

# Principe fondamentaux des OS



# Introduction

- On peut découper l'histoire informatique en 3 époques :
  - L'ère primaire des dinosaures de l'informatique et des OS : les années 50-60-70 des ordinateurs centraux.
  - L'ère secondaire : la vague des ordinateurs personnels, la folle époque du PC des années 80-90.
  - L'ère tertiaire, ou l'ère Internet depuis 1995 environ, l'année de la prise de conscience de l'importance d'Internet par les fournisseurs d'informatique. C'est aussi l'époque de l'intégration de tous les ordinateurs dans des réseaux locaux, puis des réseaux étendus sur la planète.

# Introduction

- C'est également le découpage des architectures reines de ces périodes :
  - architecture centralisées (maître esclave)
  - architecture client serveur
  - architecture Internet
- Cette chronologie des systèmes d'exploitations (SE ou OS) est plus particulièrement axée sur les PC et les produits Microsoft. Quelques repères permettent de se souvenir du marché micro-informatique de l'époque.

# Introduction

- Les systèmes d'exploitations que nous connaissons trouvent leurs origines dans les années 70 du XX<sup>ème</sup> siècle.  
En comparaison au temps passé depuis l'origine des hommes, ce XX<sup>ème</sup> siècle nous a fourni le plus d'inventions et de transformations. Einstein déposant son mémoire sur la relativité, Blériot traversant la Manche, les premières voitures apparaissent ... puis la presse, la radio, le cinéma, le téléphone, la TV vont établir et accélérer des nouveaux modes de communications. En 1971, les premiers microprocesseurs voient le jour et deviennent le noble composant de la micro-informatique.

# Histoire, avant 1969

- 1924: Création d'IBM.
- 1938: Création de la première Start-UP(HP). Dans le garage de William H Hewlett, au 367 Addison Avenue à Palo Alto, Californie, Bill Hewlett et David Packard, créent le premier audio-oscillateur.
- 1947: Le transistor bipolaire à jonction par J.Bardeen, W Brattain et W. Shockley.
- 1955: Des programmeurs du General Motors Research Center écrivent le premier système d'exploitation : "a monitor program for the IBM 701". Le mot ordinateur est inventé par Jacques Perret, philologue, professeur de philosophie latine à la Sorbonne. Le directeur d'IBM France lui avait demandé son aide.

## Histoire, avant 1969

- 1964: John Kemeny et Thomas Kurtz invente le BASIC au sein du Dartmouth College.
- 1965: Gordon Moore prédit que le nombre de circuits va doubler tous les 2 ans dans les circuits intégrés.
- 1967: IBM invente la première disquette.
- 1968: Robert Noyce et Gordon Moore créent Intel.
- 1969: Kenneth Thompson et Denis Ritchie terminent la mise au point de la première version d'**UNIX** écrit en langage assembleur sur une machine DEC PDP-7. A l'origine, UNIX est monoposte. Il comprend déjà un système de fichier, la gestion de processus et l'interface avec le système.

## Histoire, de 1969 à 1979

- 1971: Ted Hoff, ingénieur chez Intel, invente le premier microprocesseur du monde. Il gère des mots de 4 bits, cadencé à 108 KHz. Il intègre 2300 transistors gravés en 10 microns. Il réussit le tour de force d'exécuter 60 000 opérations par seconde.
- 1973: le premier micro-ordinateur au monde, commercialisé, est français (François Gernelle, le père du micro-ordinateur).
- 1974: Altair 8800, premier micro-ordinateur qui remporte un succès commercial, est vendu en kit (Il est difficile à utiliser). Microsoft l'adapte en Basic.

## Histoire, de 1969 à 1979

- 1975: Création de Microsoft par Paul Allen et Bill Gates (Crée un Interpréteur BASIC sur l'ALTAIR).
- 1976: Steve Jobs et Steve Wokniak créés l'Apple 1.
- 1977: Apple II, premier micro-ordinateur équipé d'un clavier, d'un écran ... et d'un BUS pour cartes à enficher ! ce concept d'extension se retrouve dans l'IBM PC et en fera son succès évolutif.
- 1978: Philips et Sony inventent le support, Compact Disc ou CD.
- 1979: membres des clubs Microtel conçoivent l'ordinateur Goupil.

## Histoire, de 1979 à 1984

- 1980: Le 30 septembre 1980, les spécifications du réseau Ethernet sont publiées.
- 1981: IBM devient le standard des micro-ordinateurs: 64Ko de RAM + lecteur disquette 160 Ko + Intel 8088 à registres internes de 16 bits, cadencé à 4.77 MHz. Accompagné au choix de MS-DOS ou MS-BASIC.
- 1983: TCP/IP remplace NCP sur Arpanet, le futur Internet.
- 1984: lancement de l'Apple Macintosh, 128 Ko (MAC OS 1.0 → 1er véritable interface graphique).

## Histoire, de 1985 à 1989

- 1985: Windows 1.0 avec interface via souris.
- 1986: Intel 80386, premier microprocesseur 32 bits d'Intel, qui permettra enfin le multitâche.
- 1987: IBM casse le standard PC avec le PS/2, sous OS/2 1.0, un nouveau système d'exploitation multitâche copropriété d'IBM et de Microsoft.
  - MS-DOS 3.3 pour PS/2
  - Lancement de **MS Windows 2.0** et de son presse-papiers.
  - DR-DOS de Digital Research (concurrence MS-DOS).

## Histoire, de 1985 à 1989

- 1988: MS-DOS 4.0 et Apple Mac OS 6.0.
  - Microsoft OS/2 LAN Manager 1.0, système d'exploitation serveur de réseau local destiné aux serveur sous OS/2 et supportant en réseau des PC sous OS/2 et MS-DOS. Le serveur doit être au moins motorisé par un Intel 80286.
- 1989: Apparition du standard PCMCIA
  - Premier Apple portable
  - Microprocesseur Intel 486DX.
  - Novell **NetWare 386** 3.0 est le premier système réseau 32 bits pour PC 80386/486

# Histoire, de 1990 à 1994

- 1990: Premier clone du 386 chez AMD.
  - Sortie de Windows 3.0
- 1991: Noyau Linux 0.01 (lignes de commande et compilateurs).
- 1992: Sortie de Windows 3.1 (multi fenêtres et multi tâches) et de Windows pour Workgroups 3.1.
- 1993: Microsoft Windows NT 3.1 et NT 3.1 Advanced Server.
- 1994: Apparition du noyau Linux 1.0.
  - Mais aussi Création de Netscape, OS Warp 2.

## Histoire, de 1995 à 1999

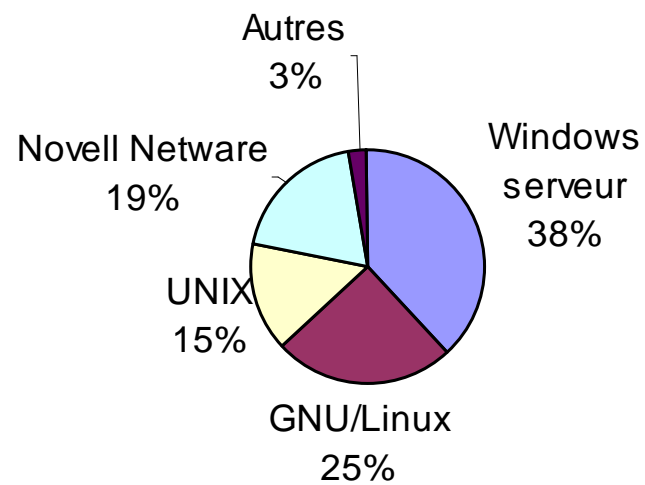
- 1995: Sorti de Windows 95 (= Windows 4.0 (4.00.950). Nom de code : Chicago. Le successeur de Win 3.11 et Win pour Workgroup 3.11).
- 1996: Sortie de Microsoft Exchange Server 4.0.
- 1997: Sorti du Pentium 2 chez Intel.
- 1998: Sortie de Windows 98 (ou Windows NT4 TSE, Nom de code Memphis).
  - Mais aussi Novell Netware 5
  - Apparition de Windows Update.
- 1999: Sorti du Pentium III chez Intel.

# Histoire, de 2000 à nos jours

- 2000: Sortie de Windows 2000 Pro et 2000 Serveur (nom de code Cairo).
  - Sortie de Windows Me
  - Exchange serveur 2000
- 2001: Première versions de Windows XP Pro et Home (nom de code Whistler).
- 2002: Le microprocesseur à 30 ans.
- 2003: SP1a Pour Windows XP
  - Windows 2003 serveur
- 2004: Une nouvelle architecture des processeur voit le jours, les processeurs 64 bits.

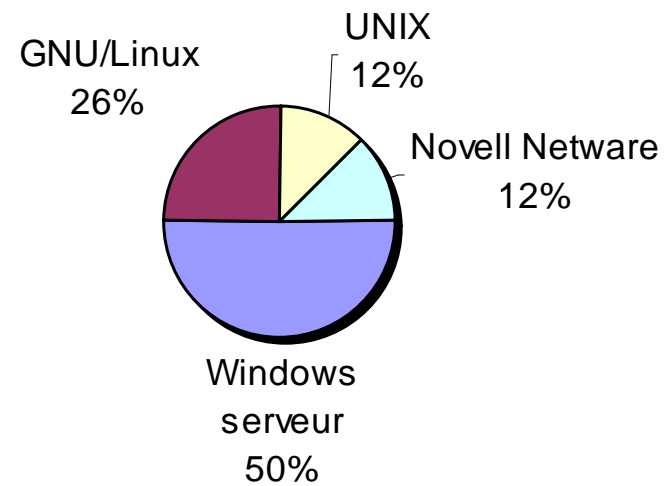
# Histoire

- Répartition des ventes mondiales de serveurs en 2001:



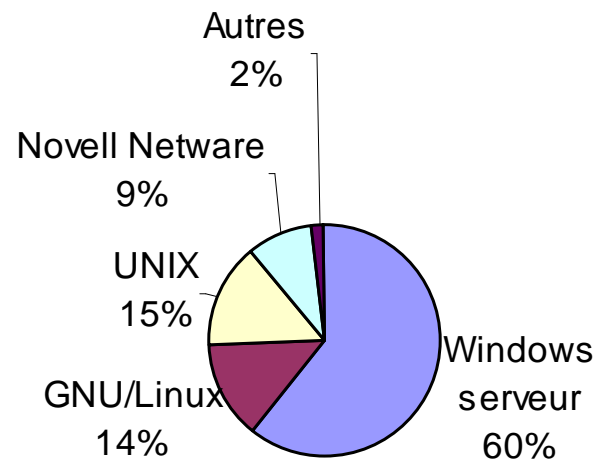
# Histoire

- Répartition des ventes mondiales de serveurs en 2002:



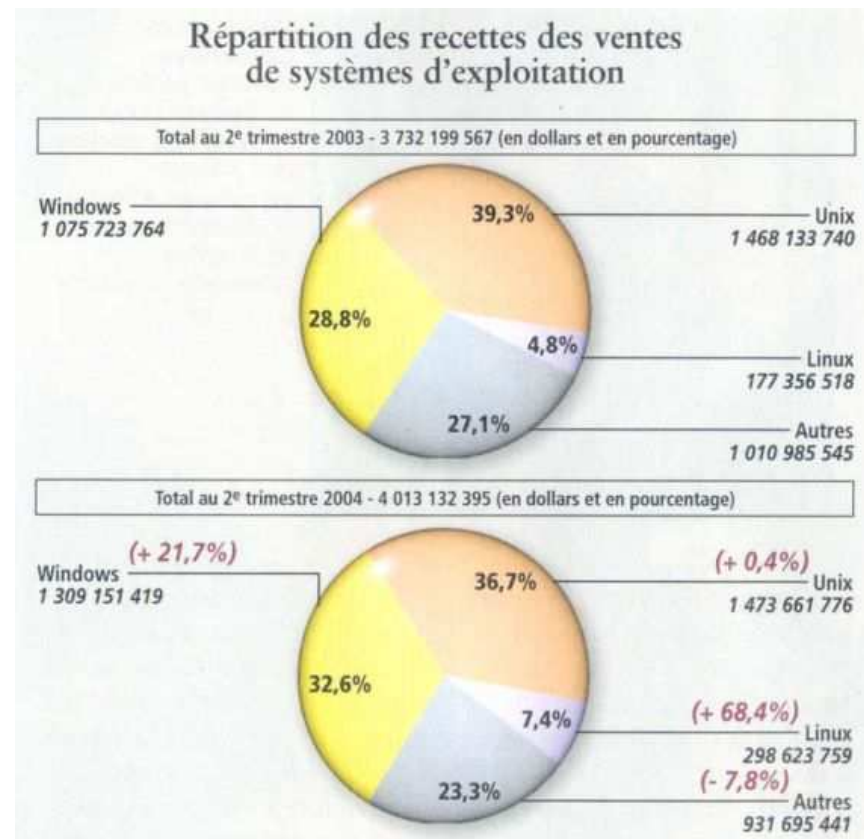
# Histoire

- Répartition des ventes mondiales de serveurs en 2003:



# Histoire

- Part de marché des OS serveurs en 2003:

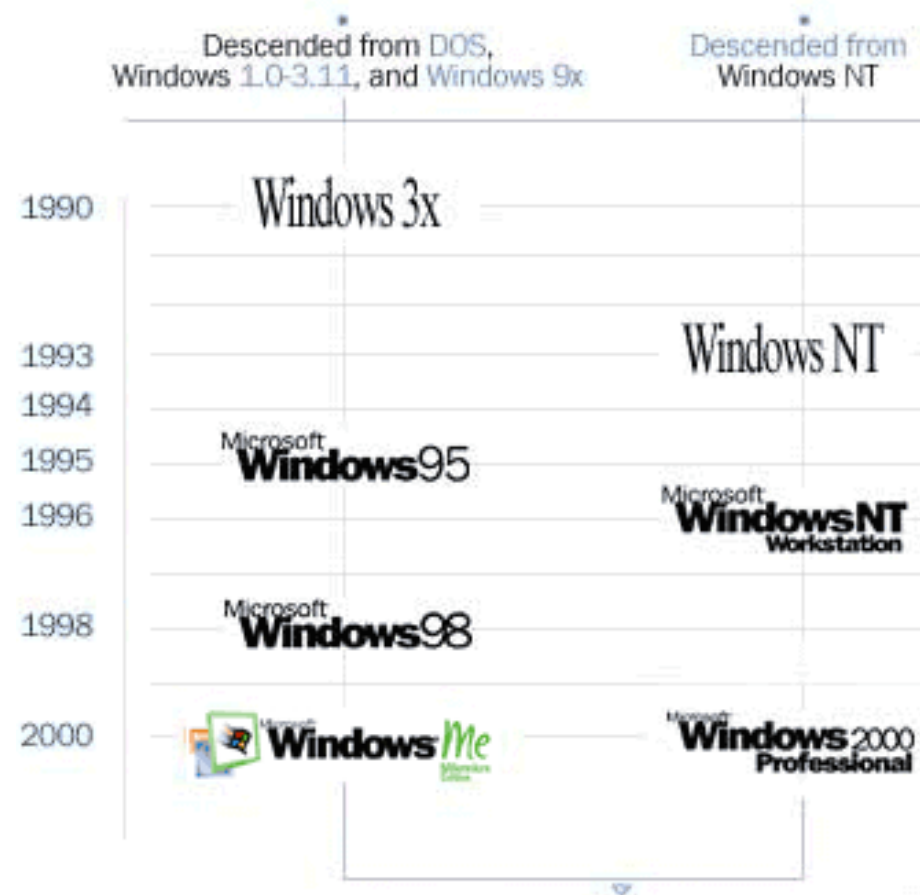


# Histoire

- Prévisions de OS installés de 2003 à 2007:

	2000	2003	2007	Evolution annuelle 2000-2007
<b>S.E. clients :</b>				
Windows	280 557 000	390 667 000	556 035 000	9,70%
Mac OS	13 978 000	14 497 000	13 384 000	-2,30%
Linux	1 499 000	6 373 000	25 104 000	43,90%
autres	35 749 000	4 229 000	468 000	-43,20%
Total				9,60%
<b>S.E. serveurs</b>				
Windows	6 989 000	10 261 000	16 900 000	12,90%
Linux	1 527 000	2 595 000	6 585 000	28,10%
Unix	28 333 000	2 332 000	1 855 000	-6,10%
Novell Netware	3 501 000	2 022 000	977 000	-16,40%
IBM OS/400	221 000	118 000	75 000	-12,50%
Open VMS	129 000	77 000	7 000	-41%
Mainframe IBM	21 000	17 000	13 000	-6%
autres mainframes	9 000	1 000	0	-59%
autres	1 148 000	214 000	3 000	-63,80%
Total				9,40%
(source IDC, 08/2003)				

# Historique récapitulatif



# Historique récapitulatif

- Vous pouvez voir une fresque chronologique de tous les OS sur:

→ <http://www.levenez.com/unix/history.html#06>

# Historique

- Les premiers ordinateurs n'avaient pas d'OS.
- La communication se fait en langage machine (C'est-à-dire à base 2, le binaire).
- Besoins d'une interface Homme/Machine fonctionnelle et intuitive.
- Le premier OS au monde était Multics (qui disparu 4 ans après).

# Historique

- Les OS les plus répandues:
  - Chez Linux: SuSe, RedHat, Debian, Mandrake, Slackware, Aurox, Gentoo, Lycoris, IPCop, SME, MNF, Astaro, Knoppix, Geebox, Movix...
  - Chez Microsoft: 3.0, 3.1, 3.2, 95, 98, NT, 2000 pro, 2000 serveur, Me, XP Pro, XP Home, 2003 serveur,...

# Historique

- Unix:
  - Né en 1969 dans les laboratoires de BELL
  - Fait partie des system V et BSD.
  - Utiliser dans les entreprises (applications, Serveurs de fichiers, BDD,...).
  - Unix est multitâche, Multi-Utilisateur (et multiprocesseurs).
  - Un système Unix est très coûteux sont pour les versions free BSD.

# Historique

- Apple:
  - Né en 1983 (Steeve Jobs).
  - Fait partie de la famille free BSD.
  - Utiliser dans les entreprises (applications vidéos, imagerie et audio), mais aussi chez les particuliers).
  - Multitâche, Multi-Utilisateur (et multiprocesseurs).
  - Le prix d'un Mac est abordable.

# Historique

- Microsoft Windows:
  - Né en 1986 dont le père fondateur est Bill Gates.
  - Fait partie de la famille des Windows 9x et NT.
  - Utilisé en entreprise et chez les particuliers.
  - Multitâche, Mono-Utilisateur (et multiprocesseurs).
  - Prix abordable.

# Historique

Windows 3.1	Janus
Windows 3.11	Snowball
Windows 95	Chicago
Windows 98	Memphis
Windows ME	Millenium (ex Georgia)
Windows NT 3.5	Daytona
Windows NT4	Cairo
Windows NT4 TSE	Hydra
Windows 2000	Asteroid (SP1)
Windows 2000 64 bits	Janus
Windows XP	Whistler (ex Odyssey + Neptune)
Windows 2003	
Windows XP 2ème éd.	Longhorn
Successeur Windows 2003	Blackcomb

# Historique

- GNU/Linux:
  - Né en 1991 grâce à Linus Torvald.
  - Fait parti de la famille Linux.
  - Utilisé dans les entreprises et les particuliers.
  - Multitâche, Multi-Utilisateur (et multiprocesseurs).
  - Linux est Gratuit en téléchargement ou peu cher à l'achat (on ne payera que le support).

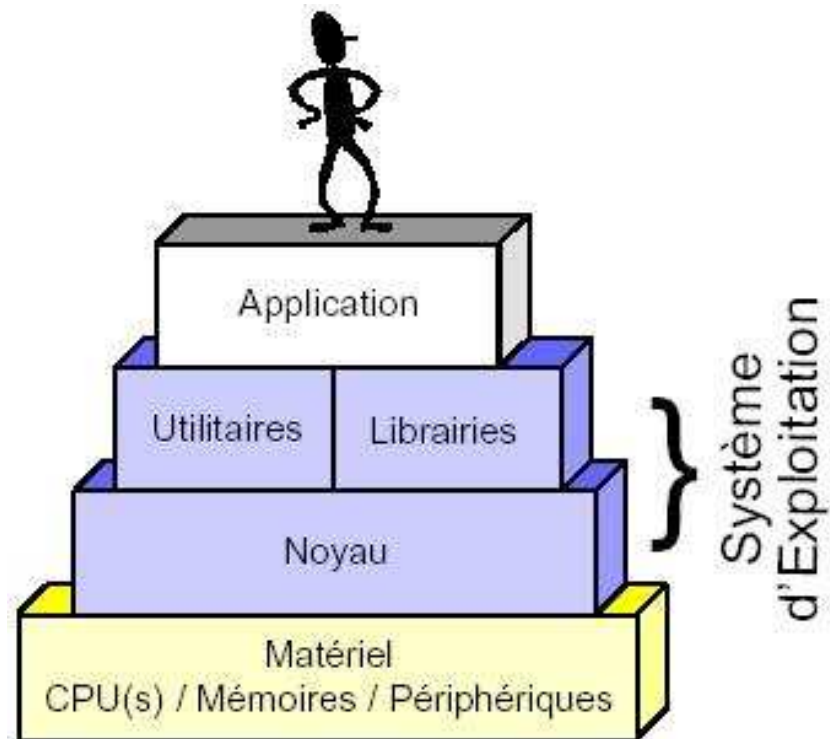
# Définition

- OS: Programme assurant la gestion de l'ordinateur et de ses composants. Exemples : Linux, Windows, Unix, MacOS ou encore BeOS.

C'est un programme qui contrôle l'exécution de toutes les autres applications.

- Un OS à pour but la gestion des informations, des ressources matérielles et logicielles.
- Il existe différentes couches entre l'utilisateur et la machine.

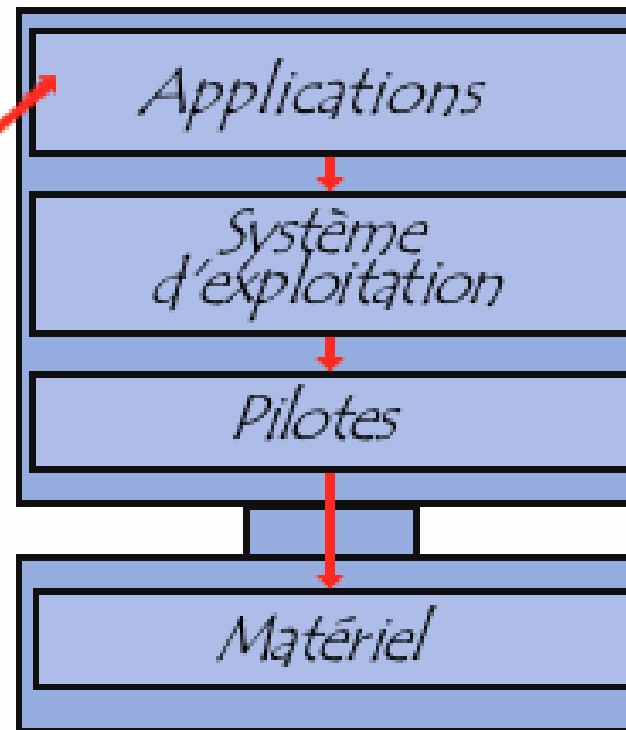
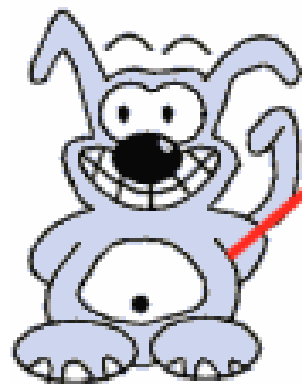
# Définition



# Définition

- Application: Les applications sont les outils qui nous permettent de tout faire sur un ordinateur. Les traitements de texte, les tableurs, les navigateurs Web sont des applications (synonymes : Logiciel et Programme).
- Matériel: (CM/CG/CR/...).
- Noyau ou Kermel: Base des systèmes d'exploitation modernes. Il s'agit d'une portion de code, souvent écrite en assembleur et qui gère le multitâche, le multithread et permet de faire le lien entre le matériel est les couches supérieures du système et les applications. Ce principe permet une évolution aisée des systèmes d'exploitation.

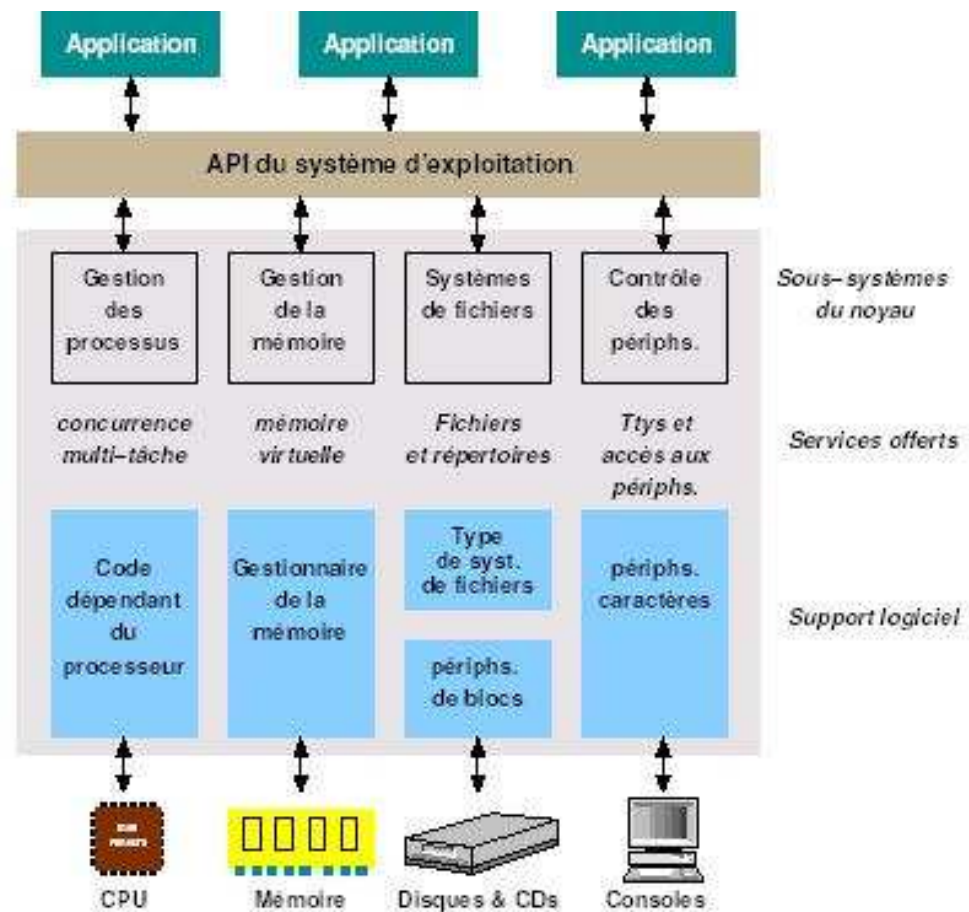
# Définition



# Définition

- Le Kermel à pour but d'exploiter l'électronique intégrée pour lequel il a été développé.
- Le Kermel à pour principal rôle de:
  - Gérer les ressources (CPU, RAM, périphériques,...).
  - Faire une interface homme/machine (une machine virtuelle).

# Définition



# Définition

- API: (*Anglais : Application and Programming Interface*). Ensemble de bibliothèques permettant une programmation plus aisée car les fonctions deviennent indépendantes du matériel. On peut citer par exemple les API de DirectX ou de Java.
- Les services que fournit le Kermel:
  - Gestion et exécution de plusieurs tâches simultanément (gestion des processus).
  - Gestion de la mémoire.
  - Gestion du système de fichiers.
  - Gestion des communications interprocessus et des mécanismes de synchronisation.

# Définition

- Gestion des périphériques.
- Gestion des communication réseau.
- Gestion de la sécurité.

# Définition

- Dans un OS on distingue plusieurs environnements:
    - Le USER SPACE, c'est la zone la plus haute
    - Le Kermel SPACE, c'est un zone. intermédiaire, le noyau.
    - Le HARDWARE, la zone la plus base.
- La communication entre le USER SPACE et le Kermel SPACE se fait par des appels systèmes.

# Le Kermel

- Il existe 4 type de Kermel (mais même fonctionnement général).
  - Le 1er noyau était dit monolithiques.
  - Les noyaux qui suivent sont dits Micro-Noyau.
- Issues des monolithique, l'architecture Hybride ou Modulaire à évoluée en parallèle des Micro.
- Le derniers Kermel en date sont dit Exos-Noyaux.

# Le Kermel

- Caractéristiques des noyaux Monolithique:
  - Ils tiennent en un seul fichier qui se lance après le BIOS.
  - Les pilotes sont contenus dans l'exécutable du noyau.
  - Le noyau prend en compte toutes les caractéristiques matérielles de la machine sur laquelle il tourne.
  - C'est un noyau difficile à concevoir est lourd.
  - Souvent utilisé pour les routeurs.

# Le Kermel

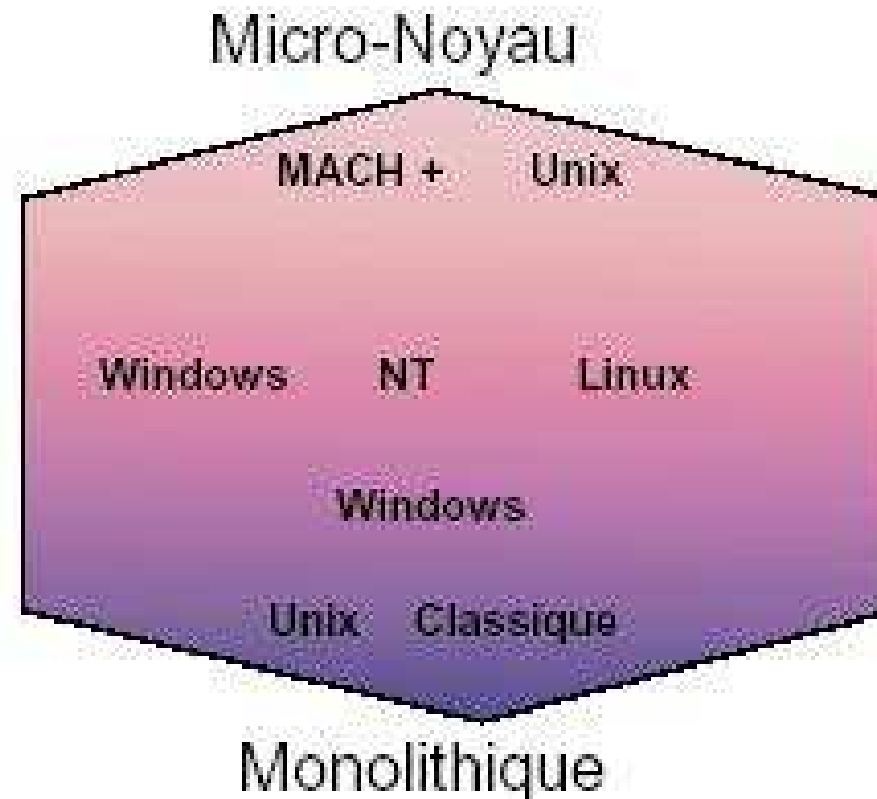
- Caractéristiques du Micro-noyau:
  - Développé à partir de la RAM.
  - C'est un petit noyau qui est chargé en mémoire.
  - Architecture indépendante de la plateforme matérielle.
  - Gère beaucoup de fonctions (en mode User, hors noyau).
  - Mais à pour principal inconvénient qu'il est plus lent qu'un noyau Monolithique.

# Le Kermel

- Caractéristique du noyau Hybride ou Modulaire:
  - C'est une évolution du noyau monolithique.
  - Il charge le strict minimum en mémoire. Si il a besoin d'un pilote, le module voulu se charge à la volée et se décharge quand il n'est plu utilisé.
  - A pour principal inconvénient le coût du CPU pour le déchargement.

# Le Kermel

- Récapitulatif des noyaux (Kermels) utilisés par les OS:



# Le Kermel

- Caractéristiques de l'Exo-noyau:
  - C'est la combinaison du Micro-Noyau et du Noyau Hybride.
  - OS matériel et machine.
  - Gestion des ressources physique au niveau applicatif.
  - Contraire du HAL. L'OS descend vers les périphériques pour les exploiter et non l'inverse.

# Le Kermel

- Résumé des différents Kermels:

Type de noyau	Caractéristiques clefs
<b>Noyau monolithique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Interaction directe avec le matériel</li><li>* Code optimisé pour une architecture <i>hardware</i> spécifique : performances</li><li>* Encombrement mémoire limitant les fonctionnalités</li><li>* Portabilité faible</li></ul>
<b>Micro noyau</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Encombrement très faible</li><li>* La plupart des services de bas niveau du système d'exploitation ne sont pas des constituants du noyau,</li><li>* Interaction de ces services avec une abstraction virtuelle normalisée de la machine, via une interface de communication standard</li><li>* Portabilité importante</li><li>* Sécurité renforcée</li><li>* Performances limitées (noyaux généralistes)</li></ul>

# Le Kermel

<b>Noyau hybride</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Interaction directe avec le matériel</li><li>* Code optimisé pour une architecture hardware spécifique ; performances</li><li>* Encombrement mémoire faible</li><li>* Portabilité importante</li><li>* Fiabilité</li><li>* Souplesse</li><li>* Sécurité limitée</li></ul>
<b>Exo noyau</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Interaction directe avec le matériel</li><li>* Fonctions de bas niveau et interface standardisée au niveau applicatif</li><li>* Code optimisé pour du hardware spécifique ; performances</li><li>* Noyau minuscule</li><li>* Portabilité importante</li><li>* Fiabilité</li><li>* Souplesse</li><li>* Sécurité importante</li></ul>

# Le Kermel

- Les Kermels et les OS:
  - Noyaux Monolithique: DOS, les premières versions d'Unix.
  - Micro-Noyau: Windows NT, 2000, XP, MAC OS, BSD, AIX, GNU et HURD.
  - Noyau Hybride: GNU et Linux.
  - Exo-Noyau: Les future versions de Windows (Vista) et les linux embarqués (PDA, GSM,...).

# Le Kermel

- Le Kermel gère:
  - La gestion des processus.
  - La synchronisation et communication interprocessus.
  - La mémoire.
  - Les FS.
  - Les périphériques.
  - Le réseau.
  - La sécurité et la gestion des utilisateurs.

# Le Kermel

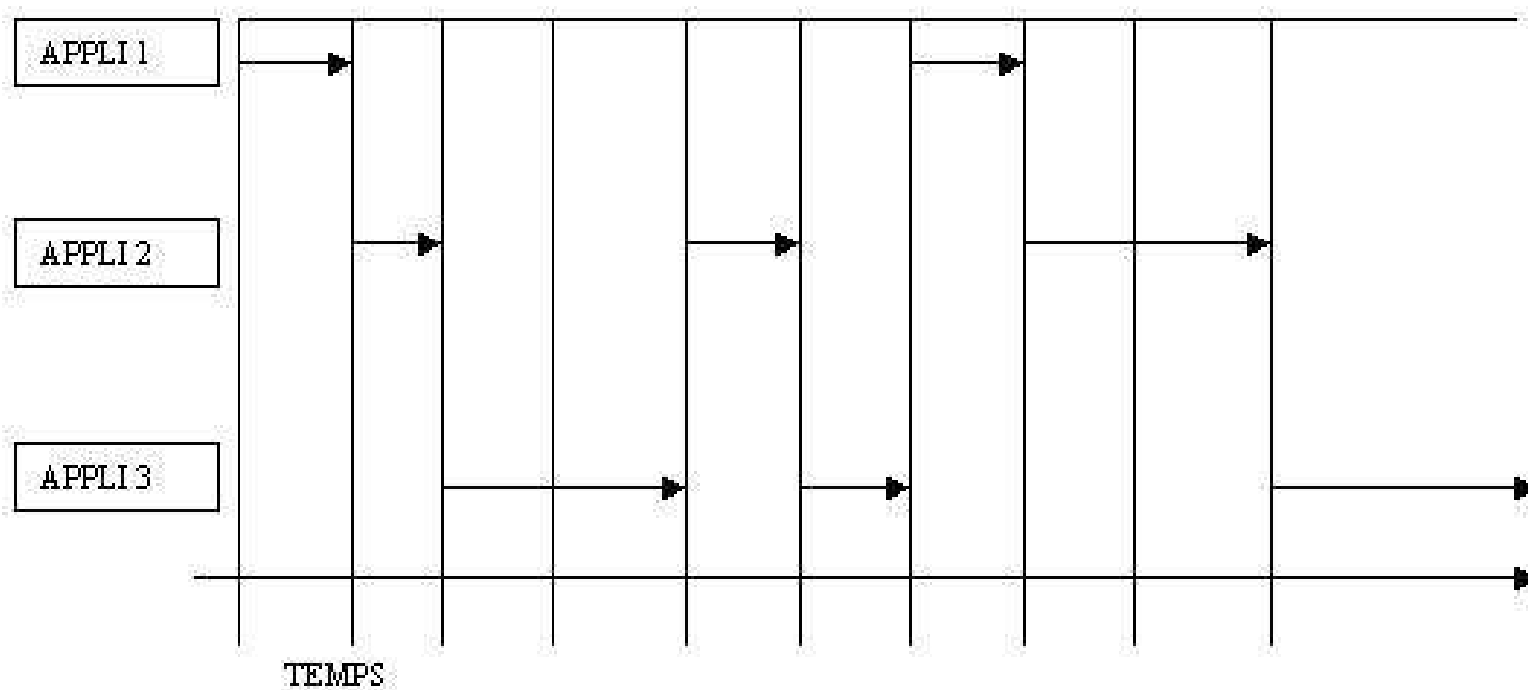
- Le rôle du Kermel:
  - Il gère l'exécution de plusieurs tâches simultanément (gestion des processus).
  - Il ne faut pas confondre la notion de multi-tâches coopératif et préemptif
  - Multi-tâches se dit aussi « multithreading ».

# Le Kermel

- **Kermel, la gestion des processus:**
  - Le processus ou le process est l'application qui tourne.
  - Un processus est souvent composé de plusieurs threads (flux d'instruction= parties de process).
  - Les threads permettent le multitâche.
  - Les threads ne s'exécutent pas en parallèle (sauf pour les Multiprocesseurs). Un proc ne traite qu'un thread à la fois.

# Le Kermel

- Schéma de l'enchaînement de l'exécution de 3 applications:



# Le Kermel

- Un processus est donc composé de plusieurs threads + une zone d'adresse (ou espace d'adressage).
- Les avantages du multithreading:
  - Exécution simultanée de plusieurs applications ou tâches.
  - Moins dangereux que le multithreading car si une tâche plante les autres tournent.

# Le Kermel

- **Kermel: Synchronisations et communications interprocessus.**
  - Lorsque plusieurs threads sont mis en place le Kermel doit être synchronisé pour éviter les chevauchements d'accès aux mêmes ressources S.
  - Le mécanisme de synchronisation est assuré par ce que l'on appelle un Scheduler ou Ordonnanceur.
  - Les process ne peuvent pas communiquer entre eux, ils ne partagent pas le même espace d'adressage.
  - Les IPC passent par les API de l'OS.

# Le Kermel

- **Kermel: Gestion de la mémoire.**
  - La mémoire permet de partager des ressources aux applications (leur exécution se fait en mode protégé).
  - La mémoire est découpé en « pages » (bloc d'octets contigus) allouées aux applications en fonction de leurs besoins.
  - Page mémoire ne sont pas placées les unes à la suite des autres (la RAM sera fragmenté).

# Le Kermel

- Le processeur voit la mémoire comme un espace linéaire parfait alors que les pages mémoires physique sont réparties partout dans la RAM.
- Le processeur va faire correspondre les adresses linéaires et physique à chaque accès mémoires.
- Espace mémoire souvent limité (principe de Swap → Fichiers pour Windows et partition pour Linux).
- Adressage Linéaire + Swap = adressage virtuel de processus.
- Mémoire virtuelle = RAM + Swap

# Le Kermel

- Les limites en mémoire: mémoire virtuelle.
  - Si un programme prend beaucoup d'espace mémoire alors il y a moins d'espace pour les autres applications.
  - Dans ce cas il ne faut pas forcément augmenter la taille de la Swap.
  - Limite de la Swap: l'accès au disque est très lent. Plus il y a de process plus on va utiliser de la Swap et moins le système est rapide.

# Le Kermel

- **Kermel: la gestion des FS.**
  - Toutes les FS peuvent être représentées par une arborescence.
  - La base appelée « racine » (C: sous Windows et / sous Linux) contient toutes les données.
  - La plus part des OS montent les FS (opération d'association de racine de FS à un répertoire.
  - Les fichiers ne sont jamais écrits directement sur le disque (écriture asynchrone).
  - Les fichiers sont stockés dans les pages mémoires allouées à cet effet (c'est la cache du FS).

# Le Kermel

- Si il y a une coupure de courant on risque de perdre toutes les données.
- De plus on ne sait jamais vraiment ce qui se trouve sur le disque à un instant précis.

# Le Kermel

- **Kermel: La gestion des périphériques.**
  - Le but de l'OS est de gérer de façon uniforme tous les périphériques.
  - Certain OS fournissent des API spécifiques à chaque périphérique.
  - D'autres OS regroupent les périphériques dans des catégories.

# Le Kermel

- UNIX considère qu'un périphérique se classe soit:
  - Dans la catégorie des périphériques traitant des caractères (clavier, souris, modem,...).
  - Les OS peuvent simuler le fonctionnement d'un périphérique absent ou d'une fonction absente ou non gérée par un périphérique.
  - Opération de simplification et de simulation des périphériques (couche d'abstraction matérielle ou HAL (Hardware Abstraction Layer) (Micro noyau).
  - Les pilotes de matériel appellent les fonctions de l'HAL lorsque le périphérique ne satisfait pas à une requête.

# Le Kermel

- **Kermel: la gestion du réseau.**
  - C'est une fonction indispensable à tout OS dit Moderne.
  - La gestion du réseau est complexe diversité des canaux et des protocoles de communication utilisés.
  - Des mécanismes standards permettent aux applications d'accéder au réseau sans connaître le type de médium ou de protocole utilisé.
  - La gestion du réseau permet l'exécution de programmes à distance (APACHE, BDD, services WEB,...).

# Le Kermel

- **Kermel: La gestion de la sécurité et des utilisateurs.**
  - Les OS sont capables de gérer des droits sur l'accès à ses ressources aux applications et utilisateurs.
  - Le contrôle de droits peut se faire de deux manières:
    - Définir droits sur chaque objet via liste de personne autorisées (ACL= Access Control List) ex: NT et Unix.
    - Notion de capacité (Handle) ou de jetons permettant d'accéder aux objets systèmes

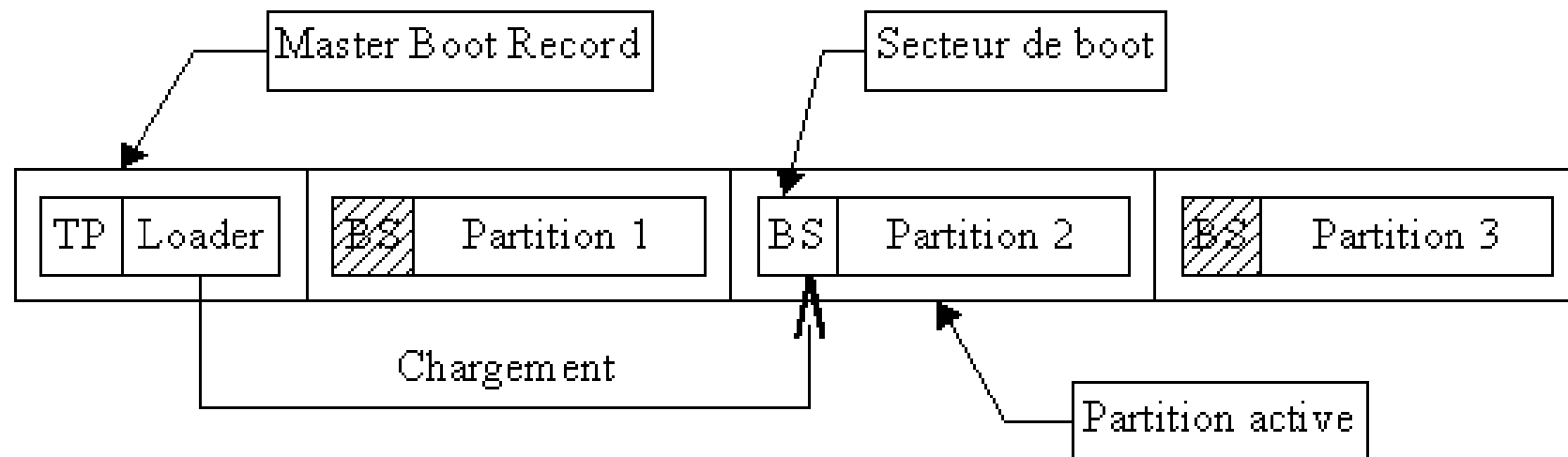
# Le démarrage de l'OS

- Le démarrage d'un OS:
  - Tout d'abord il faut comprendre comment fonctionne un HD.
  - Principe de la limite des 4 partitions
  - Infos (Taille, type, emplacement) de partitions enregistrées dans le MBR (Master Boot Record).
  - Le MBR ne contient que 4 entrées pour les partitions: Type de partition (code numérique)  
Adresse de départ + longueur partitions exprimées en secteur (512 octets).

# Le démarrage de l'OS

- Le MBR contient une table de partition.
- Le MBR contient également le Bootstrap Loader qui s'occupe de charger le premier secteur de la partition primaire active.
- Ce secteur est le PBR (Primary Boot Record) et contient un autre programme de Boot qui charge l'OS.
- Il existe des programmes de boot qui charge des OS qui sont sur d'autres partitions que l'active.
- Ce sont des gestionnaire d'amorçage (GRUB, Lilo,...)

# Le démarrage de l'OS



# Le démarrage de l'OS

- Ensuite le BIOS charge le BootStrap Loader du MBR en RAM.
- Le BIOS donne la main au BootStrap Loader.
- Le BootStrap Loader affiche ses infos
- L'utilisateur choisi l'OS à Lancer (choix de la partition).
- Le BootStrap Loader donne la main au gestionnaire de boot du MBR en ce dernier charge le Kermel en RAM.

# Sources

- [www.commentcamarche.net](http://www.commentcamarche.net)
- [www.sciences.univ-nantes.fr](http://www.sciences.univ-nantes.fr)
- [Bruno.duffet.free.fr](http://Bruno.duffet.free.fr)
- [www.colbat.net](http://www.colbat.net)