

# Systèmes d'exploitation

## (1) Généralités

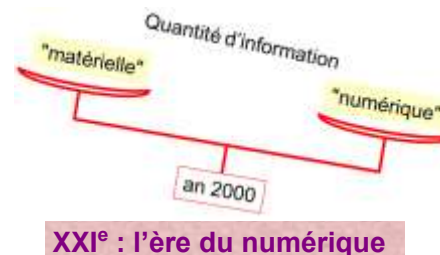
CM1 - 2016 v.1

1

## 1. Prérequis

**Informatique** : information + automatique (1962, P. Dreyfus. *Ordinateur*)  
« Science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communication dans les domaines techniques, économiques et sociaux. »  
(Académie Française)

**Ordinateur** : (1955, J. Perret, pour IBM)  
« Appareil de traitement automatique de données disposant des composants nécessaires à son fonctionnement autonome. »  
(modèle de Von Neumann)



© 2016 - A. Sigayret

2

## Quantités d'information et codages

- Codage :
    - Bit (*binary digit*, **b**) : 0 | 1
    - Octet (Byte, **B**, **B** ou **O**) : 1B = 8 b ↔ 256 symboles
  - Codes Normes et standards :
 

ASCII (std, 7b)	A : n°65
ISO-Latin1= ISO 8859-1 (norme, 8b)	é : n°130
ISO-Latin9= ISO 8859-15	€ : n°164
Unicode (UTF-8, UTF-16, ...)	Ω ∫ ∞ ∫ ≥ ∫ ∃
(alphabets, symboles, syllabaires, sinogrammes)	た (ta)
	语 (Yü : langue)
- Respect ? Evolution ?
- 1kiB = 2<sup>10</sup> = 1024 B, ... (kilo, Méga, Giga, Téra, Péta, ...)
  - 1kB = 1000 B

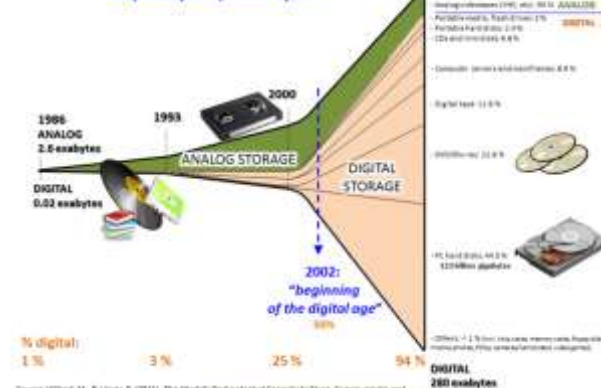
© 2016 - A. Sigayret

Manipuler des données codées

3

## Ordres de grandeur

### Global Information Storage Capacity in optimally compressed bytes



Manipuler une grande quantité de données

4

## Limites de l'informatique (et donc des ordinateurs)

### Exemple de l'analyse de texte

Analyse lexicale (orthographe) ← dictionnaire	n mots en :  $O(n)$ opérations
Analyse syntaxique (grammaire) → arbre syntaxique ! ambiguïté syntaxique (ex. <i>parent</i> )	$O(n^2)$
Analyse sémantique ! Polysémie ( <i>garage</i> ) ! Non déterminisme (qui a coulé une bielle ?) "C'est la voiture de l'étudiant qui a coulé une bielle"	? $O(2^n)$
Analyse pragmatique ! Décidabilité ( <i>J'ai laissé ma Porsche au garage</i> )	$\infty$

### Limites conceptuelles + matérielles

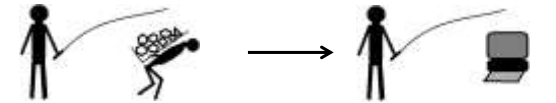
© 2016 – A. Sigayret

5

## Système d'exploitation :

S.E. = O.S. (*operating system*)

- « Ensemble cohérent de programmes
  - gérant les applications et les services installables sur un ordinateur et
  - mettant à disposition de l'utilisateur une interface gérant les fonctionnalités nécessaires à l'exploitation de ces services et applications et des données afférentes. »
- + Mise à disposition d'outils (applications/services) intégrées ou accessoires



Représentations abstraites

Utilisateur

Applications

Système d'exploitation

Matériel informatique

Gestion technologique

© 2016 – A. Sigayret

6

## 2. Matériel : historique

### Quelles origines ?



**Boulier**

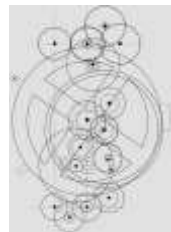
<http://www.cetix.org.fr/nathalie/boulier/images/p18-1t.gif>



**Abaque**

<http://www.cetix.org.fr/nathalie/boulier/images/p21-1t.gif>

**Machine d'Anticythère** (87 AJC)  
→ pour l'astronomie



engrenages  
→ calcul analogique

→ boulier encore en usage

© 2016 – A. Sigayret

7

## Logarithmes

Remplacer une multiplication  
par une addition



**Table de logarithmes**  
(d'après gallica.bnf.fr)



**Règle à calcul** (XX<sup>e</sup>s)  
[http://membres.lycos.fr/maupet/regle\\_1.jpg](http://membres.lycos.fr/maupet/regle_1.jpg)

© 2016 – A. Sigayret

8

## Calculateur analogique



**Pascaline** (1642)

[http://www.docup.net/hardware/pictures/calculator/pascaline\\_opens2.jpg](http://www.docup.net/hardware/pictures/calculator/pascaline_opens2.jpg)

→ échec commercial (prix)  
→ compliqué pour l'époque

## Pas seulement du cacul

**Métier à tisser Jacquard** (1801)  
[http://www.science.vda.fr/etes/storia/img\\_home\\_vda/Metier-Jacquard-01.jpg](http://www.science.vda.fr/etes/storia/img_home_vda/Metier-Jacquard-01.jpg)

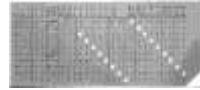
Motifs programmés sur carte perforée  
 Mécanisme à cylindres et aiguilles



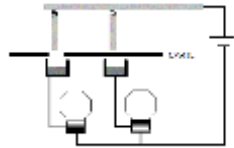
© 2016 – A. Sigayret

**Machine Hollerith** (1890)

Information sur carte perforée



Mécanisme de lecture et de tri



- Recensement 1880, USA
- Fichage de population (Dehomag)
- Origine de la compagnie IBM

9

## Charles Babbage & Ada Lovelace (XIX<sup>e</sup>)

Conception d'une "machine analytique"

- programme sur carte perforée
- unité de calcul avec engrenages
- sortie sur "imprimante"
- versions successives de 1823 à 1849 (construction partielle)

+ algorithmes (Lady Ada)

Machine construite en 1985

- (Musée des Sciences de Londres)
- 3 m x 2 m x 0,45 m
  - 8000 pièces
  - 5 tonnes



© 2016 – A. Sigayret

10

## Premiers ordinateurs

**Architecture** de Von Neumann (& al.)

- Unité Arithmétique et Logique
- Unité de Contrôle
- Mémoire vive / de masse
- Dispositifs d'entrée-sortie.

progrès  
conceptuels

**ENIAC** (1946)

<http://cd.ictm.org/comp-hist/Reckoners-114.jpg>



- 330Flops (opérations/s)
- 18000 "lampes" (tubes électroniques\*)
- Electrique\* : 140kW
- 30 tonnes
- Dans local >70m²

\*progrès techniques

© 2016 – A. Sigayret

11

## Progrès techniques

→ générations successives

1°) Transistor (G2 ~1950)

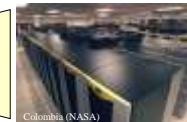
2°) Circuits intégrés (G3 ~1960)

3°) Taille et Standards (G4 ~1970)

puissance



vitesse



Supercalculateur depuis 1960  
 2,5 Pflops (2010, Chine)  
 8,1 Pflops (2011, Japon)

taille



+portable+mobile+tablette...

© 2016 – A. Sigayret

## 4<sup>ème</sup> génération (G4) : ordinateurs personnels (micro-ordinateurs)

1972-1973 Micral

1975 Altair (Intel 8080)

1977-1985 Tandy TRS80

1982 Commodore 64 → 1985-1992 Amiga

1982-1986 Thomson TO7 et MO5

1976-1980 Apple I (6502), II, II

→ 1984 Macintosh (Motorola 68000)

Apple + Motorola :  
un bon choix technique

IBM + Intel + Microsoft  
un succès commercial

1981 IBM PC (Intel 8088, 8b, 4,7MHz, MSDOS)

1982- PC/AT (Intel 80286, 16b)

→ compatible PC

Vers une G5 ? (Informatique embarquée) → XIX<sup>ème</sup>s. smartphones

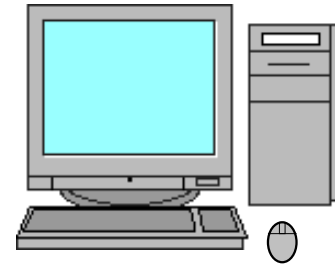
- De la diversité à l'uniformité
- Standardisation / normalisation (de facto / de jure)
- « Uniformité centrifuge ? »

© 2016 – A. Sigayret

13

## 2. Matériel : Ordinateur individuel

Ordinateur personnel (PC)  
=  
périphériques externes + unité centrale



PC portable  
(clavier et écran intégrés + touchpad)



Tablette tactile  
(écran tactile)

PC (1981) → portable → ultra-portable → "Netbook" → tablette, smartphone → ...  
différentes tailles / même structure

© 2016 – A. Sigayret

14

### 1.2.1. Périphériques

#### Périphériques classés selon leur rôle

Interface utilisateur-machine : souris, clavier, écran

Stockage (périphérique "de masse") : disque dur, lecteur CD/DVD, graveur, ...

Impression : imprimantes, tables traçantes

Traitement d'images : scanner, appareil photo

Etc.

#### Périphériques classés selon leur position

- Interne (dans l'U.C.)

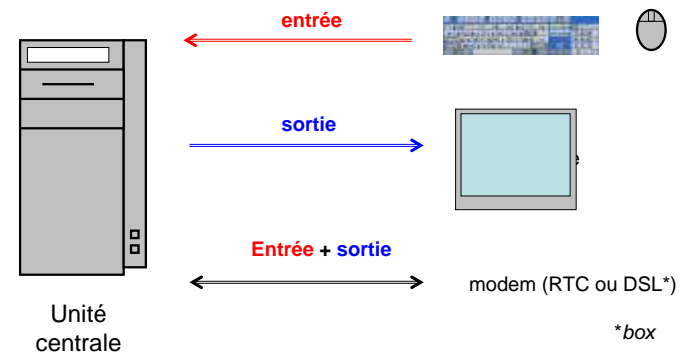
- Externe (hors de l'U.C.)

- Mode de communication (entrée/sortie)
- Mode de connexion (parallèle/série)

© 2016 – A. Sigayret

15

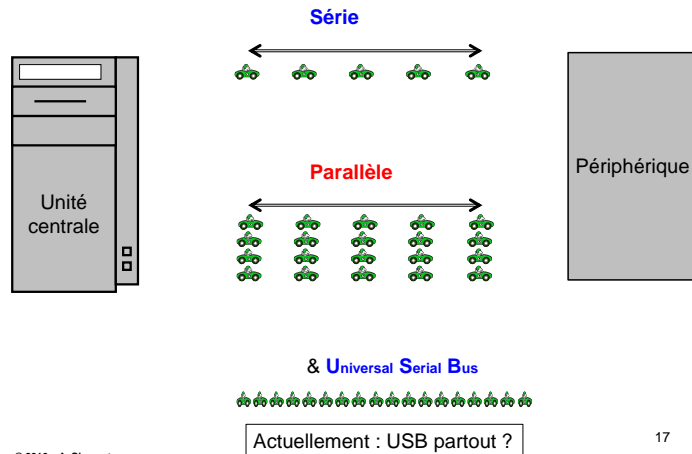
#### Périphériques classés selon leur mode de communication



© 2016 – A. Sigayret

16

## Périphériques classés selon leur mode de connexion

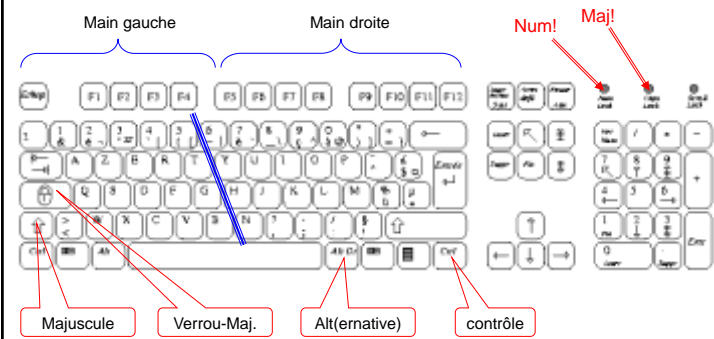


© 2016 – A. Sigayret

17

## Le clavier AZERTY (ou QWERTY, ou ...)

un clavier de machine à écrire (donc archaïque)



→ Claviers Dvorak, Marsan, Bépo, ...

© 2016 – A. Sigayret

18

## La souris

- Clic!
  - + bouton gauche
  - + bouton droit ("contextuel")
  - + roulette + bouton central

- Optique

- Avec / sans fil

- connecteur USB

← Dispositifs alternatifs : touchpad / écran tactile



© 2016 – A. Sigayret

19

## L'écran



- Rapport largeur/hauteur: 4/3 (1,33), 3/2 (1,5), (1,66), (1,75), 16/9 (1,77), (1,85), ...

- Taille (en pouce) de la diagonale: 14", 15", 17", 19", 22", ...

- Précision d'affichage (pixels pour 4/3):  
VGA (640x480), SVGA (800x600), XGA(1024x768), ..., WQXGA (2540x1600), ...

- Technologie LCD / LED : écran mat / brillant / ...

**Écran tactile!**

**LCD** (cristaux liquides)

Vérifier: luminosité, Contraste, angle de vision verticale et horizontale, temps de réponse

**Avantages:** Peu encombrant (plat), consommation électrique, signal numérique.

**Inconvénients:** rémanence, faible luminosité et contraste, angle de vision limité, **SURFACE FRAGILE**

→ NE JAMAIS TOUCHER LA SURFACE D'ECRAN ?  
... s'il n'est pas tactile !

© 2016 – A. Sigayret

20

### L'imprimante: un périphérique externe

- Technologie (jet d'encre / laser)
- Précision PPP (point/pouce = DPI)      1 inch = 25,4mm
- Vitesse d'impression PPM (page/min), délai avant impression (préchauffage)
- Couleur (prix?)
- Format papier A4, A3, legal US, ...
- Langage de description des pages: PostScript (Adobe), PCL (HP), ...
- Connexion (~~parallèle~~ / USB / réseau)

### 1.2.2. Unité centrale

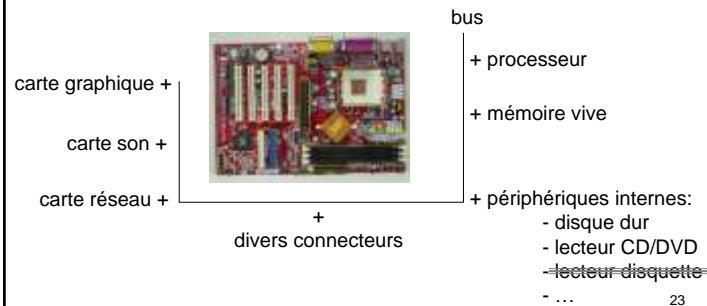
Unité centrale  
=  
boîtier + transformateur + carte mère + ...



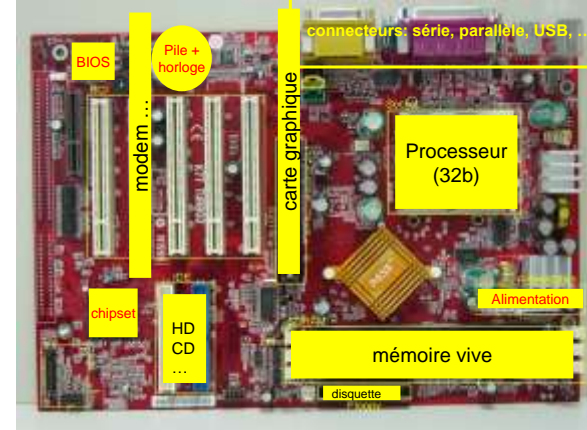
[http://www.informatinfo.com/images/computer\\_case\\_fr.jpg](http://www.informatinfo.com/images/computer_case_fr.jpg)

### Au cœur de l'unité centrale : la carte-mère

- Un support
- alimentation électrique par transformateur
- Un ensemble de composants électroniques
- sur lequel se fixent d'autres composants
  - reliés par le(s) bus



### PCI express



Mémoires de masse

## Principaux composants fixes de la carte-mère

- **Chipset** : contrôle des communications entre composants (northbridge+southbridge)
- **Bus** : transport de l'information
- **Horloge** : coordination temporelle (exp. 3,2 GHz)
- **BIOS** (Basic Input-Output System) : contient le programme de démarrage ("amorce")

+ choix : composant fixe (soudé) ou amovible (enfiché) →

- Circuit sonore ← ou carte son sur connecteur PCI
- Circuit graphique ← ou carte graphique sur connecteur spécifique
- etc.

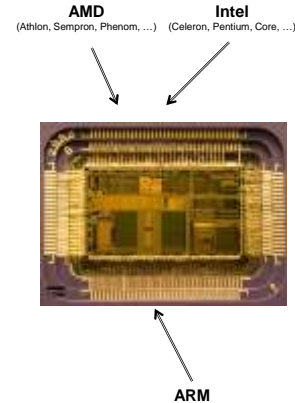
Tendance actuelle  
intégration du son et du graphique au processeur

© 2016 – A. Sigayret

25

## Composants enfichés sur la carte-mère

### 1°) (micro)Processeur = CPU



- Processeurs multicoeurs
- Mémoire cache de niveau 1, 2, ...

© 2016 – A. Sigayret

26

## Composants enfichés sur la carte-mère (suite)

### 2°) Mémoire vive (RAM) :

"barrettes" de 1, 2, ... GB

différents types (actuellement DDR SDRAM)

mémorisation des données de fonctionnement  
**perte des données après extinction de l'ordinateur**

### 3°) Carte graphique (sur connecteur PCI express\*)

haut de gamme pour jeux (ATI, NVidia, ...)

### 4°) Sur les connecteurs PCI express...

- tout autre composant standard !

\* PCI express : communication directe entre périphériques  
(sans passer par le processeur)

© 2016 – A. Sigayret

27

### 5°) Sur les connecteurs SATA\*

+ "nappe" (cordon) double connexion

→ pour les unités de masse

- conservation des données après extinction de l'ordinateur
- lecture de données permanentes

!!! Les unités de masse sont des périphériques → externe possible

© 2016 – A. Sigayret

\* Serial ATA ↔ Parallel ATA

28

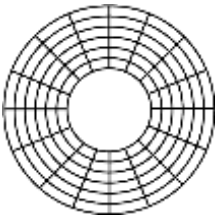


## Composants connectés à la carte-mère (par un câble)

### 6°) Disque dur

Support magnétique (sauf HD SSD)  
Taux de transfert: env. 100 MB/s  
T.A.M.: env. 3 à 15 ms (env. 0,05 ms pour RAM)

Plateau / pistes concentriques / secteurs



+ Connecteur "floppy" = 1,44MB

29

© 2016 – A. Sigayret

### Variante : SSD (solid-state drive)

Mémoire Flash NAND ou NOR  
Taux de transfert: env. 500 MB/s  
T.A.M.: env. 0,1 ms

Problématique de l'écriture/effacement multiple (TRIM)



30

© 2016 – A. Sigayret

### 7°) Lecteur optique (laser) de disque numérique

Lecture + Ecriture

+ CD-ROM (read only) 650MB ← musique  
+ CD-R (write once)  
+ CD-RW (read-write)

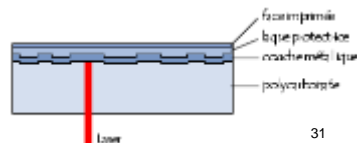
Taux de transfert: 6 MB/s pour un 40x  
T.A.M.: env. 70 ms

+ DVD (read-only) 4,5GB (par face, par couche) ← films

+ DVD+R –R (write once)

+ DVD-RW (read-write)  
Taux de transfert env. 1,5MB/s  
T.A.M. env. 140 ms

+ BLU-RAY ...



31

© 2016 – A. Sigayret

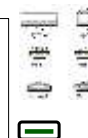
## Connecteurs sur la carte-mère pour périphériques externes

+ Connecteur USB (universal serial bus)  
→ clé USB: mémoire de masse (technologie Flash)

+ Pour micro, pour casque  
+ pour réseau  
+ Connecteur de l'écran sur la carte graphique (VGA / DVI / (HDMI) / ...)  
+ Connecteurs possibles sur cartes connectées au PCI-Express

### USB : un connecteur universel en pleine évolution

- v.1 (1996) : 1,5 MB/s, 5V±2,5W → connecteurs A & B
- v.2 (2000) : 60 MB/s + OnTheGo
- v.3.0 (2008) : 500 MB/s → variante du micro-B
- v.3.1 (2014) : 1,2 GB/s, {5V±10W, 12V±100W, 20V±100W} → connecteur C réversible



32

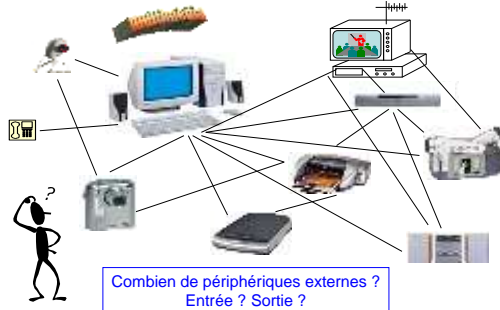
© 2016 – A. Sigayret



### Périphérique interne ou externe : quel choix ?

Interne : généralement moins cher et plus rapide, format imposé  
ex. modem RTC, carte réseau, carte Wifi

Externe : indépendant de la machine, transportable  
ex. modem ADSL, clé Wifi, clé USB



© 2016 - A. Sigayret

33

### 3. Un ordinateur démarre...

1°) Exécution du programme du BIOS\* :

Quels composants présents ? Fonctionnement ?  
défaillance ? → bip...

2°) Lecture du "secteur de démarrage" (MBR\*) du disque dur principal :  
Quel S.E. présent ?

3°) Le S.E. prend la main (et passe en mode graphique ?)

Une fois le système d'exploitation lancé, celui-ci prend le contrôle total de la machine et sera l'intermédiaire obligé de tout programme souhaitant réaliser une action.

#### Processus :

« Instance élémentaire d'un programme en cours d'exécution. »  
- processus du S.E. / d'une application / d'un périphérique  
- utilisation du processeur / de la MEV / ...

© 2016 - A. Sigayret

\* BIOS remplacés par l'UEFI

34

### 4. Fonctionnement d'un S.E.

#### Deux niveaux :

(1) Gestion

- du matériel
  - pilotes (drivers) *standardisation connexionnelle mais diversité et variété*
- de la mémoire vive (centrale)
- de la mémoire de masse
- des processus (allocation des ressources, ordonnancement...)
- des applications (#programmes #logiciels)

(2) Interface (dialogue) avec l'utilisateur (clavier, souris, écran)

- mode texte en "ligne de commande" ?  
MS Windows / MS DOS (→ Exécuter / "cmd")  
Mac OS X Aqua / ...  
Linux {KDE, GNOME,...} / "Shell"  
Unix : Xwindows / "Shell"
- + interface tactile de l'environnement fenêtré ?

+ Applications fournies avec le systèmes (intégrées ou accessoires, ...)

© 2016 - A. Sigayret

35

#### Gestion des processus / des utilisateurs

+ **Mono/multi-tâche** : le système peut-il ...

- maintenir plusieurs applications ouvertes en même temps ?
- exécuter en tâches de fond des applications ?

Une application défaillante perturbe-t-elle les autres ?

+ **Mono/multi-utilisateur** : chaque utilisateur a-t-il ...

- son espace de travail personnalisé ?
- son espace de sauvegarde ?

Les espaces des utilisateurs sont-ils protégés, sécurisés ?

+ **Sécurité et stabilité**

Les dossiers et fichiers du S.E. sont-ils protégés, sécurisés ?  
Le système est-il stable au démarrage, en fonctionnement ?  
L'ajout de fonctionnalités/applications maintient-elle la stabilité ?  
Ex. FreeBSD: ≥8ans, Windows XP: ≥6mois

© 2016 - A. Sigayret

36

## Classification fonctionnelle

- + **Mode différé** : Traitement par lots
  - mode originel : cartes perforées
  - cf mode script des S.E. modernes

Parallélisation possible ?

- + **Mode transactionnel** : échange de messages, pas de commandes

- + **Mode conversationnel** : Dialogue avec l'utilisateur

Niveau du dialogue, Ergonomie ?

- + **Mode temps réel** : Dialogue machine-périphériques
  - systèmes embarqués
  - systèmes de contrôle à distance

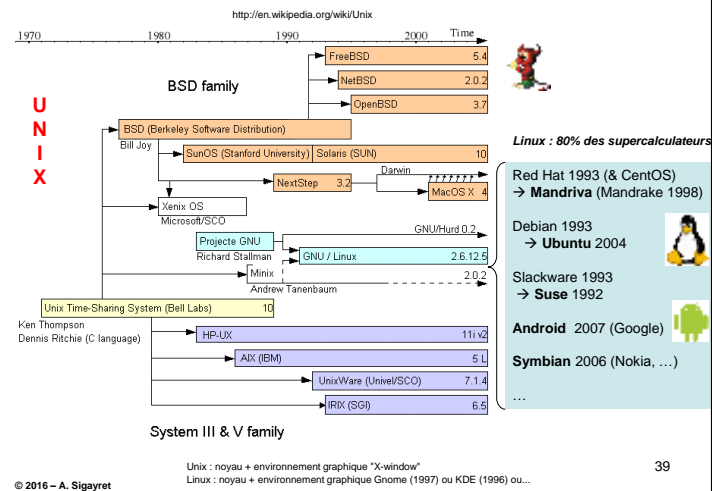
Synchronicité, réactivité, robustesse ?

## 5. S.E. : historique

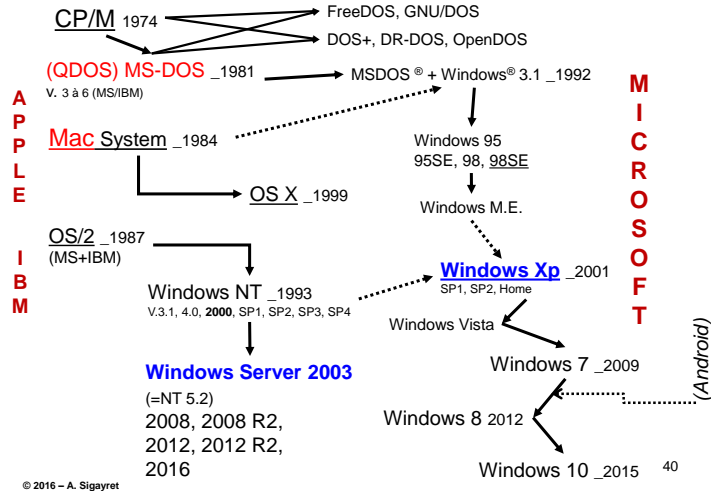
### Diversité historique des S.E.

- 1° 1946-1970 : Ordinateur central (*mainframe*)
  - un S.E. par type de machine
  - encore utilisé : IBM Z-series 64b sous Z/OS (← MVS)
- 2° Années 1970 :
  - UNIX (Bell Labs, 1969) :
    - + un S.E. unique
    - + tendances centrifuges
    - + norme POSIX : un recentrage d'Unix
  - micro-ordinateurs
  - interface graphique (Xerox, 1974)
- 3° A partir de 1981 : bataille des S.E.
  - IBM PC (1981) + DOS (QDOS) puis Windows
  - ou Apple MacOS (1984) puis OS X ?
  - Unix ou BSD (1977, noyau AT&T) ?
  - GNU/Linux (1983,1991) ou Unix ?
  - Android ou iOS ou Linux ?
- 4° XXIe : le S.E. dans les nuages ?
  - Machines virtuelles (VM), Réseau privé (VPN), ...

## d'Unix à Linux



## Alternatives à Unix



## Situation actuelle

### Ordinateur personnel :

- BSD : diffusion confidentiel  
→ Apple : OS X, IOS (convergence)
- Linux : diffusion limité  
→ Google : Android (surcouche propriétaire)
- Windows : une évolution contrastée  
← 90% des ordinateurs personnels



→ Windows 10 ?  
(+Cortana, +Spartan)

### "Mainframes" :

- 2000 : ~95% Unix, ~5% Linux
- 2015 : ~ 5% Unix, ~95% Linux (dont RedHat)  
transactionnel (banques) : Z/OS + Cobol

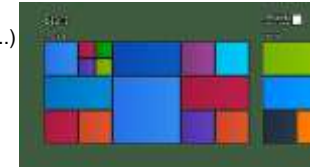
© 2016 – A. Sigayret

41

## Quel avenir ?

### Quelle interface (boutons, cadres, tuiles, ...)

- ← Téléphones mobiles
- ← Tablettes



→ Nouvel apprentissage !

### Centralisation ?

- ← "Ferme" de PC
- ← Terminaux (#clients légers) + Serveur
- ← Dans le "Cloud" : données ? S.E. ? ...
- ← Machines/Systèmes virtuels
- ← Parallélisme / Répartition

- Ergonomie ?  
- Coût de formation ?

*User experience*  
(ergonomie, émotion, technique, ...)

© 2016 – A. Sigayret

42