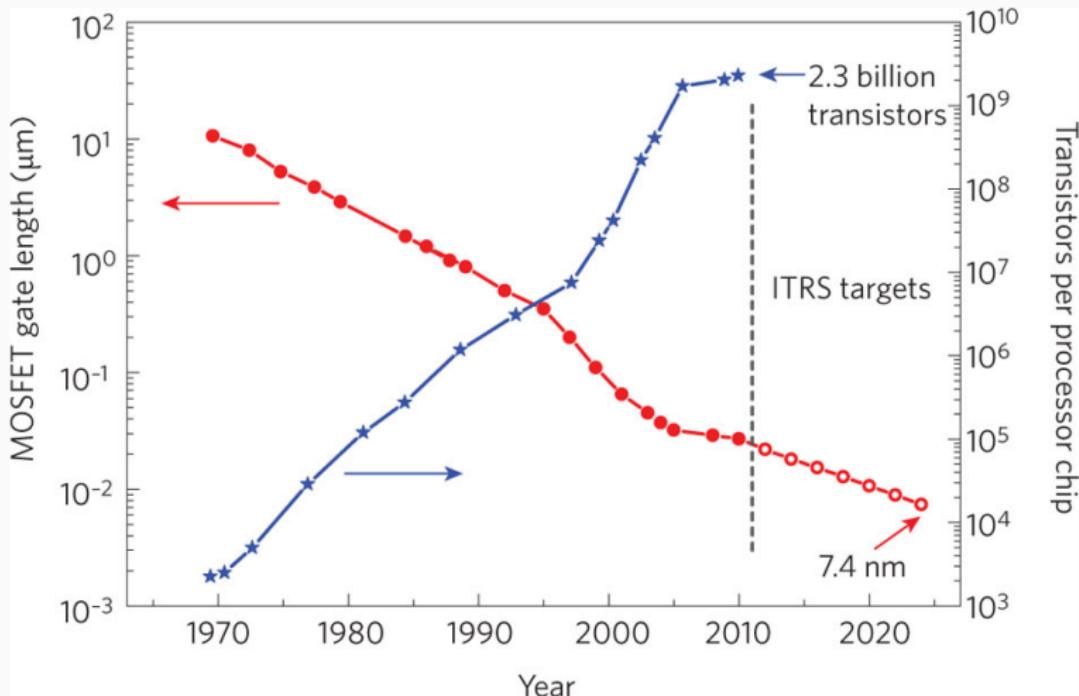
Du sable au circuit intégré



Ici une vidéo décrivant les principes du procédé de fabrication (attention, la fin de la vidéo est à objectif commercial)

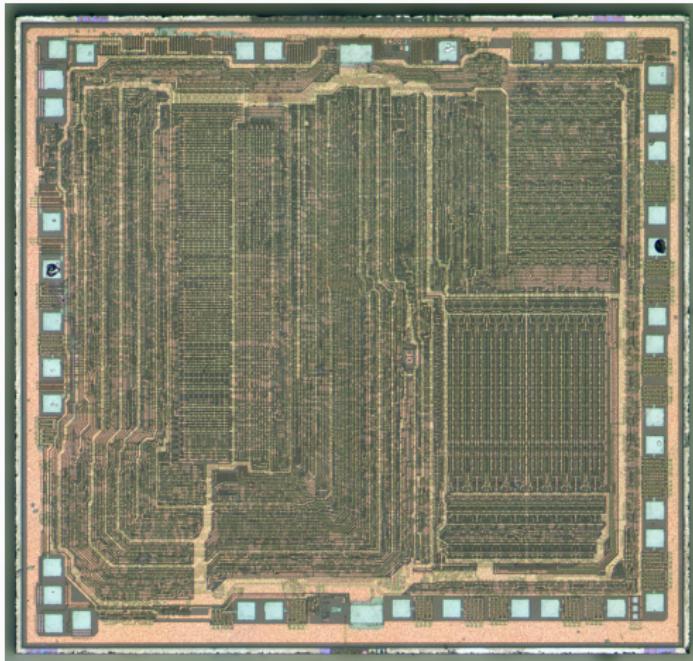
Progrès technologique

Source : Nature Nanotechnology (5) 000 000 transistors, t000 000
transrs, t80 t \simeq 731ransrs, t8 48 \simeq 7317–496 (2010)



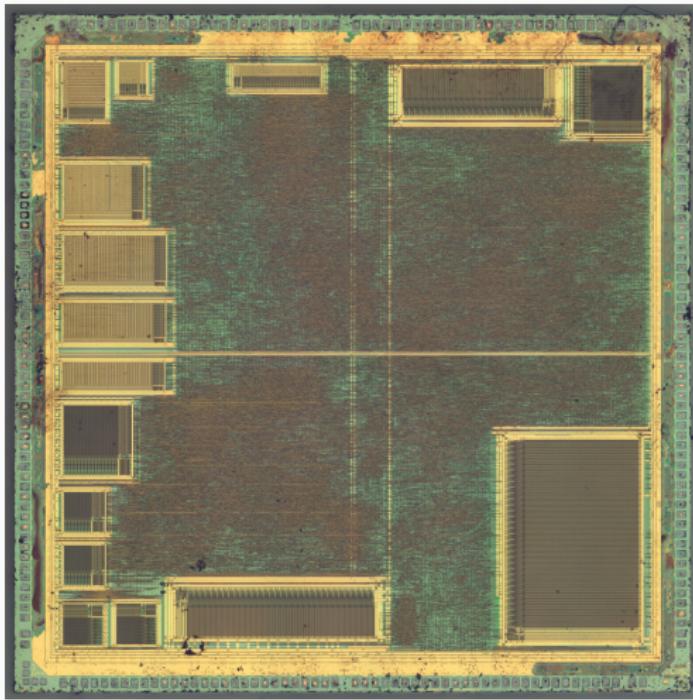
Microphotographie du Z80

Zilog Z80. \simeq 8 500 transistors, technologie 4 μm . Taille totale de la puce : 3.55 mm \times 3.35 mm



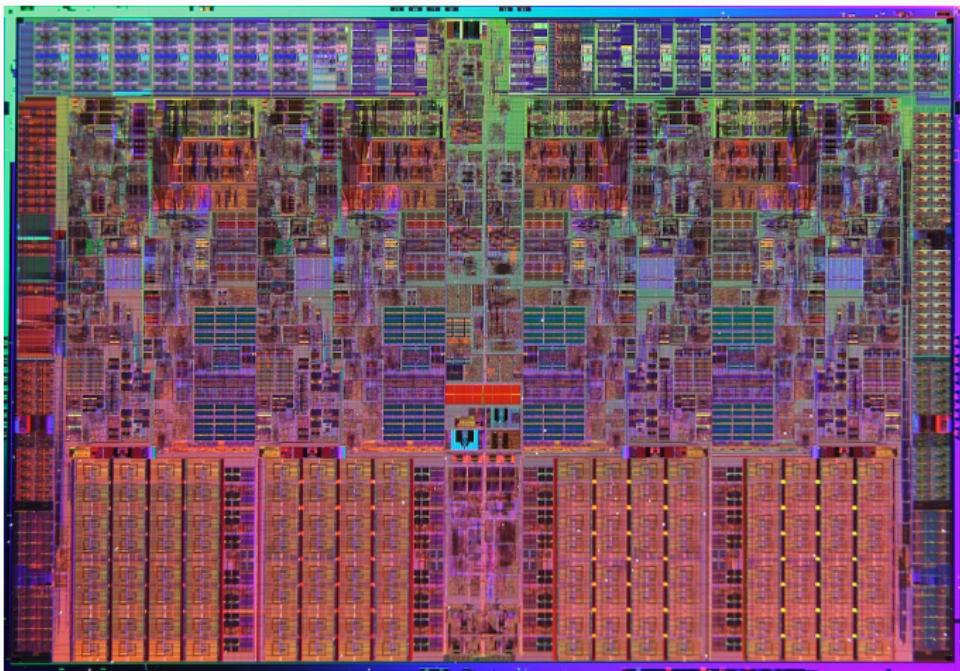
Microphotographie du microprocesseur de la PS1

MIPS R3051. Technologie 800 nm. Taille de la puce : 8.15 mm × 8.1 mm



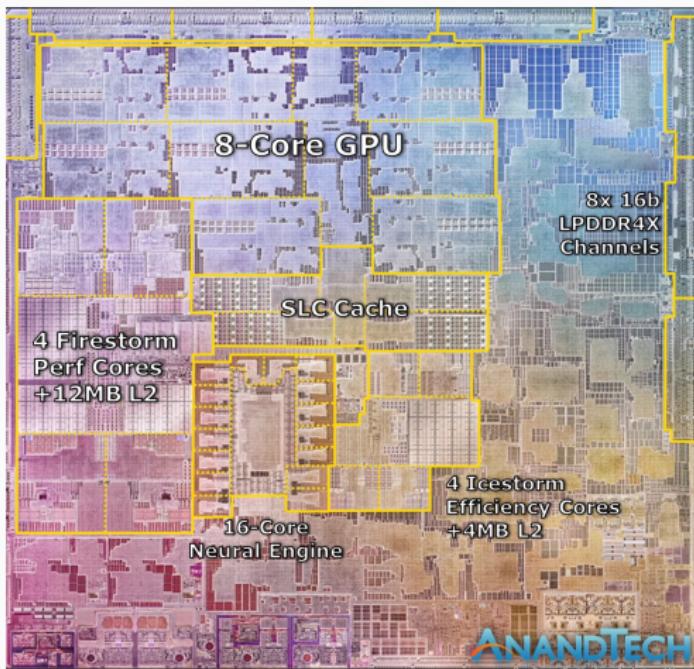
Microphotographie du Core i7

Intel Core i7 (2008). \simeq 731 millions de transistors, technologie 45 nm.
4 \times 256 KiB de cache L2, 8 MiB de cache L3



Microphotographie du M1

Apple M1. \simeq 16 milliards de transistors, technologie 5 nm. Surface \simeq 120.5 mm²



Plan du cours

Histoire des ordinateurs

La technologie de réalisation aujourd'hui

Organisation générale d'un ordinateur

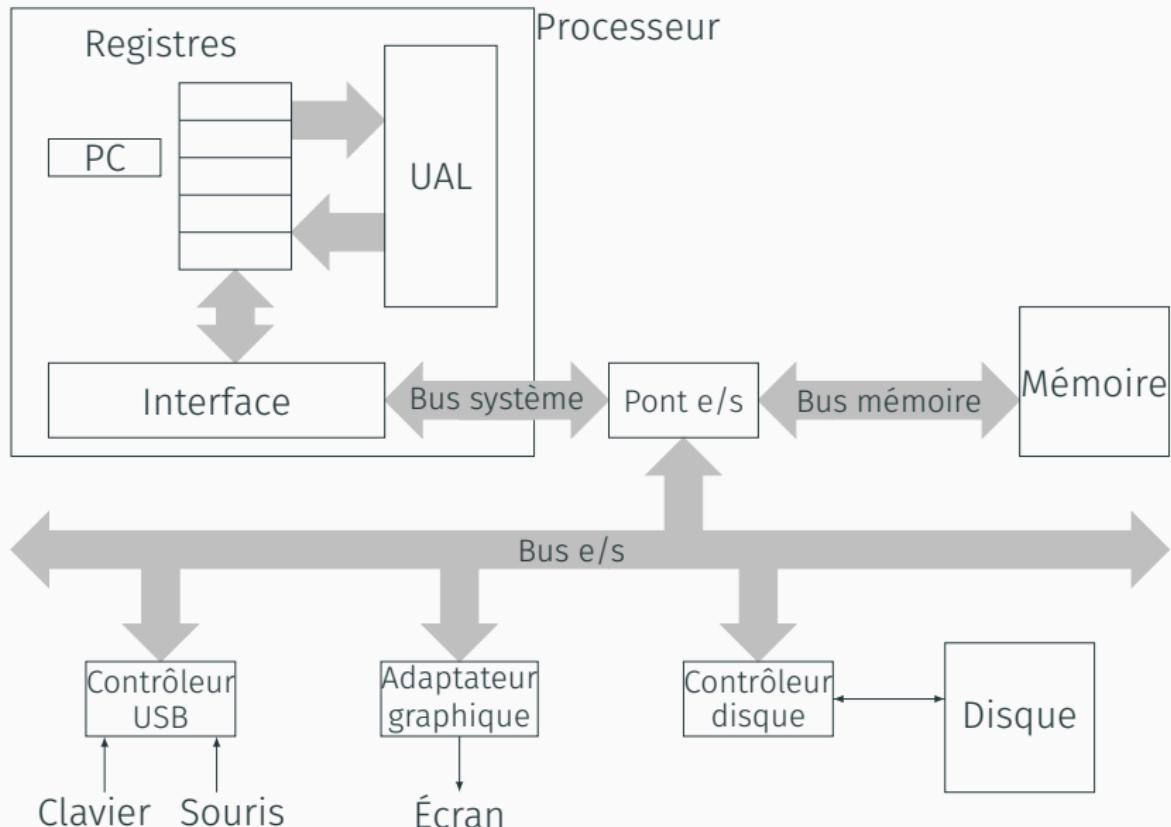
Cheminement des données

Le processeur

Quelques mots sur la hiérarchie de la mémoire

Autres éléments d'un ordinateur

Schéma de l'organisation d'un ordinateur



Contexte

Il existe un programme exécutable `plop` sur le disque, construit à partir du fichier `plop.go` :

```
package main

import "fmt"

func main() {
    fmt.Println("Hello, BUT")
}
```

On vient de demander au système d'exécuter le programme `plop`

Plan du cours

Histoire des ordinateurs

La technologie de réalisation aujourd'hui

Organisation générale d'un ordinateur

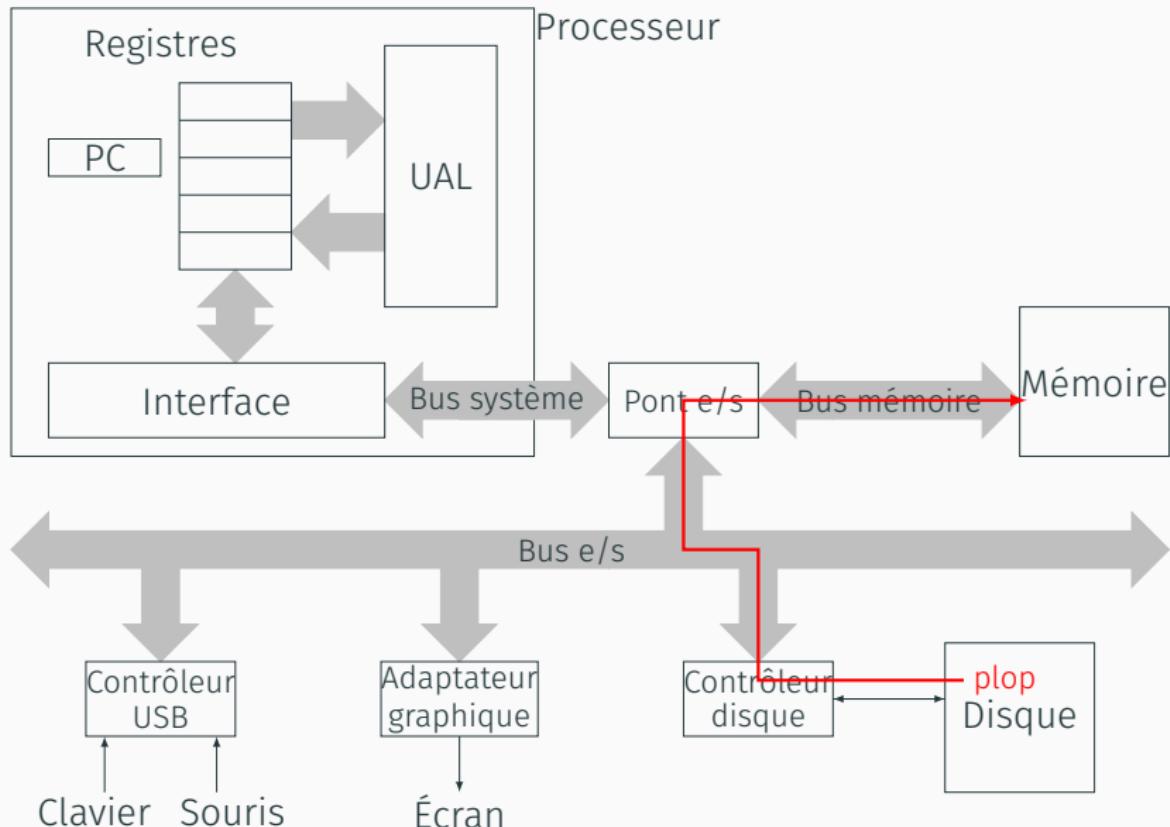
Cheminement des données

Le processeur

Quelques mots sur la hiérarchie de la mémoire

Autres éléments d'un ordinateur

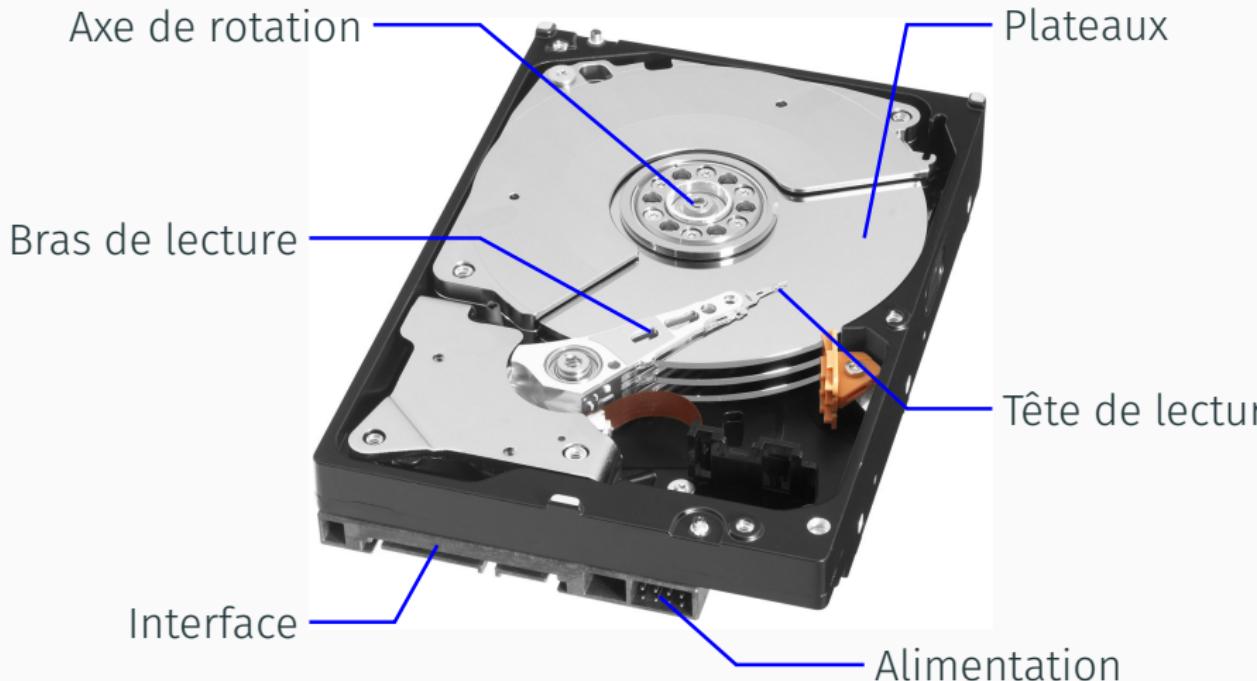
Première étape de l'exécution de plop



Le disque dur : stockage de masse, persistant



Fonctionnement d'un disque dur



Solid State Drive : l'autre disque dur

Avantages

- Rapidité
- Pas de mécanique
- Moindre importance de la localisation des données
- Consommation énergétique

Inconvénients

- Prix
- Nombre d'écritures « limité »



Transport de l'information : les bus

Bus = ensemble de fils électriques

Mots

Les bus sont conçus pour transmettre des données de taille fixe (de 8 à 64 bits), appelées mots

Bus parallèle

- Mots transmis un bit par fil, en parallèle sur n fils (n = taille du mot)

Exemple : processeur/mémoire (données, adresse, contrôle, horloge)



Bus série

- Mots transmis par un seul fil, n bits transmis en séquence

Exemple : disque dur SATA (Serial ATA)

La mémoire (vive)

Principalement : DRAM
Dynamic Random Access Memory



Caractéristiques

- 1 bit / 1 condensateur ⇒ nécessité de rafraîchir (chaque 10 à 100 ms)
- Non persistant si non alimenté
- Accès rapide, quelques nanosecondes (à comparer au disque dur)

Plan du cours

Histoire des ordinateurs

La technologie de réalisation aujourd'hui

Organisation générale d'un ordinateur

Cheminement des données

Le processeur

Le pointeur d'instruction, les registres

Le langage machine

L'unité arithmétique et logique

Quelques mots sur la hiérarchie de la mémoire

2ème étape de l'exécution de plop

