

AVANT PROPOS

Les services fournis par l'ordinateur personnel se sont généralisés avec ses évolutions technologiques. Devenu fournisseur multimédia des services du Web, téléphone mobile, console de jeux, serveur d'applications, outils bureautique, etc., il a intégré les technologies objets ainsi que les systèmes d'exploitation permettant de l'utiliser.

Les *systèmes propriétaires* *Windows* et les *systèmes ouverts* basés sur le système *Unix* (*Solaris, Free BSD, Linux, etc.*) dominent le marché en ce début du 21^{ème} siècle. Ces systèmes *différents* et historiquement *incompatibles* sont devenus *interopérables* grâce à l'évolution des normes et des standards.

L'objectif du présent ouvrage est de présenter :

- les concepts de base d'architecture des ordinateurs personnels et des systèmes d'informations,
- les principes généraux de conception des systèmes d'exploitation,
- les outils constituant l'environnement sécurisé de l'ordinateur personnel, ainsi que ceux permettant de l'administrer.

La première partie de l'ouvrage retrace l'histoire des systèmes d'informations et celle de la conception des *systèmes permettant de les exploiter* en mettant en évidence leurs architectures matérielle et logicielle, les techniques nécessaires à leur développement, les différences culturelles profondes entre systèmes propriétaires et système ouverts.

La deuxième partie présente quelques mécanismes fondamentaux des systèmes d'exploitations (gestion des travaux, des fichiers, etc.) illustrés par une présentation orientée objet des systèmes *Unix/Linux* et *Windows*.

Sont ensuite présentés les interprètes de commandes d'*Unix/Linux*, les principes et outils d'administration permettant d'exploiter au mieux les ordinateurs personnels.

Public : étudiants des 1^{er} et 2nd cycles universitaires, élèves ingénieurs, ingénieurs informaticiens, BTS, IUT...

CHAPITRE I

L'HISTOIRE DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION

1. DU BOULIER CHINOIS AUX SYSTEMES PROPRIETAIRES

1.1 De l'antiquité à nos jours

Avant de définir un système d'informations, il paraît important de retracer le cheminement historique intellectuel qui a conduit à *l'automate* puis à *l'ordinateur*.

Dès l'antiquité, le *boulier Chinois* permet d'effectuer des calculs très rapidement.



Au 16^{ième} siècle, *Pascal* conçoit un *additionneur* utilisant des roues dentées mises bout à bout et numérotées de 0 à 9, le passage du 9 au 0 provoquant la rotation d'une unité de la roue immédiatement à sa gauche pour prendre en compte la retenue.



Le concept de *programme extérieur* est défini au 18^{ième} siècle : une action à exécuter est décrite par une perforation sur une planche en bois, le *programme* étant constitué par plusieurs planches à traiter en *séquence*. La *machine de Falcon* (1728) permet ainsi le pilotage d'un métier à tisser. Ce principe est amélioré en France par *Jacquard*.



Charles Babbage conçoit en 1833 un calculateur à *mémoire mécanique* conservant nombres et instructions utilisées dont la *capacité de stockage* est de 1000 nombres de 50 chiffres décimaux qu'*Ada Lovelace* à l'idée de *programmer*. Le nom du langage de programmation *ADA* fut choisi en 1979 pour lui rendre hommage.

En 1854, le mathématicien *Georges Boole* imagine un système de *logique symbolique* dont les formules, appliquées un siècle plus tard au *système binaire*, permettent de réaliser l'*ordinateur numérique électronique*.

En 1882, *Hermann Hollerith* invente un *langage codé sur carte perforée*, ancêtre du *codage binaire*, permettant de commander une machine et crée la société qui va devenir *IBM (International Business Machines)* en 1924.

En 1936, *Alan Turing* énonce le principe d'une *machine universelle* ou *machine de Turing* dont les caractéristiques préfigurent l'ordinateur moderne.

En 1938, la *théorie de l'Information* de *Claude Shannon* fait le lien entre le système binaire, l'algèbre de Boole, et les circuits électriques en prouvant que les nombres exprimés en système binaire permettent les calculs logiques et arithmétiques réalisés à l'aide des opérations et circuits logiques de base ET, OU, NON.

En 1945, *John Von Neumann* définit le *programme enregistré* dans la mémoire du calculateur avant son exécution et la *rupture de séquence* ou *branchement conditionnel* qui permet à la machine, *sans intervention humaine*, de déterminer la séquence du programme à exécuter selon la valeur d'un résultat et donc de *prendre des décisions*.

1.2 Evolutions technologiques des ordinateurs

On distingue cinq générations d'ordinateurs.

- En 1949 est présenté le premier *calculateur électronique*, à base de *tubes électroniques et lampes* : l'*EDSAC*. En 1953, *IBM* fait son entrée dans l'industrie informatique pour *en devenir le leader mondial*.
- La découverte du *transistor* (1948) conduit à une première révolution informatique dès 1960 avec la naissance de *Digital Equipment (DEC)* et *Hewlett Packard (HP)*.
- En 1970 apparaissent les *microprocesseurs*, la société *Intel* et le système *Unix*.
- Des *circuits intégrant* quelques centaines de milliers de transistors permettent de créer l'*ordinateur personnel* (1981) et l'émergence de la société *Microsoft*.
- Les microprocesseurs actuels intègrent des millions de transistors.

■ Miniaturisation

Une fonction logique nécessitant une armoire électronique dans la première génération devient une plaquette imprimée (10 cm²) dans la troisième génération et une puce de 0.1 μm² dans la cinquième.

■ Fiabilité

Le *temps moyen de bon fonctionnement (Mean Time Between Failure - MTBF)* passe de quelques minutes à plusieurs milliers d'heures.

■ Puissance de calcul et coûts

Depuis 1948, la puissance fournie double tous les 18 mois conformément à la *loi de Moore* et l'ordinateur actuel exécute quelques milliards d'instructions par seconde. Les coûts évoluent inversement à la puissance de calcul.

■ Unités

Le *système binaire* permet une représentation de l'information dans ordinateur puisque l'*information digitale élémentaire*, appelées *binary digit* ou *bit*, représente la présence ou l'absence d'un signal électrique, notée symboliquement 0 ou 1.

Un *octet* (abréviation o) est une suite de 8 bits pouvant représenter 256 informations.

Les *unités décimales* usuelles sont remplacées par les *unités digitales* suivantes :

1 *Kilo octets* (Ko) = 2^{10} octets = 1024 octets $\approx 10^3$ octets.

1 *Méga octets* (Mo) = 2^{20} octets $\approx 10^6$ octets.

1 *Giga octets* (Go) = 2^{30} octets $\approx 10^9$ octets.

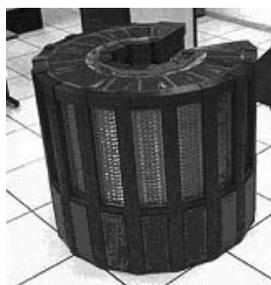
1 *Téra octets* (To) = 2^{40} octets $\approx 10^{12}$ octets.

■ Architecture

Le *modèle séquentiel* de Von Neumann a évolué vers d'autres architectures permettant de réaliser des opérations *vectérielles*, des traitements *parallèles*, etc.

	Génération 1ère	2ème	3ème	4ème	5ème
<i>Caractéristiques</i>					
Décennie	1950	1960	1970	1980	1990
Encombrement	150 m ³	2 m ³	10 cm ²	1 mm ²	1μ ²
Technologie	lampes	transistor	circuits intégrés microprocesseur		
Fiabilité (h)	0.4	2	10 ²	2*10 ³	2*10 ⁴
Rapidité	10 ⁻⁴	10 ⁻²	0.5	10 ²	10 ⁵
Langage	machine	procédural	structuré	objet	parole

Le vocable *ordinateur* décrit des calculateurs dont la puissance et les utilisations sont très différentes. Les *super calculateurs* sont utilisés depuis les années 1975 dès que la "plus grande puissance de calcul disponible" (*Seymour CRAY*) est nécessaire (aéronautique, prévisions météorologiques, etc.).



Les *ordinateurs universels* (*mainframe*) sont utilisés dans des environnements *propriétaires* et prennent simultanément en charge un grand nombre d'utilisateurs. Certains les comparent aux dinosaures ou aux mammoths.

2. L'EVOLUTION VERS LES SYSTEMES OUVERTS

Les révolutions informatiques successives ont conduit les utilisateurs à vouloir utiliser des systèmes *ouverts* et *distribués* au détriment des systèmes *propriétaires*.

2.1 Relations entre les utilisateurs et les gros systèmes

■ Les contraintes

Dans un environnement propriétaire, l'utilisateur n'a pas la liberté de choix de son système car tout est *imposé* par le constructeur (normes ou absence de norme, outils, architecture, logiciels, maintenance, etc.).

- Il n'a pas de garantie de portabilité.
- Le système est *fermé* et son évolution est coûteuse et délicate.
- L'investissement initial est élevé, le coût d'exploitation important car les prix sont imposés par le constructeur.
- La culture informatique est *monolithique*, à l'époque le *tout IBM*.
- Le mariage avec les utilisateurs est forcé le fournisseur étant pratiquement en situation de monopole (90% du marché mondial).

■ Les conséquences

L'utilisateur est un *acteur passif* et *mineur* ne pouvant ni choisir ni influencer sur le système *propriétaire* qu'il utilise. L'approche *systèmes ouverts* qui repose sur des systèmes *décentralisés coopératifs* fonctionnant selon le modèle client - serveur est différente, moins coûteuse et prometteuse.

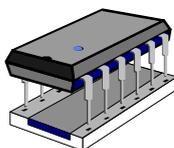
2.2 Les révolutions informatiques

■ La révolution des microprocesseurs

Le *transistor* fut inventé en 1948 par trois chercheurs des laboratoires *Bell* : *Bardeen*, *Brattain* et *Shockley* qui reçurent à cette occasion le prix Nobel de physique (1956). *Shockley* quitte *Bell* pour fonder *Shockley Research Laboratories* que quelques années plus tard *Noyce* et *Moore* quittent pour fonder *Fairchild* puis *Intel* en 1968. Là commence la véritable histoire des microprocesseurs puis des ordinateurs personnels.

En 1969, *Ted Hoff*, ingénieur chez *Intel*, décide de rendre programmable le circuit 4 bits *4004* (environ 4000 transistors). *Intel* le commercialise et constate que ce dernier correspond à un besoin du marché.

En 1972, *Intel* sort le *8008*, premier microprocesseur 8 bits, suivi du *8080*. Une partie de l'équipe d'*Intel* fonde alors *Zilog*, qui sort le *Z80* en 1975.



La première mémoire *RAM* (1 Kb) apparaît en 1970, suivie en 1973 de la première *RAM* 4Ko.

Actuellement, le marché de la micro-informatique est composé à 90% de PC à base de microprocesseurs 64 bits d'*Intel* ou *AMD* intégrant plusieurs cœurs (*Intel core2 duo quad*).

■ La révolution des ordinateurs personnels

Depuis l'aube des années 80, les *ordinateurs personnels* et les *consoles de jeux* pénètrent dans tous les milieux sociaux professionnels pour un coût toujours plus faible.

En 1974, *Bill Gates*, juste sorti d'Harvard, et *Paul Allen*, programmeur chez *Honeywell* développent un *interprète Basic*. Le succès immédiat de ce logiciel les amène à créer la société *Microsoft* en 1975, devenue aujourd'hui la première société mondiale par sa capitalisation boursière et faisant de son fondateur l'un des hommes les plus riches du monde.

En 1976, *Gary Kildal* fonde *Digital Research* et développe le *système d'exploitation CP/M*, devenu alors le standard des systèmes personnels. En 1979 sont développés les premiers *traitements de texte*, *tableurs*, *gestionnaires de données*.

La légende rapporte qu'en 1976, *Steve Jobs* et *Stephen Wozniak* fabriquent dans un garage le premier ordinateur personnel de la firme *Apple* dont le succès est immédiat en occident. Le *Sinclair ZX80* doté d'1 Ko de mémoire *RAM* utilise une télévision pour l'affichage, un lecteur de minicassettes pour le stockage.

Aucune norme de conception ou d'utilisation n'existe et les systèmes d'exploitation sont multiples. Les "grands constructeurs" ne s'intéressent pas à ce marché "marginal" jusqu'au lancement par *IBM* en 1981 du *Personal Computer* : microprocesseur 8/16 bits 8088 d'*Intel* et système d'exploitation *MS/DOS* de *Microsoft*, largement basé sur le système *CP/M*. En moins d'un an, *IBM* s'adjuge 90 % du marché mondial des ordinateurs personnels...

■ La révolution des réseaux et des systèmes distribués

Dans les années 1980 apparaissent les réseaux et services *répartis* et *distribués* entre les premiers systèmes *hétérogènes interopérables*, avec une interface d'accès *ergonomique*. La puissance du poste de travail permet de concevoir des systèmes *coopératifs* basés sur des architectures *clients serveurs*. Ainsi, en 1982, les microprocesseurs 32 bits donnent naissance aux *stations de travail (workstation)* fonctionnant sous *Unix* (*SUN, Apollo, HP, BULL*, etc.). Très utilisées dans le milieu scientifique et *l'informatique de gestion*.

■ Le monopole des systèmes propriétaires Windows

En 1984, *IBM* est victime de son succès avec l'apparition des *PC compatibles*, meilleur marché et/ou plus performants causant la perte de sa suprématie dans ce domaine : dès 1986, *IBM* ne détient plus "que" 25 % de ce marché.

Après avoir contribué à l'établissement d'un standard des ordinateurs personnels, *IBM* tente de le casser pour retrouver sa suprématie par le lancement en 1987 du *PS/2* (*Personal System*) à base de microprocesseurs 32 bits d'*Intel*, véritable fiasco commercial. *IBM* se retire alors d'un marché dont il n'a pas la culture. Les bénéficiaires vont être *Microsoft* et les fabricants de compatibles.

MS/DOS étant inadapté aux évolutions 32 bits, une ébauche de solution est proposée avec *Windows 3.x*. En 1994 est commercialisé *Windows NT*, le premier système 32 bits de *Microsoft* pour la gestion des réseaux. *Windows 95*, remplacé par *Windows 98* est commercialisé pour le grand public. Tous ces systèmes ont convergés vers *Windows XP* puis *Windows Vista*.

Les systèmes propriétaires *Windows* sont un standard sur 90% du parc mondial des ordinateurs personnels ce qui ne signifie pas (encore ?) qu'on soit au *tout Microsoft*.

2.3 Ouverture, interopérabilité, portabilité, normalisation

■ Révolution culturelle

L'utilisateur est devenu un acteur *majeur* qui veut *comprendre* et disposer d'outils, *ergonomiques*, et *standards*, sans dépendre d'un constructeur unique.

Les *média numériques* (télévision, téléphonie mobile, Internet, réseau Intranet, ordinateur personnel, appareil photos, caméra, etc.) dont l'*ergonomie simple d'utilisation* s'impose, communiquent rendant ces systèmes *interopérables*.

■ Interopérabilité

En dépit de la tentative de *Microsoft* d'imposer ses standards, cet industriel a été condamné par les justices américaine et européenne à ouvrir les systèmes *Windows* à la concurrence. Simultanément, deux approches opposées ont, depuis une vingtaine d'années, permis de rendre les systèmes *interopérables* : la *normalisation* des systèmes d'informations et la mise au point de *systèmes non propriétaires*, dits *ouverts* ou *libres* comme *Linux*.

■ Standard de facto

Lorsqu'une nouvelle application apparaît, il existe une phase d'expansion aux cours de laquelle de nombreux produits similaires et incompatibles sont développés jusqu'à ce que le marché en sélectionne quelques uns. C'est la première étape du processus de normalisation.

Exemples

L'architecture de l'ordinateur personnel, les protocoles *TCP/IP*.

■ Organismes de normalisation

La *normalisation* par des *organismes nationaux* (AFNOR) ou *internationaux* (ISO, CCITT, etc.), ainsi que la *législation* imposant des systèmes normalisés ont permis l'interconnexion des systèmes et le portage des applicatifs et des données, les logiciels étant développés conformément à des *règles de portabilité normalisées* (normes ISO).

■ Groupes de travail

Les *organismes de normalisation* internationaux disposent de nombreux groupes de travail qui rassemblent les principaux acteurs du marché (constructeurs, éditeurs de logiciels, représentant des administrations, groupe d'utilisateurs) pour définir des normes de *connexion, développement, d'utilisation* et de *portabilité*.

■ Normes

Une *norme* est élaborée à l'échelon d'un pays, d'un continent, ou mondiale. Cette dernière étape consiste à mettre au point, avec un minimum d'ambiguïté, un document accepté par tous. Ce processus long peut conduire à des batailles homériques comme celle des normes du langage *Java* de *SUN*.

La plupart des langages de programmation ont été normalisés (*C, C++, Fortran, Java, SQL, XML, etc.*) ainsi que les systèmes d'exploitation basés sur *Unix* (normes *POSIX - Portable Operating Systems Interface for computing environment*)).

■ Quelques normes POSIX

Guide de l'environnement <i>POSIX</i>	P1003.0
Spécification indépendantes des langages	P1003.1
Interface système et extensions nouvelles à P1003.1	P1003.1a
Commandes du shell et utilitaires	P1003.2
Extension pour la portabilité au niveau utilisateur	P1003.2a
Suite de vérifications pour la norme P1003.1	P1003.3.1
Suite de vérifications pour la norme P1003.2	P1003.3.2
Extensions temps réel	P1003.4
<i>ADA</i>	P1003.5
Extension de Sécurité	P1003.6
Administration des imprimantes	P1003.7.1
Logiciel d'administration	P1003.7.2
Accès transparents aux fichiers (TFA)	P1003.8
Profil des applications sur super calculateurs	P1003.10
Transactionnel	P1003.11
Support des applications multiprocesseurs	P1003.14
Extension pour le traitement par lot	P1003.15
Langage C	P1003.16
Services des répertoires réseau	P1003.17
Profil <i>POSIX</i>	P1003.18
<i>Fortran 90</i> pour la norme P1003.1	P1003.19
Extension temps réel ada pour la norme P1003.1	P1003.20
Interfaces utilisateur dans les environnements multi fenêtres	P1201.1

■ Portage

On distingue différents types de portage :

- portage d'une application dans un autre environnement informatique (programmes, procédures, données),
- portage d'une partie de l'application vers une autre s'appuyant sur le même ou un autre environnement graphique,
- portage des données vers une autre application dans un même ou un autre environnement.

Une condition de réalisation d'applications portables est la disponibilité et la normalisation des *outils de développements* et des *appels systèmes*. Ainsi, *XWindow (MIT)* offre un affichage distribué ou réparti sur des systèmes hétérogènes.

■ Profils X/Open et certification

Une fois définies normes et spécifications, il reste à les utiliser pour réaliser un système ouvert. La réalisation de *profils* a pour objectif de choisir les normes et standards à utiliser. Il est alors possible de définir des suites de validation de profil permettant de tester la conformité d'un produit aux normes.

Le consortium *X/Open* est constitué de constructeurs informatiques, éditeurs de logiciels, utilisateurs, représentants des administrations.

Des guides définissent les profils dont le plus important est le *Guide de la Portabilité*.

Un *produit du domaine public* est décrit selon des spécifications accessibles pour tous. Le produit est gratuit, par exemple *XWindow*.

■ Systèmes Ouverts

L'*IEEE* définit un *système ouvert* comme un ensemble de standards internationaux d'informations technologiques spécifiant les *interfaces*, les *services* et les *formats d'informations* supportés pour réaliser l'*interopérabilité* et la *portabilité* des systèmes, des applications et des données.

3. HISTORIQUE D'UNIX

3.1 L'héritage de Multics

Trois principes essentiels de conception du système d'exploitation *Multics (General Electric, MIT, laboratoires Bell - 1961)* sont repris par *Unix* : *Multics* est développé dans un *langage évolué (PL/I)* pour l'affranchir des contraintes liées à l'utilisation de l'assembleur (écriture, maintenance, mise au point, dépendance du matériel). L'organisation des fichiers est *arborescente* et *tout périphérique est géré comme un fichier*.

3.2 Unix systems, versions, like, based

Unix est le nom générique d'une famille de systèmes d'exploitation à *vocation universelle*.

■ Les Unix authentiques et dérivés

Des laboratoires *Bell* sont issues les *versions* (V6, V7...) qui ont donné naissance aux systèmes *Unix authentiques* distribués par *ATT* (*Unix System III*, *Unix System V*) et par l'*Université de Berkeley* (*Unix Versions 4.x BSD - Berkeley Software Distribution*).

Les systèmes basés sur *Unix* (*Unix based*) s'appuient sur les systèmes authentiques d'*ATT* (toute distribution nécessite une redevance). Les systèmes similaires à *Unix* (*Unix like*) en reprennent la philosophie tout en s'en démarquant suffisamment pour ne pas avoir à payer de redevance (*Linux*).

■ Les pionniers (1969 - 1979)

En 1969, *Ken Thompson* et *Dennis Ritchie* réalisent, aux laboratoires *Bell* la première version d'*Unix* en assembleur sur *PDP7* puis sur *PDP9*. Le système est mono-utilisateur et interactif, le cœur du système (*noyau*) a une taille d'un 6 Ko, un processus est limité à 8 Ko et un fichier à 64 Ko.

Après plusieurs tentatives d'écriture d'*Unix* dans un langage évolué (langage *A*, langage *BCPL* de *Martin Richard*, langage *B* dérivé de *BCPL*), *Brian Kernighan* et *Dennis Ritchie* définissent en 1972 le langage *C* avec lequel *Unix* est réécrit en 1973 sur *PDP11*. Cette première version portable (*Unix V6*) a les caractéristiques suivantes : multiprogrammation, généralisation de l'interface fichier et des entrée/sorties, gestion des processus, des fichiers et des volumes.

ATT n'ayant pas le droit de commercialiser des produits informatiques, les premières licences sont cédées pour un prix symbolique aux universités de *Berkeley* (USA) et de *Galles* (Australie).

Un premier portage d'*Unix* est effectué en 1975 en quelques mois.

Unix V7 est développé en 1976 quand la disponibilité d'un système d'exploitation portable devient une nécessité dans un marché informatique en pleine révolution technologique.

En 1977, *Ken Thompson* passe une année sabbatique à l'*Université de Berkeley* où il donne le départ des développements d'*Unix* par les utilisateurs : sur toutes plates formes matérielles apparaissent des outils du domaine public constituant la plus grande bibliothèque de logiciels gratuits du monde.

Parallèlement, le projet *DARPA* (*Defense Advanced Research Project Agency*) utilise *Unix* pour la spécification des protocoles *TCP/IP*, (le standard mondial actuel), permettant la communication entre différents réseaux propriétaires. Une interface applicative de développement (*API*) dans des environnements hétérogènes (couche *socket*) est également définie.

■ La confusion (1979 - 1984)

La *déréglementation* aux USA permet à ATT de commercialiser *Unix System III* en 1982, *Unix System V* en 1983. La société *Microsoft* distribue *Xenix* en 1982.

Les *versions* issues par l'*Université de Berkeley* (symbolisées par un diablotin emblématique) comportent des améliorations importantes : communications entre processus distants, gestion de la mémoire virtuelle et pagination, système de gestion de fichiers rapide et efficace, outils réseau.



De nombreuses variantes *basées sur Unix* ou *similaires à Unix* sont implémentées sur toutes les plateformes matérielles (plus de 100 000).

■ L'ère industrielle (1984 - 1988)

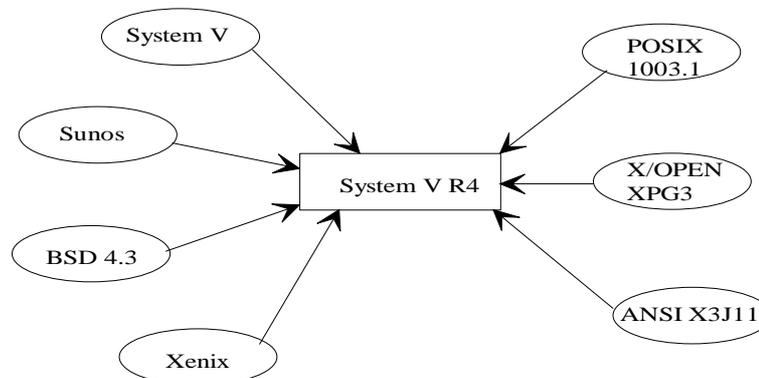
Dès fin 1984, la *normalisation d'Unix* provoque la disparition des systèmes dérivés. Adopté par *Hewlett Packard (HP-UX)*, *IBM (AIX)*, etc., *Unix* est consacré comme système d'exploitation à *vocation universelle*. Plus de 500 000 systèmes *Unix* sont installés. En 1988, *Unix* s'impose dans et avec le monde des *stations de travail* avec *Unix System V* en *gestion* et *Unix BSD* dans le *calcul scientifique*.

■ La Normalisation (1988)

ATT définit en 1986 des normes de conception et d'utilisation d'*Unix (System V Interface Definition - SVID)*.

Un consortium de constructeurs crée l'*OSF (Open Software Foundation)*.

Les systèmes *OSF/1* et *Unix SV R4* convergent vers les normes *POSIX* imposées en 1988 par le pentagone dans ses appels d'offres.



Unix est au cœur des systèmes commercialisés par *Apple* depuis 1999 avec *Mac OS X*.