

Fonctionnement des ordinateurs

chapitre I : introduction

Prof. Xavier Gandibleux

Université de Nantes
Département Informatique – UFR Sciences et Techniques

Année académique 2019-2020

Les ordinateurs sont partout !

Vraiment ? Pourquoi ?

Les ordinateurs sont partout

Foyers



Véhicules



Systèmes embarqués

Les ordinateurs sont partout



Les ordinateurs sont partout

Comment ?

- ▶ Les données sont **numérisées** :

- ▶ Une fois numérisées, les données sont traitées de manière uniforme.

- ▶ Les traitements eux-mêmes sont codés sous forme numérique

Objectifs et programme du cours

Objectifs et programme

Pourquoi ce cours

- ▶ Démystifier les **éléments d'un ordinateur**
- ▶ Connaître leur **principe de fonctionnement**
- ▶ Savoir ce qui est mis en œuvre dans un **système informatique**
- ▶ Aisance dans les **enseignements** d'informatique

Présentation de
l'unité d'enseignement

Fonctionnement des ordinateurs

X12I020

Fonctionnement des ordinateurs

- ▶ **Volume horaire :**

CM : 20h (15 séances de 1h20), lundi et vendredi

TD : 16h (12 séances de 1h20), 5 ou 6 groupes (en cours)

- ▶ **Equipe pédagogique :**

CM : Xavier Gandibleux

TD : X.G., Frédéric Goualard, Claude Jard, Anthony Przybylski,
Didier Robbes

Crédits et remerciements

- ▶ **Prof. Frédéric Boulanger**

CentraleSupélec

Laboratoire de Recherche en Informatique
(UMR CNRS 8623)

- ▶ **Dr. Audrey Queudet**

Université de Nantes

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes
(UMR CNRS 6004)

Articulations de l'enseignement dans le cursus

► En amont :

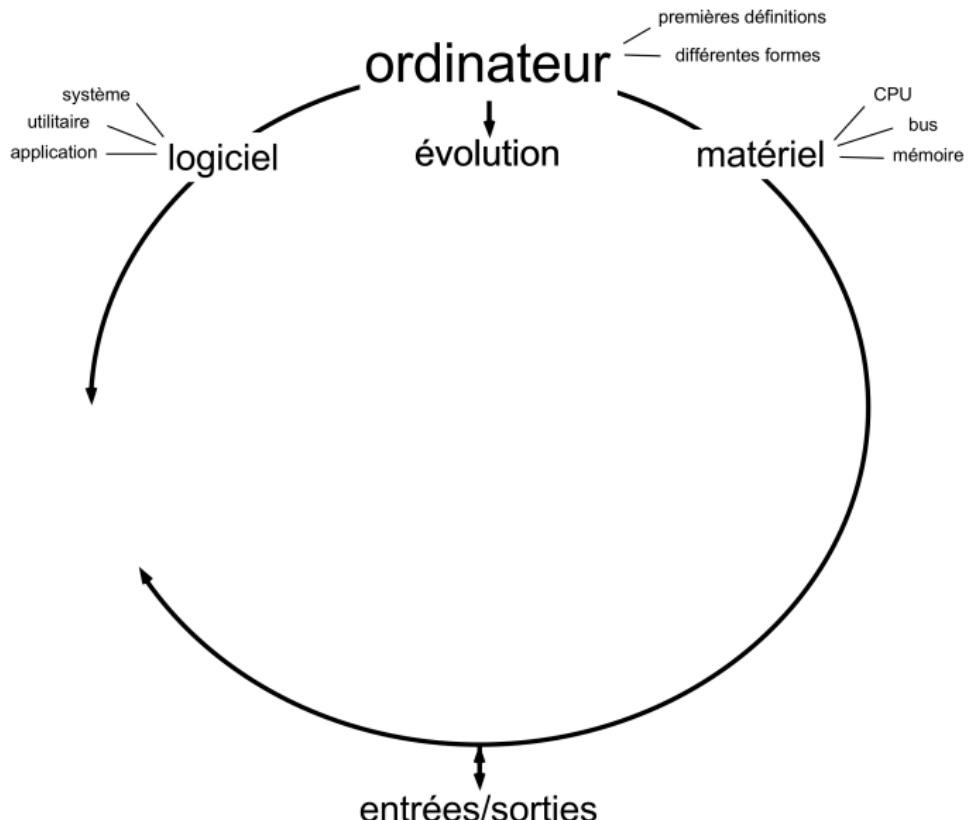
Informatique	(licence 1)
Base de logique numérique	(licence 1)
Algorithmique et Programmation	(licence 1)

► En aval :

Algorithmique et Structures de données 1	(licence 2)
Systèmes d'exploitation	(licence 2)
Architecture des ordinateurs	(licence 3)
Programmation multi-coeurs	(master 1)
Systèmes temps réel embarqués	(master 1)

Sujets abordés dans cet enseignement

Sujets abordés dans cet enseignement



Sujet 1 : Aspect “logiciel” système

```
Processes: 123 total, 3 running, 120 sleeping, 558 threads          08:36:09
Load Avg: 1.75, 1.63, 1.49 CPU usage: 25.00% user, 28.83% sys, 55.17% idle
SharedLibs: 3900K resident, 5760K data, 0B linkedit
MemRegions: 44716 total, 3369M resident, 77M private, 1118M shared.
PhysMem: 921M wired, 5289M active, 758M inactive, 6948M used, 1243M free.
VM: 238G vsize, 1034M framework vspace, 4797528(8) pagesins, 0(0) pageouts.
Networks: packets: 881628/454M in, 462610/68M out.
Disks: 229509/3409M read, 418661/7924M written.

PID  COMMAND      %CPU TIME    #TH #WQ #POR #HREG RPRVT RSHRD RSIZE
1477 top          12.9 00:01.38 1/1  0   24   33  1420K+ 244K  1998K+
1466- cvmsComp_i38 0.0 00:00.04 1   0   18   36  1116K 9528K  5760K
1463 bash         0.0 00:00.00 1   0   17   25  296K  856K  968K
1462 login        0.0 00:00.01 1   0   22   62  616K  3200K  2448K
1469 cvmsComp_x86 0.0 00:00.03 1   0   18   34  1592K 9528K  6220K
1466- Cathode     8077 00:10.88 5   2   127  267  289K+ 98M+  65M+
1454 launchd      0.0 00:00.02 2   0   37   46  236K  428K  660K
1452 quicklookd   0.0 00:00.48 6   2   88- 156  21M- 17M  58M-
1451 ocspd         0.0 00:00.01 2   0   42   40  736K 3192K  2152K
1450 mdworker      0.0 00:00.06 3   1   48   67  1636K 16M  4284K
1294- Google Chro 0.3 00:42.07 4   1   93   778  49M  89M  80M
1267- DashboardCli 0.0 00:01.27 5   2   128  228  14M  26M  21M
1266 DashboardCli 0.0 00:02.39 5   2   129  330  40M  43M  97M
1192- Google Chro 0.8 00:10.10 4   1   93   348  19M- 87M  43M-
1014 dd           0.0 00:00.00 1   0   14   23  180K  240K  436K
```

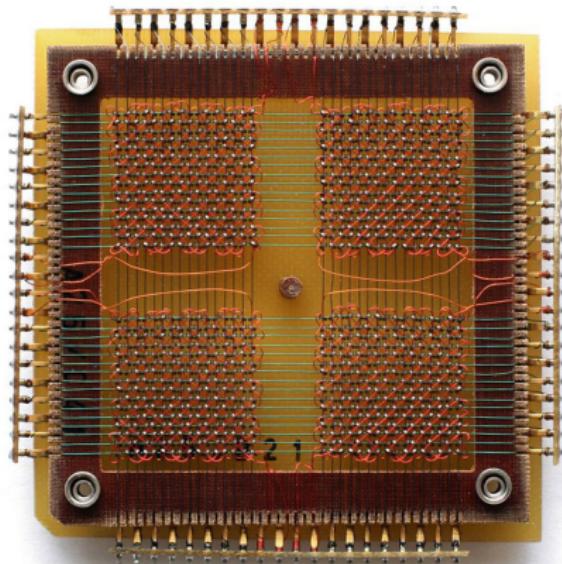
top dans un terminal retro façon 1970

Sujet 2 : Fondements des aspects “matériel”



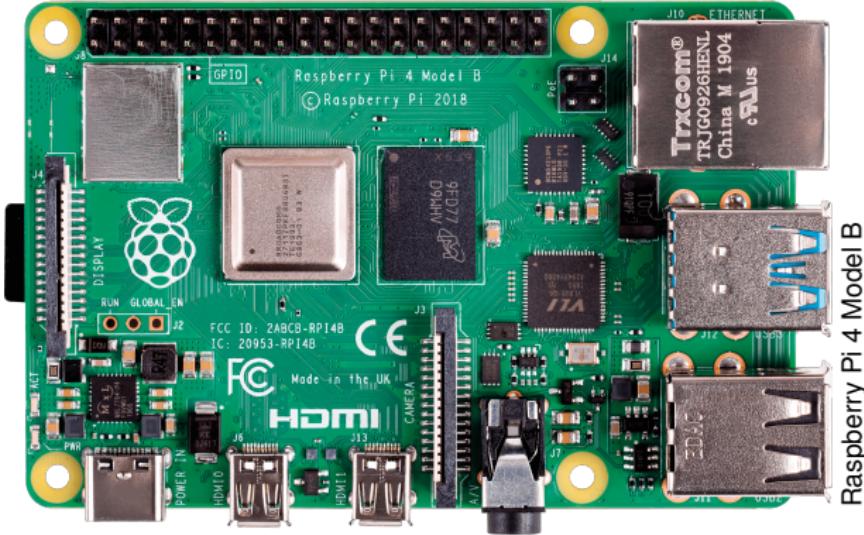
Automate d'Henri Maillardet

Sujet 3 : Mémoires

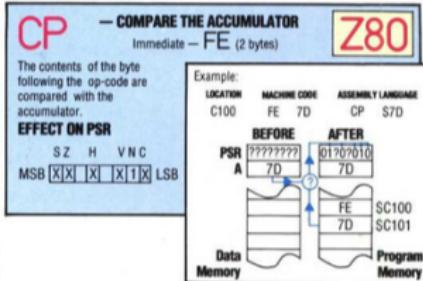
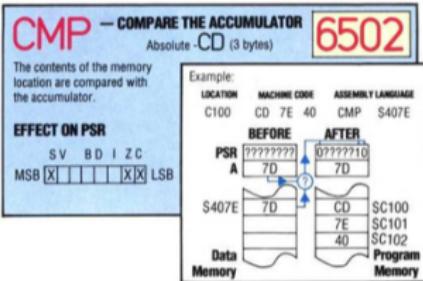
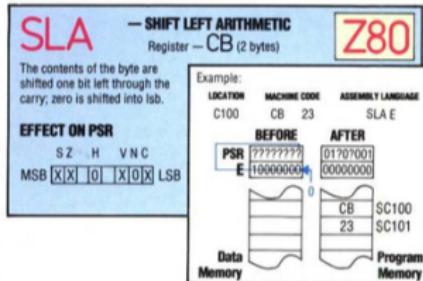
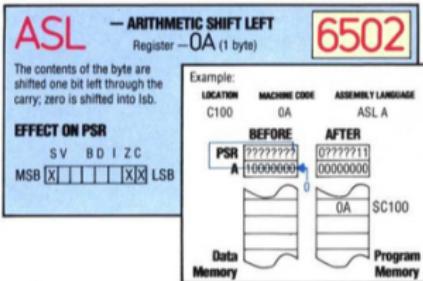


Mémoire à tores de ferrite, 1955–1975

Sujet 4 : Structure d'un ordinateur



Sujet 5 : Langage machine, assembleur, programmation



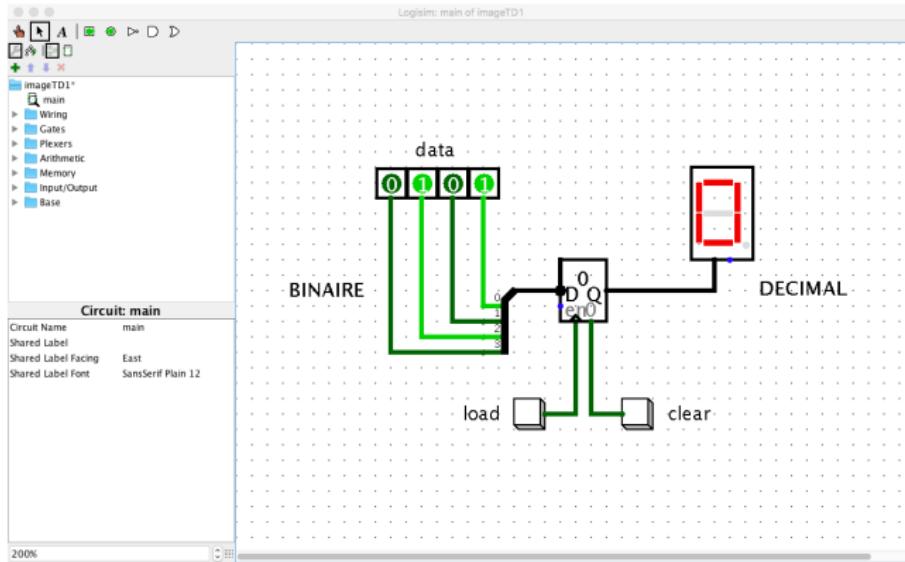
Sujet 6 : Entrées-sorties



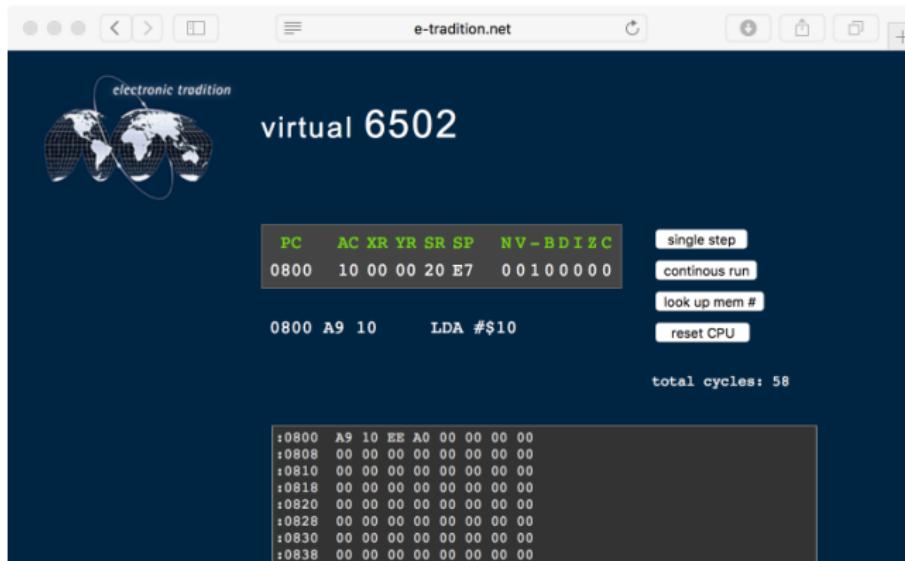
Labo 1 (TD1-2) : système d'exploitation



Labo 2 (TD3-6) : du binary digit aux registres



Labo 3 (TD6-12) : mémoire, processeur, programmation



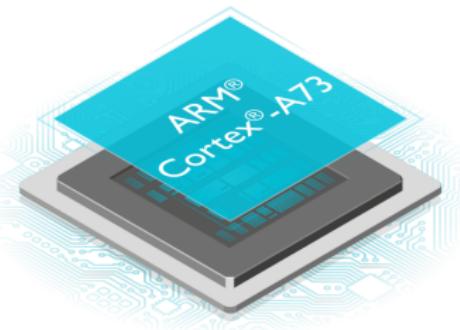
Labo 3 (TD6-12) : mémoire, processeur, programmation

Pourquoi le 6502 ?



Processeur 6502 (1975)

console de jeu vidéo Atari 2600,
ordinateurs Apple II, Commodore 64,
différents équipements (défibrillateur), etc...



Architecture ARM (1983)

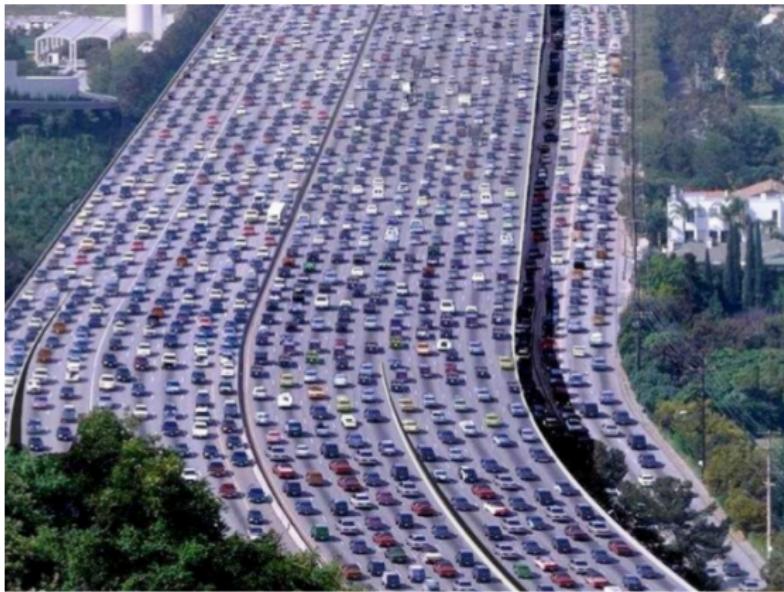
console Nintendo Switch,
Linux (plupart des distributions ; Android),
iOS (iPhone ; iPad), etc...

Labo 3 (TD6-12) : mémoire, processeur, programmation



Pour aller plus loin

- ▶ Expérimentations sur projet
- ▶ Années à venir : structures dynamiques (L2), scripts bash (L2), architecture pipeline (L3), multi-coeurs (M1 Optimisation)...



Support au cours

Matériel

- ▶ **Logisim** : tool for designing and simulating digital logic circuits
<http://www.cburch.com/logisim/>
- ▶ **virtual 6502** : émulateur - assembleur - désassembleur
<https://www.masswerk.at/6502/>

Livres



Planning prévisionnel de l'enseignement

Semaine type :

<https://edt.univ-nantes.fr/sciences/m359928.html>

Planning prévisionnel de l'enseignement

20hCM (15 séances × 1h20) + 16hTD (12 séances × 1h20) + D

Semaine	CM	TD	D-CC-Exam
4	CM1-2. Introduction		
5	CM3-4. Système		D ₁
6	CM5-6. Fondements	TD01. Labo 1.1 unix	
7	CM7-8. Fondements	TD02. Labo 1.1 unix	
8	CM9-10. Ordinateurs	TD03. Labo 2.1 codage	D ₂
9 (congé)			D ₃
10	CM11. Mémoires	TD04. Labo 2.2 combinatoire	
11	CC commun (1h)	TD05. Labo 2.3 séquentiel	CC
12	CM12. Processeur	TD06. Labo 2.3 séquentiel	
13	CM13. Processeur	TD07. Labo 3.1 mémoire	
14	CM14. Programmation	TD08. Labo 3.1 mémoire	
15	CM15. Programmation	TD09. Labo 3.2 processeur	
16 (congé)			
17		TD10. Labo 3.2 processeur	
18		TD11-TD12. Labo 3.3 prog	
19			
20			Examen

Travaux et évaluations

Outre les recommandations générales, pour cet enseignement :

Travail personnel

- ▶ Préparer le CM en lisant préalablement le chapitre indiqué
- ▶ Réaliser les séries d'exercices indiquées
- ▶ Atteindre les objectifs attendus dans les activités en distantiel

En présentiel (CM et TD)

- ▶ Prendre des notes personnelles (compléments, exercices, etc.)
- ▶ Interagir si besoin dans les temps de parole en CM
- ▶ Participer à la dynamique de classe en TD

Evaluation

- ▶ 1 CC-commun annoncé
- ▶ DM et/ou CC inopinés en TD
- ▶ 1 examen

Expérimentations sur projet

Où ?

- ▶ “Le FabLab” (salle 119, , Bâtiment 26/Erdre)

Qui ?

- ▶ Activité relevant de l'initiation à l'ingénierie pour les étudiants en CMI OPT/IM et CMI IS
- ▶ Activité libre pour les étudiants en maths-info et info

Matériel ?

- ▶ Prototyper un montage : breadboard ; micro-contrôleur, shield (Arduino) ; nano-ordinateurs (Raspberry) ; robots...
- ▶ Développer un projet : imprimante 3D, fer à souder, multimètre, oscilloscope, découpe laser...

Suggestions de projets libres personnel

- ▶ **Raspberry Pi 3 ou Pi 4** : installation, configuration, utilisation

<https://www.raspberrypi.org/>

<https://www.kubii.fr/>

- ▶ Kit (RPi ; SE sur micro SD ; alim ; câbles ; boîtier)
ou
RPi et regrouper tout soit même
 - ▶ clavier et souris USB ; écran avec entrée HDMI
- linux (Raspbian OS)
→ éditeur de texte pour développer (Geany)
→ compilateur C (GCC)
→ assembleur ARM

- ▶ **KIM Uno** : émuler l'ordinateur 6502 KIM-1 sur Arduino

<https://www.instructables.com/id/KIM-Uno-a-6502-KIM-1-Computer-on-Arduino/>

<https://www.hackster.io/obsolescence/kim-uno-a-6502-kim-1-computer-on-arduino-e5c82c>

- ▶ ... (voir sur Madoc espace "Suggestions de projets et ressources pour pratiquer")

Premier contact avec le fonctionnement de l'ordinateur

Comment définir un ordinateur ?

Première définition d'un ordinateur

L'ordinateur est une machine électronique

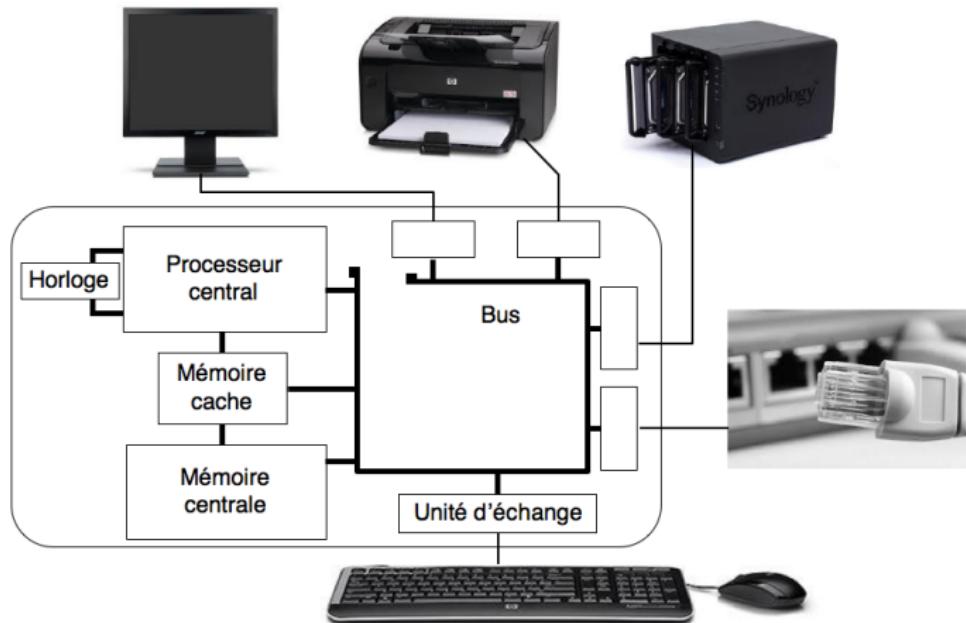
capable de faire des opérations sur des opérandes abstraits
(chiffres, nombres, symboles)



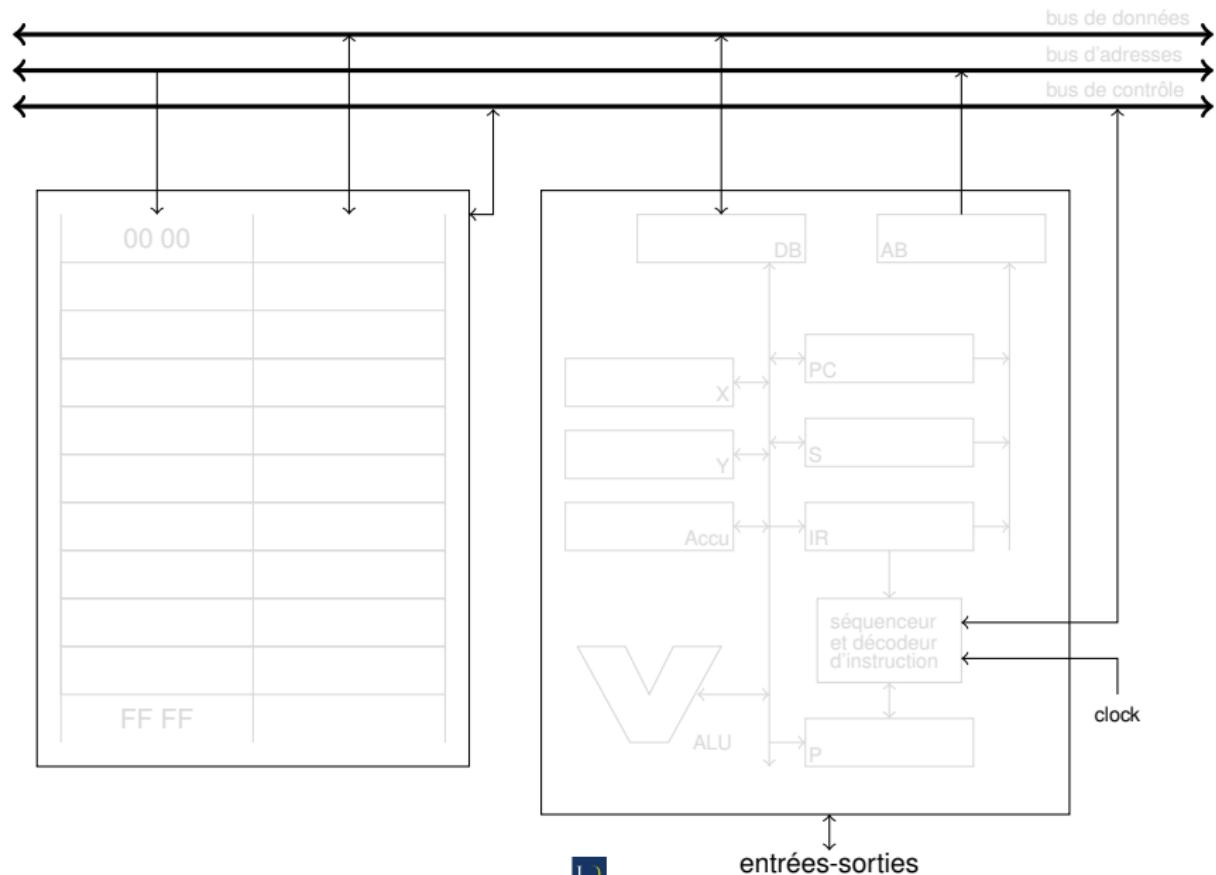
programmable :
universel :

oui
oui

Aspects Matériel (hardware) de l'ordinateur



Architecture de von Neumann



Terminologie

- ▶ **processeur**

(chapitre 8, 195)

- ▶ **mémoire**

(chapitre 7, 157-158)

- ▶ **bus**

(chapitre 11, 306-308)

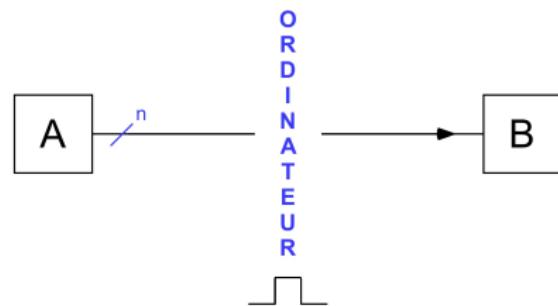
Aspects Matériel (hardware) de l'ordinateur

bus uni-directionnel / bi-directionnel



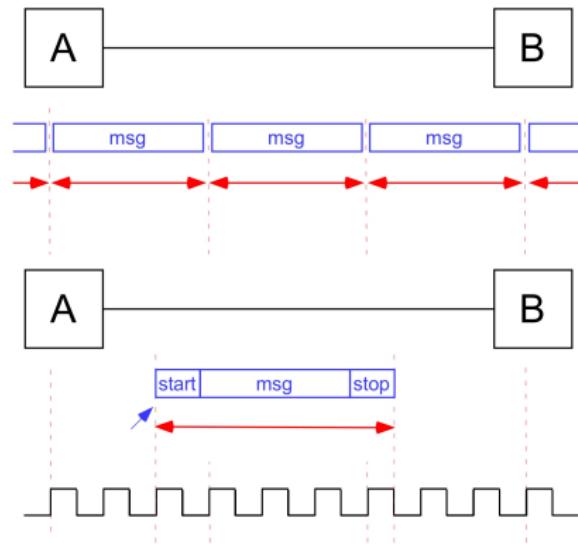
Aspects Matériel (hardware) de l'ordinateur

bus série / parallèle



Aspects Matériel (hardware) de l'ordinateur

bus synchrone / asynchrone



Que se passe t-il quand le hardware est mis sous tension ?

Des logiciels “système”

- ▶ **Boot**

Exemple : **BIOS** (Basic Input/Output System)

- ▶ **Bootloader**

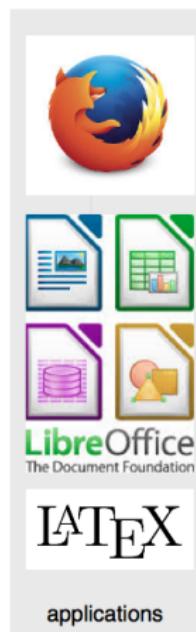
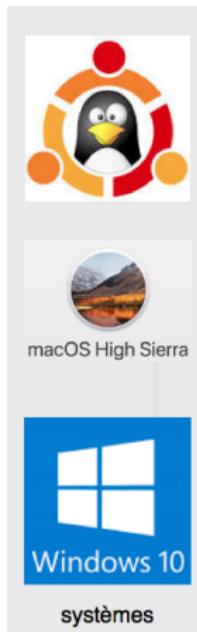
Exemple : **GNU GRUB** (GRand Unified Bootloader)

- ▶ **Operating System**

Exemple : **linux**

- ▶ Boot-ROM, micro-applications immuables en mémoire
- ▶ Drivers de périphériques

Aspects Logiciel (software) de l'ordinateur



Terminologie

- ▶ **logiciel**

(chapitre 2, 35-39)

- ▶ **fichier ...**

- ▶ ... **texte**

- ▶ ... **binaire**

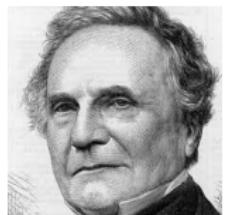
Deux aspects de l'ordinateur

Un seul et même combat

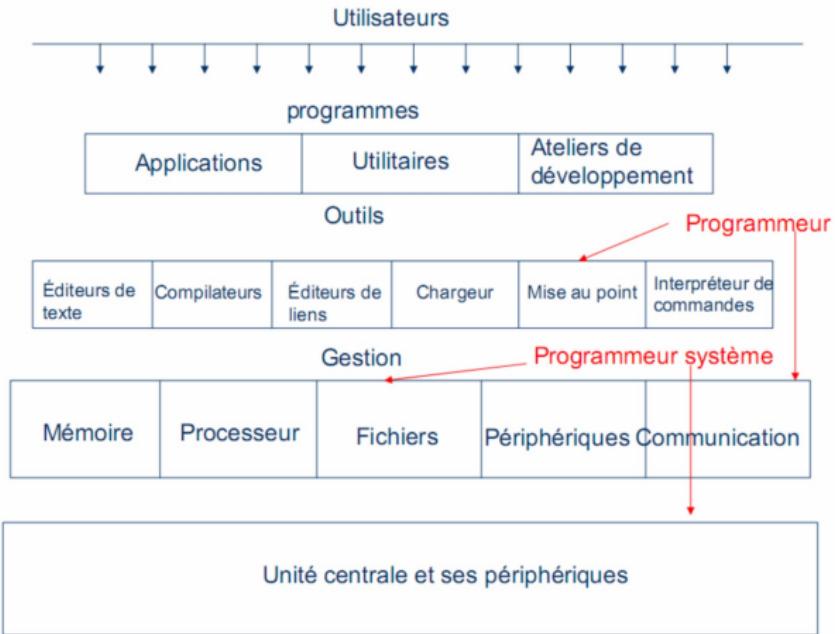
efficacité ⇒ **optimiser**

- ▶ logiciel : optimiser l'algorithme, le code, la fiabilité...
- ▶ matériel : optimiser le coût, l'énergie, le poids...

- ▶ la **recherche opérationnelle** : domaine scientifique à l'interface de l'informatique, des mathématiques, de l'ingénierie
- ▶ un père commun : **Charles Babbage** (1791-1871), mathématicien anglais, inventeur du premier ordinateur (la machine analytique) et auteur de la première contribution reconnue à la recherche opérationnelle (prix unique du timbre poste)



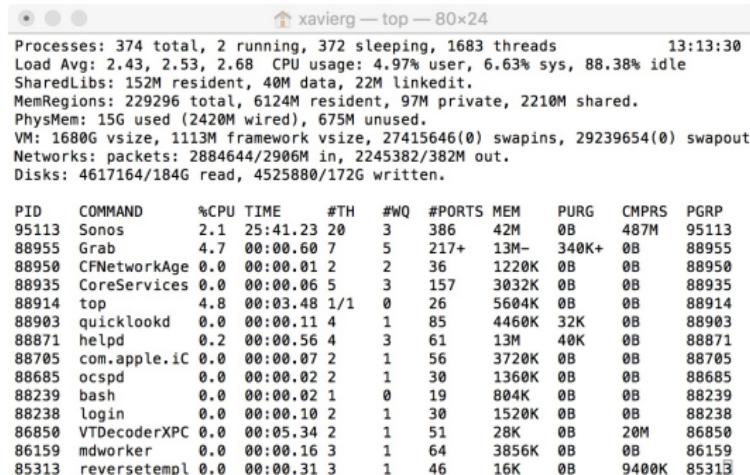
L'ordinateur vu des utilisateurs



selon S. Bouzefrane

L'ordinateur vu des utilisateurs

Notion de processus



PID	COMMAND	%CPU	TIME	#TH	#WQ	#PORTS	MEM	PURG	CMPRS	PGRP
95113	Sonos	2.1	25:41.23	20	3	386	42M	0B	487M	95113
88955	Grab	4.7	00:00.60	7	5	217+	13M-	340K+	0B	88955
88950	CFNetworkAge	0.0	00:00.01	2	2	36	1220K	0B	0B	88950
88935	CoreServices	0.0	00:00.06	5	3	157	3032K	0B	0B	88935
88914	top	4.8	00:03.48	1/1	0	26	5604K	0B	0B	88914
88903	quicklookd	0.0	00:00.11	4	1	85	4460K	32K	0B	88903
88871	helpd	0.2	00:00.56	4	3	61	13M	40K	0B	88871
88705	com.apple.iC	0.0	00:00.07	2	1	56	3720K	0B	0B	88705
88685	ocspd	0.0	00:00.02	2	1	30	1360K	0B	0B	88685
88239	bash	0.0	00:00.02	1	0	19	884K	0B	0B	88239
88238	login	0.0	00:00.10	2	1	30	1520K	0B	0B	88238
86850	VTDecoderXPC	0.0	00:05.34	2	1	51	28K	0B	20M	86850
86159	mdworker	0.0	00:00.16	3	1	64	3856K	0B	0B	86159
85313	reversetempl	0.0	00:00.31	3	1	46	16K	0B	9400K	85313

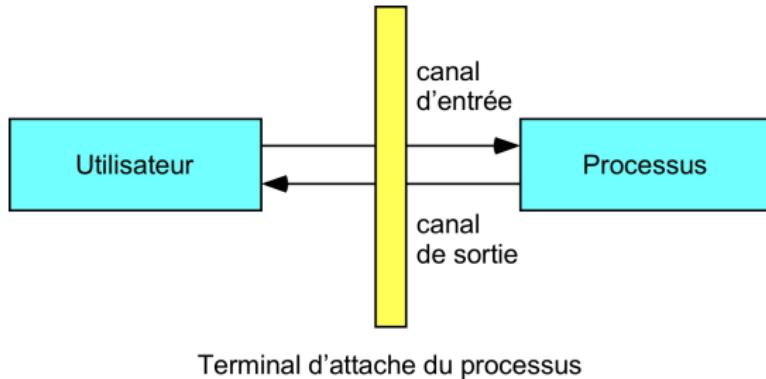
L'ordinateur vu des utilisateurs

Le terminal



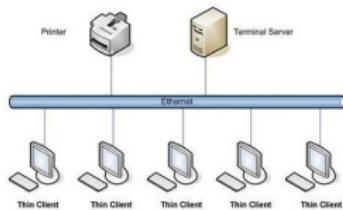
L'ordinateur vu des utilisateurs

Un processus communique avec l'utilisateur via un terminal



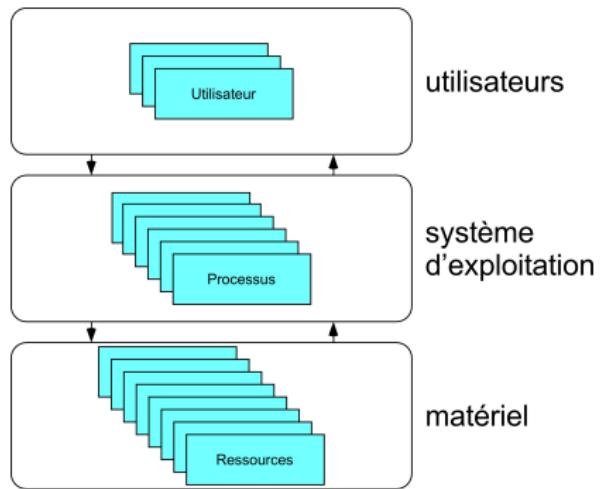
L'ordinateur vu des utilisateurs

Un terminal



L'ordinateur vu des utilisateurs

Notion de **système d'exploitation**



Suite...

Chapitre II : systèmes d'exploitation