

Une introduction aux systèmes

Vania Marangozova-Martin

Maître de Conférences, UGA

Vania.Marangozova-Martin@imag.fr



Pourquoi les systèmes d'exploitation?

- ▶ Prenons une machine...
 - ▶ C'est notre **matériel**



Pourquoi les systèmes d'exploit

- ▶ Prenons une machine...
 - ▶ C'est notre **matériel**



Le matériel



La matériel (cont.)

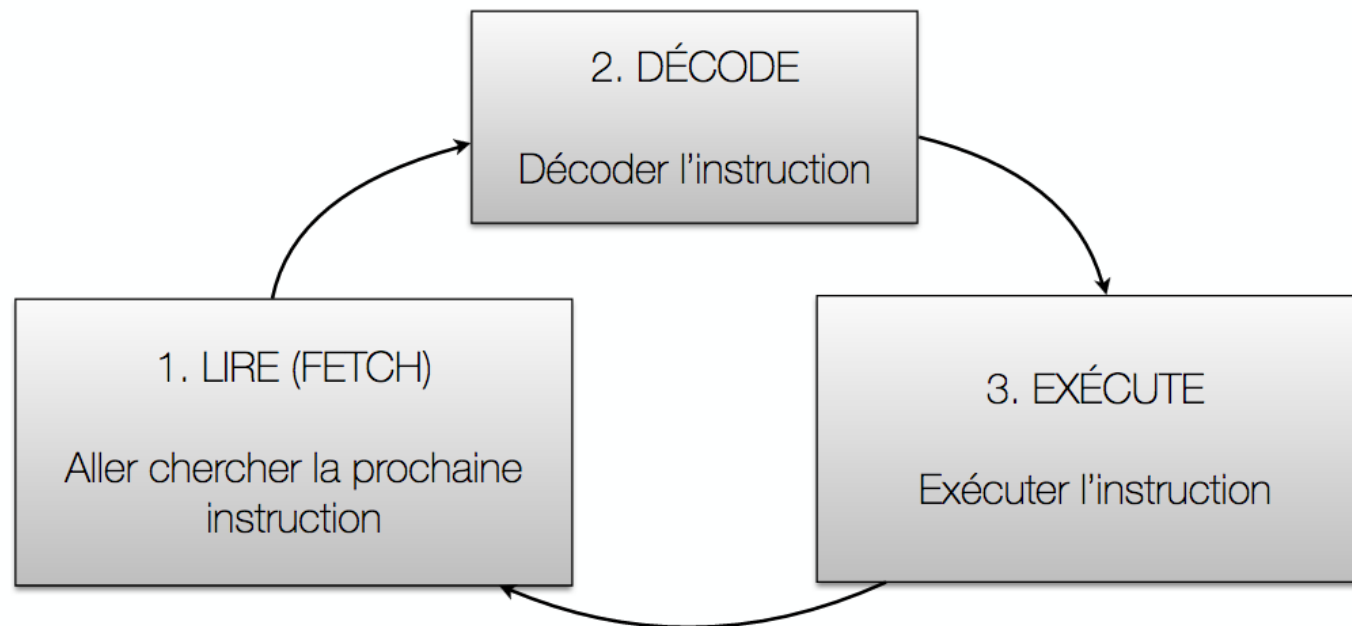
▶ **Caractéristiques principales :**

- ▶ **hétérogénéité**
- ▶ commandes de **bas niveau**
 - opérations spécifiques, pouvant être exécutés par un matériel
 - ce sont typiquement des opérations (très) simples
 - compréhensibles par le dispositif matériel
 - mais pas par un humain

La matériel (cont.)

▶ Exemple pour le CPU

- ▶ commandes de **bas niveau**
 - accès mémoire, exécution d'une instruction



La matériel : commandes de bas niveau

► Exemple pour le CPU

En Python

```
a = b+c
```

En langage assembleur

```
MOV R0, #0x00    ; Adresse de la variable b
LDR R0, [R0]     ; Lire la variable b dans le registre R0
MOV R1, #0x01    ; Adresse de la variable c
LDR R1, [R1]     ; Lire la variable c dans le registre R1
ADD R2, R0, R1   ; R2 = R0 + R1
MOV R0, #0x02    ; Adresse de la variable c
STR R2, [R0]     ; Écrire le registre R2 dans la variable a
```

```
00011101010101011100101000111100
10100010010100110101011011010101
10001001010110101011101110110110
...
```

en vrai

La matériel : commandes de bas niveau

► Exemple pour le disque

En Python

```
file.write("Bonjour Maîtresse!");
```

```
positionner tête à l'emplacement courant du fichier  
écrire un octet // 'B'  
déplacer tête  
écrire un octet // 'o'  
déplacer tête  
écrire un octet // 'n'  
...
```

En commandes disque

Comment travailler avec le matériel?

The collage displays various applications: a game (League of Legends), a Facebook profile page, a code editor (Visual Studio Code) showing C++ code for a fractal generator, a Microsoft Word document, and a Mozilla Firefox browser window. The word 'Applications' is centered at the top of the collage, and 'Logiciel' is written vertically in the middle.

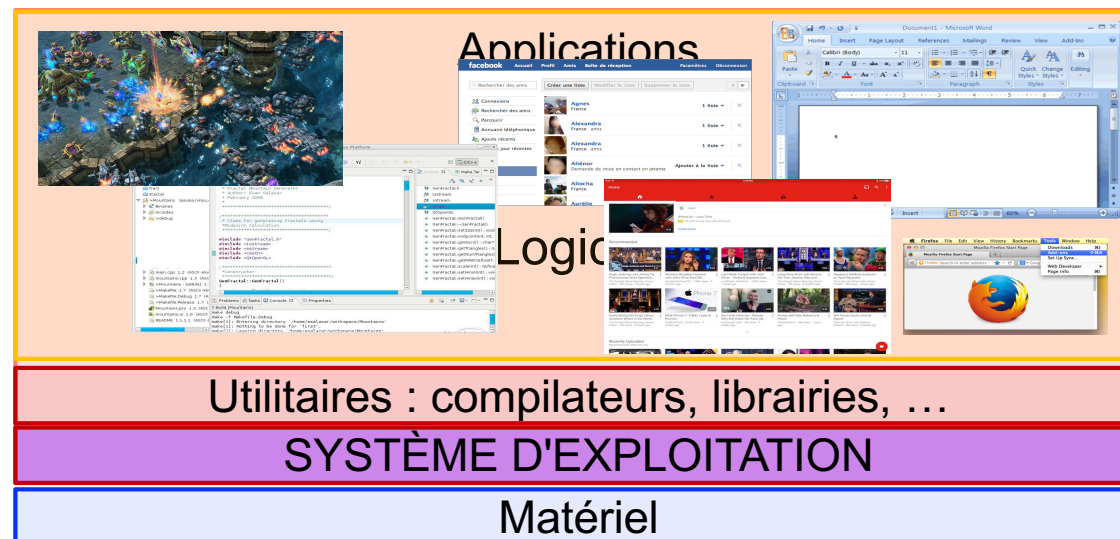
Utilitaires : compilateurs, bibliothèques, ...

SYSTÈME D'EXPLOITATION

Matériel

Qu'est-ce un système d'exploitation (SE)?

- ▶ Un SE est une couche logicielle qui facilite l'utilisation du matériel par les utilisateurs/applications



- ▶ **Abstraction** du matériel : virtualisation, interface commune
- ▶ **Optimisation** : allocation des ressources, partage, performances
- ▶ **Protection** : contre les usages dangereux, malveillants, faux, égoïstes, ...

Les fonctions d'un système d'exploitation

I. Fournir une abstraction du matériel

- ▶ Gérer l'hétérogénéité
- ▶ Fournir une interface unifiée
- ▶ Simplifier le travail avec les ressources matérielles

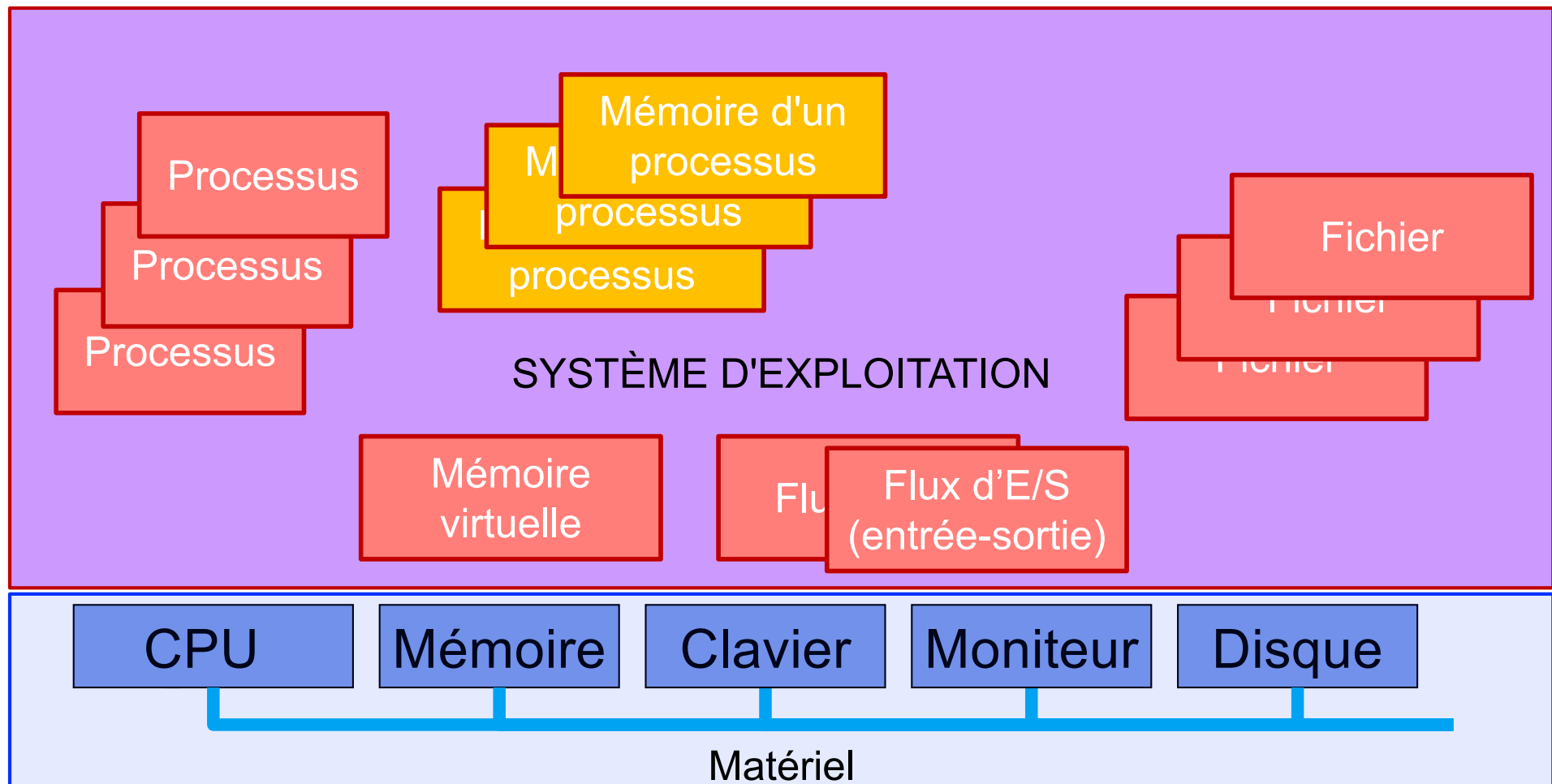


interface système (facile)

MACHINE

Quelles abstractions du matériel?

- ▶ Le SE cache les ressources matérielles et fournit des entités de plus haut niveau : des ressources virtuelles
 - ▶ Le SE fait de la virtualisation



Les fonctions d'un système d'exploitation

I. Fournir une abstraction du matériel

- ▶ Point de vue de l'utilisateur

ce que l'on vient de voir

Les fonctions d'un système d'exploitation

I. Fournir une abstraction du matériel

- ▶ Point de vue de l'utilisateur

II. Gestion optimale des ressources

- ▶ L'objectif est double : performances pour les utilisateurs et utilisation optimale des ressources pour les machines.
- ▶ Point de vue du système : utiliser au maximum la capacité des ressources
 - CPU : capacité de calcul (taux d'occupation)
 - Mémoire et disque: sur 4GB/1TB de mémoire, pouvoir mettre ~4GB/1TB de données, accès rapide aux données
- ▶ Partager les ressources entre différents programmes en exécution

Les fonctions d'un système d'exploitation

I. Fournir une abstraction du matériel

- ▶ Point de vue de l'utilisateur

II. Gestion optimale des ressources

- ▶ Point de vue système : performances et utilisation ressources

III. Assurer la protection des ressources

- ▶ Le système doit garantir que plusieurs programmes puissent s'exécuter correctement tout en partageant les ressources physiques
- ▶ Un programme ne devrait pas pouvoir faire *crasher* un autre programme
- ▶ Un programme ne devrait pas pouvoir modifier le comportement d'un autre programme
- ▶ Un programme ne devrait pas pouvoir corrompre les données d'un autre programme
- ▶ ...

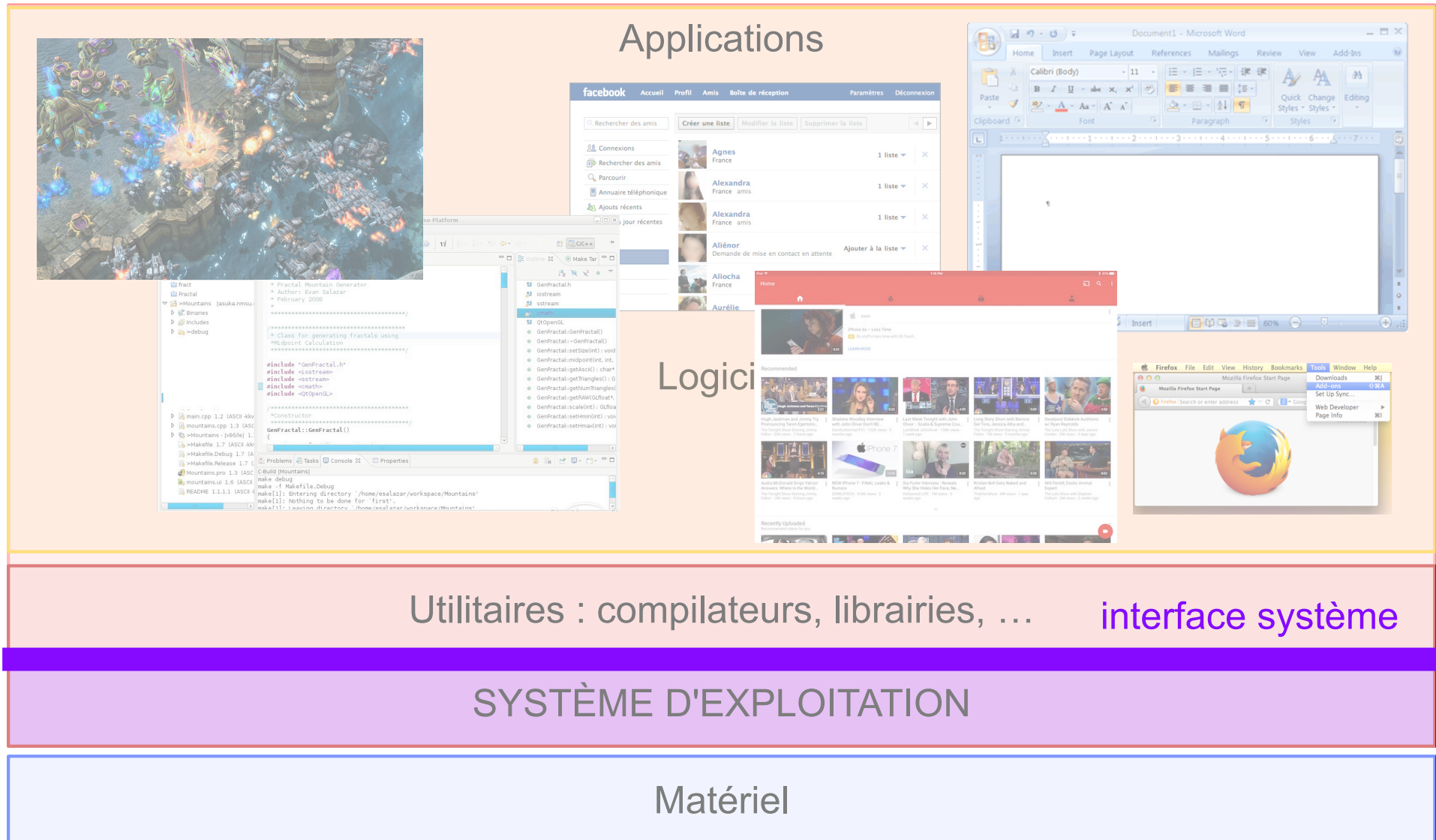
L'interface d'un système d'exploitation



interface système (facile)

MACHINE

L'interface d'un système d'exploitation



L'interface d'un système d'exploitation

► Tout d'abord : qu'est-ce "une interface"?

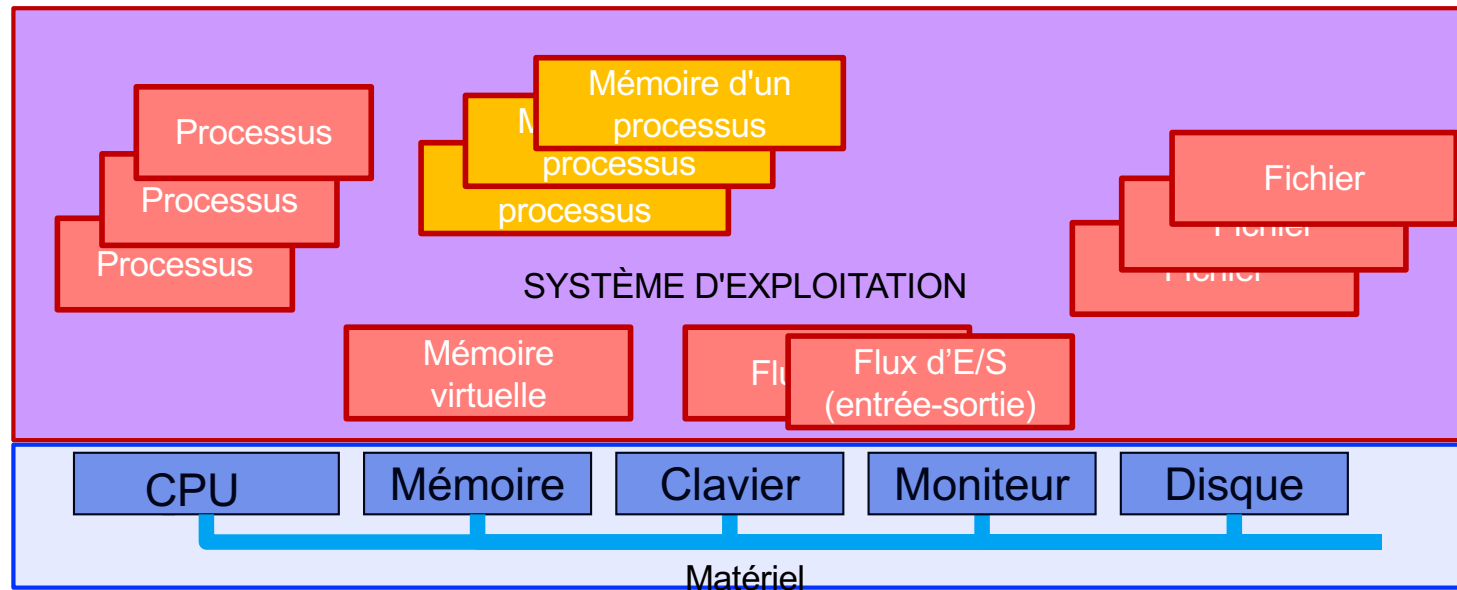


Définition Larousse

"En informatique, jonction entre deux matériels ou logiciels leur permettant d'échanger des informations par l'adoption de règles communes"

L'interface d'un SE

- ▶ L'interface fournie par le SE est l'ensemble de fonctions fournies à l'utilisateur pour qu'il travaille avec la machine



- ▶ gestion des processus (activités)
- ▶ gestion de la mémoire (données)
- ▶ gestion des E/S (interactions)
- ▶ gestion des fichiers (données)
- ▶ protection (sûreté de fonctionnement)

L'interface d'un SE

- ▶ **L'interface fournie par le SE peut être**
 - ▶ graphique,
 - ▶ en ligne de commande ou
 - ▶ programmatique

L'interface graphique d'un SE

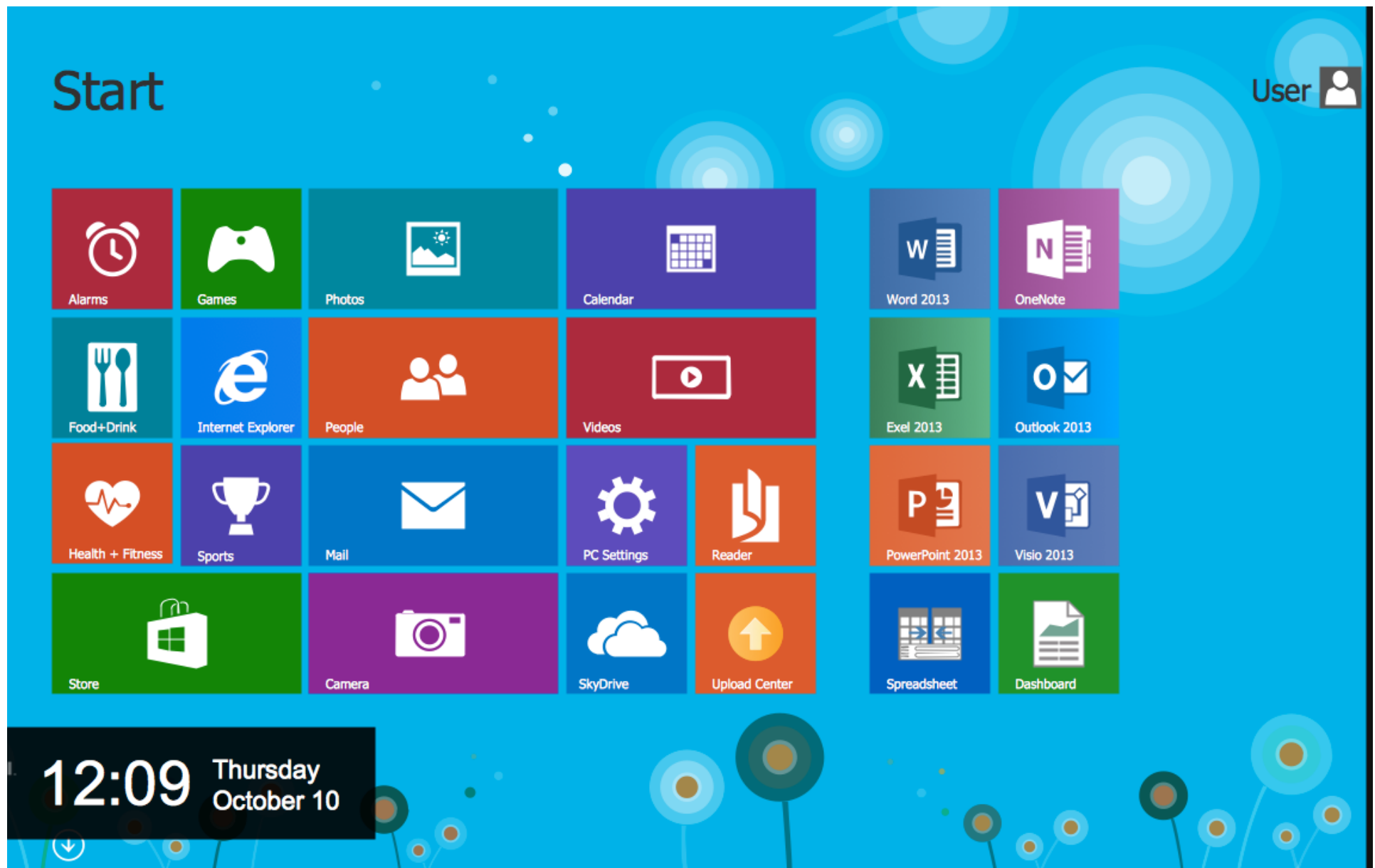
- ▶ Tourné vers l'utilisateur
- ▶ Cache les détails de fonctionnement



L'interface graphique d'un SE (Linux)



L'interface graphique d'un SE (Microsoft Windows)



Interface SE en ligne de commande

- ▶ Dans une majorité de systèmes, il est possible de demander quelque chose **directement** au système
- ▶ via un programme spécial qui **interprète les commandes (shell)**
 - ▶ C'est le programme qui est lancé lorsqu'on ouvre une fenêtre pour pouvoir taper des commandes (terminal)
 - ▶ `bash`, `csch`, `ksh`, `cmd.exe`, ...

```
[~/Enseignement/DIU_EIL] ls -l
total 32
drwxr-xr-x  9 vania  staff   288 17 jan 08:02 1_intro
drwxr-xr-x  5 vania  staff   160 12 déc 20:56 2_processus
drwxr-xr-x  6 vania  staff   192  9 déc 09:55 3_threads
drwxr-xr-x 15 vania  staff   480  2 jul  2019 exos_profs
-rw-r--r--  1 vania  staff  5571 15 mai  2019 exos_profs.zip
-rw-r--r--  1 vania  staff    32 10 mai  2019 ls.txt
-rw-r--r--  1 vania  staff   882 21 déc 10:01 planning-2021.org
drwxr-xr-x  5 vania  staff   160 10 mai  2019 pres
drwxr-xr-x  5 vania  staff   160  5 jul  2019 rendus_profs
[~/Enseignement/DIU_EIL]
```


L'interpréteur de commandes

► Linux

```
howtogeek@ubuntu: ~/Desktop
howtogeek@ubuntu:~$ ls
Desktop      examples.desktop  pidgin           timer.sh
Documents    Music              Public           Ubuntu One
Downloads    Pictures           Templates        Videos
howtogeek@ubuntu:~$ cd Desktop
howtogeek@ubuntu:~/Desktop$
```

► Windows

- dir
- cd C:\
- ...

```
Microsoft Windows XP [version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrateur>
```

```
Administrateur : Windows PowerShell ISE
Fichier Modifier Afficher Outils Débugger Composants additionnels Aide
Script

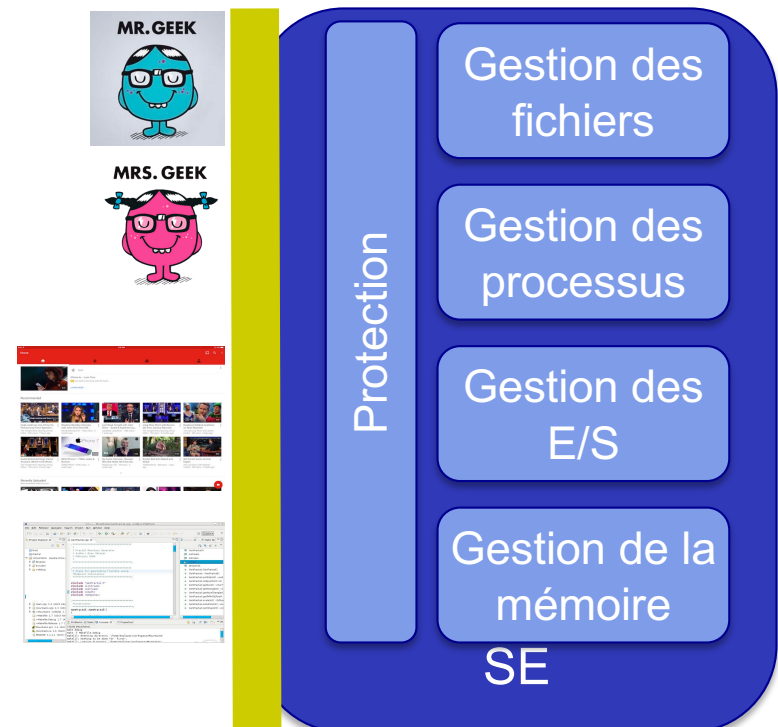
PS C:\> cd Users\vania
PS C:\Users\vania> ls

Répertoire : C:\Users\vania

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
d-----          24/01/2019    16:30     .VirtualBox
d-r---          24/01/2019    16:04     3D Objects
d-r---          24/01/2019    16:04     Contacts
d-r---          24/01/2019    18:05     Desktop
d-r---          24/01/2019    16:04     Documents
d-r---          24/01/2019    16:04     Downloads
d-r---          24/01/2019    16:04     Favorites
```

Interface SE programmatique

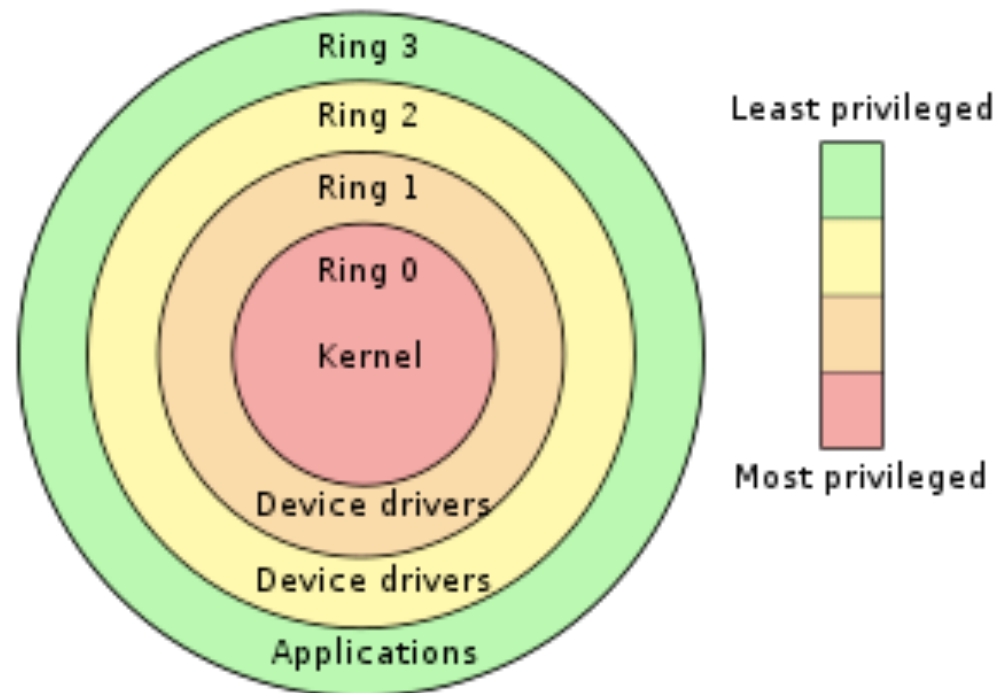
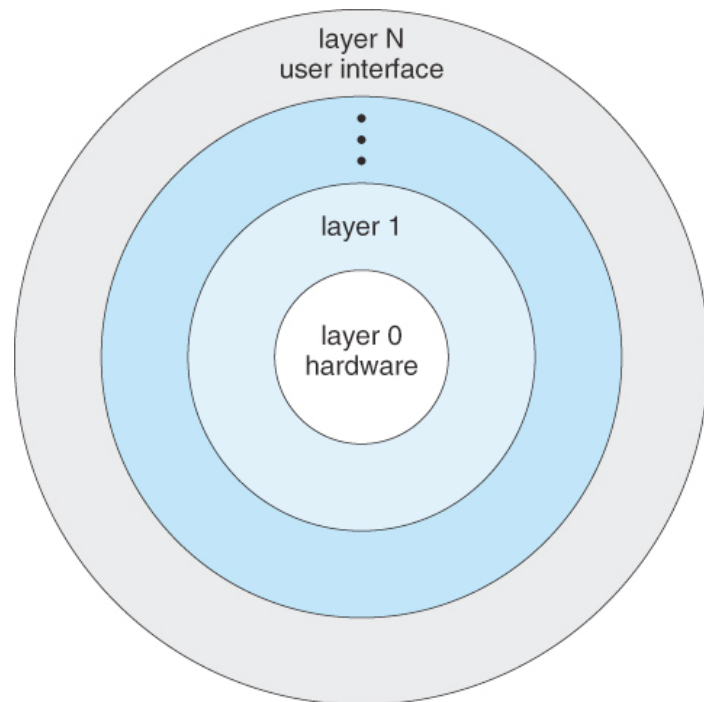
- ▶ **Utilisée/invoquée par les applications qui s'exécutent sur le système**
 - ▶ Y compris les programmes qui implémentent l'interface de commande
- ▶ **Composée d'un ensemble de procédures/fonctions**
 - ▶ Bibliothèques
 - ▶ Appels système
 - ouvrir, fermer, écrire dans un fichier
 - créer, tuer un processus
 - écrire, lire à l'écran, sur le réseau
 - allouer (prendre)/désallouer de la mémoire
 - ...



Structure d'un SE

► Un SE est composé de

- un noyau : les fonctionnalités indispensables
- des pilotes : des logiciels spécifiques pour interagir avec les dispositifs matériels
- des services : les fonctionnalités additionnelles



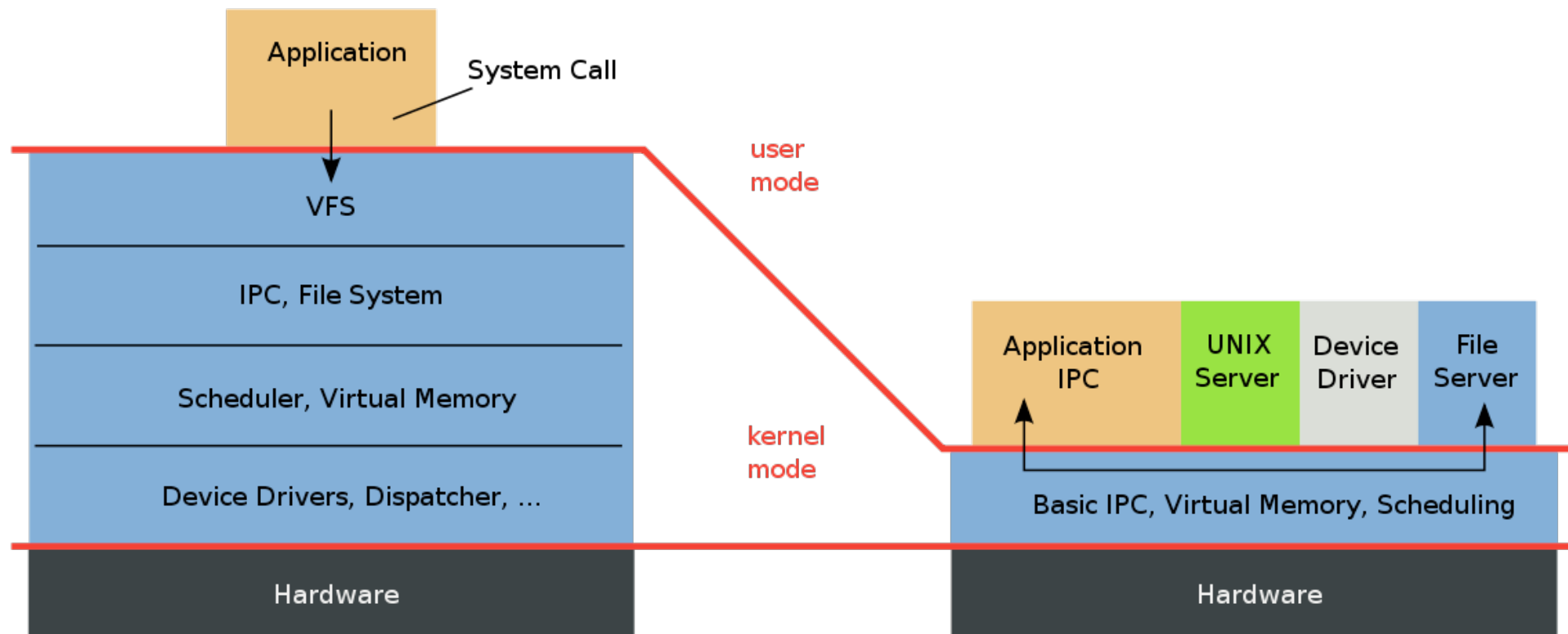
Structure d'un SE : différentes approches pour le noyau

► Noyau monolithique (maximal)

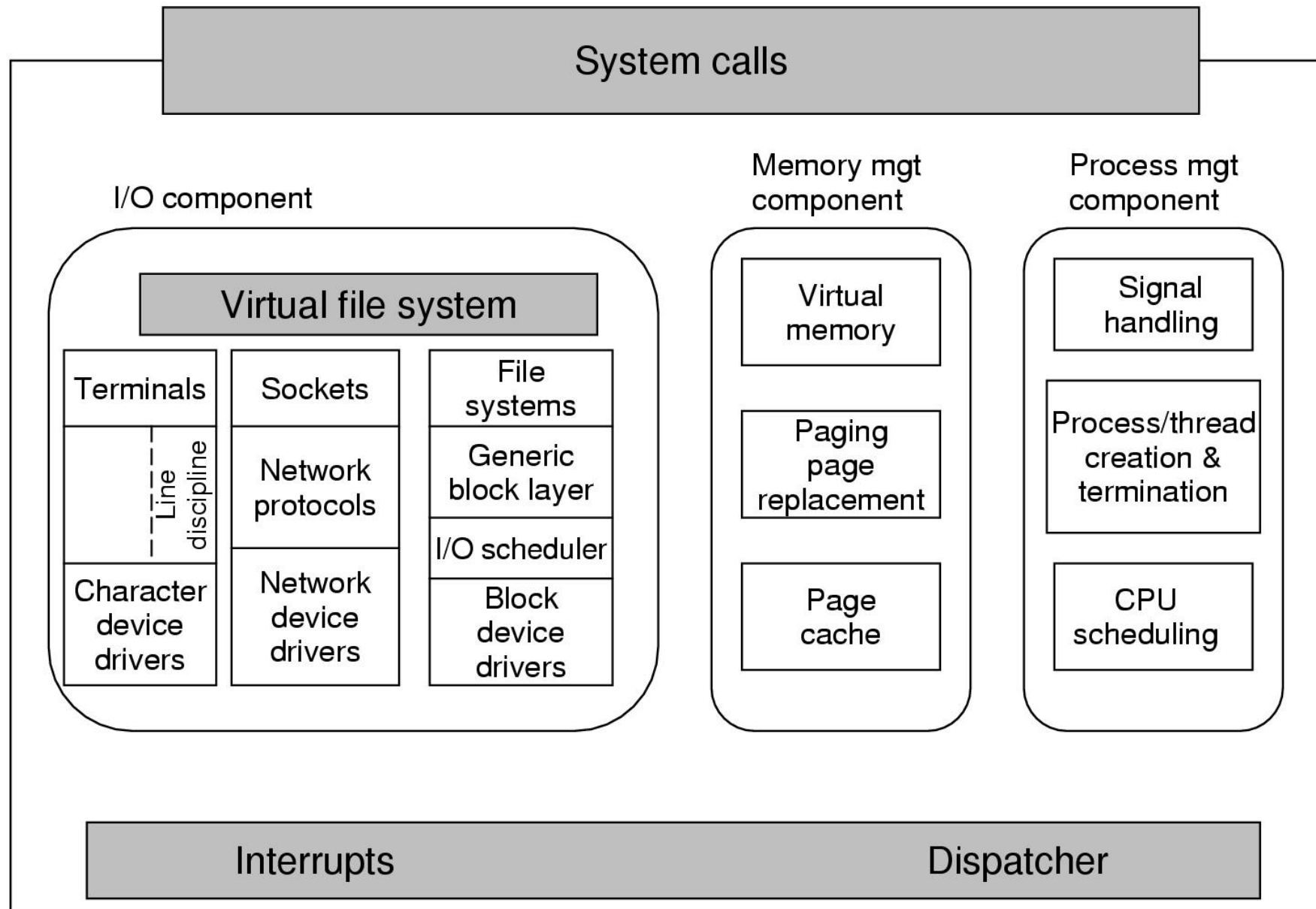
- Maintenance/changements difficiles
- Exemple : Linux

► Micro-noyau

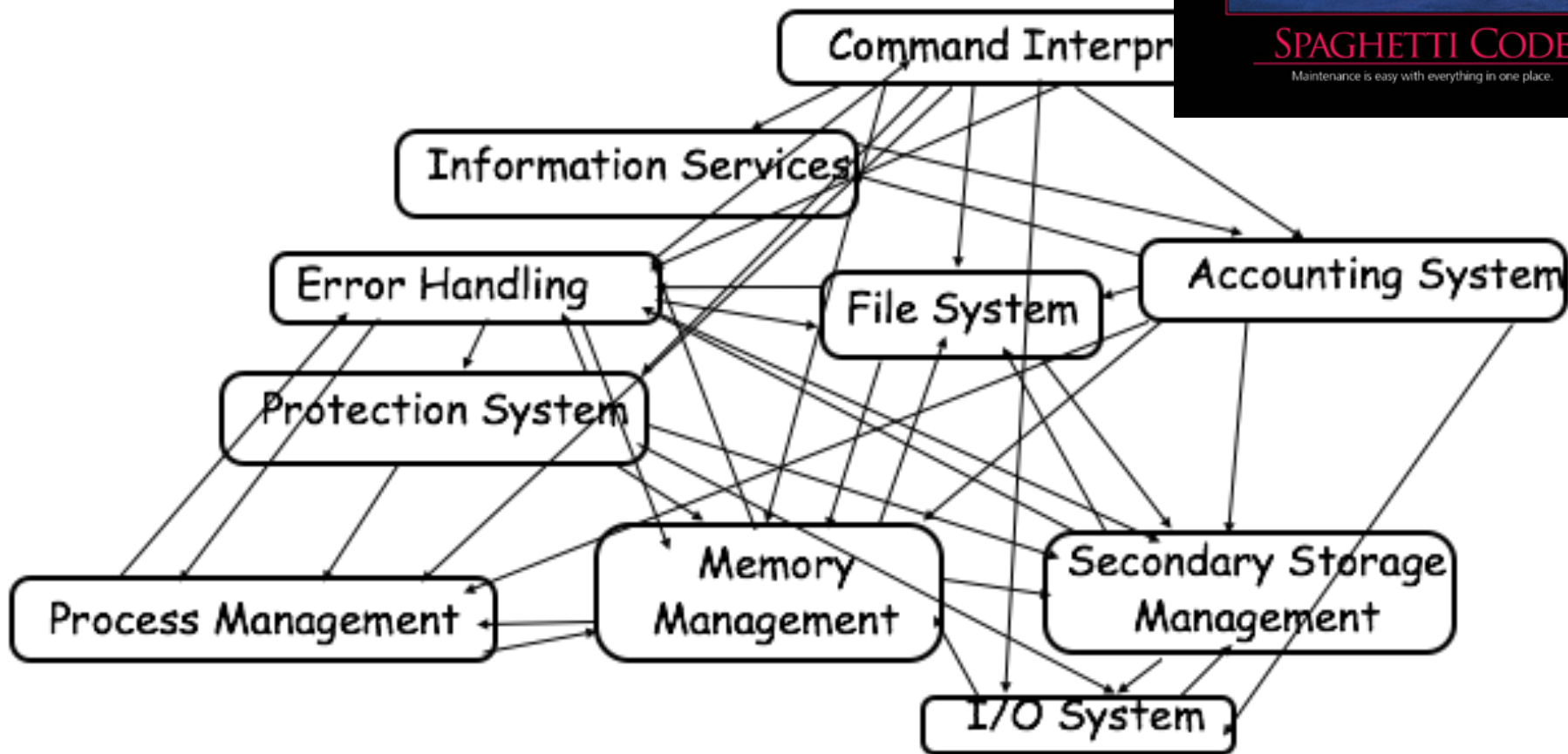
- Minimiser le nombre des fonctions dans le noyau
- Facilité d'extension
- Exemple : Mach



Structure typique d'un noyau monolithique



Structure d'un SE en vrai...

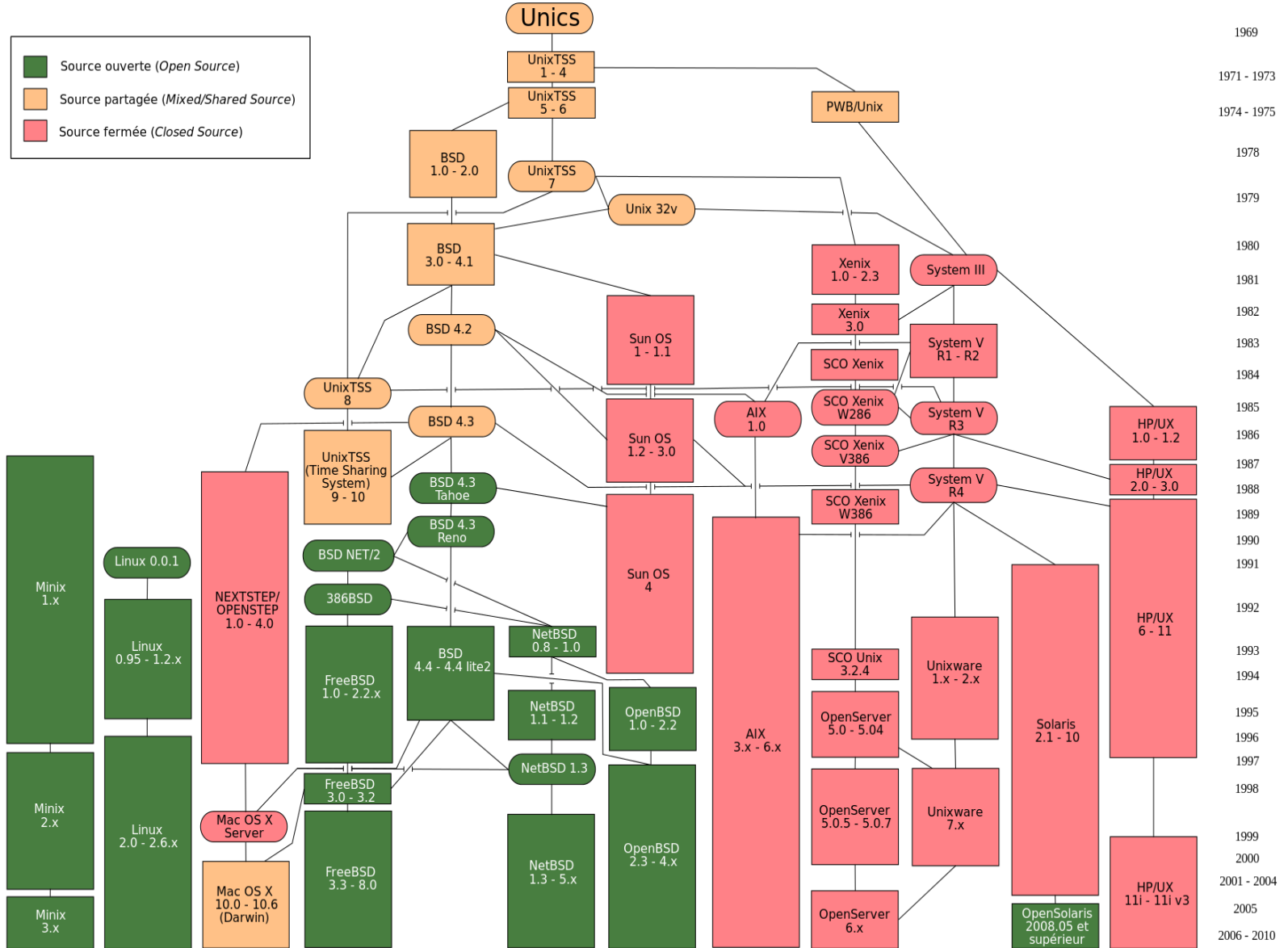
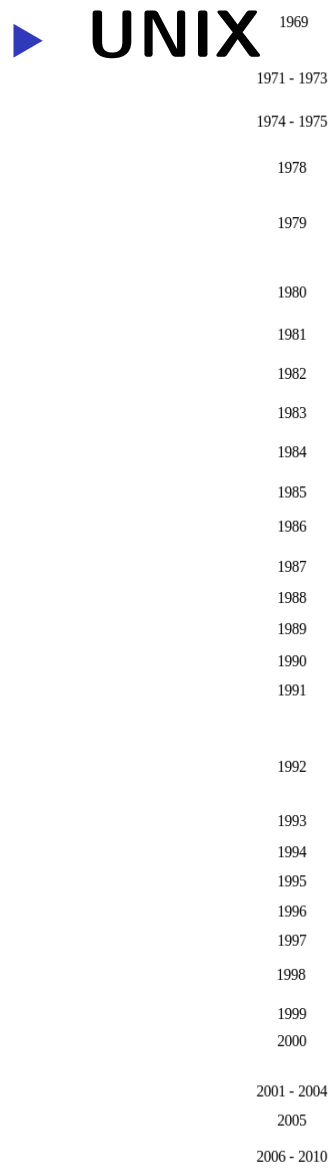


Qu'est-ce un "bon" SE?

- ▶ **Un SE doit fournir les bonnes abstractions**
 - ▶ pour l'utilisateur
 - ▶ pour le développeur
 - ▶ pour l'administrateur
- ▶ **Un SE doit être performant**
 - ▶ de point de vue des utilisateurs
 - ▶ de point de vue de l'utilisation des ressources
- ▶ **Un SE doit garantir la protection**
 - ▶ entre utilisateurs, entre applications, entre applications et SE
- ▶ **Un SE doit être fiable**
 - ▶ doit bien faire ce qu'il est sensé faire, et pas plus!
 - ▶ ne pas tomber en panne
 - ▶ ne pas permettre des états de système incohérents
 - ▶ ...

Les SE bien connus

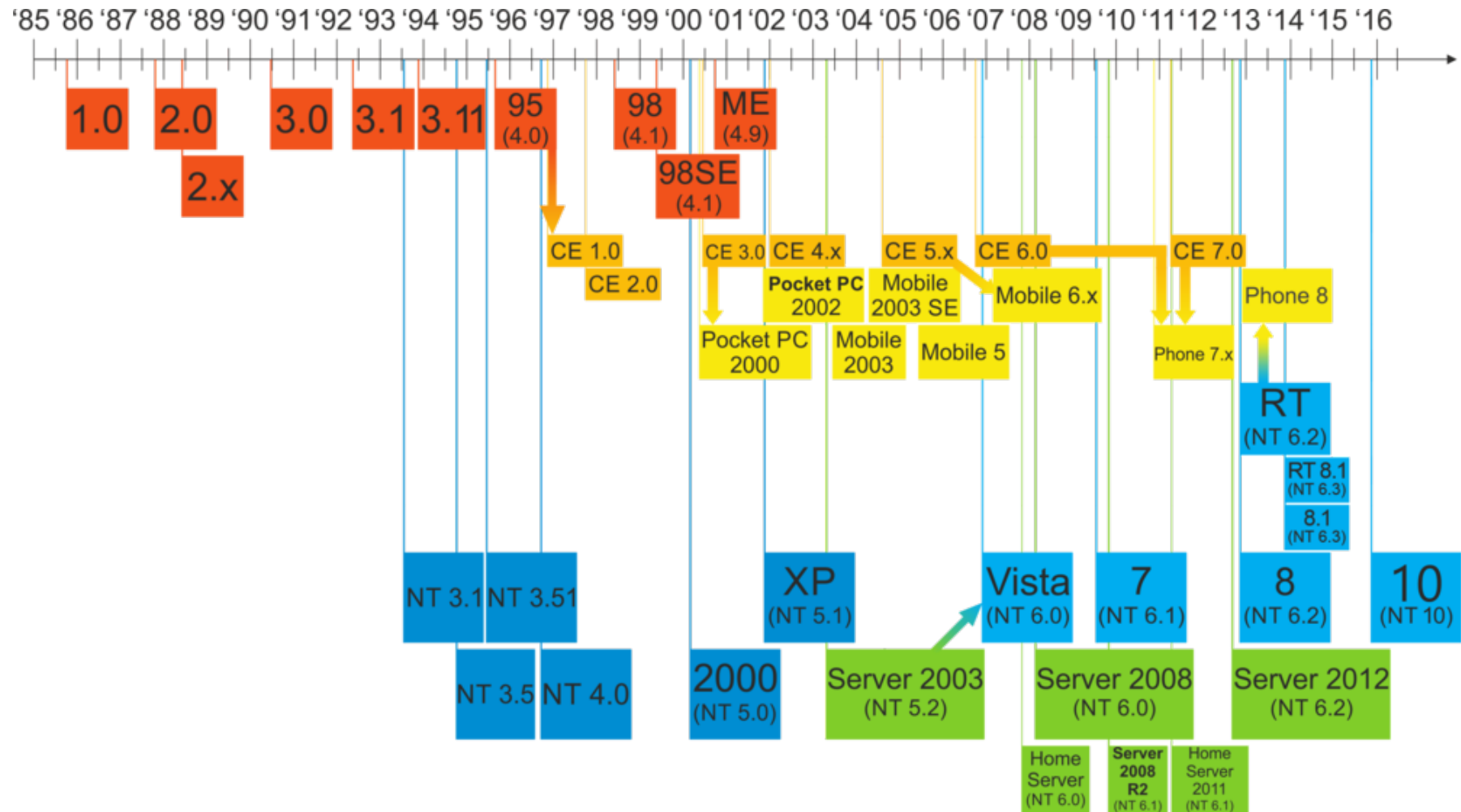
source : Wikipédia



Les SE bien connus (2)

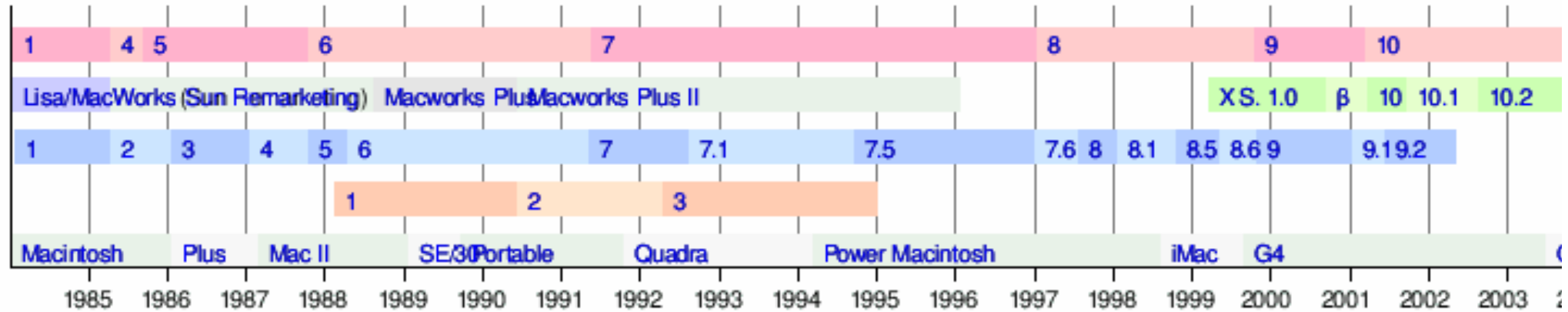
► Windows

source : Wikipédia

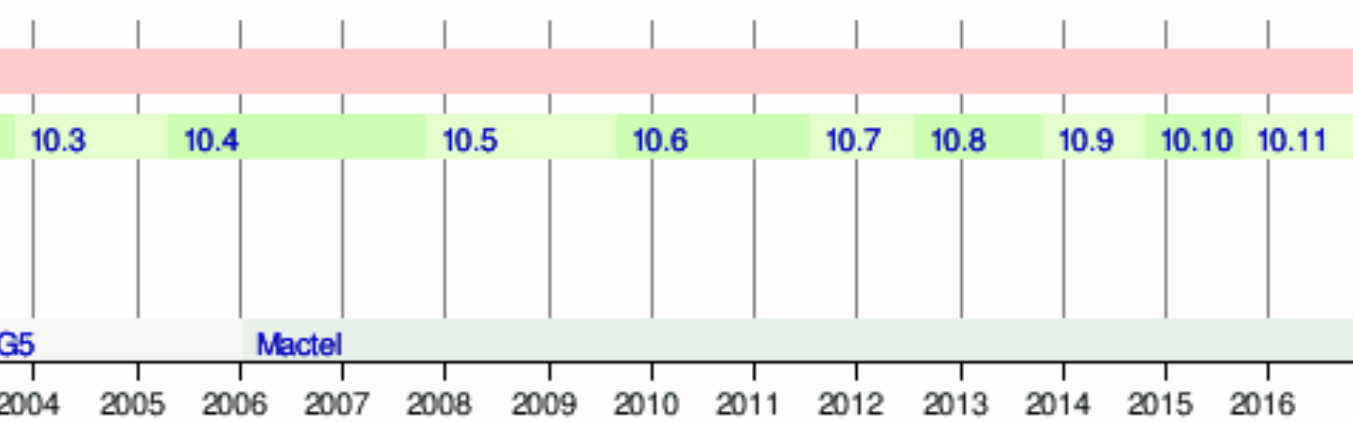


Les SE bien connus (3)

► Apple



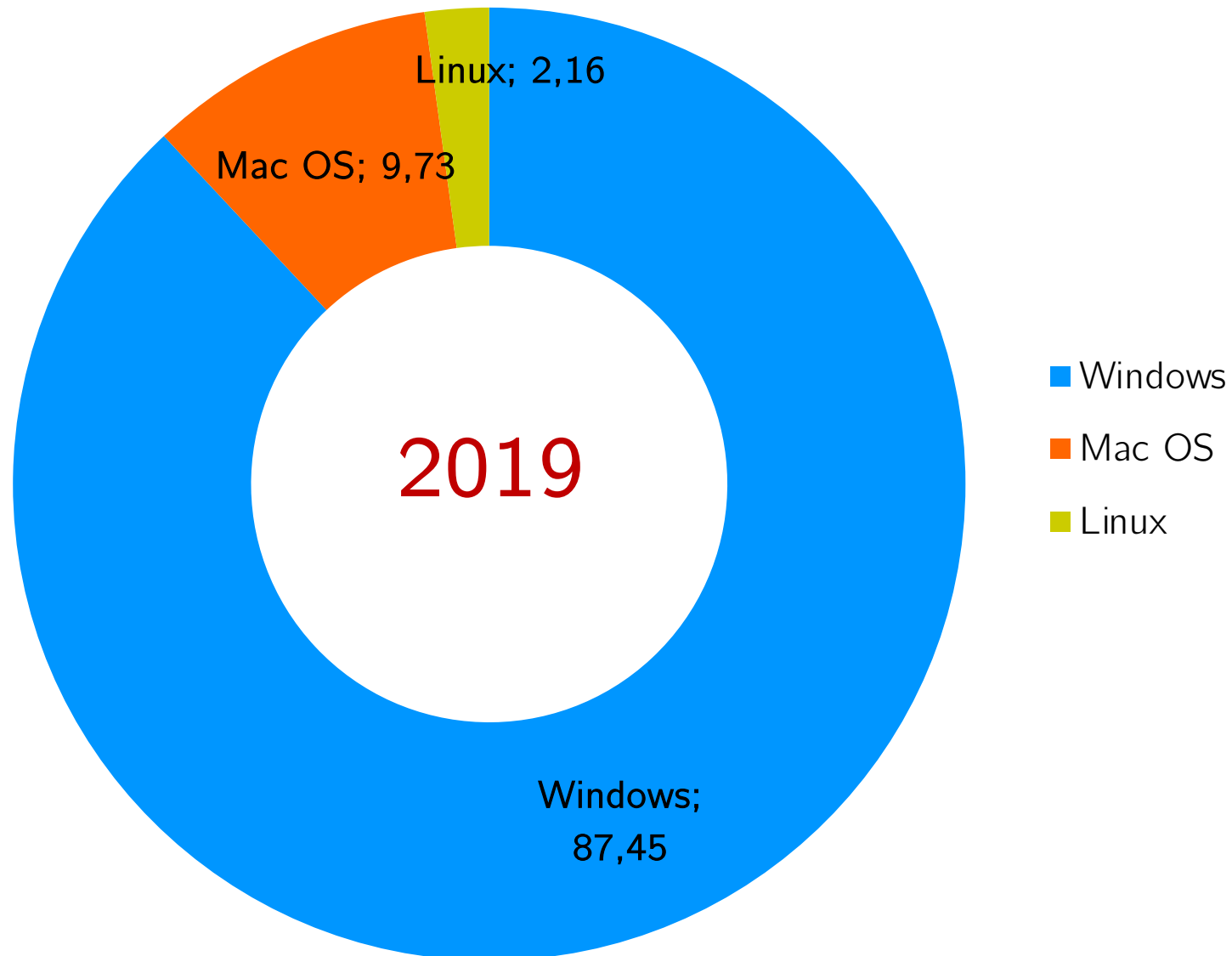
Finder Mac OS "Classic" Lisa/MacWorks AUX Mac OS X



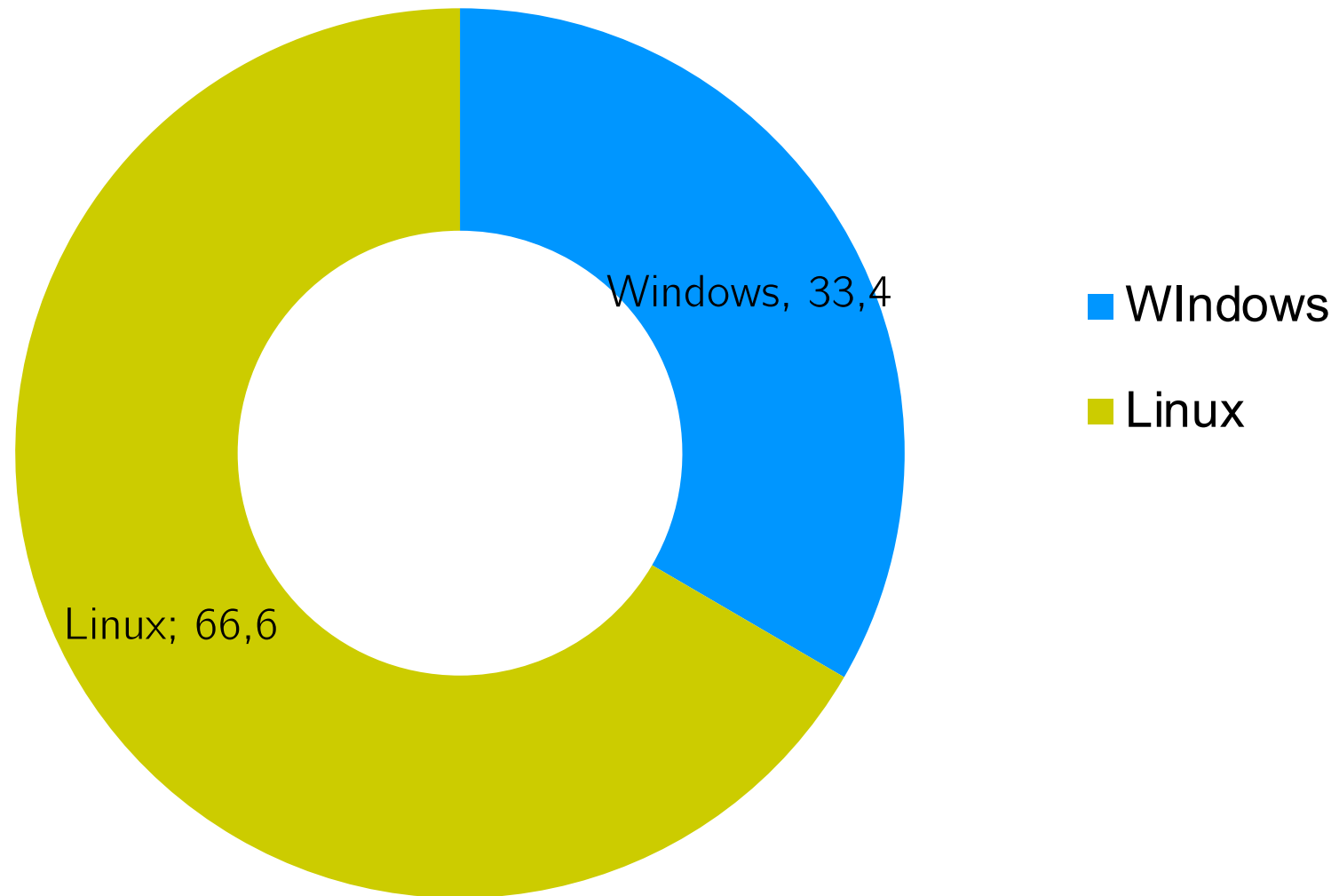
source : Wikipédia

Modèles Macintosh représentatifs

Parts de marché : PC



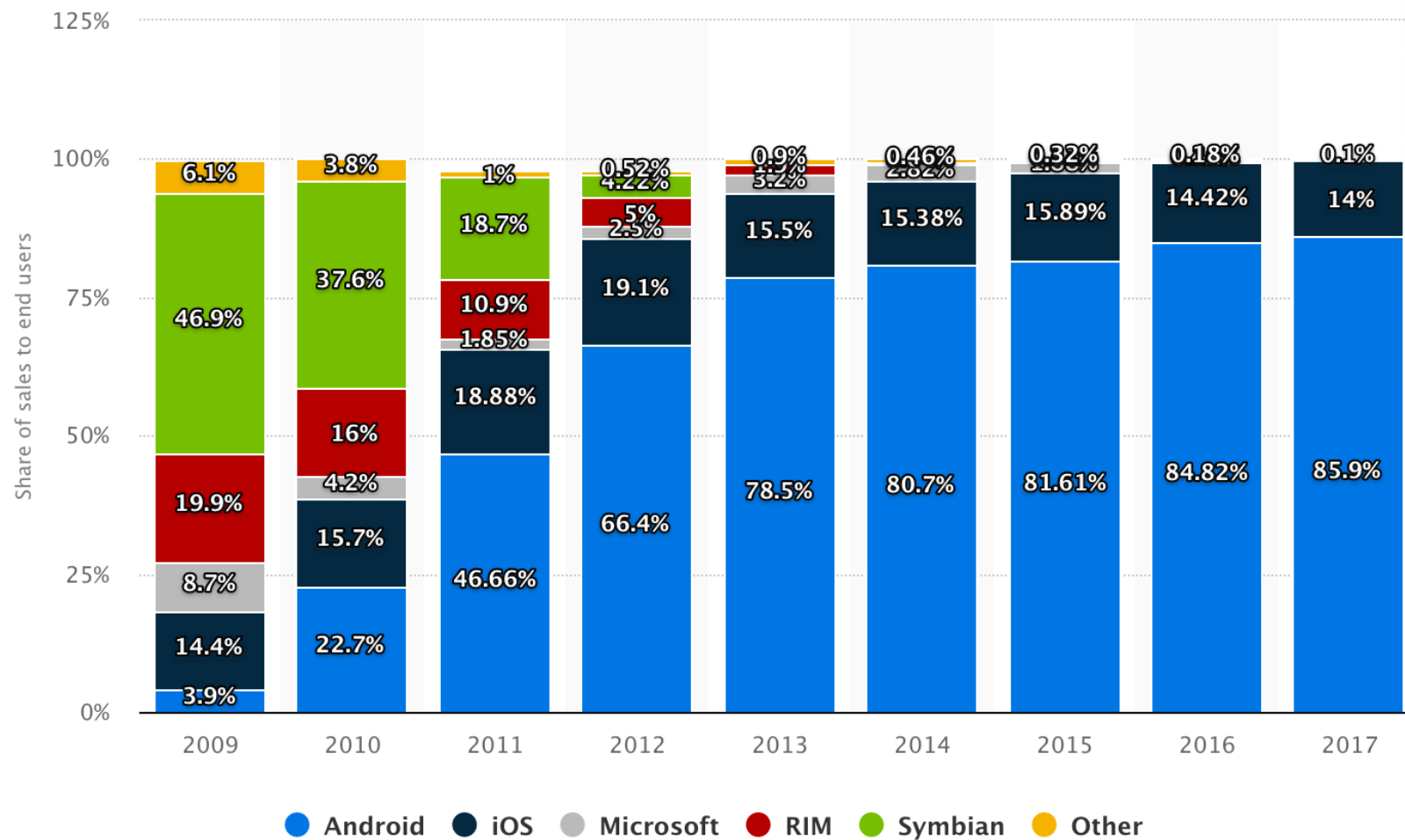
Parts de marché : serveurs Web



2019 : https://en.wikipedia.org/wiki/Usage_share_of_operating_systems

Parts de marché : mobiles

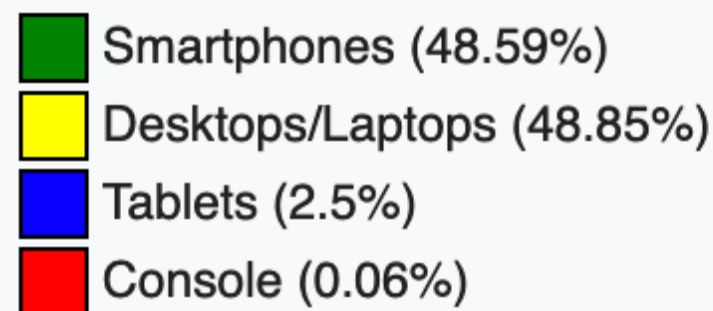
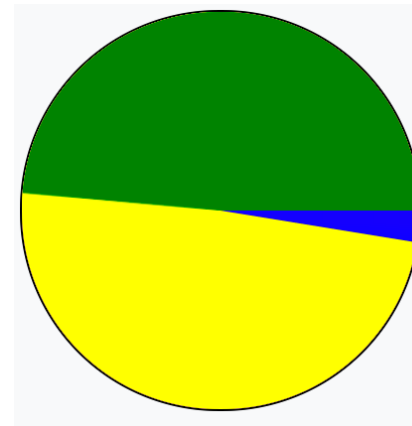
© Statista 2021, www.statista.com



Parts de marché : mobiles

- ▶ **Depuis mi-2020, il y a plus de dispositifs mobiles que d'autres machines**

- ▶ <https://gs.statcounter.com/platform-market-share#quarterly-201904-202003-bar>



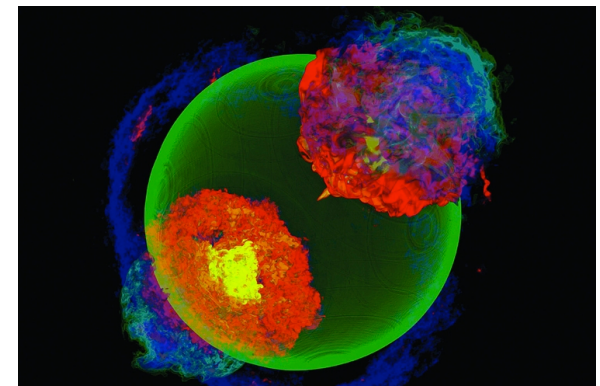
https://en.wikipedia.org/wiki/Usage_share_of_operating_systems

Y a-t-il encore des choses à faire en SE?

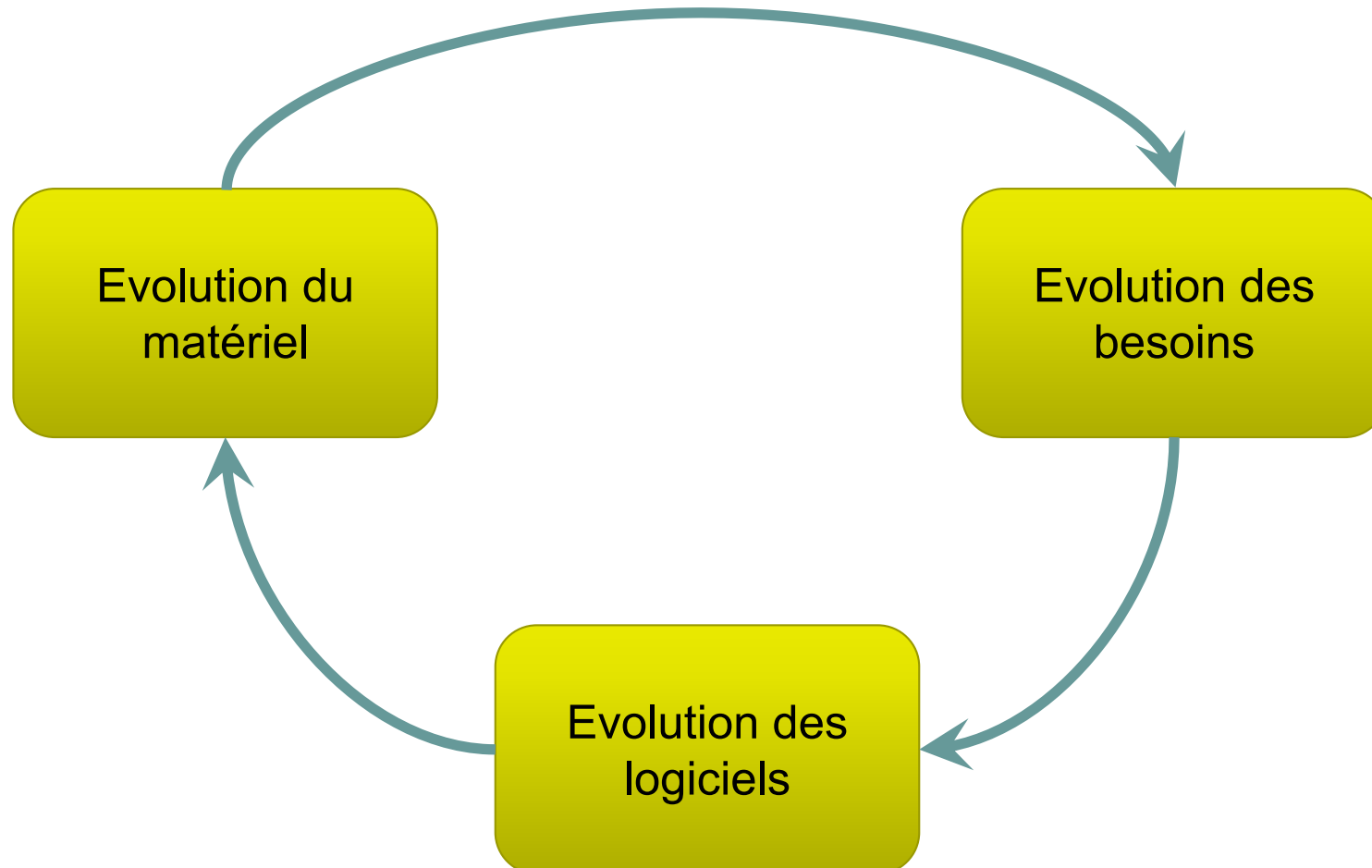
- ▶ Les SE existent depuis le début de l'informatique, on sait *a priori* déjà tout faire... sauf que :
- ▶ De nouveaux défis se présentent
 - ▶ systèmes embarqués (iPod, smartpone, iWatch, ...)
 - ▶ IoT (Internet of Things)



- ▶ Cloud computing (Google, Amazon, ...)
 - Beaucoup de calcul
 - Beaucoup de stockage

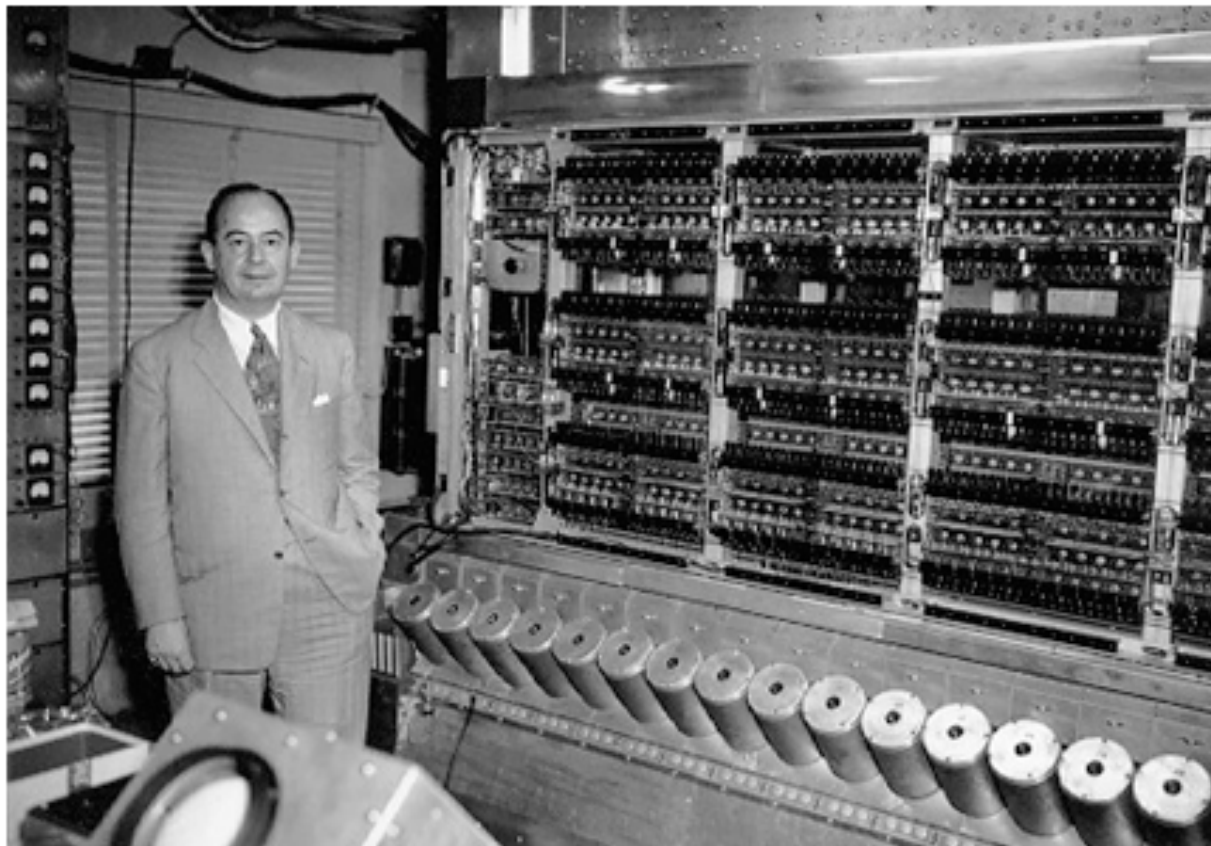
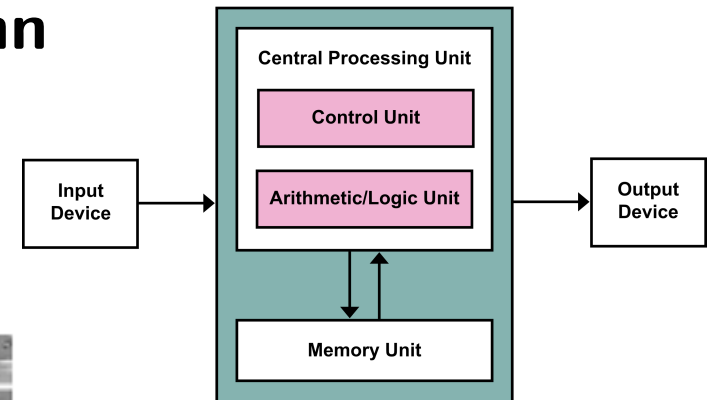


Evolution des SE

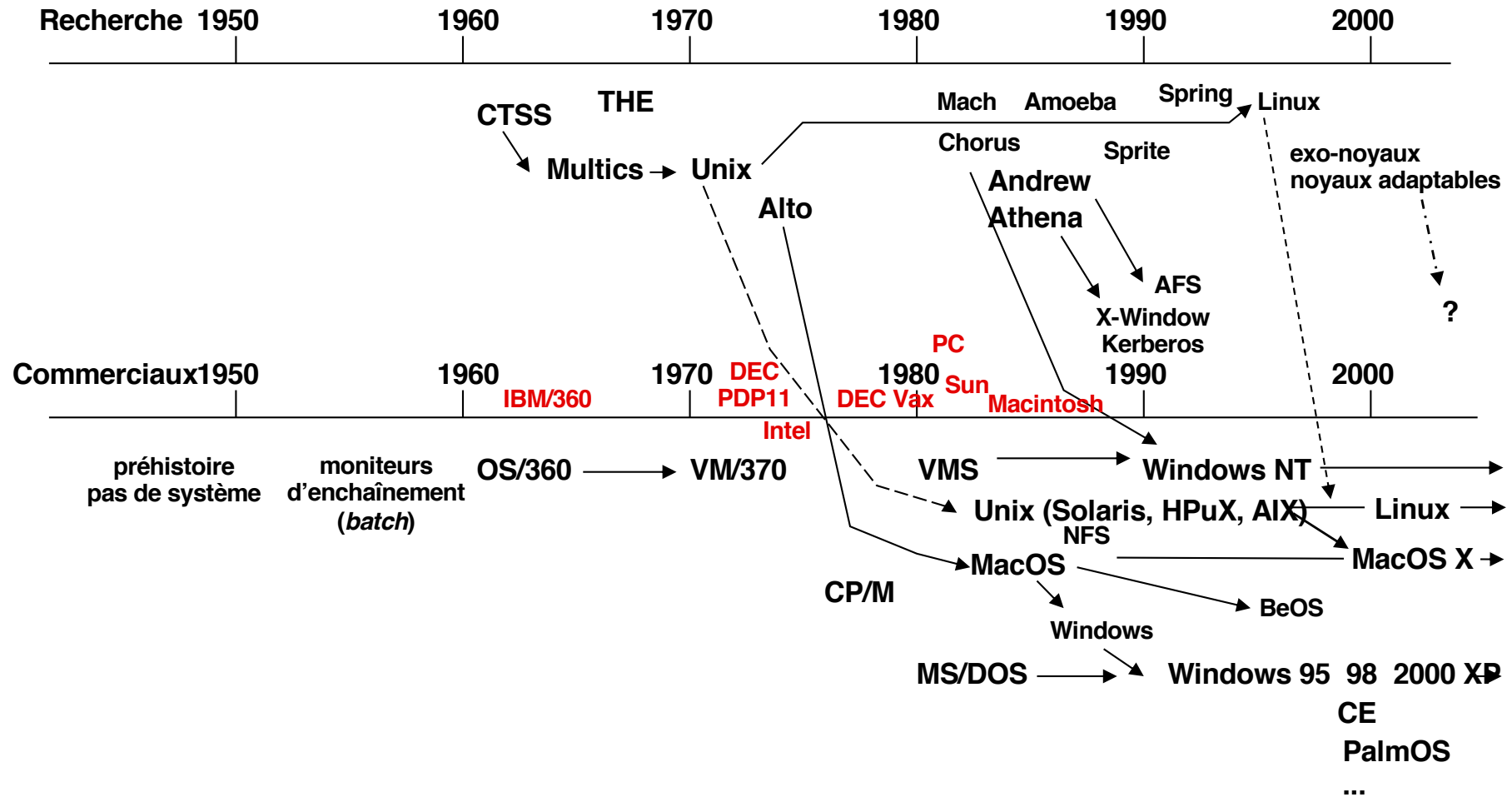


Evolution des plates-formes

► 1945 : L'ordinateur de Von Neumann

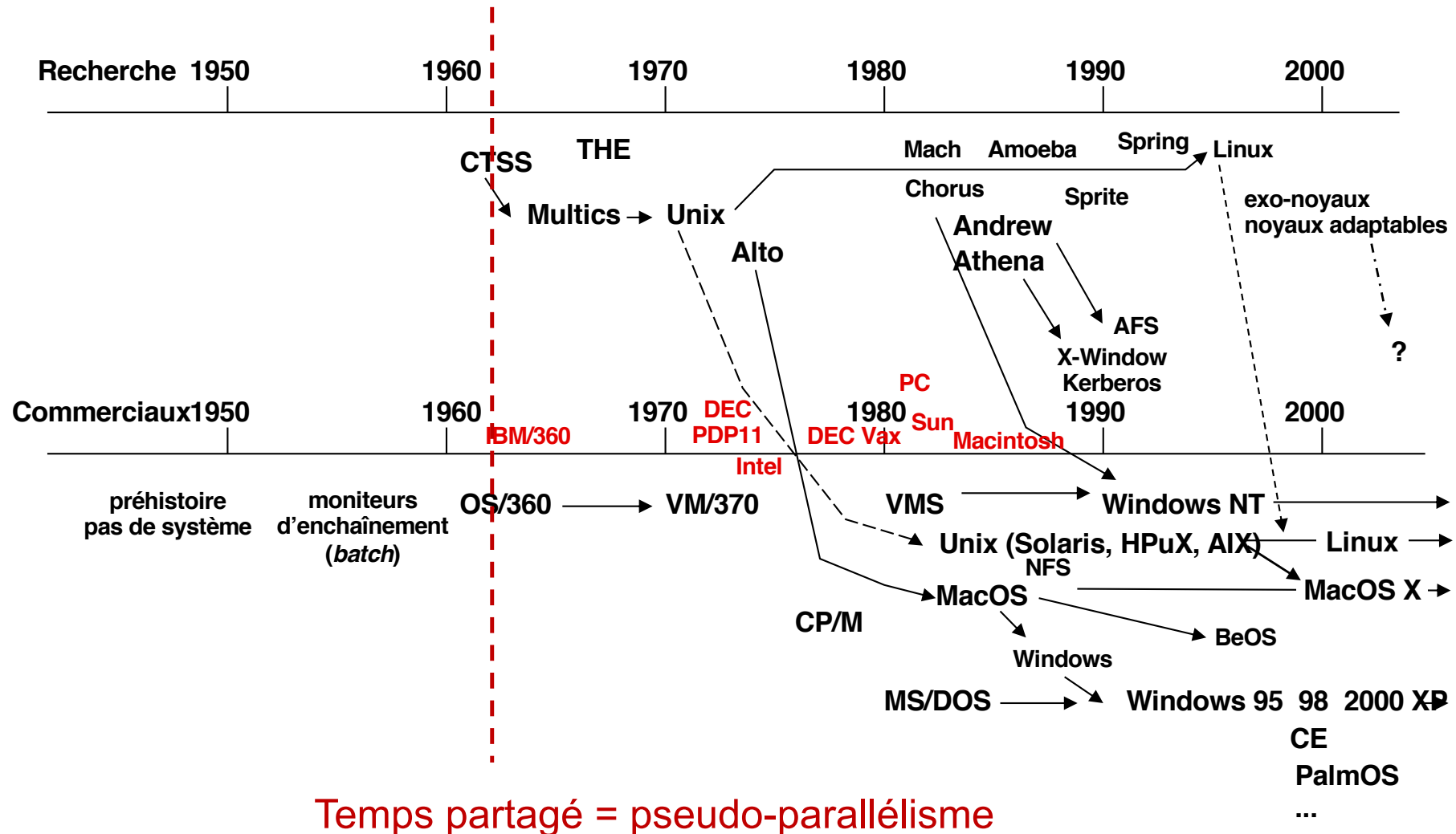


Historique sommaire des systèmes d'exploitation



Source : cours de Prof. Sacha Krakowiak

Historique sommaire des systèmes d'exploitation



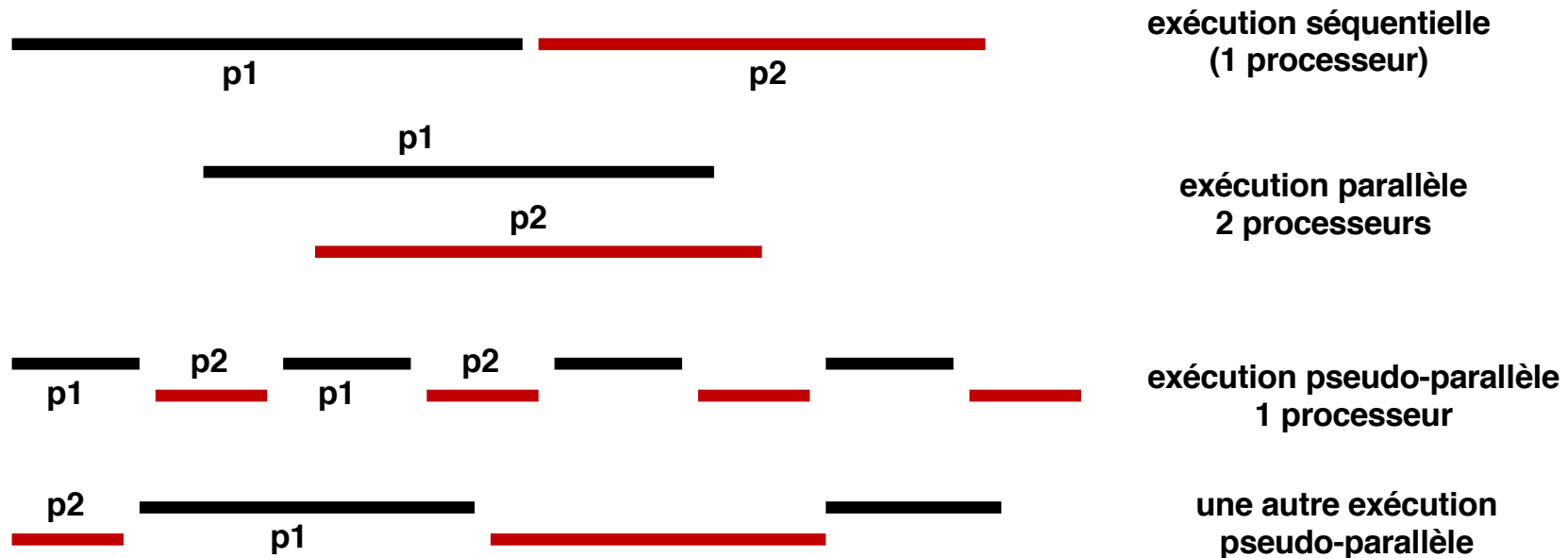
Source : cours de Prof. Sacha Krakowiak

Parallélisme et pseudo-parallélisme

- ▶ Soit deux processus p1 et p2 (exécution de deux programmes séquentiels P1 et P2)



- ▶ Mise en œuvre concrète de l'exécution de p1 et p2

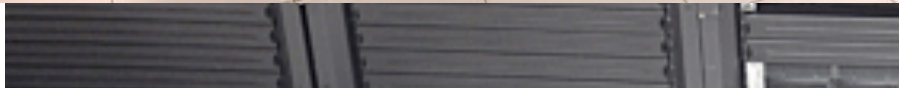


Exemples de plates-formes : grappe de machines

- ▶ **Ensemble de machines homogènes**
 - ▶ Si une machine 1CPU, 1000 machines 1000 CPU
 - ▶ Si une machine 50G, 1000 machines 50TB



Grappes...



Exemples de plateformes : grille de machines

- ▶ **Interconnexion de grappes**
 - ▶ voir l'initiative nationale Grid5000



Centres de données



Evolution du matériel : CPU

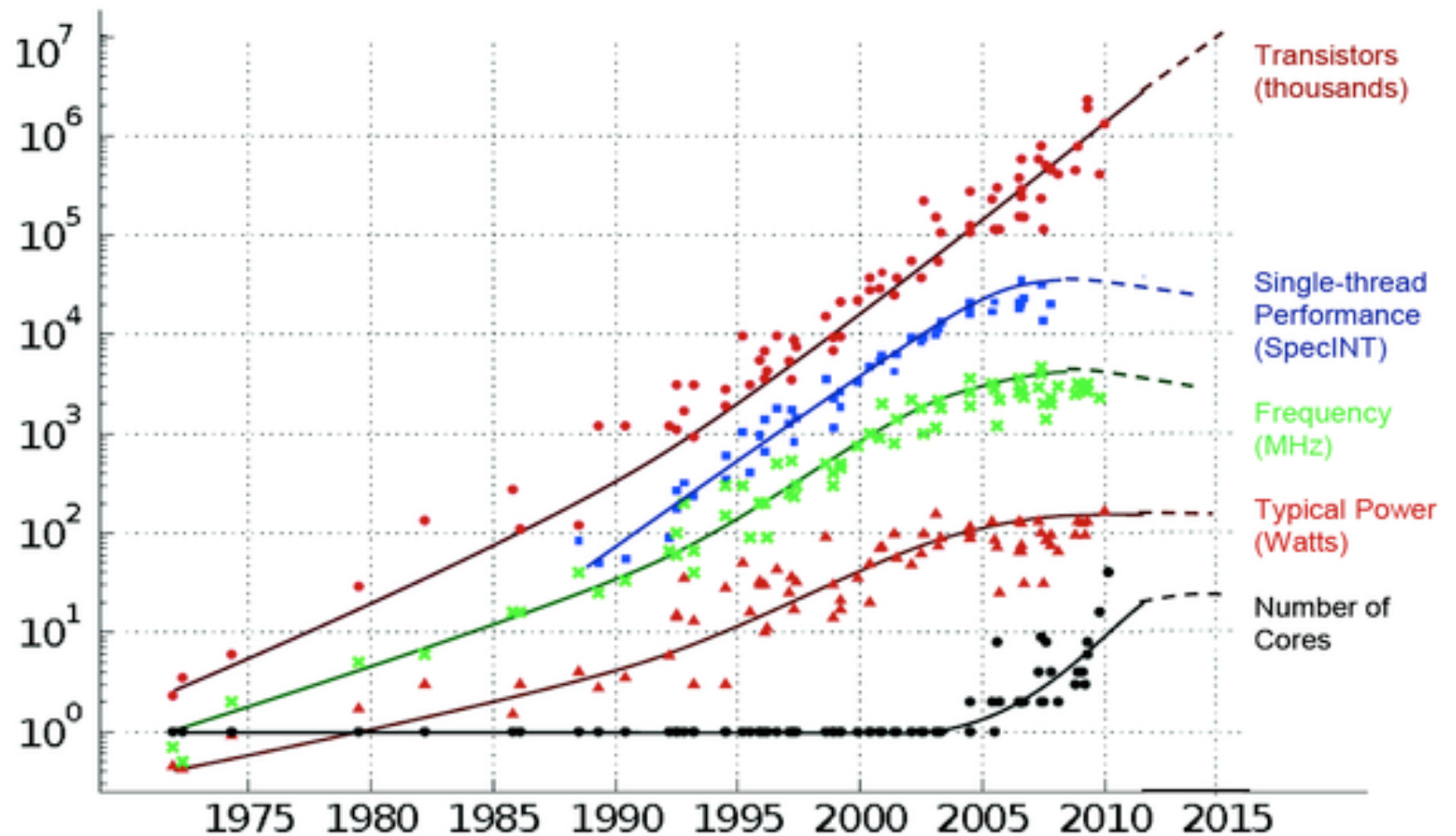
▶ Capacité de calcul

- ▶ Loi de Moore : tous les 18 mois la densité des transistors multipliée par 2
 - cela s'est traduit par des processeurs avec un capacité de calcul x2
 - cela fait 60% par an, facteur x100 en 10 ans

▶ Prix

- ▶ 1980 : 1 MHz Apple II+ == \$2,000
- ▶ 2006 : 3.0GHz Pentium D == \$800
- ▶ 2016 : 2 cœurs 3.0 GHz AMD A4-4000 == 30€
- ▶ 2019 : 4 cœurs Intel Core i5 3.4GHz == 99€

Evolution CPU



Source : <https://www.karlrupp.net/2015/06/40-years-of-microprocessor-trend-data/>

Original data collected and plotted by M. Horowitz, F. Labonte, O. Shacham, K. Olukotun, L. Hammond and C. Batten
Dotted line extrapolations by C. Moore

► Effets

- La capacité de calcul croît i.e. plus d'opérations en moins de temps
 - on peut ajouter des opérations ou
 - laisser le CPU inoccupé

Evolution CPU

- ▶ **La loi de Moore est considérée officiellement "caduc" depuis 2016**
 - ▶ Limites physiques
 - diminuer la taille et densifier les transistors crée des problèmes de chauffe
 - ▶ L'augmentation de la température a deux conséquences
 - apparition de bugs
 - besoin de plus de refroidissement
 - les climats des "data centers"

- ▶ **Aujourd'hui**
 - ▶ "green" computing : préférer des processeurs moins performants mais avec consommation électrique réduite

Evolution du matériel : Mémoire vive

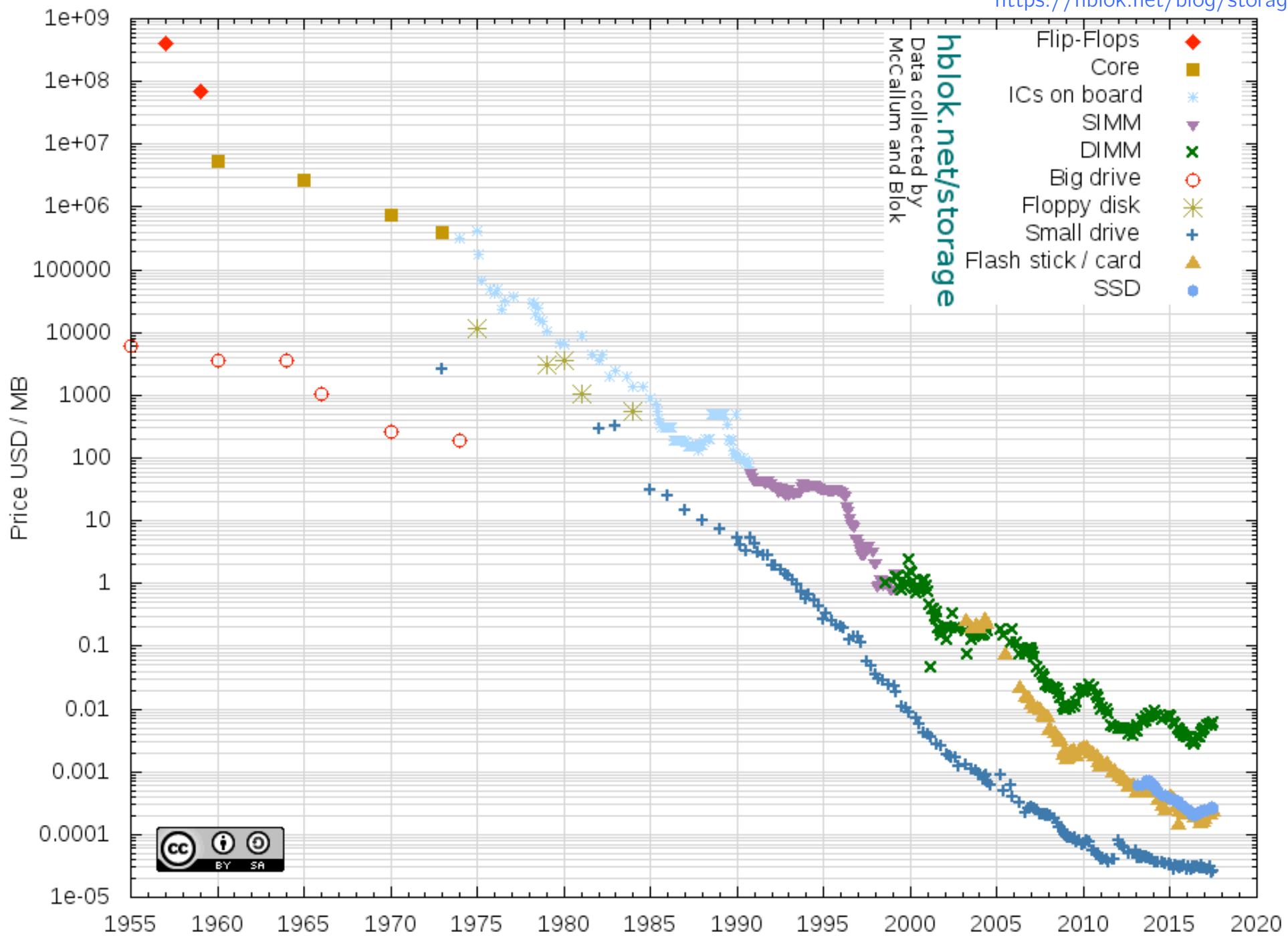
- ▶ **De plus en plus, de moins en moins chère**
 - ▶ A l'époque où j'ai écrit mon manuscrit de thèse, j'avais un portable qui avait 6GB de disque
 - ▶ Maintenant j'ai 16GB de RAM

- ▶ **1972 : 1MB = \$1,000,000**
- ▶ **2005 : 4GB (400 MHz) = \$800**
- ▶ **2008 : 4GB (667MHz) = \$290**
- ▶ **2016 : 4GB (2133MHz) = 27€**
- ▶ **2016 : 32 GB (1866MHz) = 230€**
- ▶ **2019 : 64 GB (2666MHz) = 350€**

Historical Cost of Computer Memory and Storage



<https://hblok.net/blog/storage/>



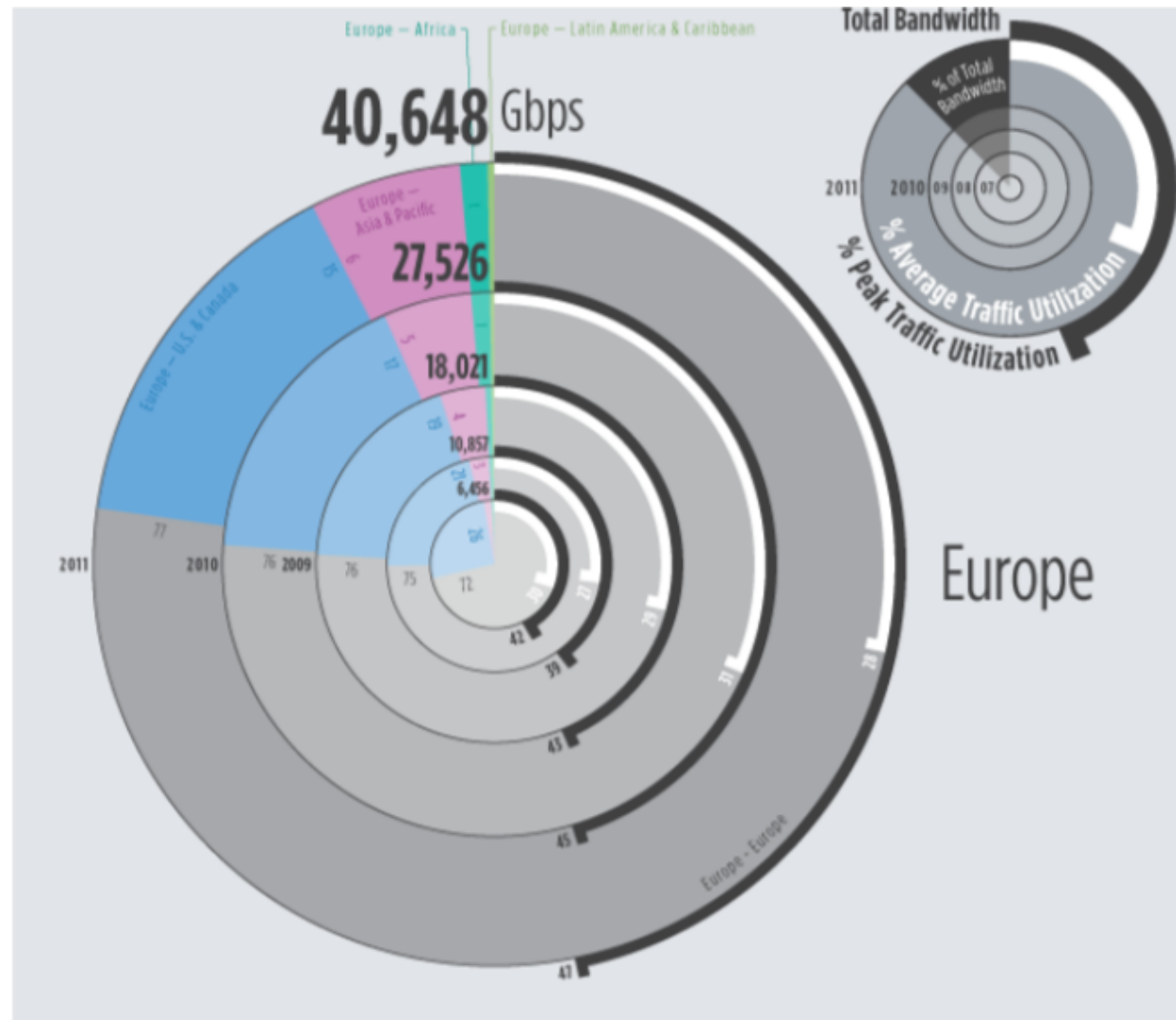
Evolution du matériel : Disque dur

- ▶ **Depuis 1990**
 - ▶ Capacité x2 par an
 - ▶ augmentation de 100% par an
 - ▶ **x1000 par 10 ans**

- ▶ **Depuis qq années sont apparus les SSD**
 - ▶ peuvent être x5 plus rapides
 - ▶ latences bcp plus faibles
 - ▶ perte de réactivité faute de temps CPU

Evolution du matériel : Réseau optique

- ▶ Capacité x2 9 mois
- ▶ 150% par an
- ▶ **x10,000 en 10 ans**
- ▶ 10x plus rapide que le disque
- ▶ 100x plus rapide que le processeur!!



Les conséquences...

- ▶ **Les contraintes changent, la pile logicielle doit s'adapter**
 - ▶ Historiquement, les SE ont été conçus
 - pour un CPU rapide
 - pour une mémoire lente et un accès réseau encore plus lent
 - ▶ P.ex dans les “*data center*” cela devient plus efficace d'accéder à des données distantes ou sur un bon disque que de faire des accès locaux

- ▶ **Aujourd'hui, une évolution fulgurante**
 - ▶ Une grande diversité de plates-formes : capteurs, dispositifs mobiles, machines personnelles, super-calculateurs, data centers, nuages, ...
 - ▶ Des échelles extrêmes
 - ▶ Des besoins de calcul et de stockage toujours croissants
 - ▶ Des considérations éthiques et écologiques



Vania
Marangozova-Martin

Systemes
d'exploitation



Renaud Lachaize

Réseaux

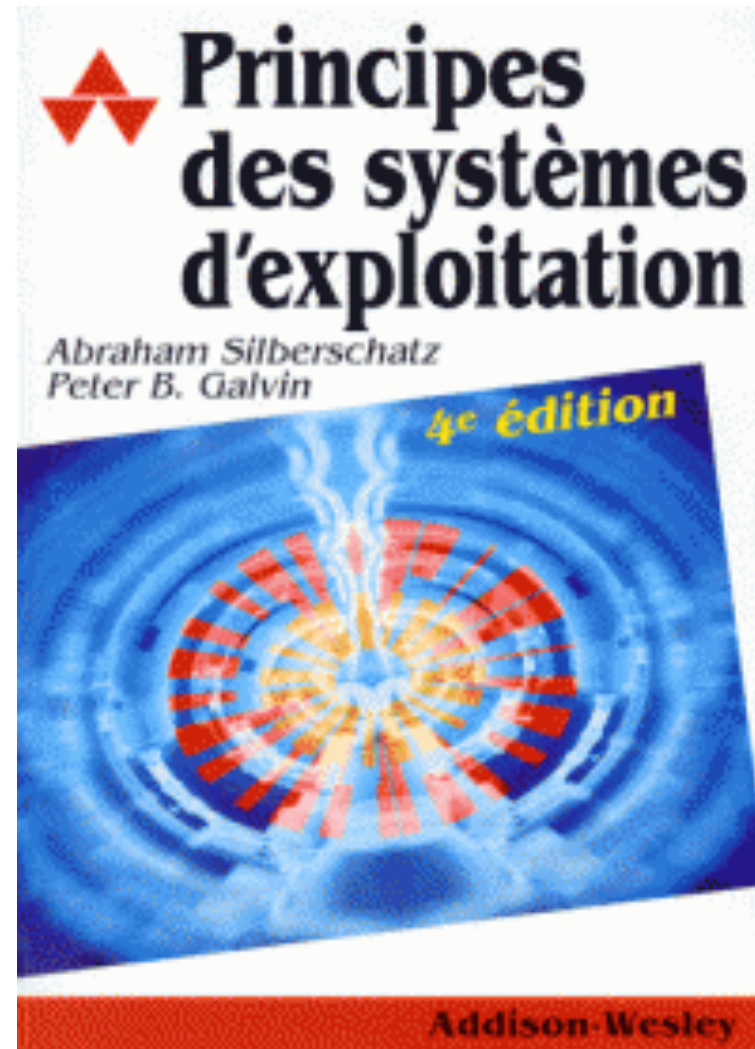
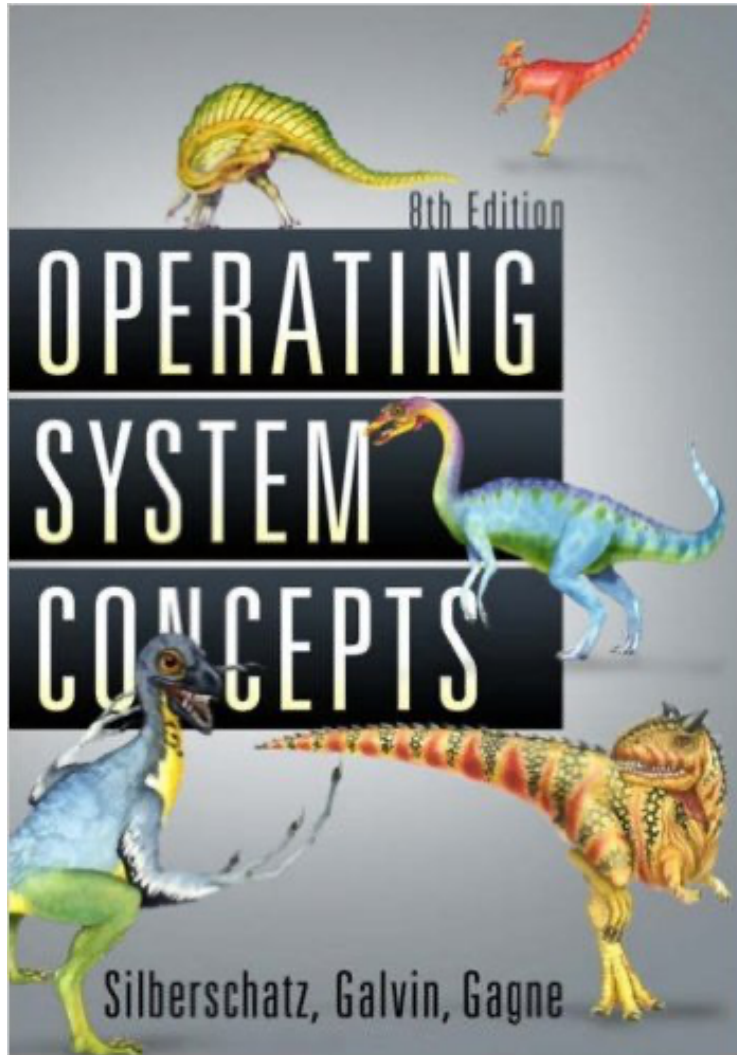
BLOC 3

Robotique

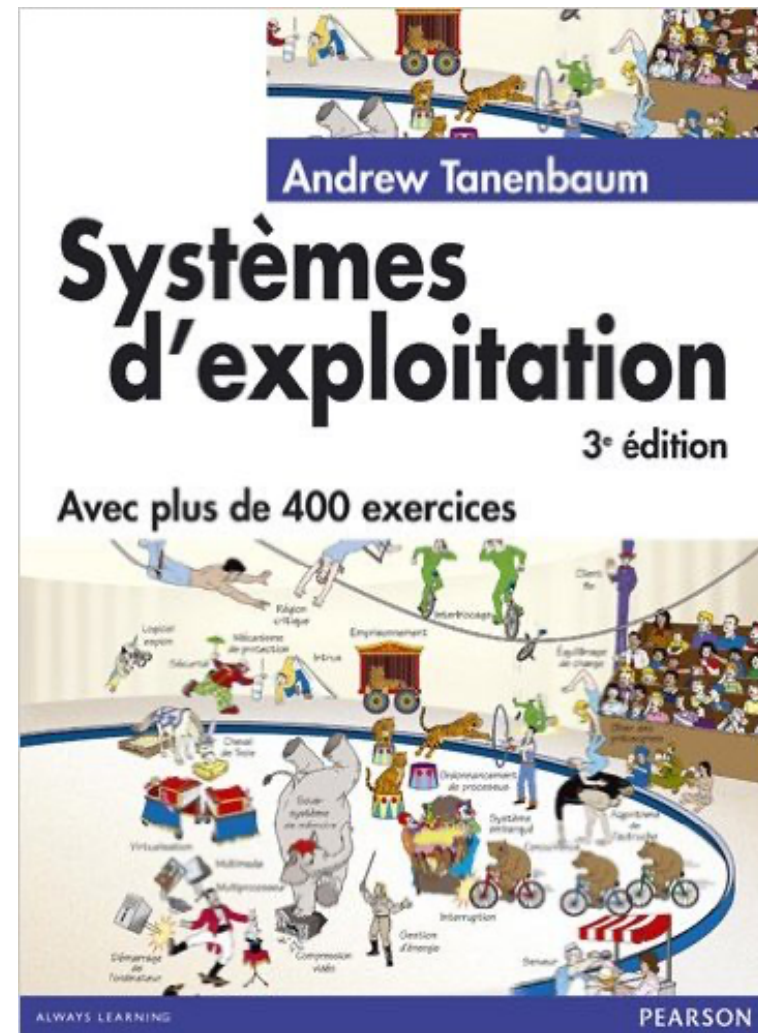
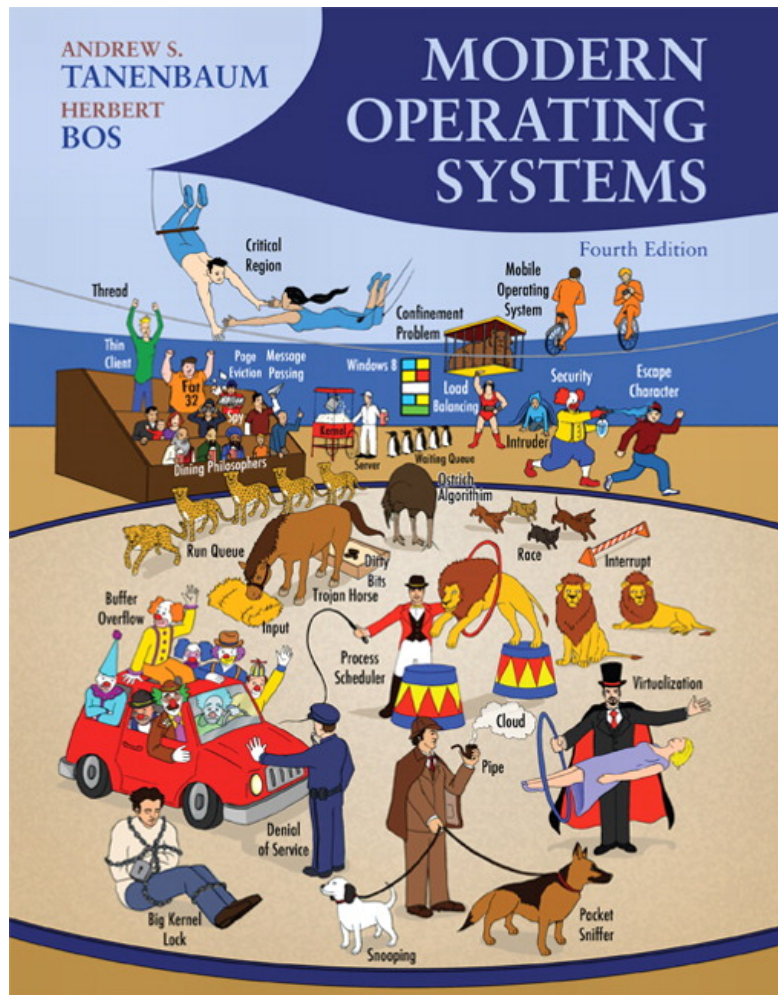


Dominique Vaufreydaz

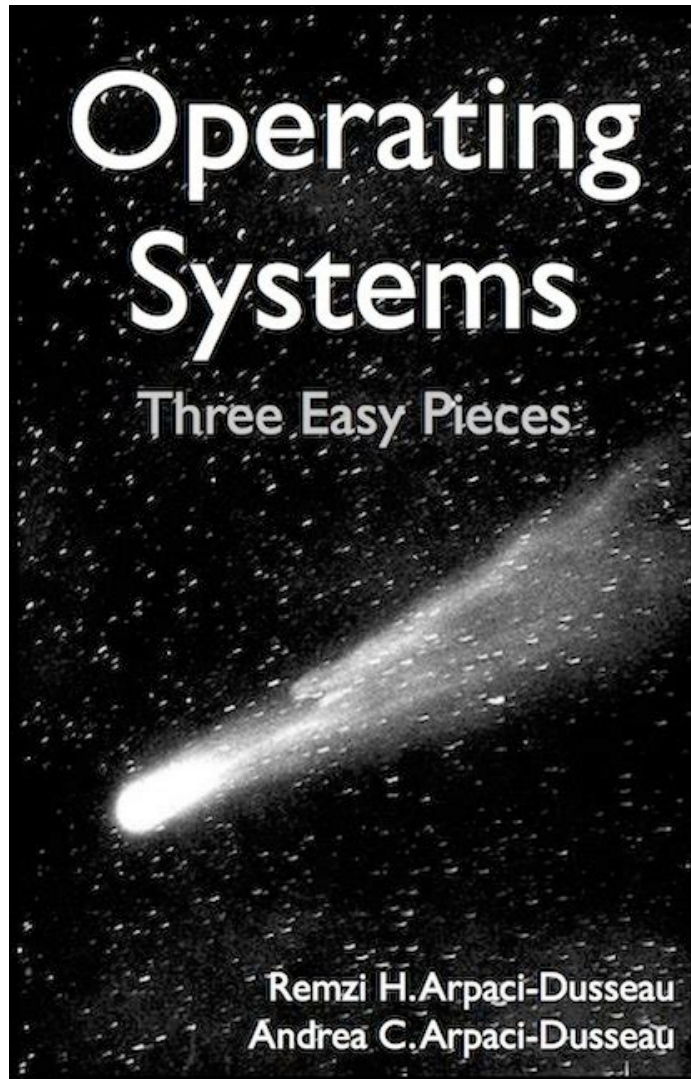
Livres de référence



Livres de référence



Livres de référence



Disponible gratuitement
<http://pages.cs.wisc.edu/~remzi/OSTEP/>