

Formation au numérique - Histoire

Yves AGOSTINI <yves@yvesago.net>

oct. 2023

Une Histoire du numérique

de l'arithmétique, aux réseaux sociaux.

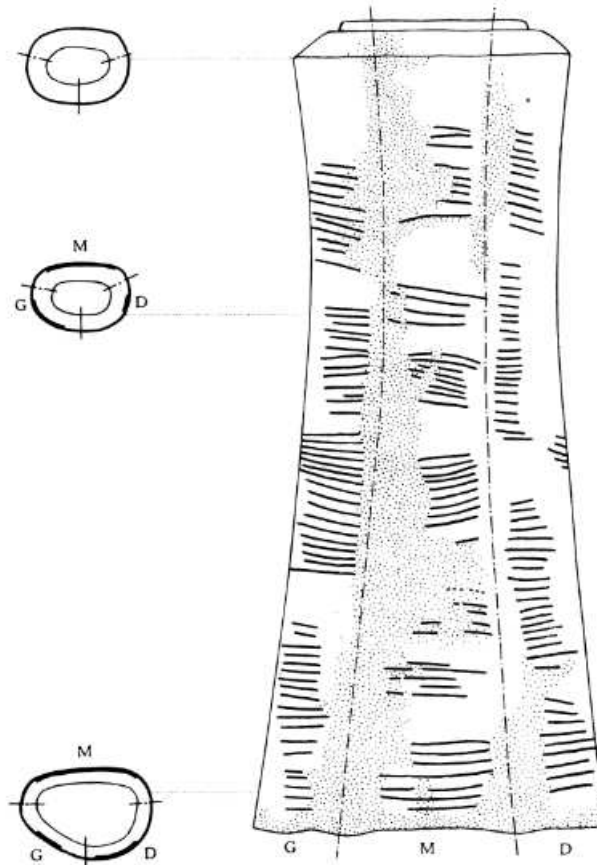
Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Base des connaissances techniques élémentaires :

1. Arithmétique
2. Encodage binaire
3. Un programme
4. Les systèmes d'exploitation
5. Les notions à retenir

Arithmétique

La science des nombres.



	3	
11	6	11
	4	
13	8	21
17	10 { 9 + 1	
	5? { 1? + 4	19
19	5	
	7	9

Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

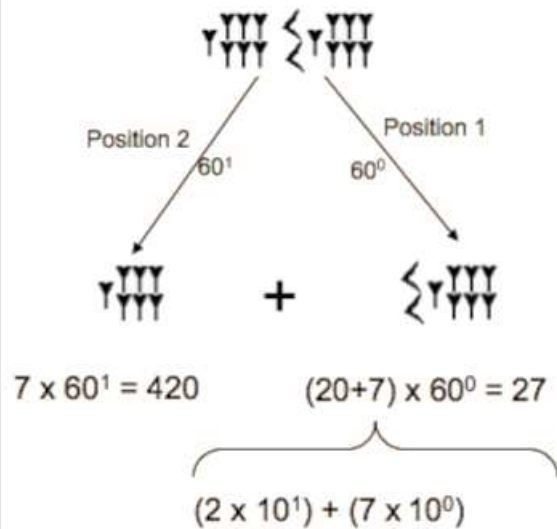
À retenir

Ishango : Congo, 20 000 ans avant JC (discutable)

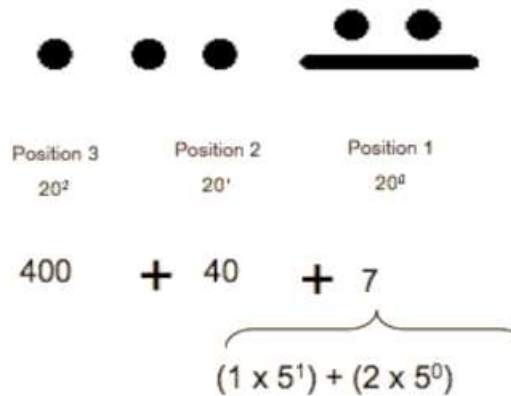
Systèmes numériques

Quatre cent quarante sept ...

Babylonien



Maya



Romain

CCCCXXXVII

CDXLVII

Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Systèmes numériques

D : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (10 symboles)

H : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 a b c d e f (16 symboles)

B : 0 1 (2 symboles)

Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Systèmes numériques

D : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (10 symboles)

H : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 a b c d e f (16 symboles)

B : 0 1 (2 symboles)

D	H	B	D	H	B
0	0	0			
1	1	1			
2	2	10			
3	3	11			

Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Systèmes numériques

D : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (10 symboles)

H : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 a b c d e f (16 symboles)

B : 0 1 (2 symboles)

D	H	B	D	H	B
0	0	0	11	b	1011
1	1	1	12	c	1100
2	2	10	13	d	1101
3	3	11	14	e	1110
4	4	100	15	f	1111
5	5	101	16	10	10000
6	6	110			
7	7	111			
8	8	1000			
9	9	1001			
10	a	1010			

⇒ décalage dès que tous les symboles ont été utilisés

Arithmétique

Encodage binaire

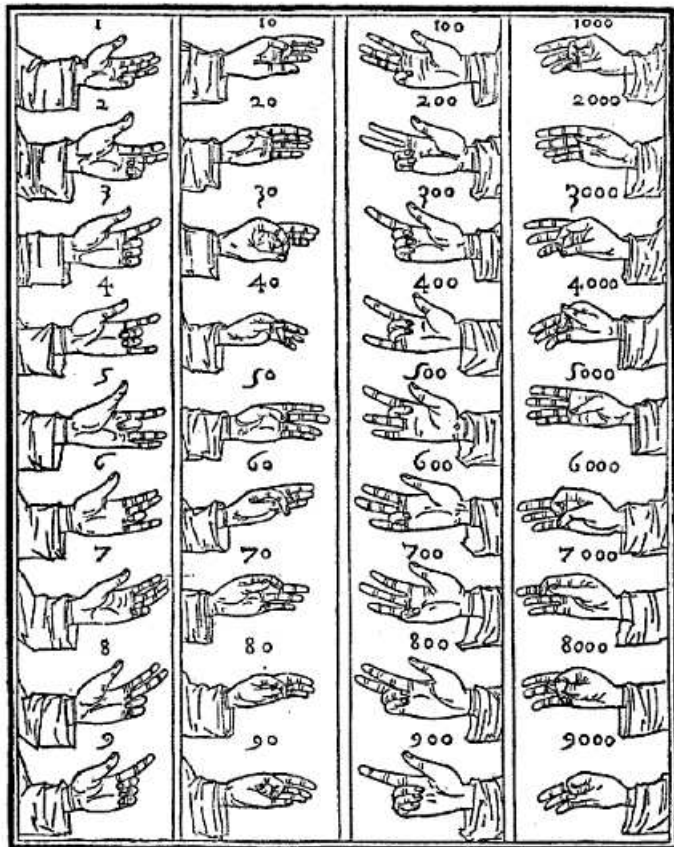
Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Compter avec les mains

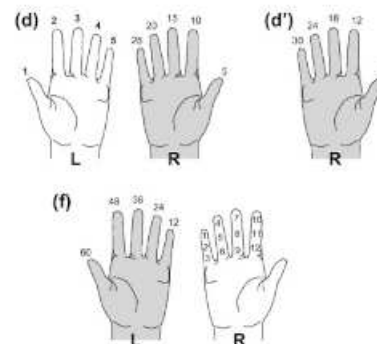
De Rome au VIII^{ème} siècle



La table de comput digital de Luca Pacioli, tirée de *Summa de arithmetica*

Chine

1		2	
3		4	
5		6	
7		ou	
8		ou	
9		10	



Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Les machines à calculer

Machine d'Anticythère

Grèce 150 - 100 av J.C.



Abaques

Rome ~ 200 Chine ~1200.



Pascaline

France 1652



Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir

Encodage binaire

The image shows a handwritten manuscript on aged paper. It features a table with three columns. The first column lists powers of 2 in binary (1, 10, 100, etc.). The second column lists the corresponding decimal values (1, 2, 4, etc.). The third column lists the powers of 2 in decimal notation (2⁰, 2¹, 2², etc.). The title 'Tabulag ita stabil' is written at the top. There is a circled '2' in the second column next to the first row.

1	2	2^0
10	2	2^1
100	4	2^2
1000	8	2^3
10000	16	2^4
100000	32	2^5
1000000	64	2^6
10000000	128	2^7
100000000	256	2^8
1000000000	512	2^9
10000000000	1024	2^{10}

Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

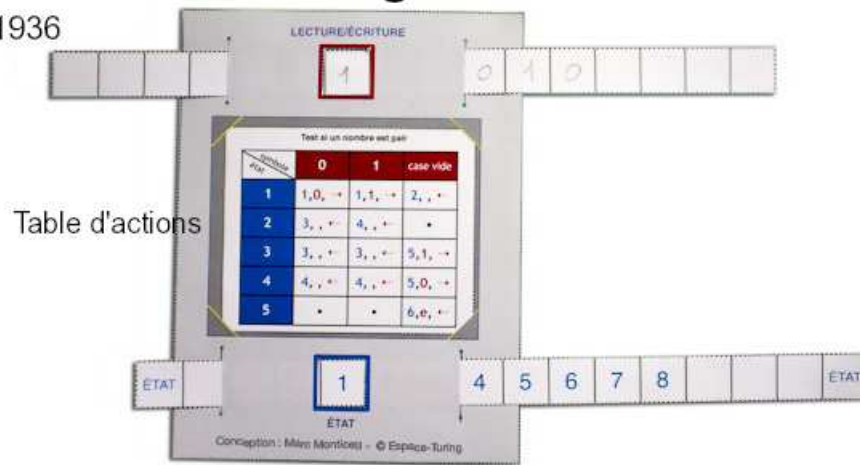
À retenir

Leibniz, *De Progressione Dyadica*, 1679

De Turing à Von Neumann

Machine de Turing

1936



Machine de Turing universelle :
peut calculer tout ce qui est calculable
compter, comparer, lire, écrire, ...

Colossus 1944



Arithmétique

Encodage binaire

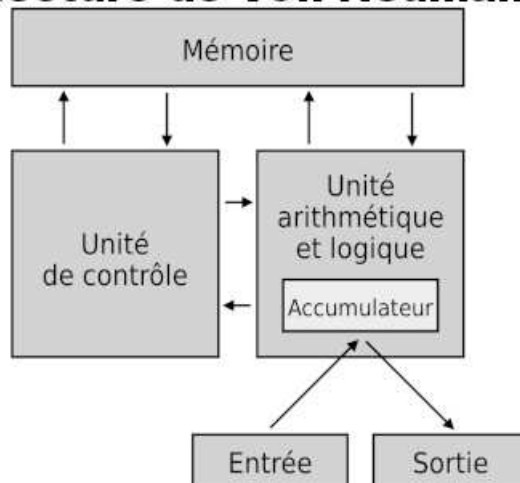
Un programme

Système
d'exploitation

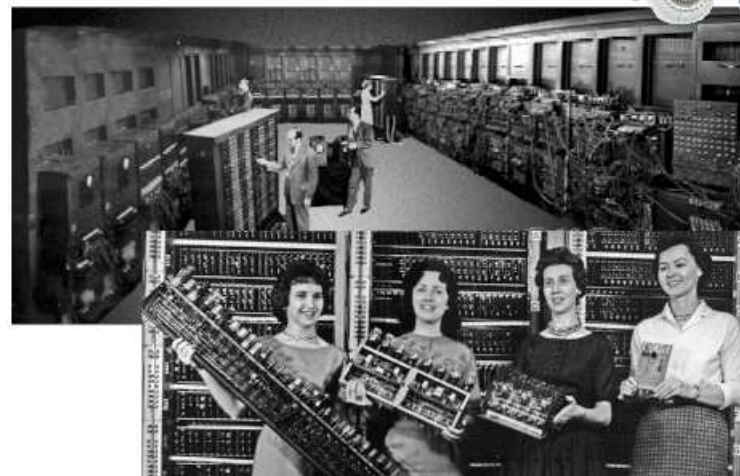
À retenir

Architecture de Von Neumann

1945



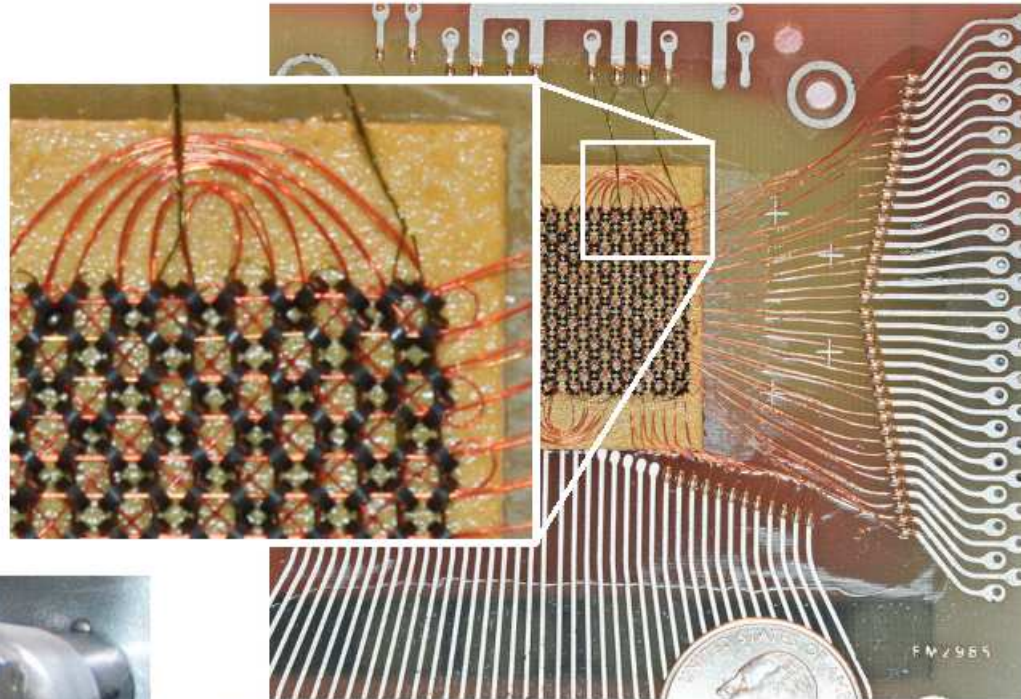
ENIAC 1946 - 1955



De Turing à Von Neumann

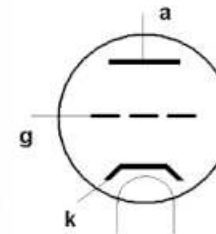
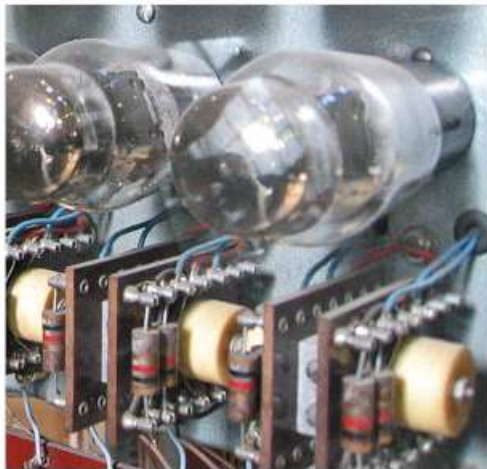
Mémoire

Tores magnétiques
1944 - 1975



Binaire

Tubes à vide
1944 - 1955



Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

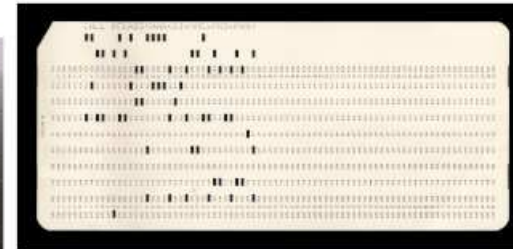
1960 IBM7090

IBM 7090 36 bits, 2.2Mhz, 50000 transistors 1960

12 exemplaires, 3 millions de \$



Input



Output



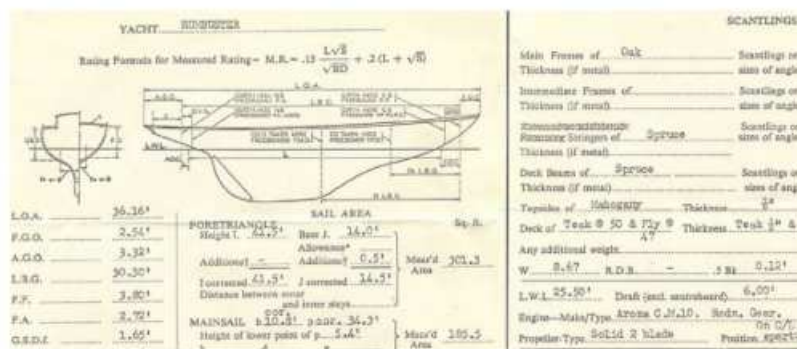
Arithmétique

Encodage binaire

Un programme

Système
d'exploitation

À retenir



Exemple d'usage :

Calcul direct de temps compensés

début d'usage de transistors pour remplacer les tubes à vides

Un programme

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

ensemble d'instructions et d'opérations
destinées à être exécutées par un ordinateur

La «table d'actions» de la machine de Turing

Un programme

Binaire base 2

```
10111000 00000001 00000000 00000000 00000000 [40 bits / 5 octets / 5 Bytes]
11000001 11100000 00000010 [3 octets]
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Un programme

Binaire base 2

```
10111000 00000001 00000000 00000000 00000000
  b  8    0  1    0  0    0  0    0  0
11000001 11100000 00000010
  c  1    e  0    0  2
```

Hexadécimal base 16

b8	01	00	00	00		1111	(f)	1110	(e)	1101	(d)	1100	(c)
c1	e0	02				1011	(b)	1010	(a)	1001	(9)	1000	(8)

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Un programme

Binaire base 2

```
10111000 00000001 00000000 00000000 00000000
  b  8    0  1    0  0    0  0    0  0
11000001 11100000 00000010
  c  1    e  0    0  2
```

Hexadécimal base 16

```
b8 01 00 00 00          1111 (f)  1110 (e)  1101 (d)  1100 (c)
c1 e0 02                1011 (b)  1010 (a)  1001 (9)  1000 (8)
```

Assembleur : Table microprocesseur Intel 32 bits

```
mov    eax, 1           [b8]    mov eax    # move eax
shl     eax, 2           [c1 e0] shl eax    # shift left eax
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Un programme

Binaire base 2

```
10111000 00000001 00000000 00000000 00000000
  b   8   0   1   0   0   0   0   0   0   0
11000001 11100000 00000010
  c   1   e   0   0   2
```

Hexadécimal base 16

```
b8 01 00 00 00          1111 (f)  1110 (e)  1101 (d)  1100 (c)
c1 e0 02                1011 (b)  1010 (a)  1001 (9)  1000 (8)
```

Assembleur : Table microprocesseur Intel 32 bits

```
mov    eax, 1           [b8]    mov eax    # move eax
shl    eax, 2           [c1 e0] shl eax    # shift left eax
```

Traduction

```
on met la valeur 1 dans le registre "eax",
on effectue deux décalages à gauche.
```

⇒ une multiplication par 4

👉 Le programme dépend du microprocesseur

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Compiler un code source

Code source dans un fichier texte

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    short int a = 1;
    a = 4 * a;
    printf("%d\n", a);        // # sortie sur écran
}
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Compiler un code source

Code source dans un fichier texte

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    short int a = 1;
    a = 4 * a;
    printf("%d\n", a);    // # sortie sur écran
}
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Compiler avec gcc \Rightarrow transformer en assembleur

```
$ gcc test.c -o test.exe
```

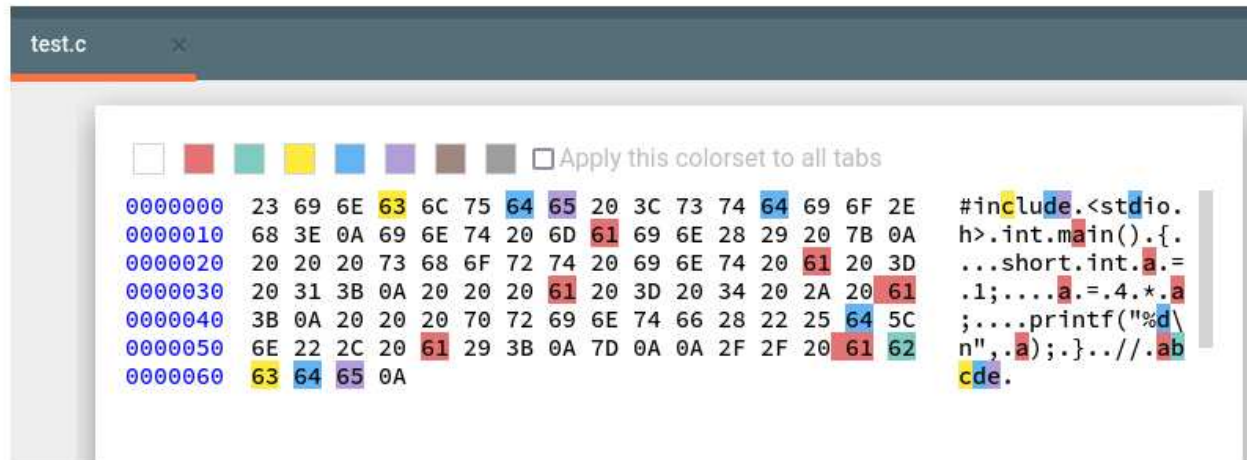
Exécuter / lancer

```
$ ./test.exe
$ 4
```

👉 Le programme dépend des entrées et sorties (OS)

Compiler un code source

Fichier de données test.c : Dans un fichier texte chaque caractère a un code ASCII



The screenshot shows a text editor window titled 'test.c'. The editor displays a hex dump on the left and the corresponding ASCII text on the right. The hex dump shows the following values:

Offset	Hex
00000000	23 69 6E 63 6C 75 64 65 20 3C 73 74 64 69 6F 2E
00000010	68 3E 0A 69 6E 74 20 6D 61 69 6E 28 29 20 7B 0A
00000020	20 20 20 73 68 6F 72 74 20 69 6E 74 20 61 20 3D
00000030	20 31 3B 0A 20 20 20 61 20 3D 20 34 20 2A 20 61
00000040	3B 0A 20 20 20 70 72 69 6E 74 66 28 22 25 64 5C
00000050	6E 22 2C 20 61 29 3B 0A 7D 0A 0A 2F 2F 20 61 62
00000060	63 64 65 0A

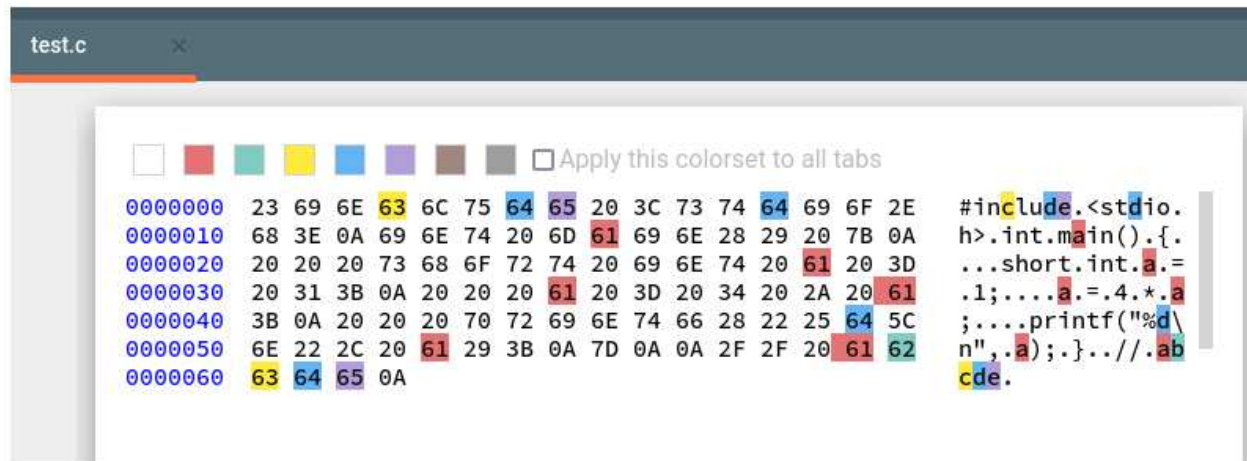
The ASCII text on the right is:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    short int a =
    .1; ... a = .4 * a
    ; ... printf("%d\n", a);
    // .ab
    cde.
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système d'exploitation
À retenir

Compiler un code source

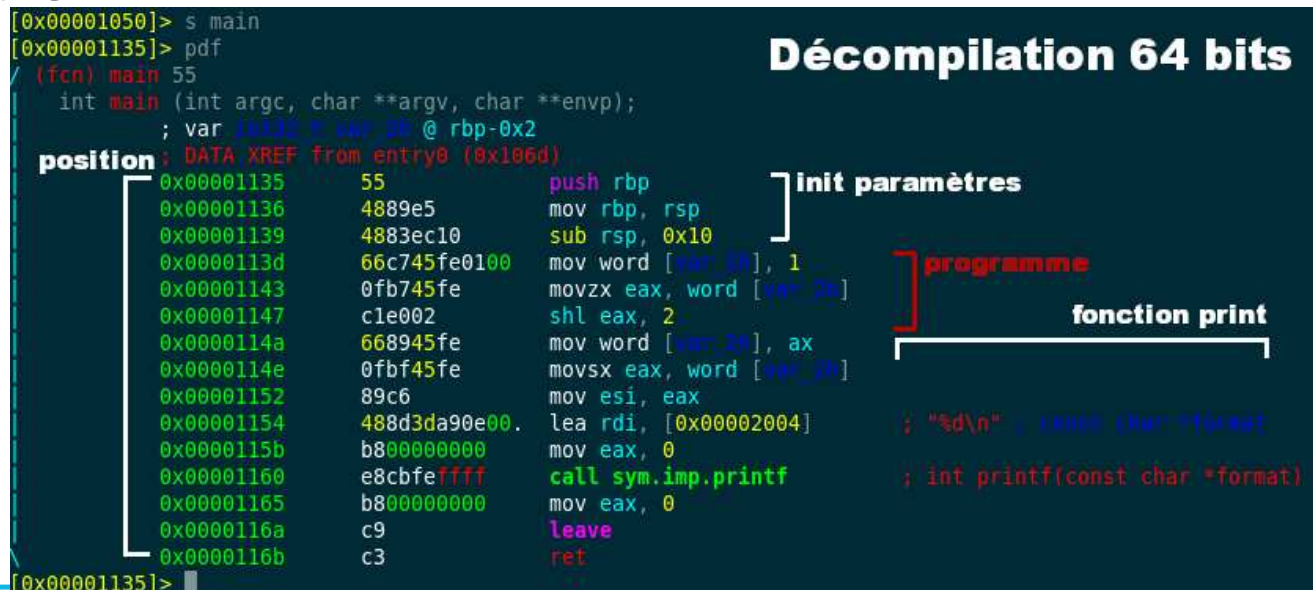
Fichier de **données** test.c : Dans un fichier texte chaque caractère a un code ASCII



```
00000000 23 69 6E 63 6C 75 64 65 20 3C 73 74 64 69 6F 2E #include.<stdio.
00000010 68 3E 0A 69 6E 74 20 6D 61 69 6E 28 29 20 7B 0A h>.int.main().{.
00000020 20 20 20 73 68 6F 72 74 20 69 6E 74 20 61 20 3D ...short.int.a.=
00000030 20 31 3B 0A 20 20 20 61 20 3D 20 34 20 2A 20 61 .1;...a.=.4.*.a
00000040 3B 0A 20 20 20 70 72 69 6E 74 66 28 22 25 64 5C ;...printf("%d\
00000050 6E 22 2C 20 61 29 3B 0A 7D 0A 0A 2F 2F 20 61 62 n",.a);.}...//.ab
00000060 63 64 65 0A cde.
```

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Fichier **programme** test.exe : Assembleur Intel 64 bits



```
[0x00001050]> s main
[0x00001135]> pdf
/ (fcn) main 55
int main (int argc, char **argv, char **envp);
; var 18132 ? var_30 @ rbp-0x2
position: DATA XREF from entry0 (0x106d)
0x00001135 55 push rbp
0x00001136 4889e5 mov rbp, rsp
0x00001139 4883ec10 sub rsp, 0x10
0x0000113d 66c745fe0100 mov word [var_30], 1
0x00001143 0fb745fe movzx eax, word [var_30]
0x00001147 c1e002 shl eax, 2
0x0000114a 668945fe mov word [var_30], ax
0x0000114e 0fbf45fe movsx eax, word [var_30]
0x00001152 89c6 mov esi, eax
0x00001154 488d3da90e00 lea rdi, [0x00002004]
0x0000115b b800000000 mov eax, 0
0x00001160 e8cbfeffff call sym.imp.printf
0x00001165 b800000000 mov eax, 0
0x0000116a c9 leave
0x0000116b c3 ret
; "%d\n" : const char *format
; int printf(const char *format)
```

32 ou 64 bits ?

octets	bits possibles	valeurs	max
1	2^8	256	0 à 255
2	2^{16}	65 536	0 à 65535
4	2^{32}	4 294 967 296	4Go
8	2^{64}	18400 Po

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Un système 32 bits peut accéder directement à seulement 4Go de données

👉 taille maximale de la RAM

Système d'exploitation

En 1960 lorsque le directeur d'IBM veut calculer son handicap de yachting, il faut arrêter le programme en cours.

⇒ Un premier programme doit **partager** le temps de processeur
(**kernel/noyau**)

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Système d'exploitation

En 1960 lorsque le directeur d'IBM veut calculer son handicap de yachting, il faut arrêter le programme en cours.

⇒ Un premier programme doit **partager** le temps de processeur
(**kernel/noyau**)

1961 : CTSS le premier **système d'exploitation / OS** kernel + prg. utilitaires

1964 - 2000 : Multics, **partage des entrées et sorties** : les terminaux

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Système d'exploitation

En 1960 lorsque le directeur d'IBM veut calculer son handicap de yachting, il faut arrêter le programme en cours.

⇒ Un premier programme doit **partager** le temps de processeur

(**kernel/noyau**)

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

1961 : CTSS le premier **système d'exploitation / OS** kernel + prg. utilitaires

1964 - 2000 : Multics, **partage des entrées et sorties** : les terminaux

1969 - 1975 : Développement d'**Unix** (AT&T Bell Laboratories)

- **petits programmes à usage simple**
- **flux de texte** ⇒ collaboration entre les programmes
- **tout est fichier depuis la racine "/"**

- rw- r- - r- - 1 agostini users 158 14 sept. 20:43 test.c [données]

- rwx r- x r- x 1 agostini users 3352 18 sept. 14:29 test.exe [programme]

- **permissions par utilisateur et groupe**

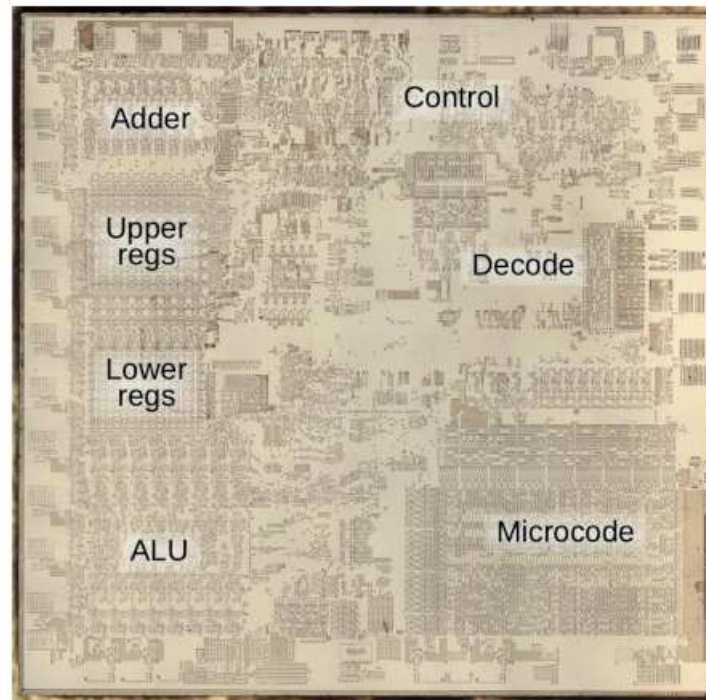
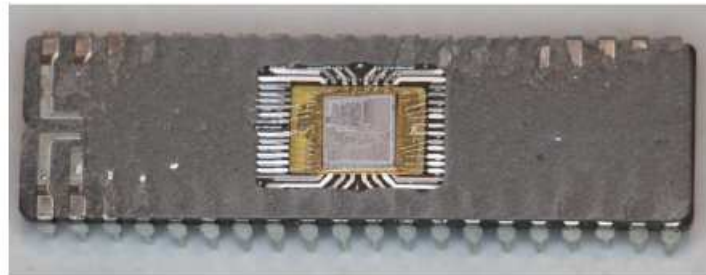
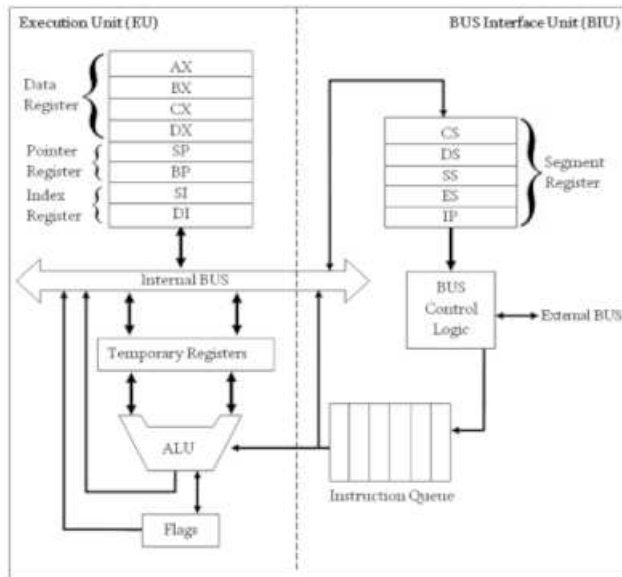
Les machines en 1970 :

- IBM **System/370** *mainframe* ~2T, m 145 : 32 bits 12.5 MHz, RAM 500 Ko, 233 Mo disque dur, \$10.8M
- DEC **PDP-11** *mini-ordinateur*, 16 bits 1.25 MHz, RAM 256 Ko, 170 000 machines, \$11 800

Micro-ordinateur

Informatique **décentralisée** \Leftarrow des terminaux autonomes

Intel 8086 16 bits, 10Mhz, 29000 transistors 1978



Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système d'exploitation
À retenir

Du micro-ordinateur au PC

1973 Micral, 1978 Apple II (8 bits, 1Mhz, RAM 4Ko, 1 298 \$)

1981 IBM Personal Computer

Machine : Intel 8088 4.77 MHz , RAM 16 Ko, disquettes souples 160 Ko/320 Ko : \$1 565

Publication des spécificités techniques pour sous-traitance de cartes d'extensions

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Du micro-ordinateur au PC

1973 Micral, 1978 Apple II (8 bits, 1Mhz, RAM 4Ko, 1 298 \$)

1981 IBM Personal Computer

Machine : Intel 8088 4.77 MHz , RAM 16 Ko, disquettes souples 160 Ko/320 Ko : \$1 565

Publication des spécificités techniques pour sous-traitance de cartes d'extensions

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Système minimal en *ROM* (8Ko) : le **BIOS** *Firmware*

Système d'exploitation sur disquette : **MS-DOS** est chargé en *RAM*

■ Système de fichiers : FAT12

A:\ premier lecteur de disquette, B:\ second lecteur de disquette, C:\ premier disque dur, ...

■ Utilisateur unique *simplifications système de fichiers, gestion processeur*

■ Partage du temps processeur en multi-tâches coopératif

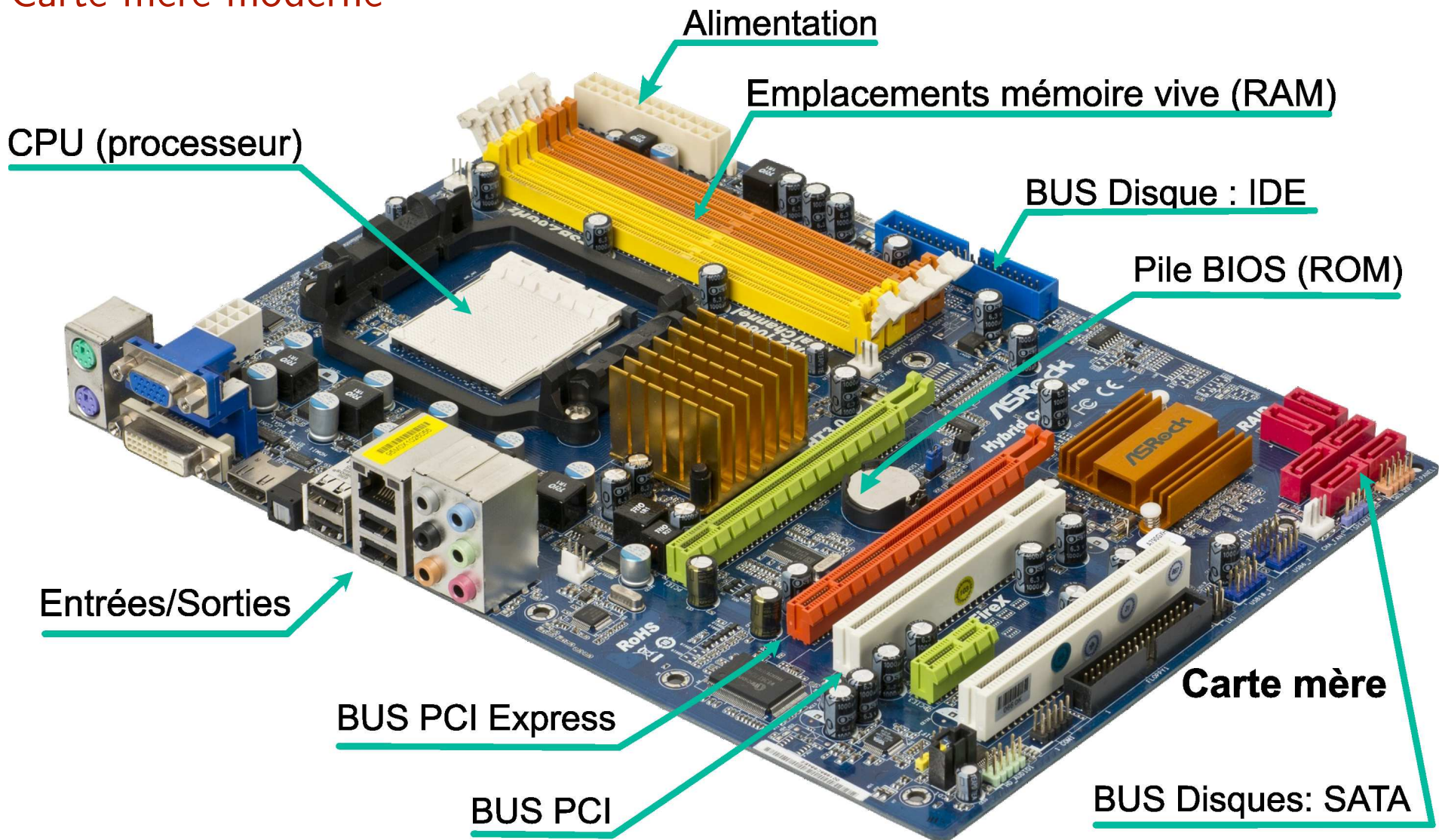
⇒ *une boucle infinie bloque le système*

Des programmes sur disquette(s) : Compileur Microsoft BASIC,
Tableurs Multiplan, Excel, ... , Éditeurs de textes Microsoft Word, Corel WordPerfect, ...

👉 Un système d'exploitation simplifié

Carte mère PC

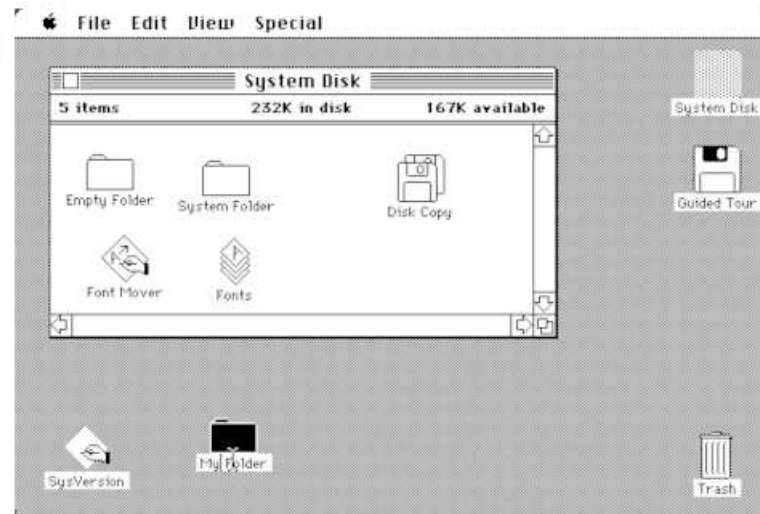
Carte mère moderne



spécifications IDE, PCI, SATA, ... pour cartes d'extension

Les interfaces graphiques

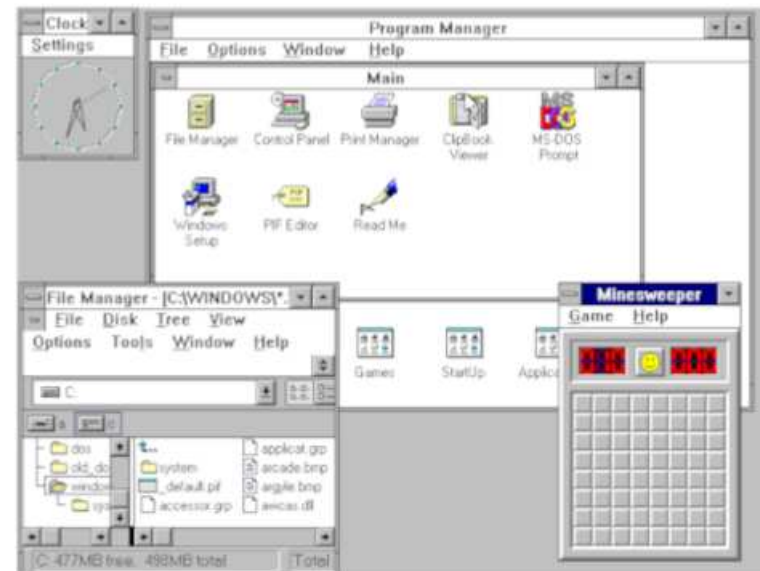
1984 Apple Macintosh



1981 Xerox 8010



1992 Windows 3.11



Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système d'exploitation
À retenir

Nouvelle entrée : la **souris** ... multi-tâches coopératif

Les OS du PC au smartphone

Augmentation de la puissance des microprocesseurs

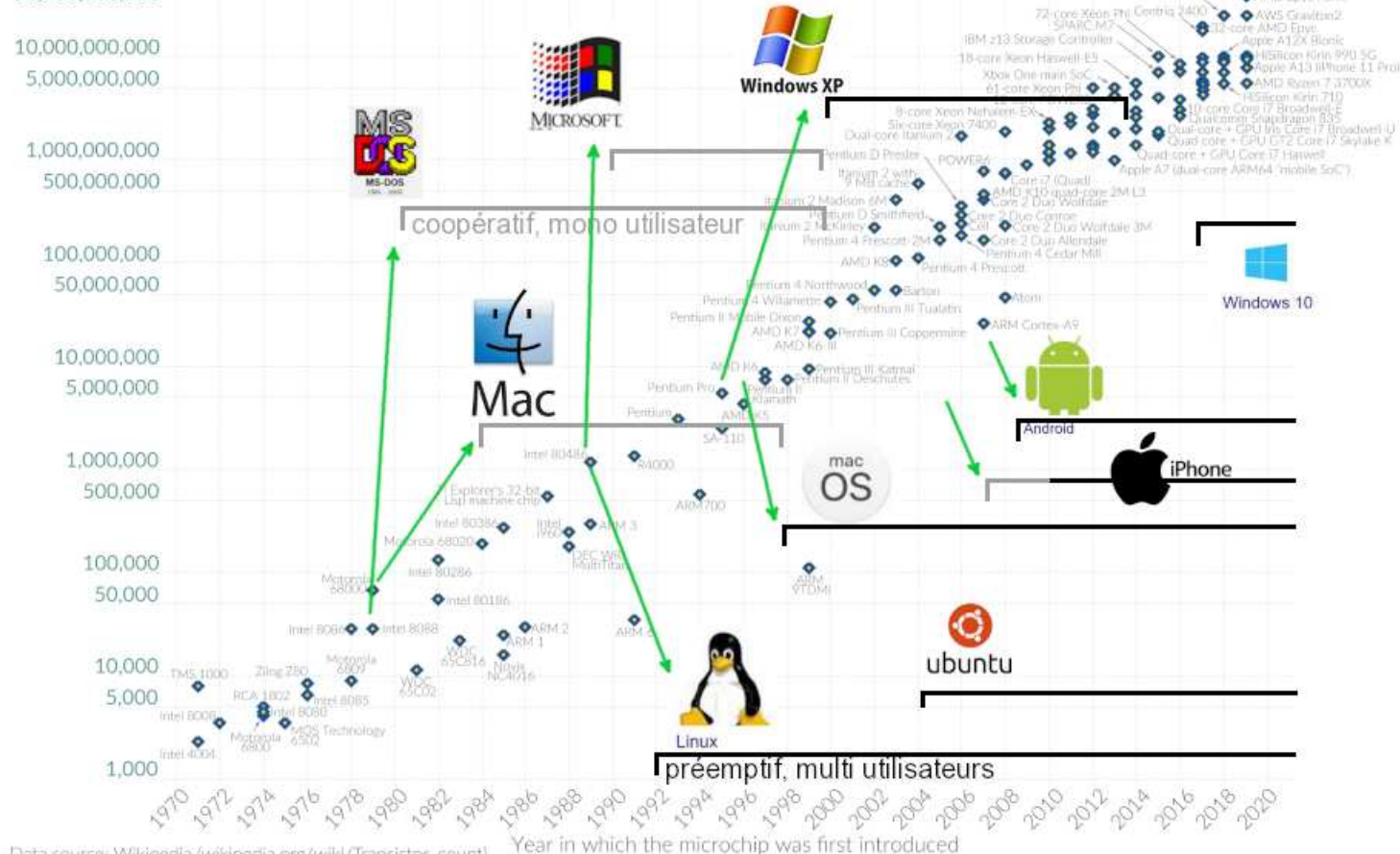
Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.



Transistor count

50,000,000,000



Data source: Wikipedia (wikipedia.org/wiki/Transistor_count)

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Concepts OS propriétaires

Microsoft :

- micro noyau : les drivers (programmes de gestion) sont fournis par les fabricants
- les configurations se font dans une base de registre : une base de données binaires
- système de fichiers NTFS : droits d'accès par ACL
- 90% des commandes en console depuis Windows 10

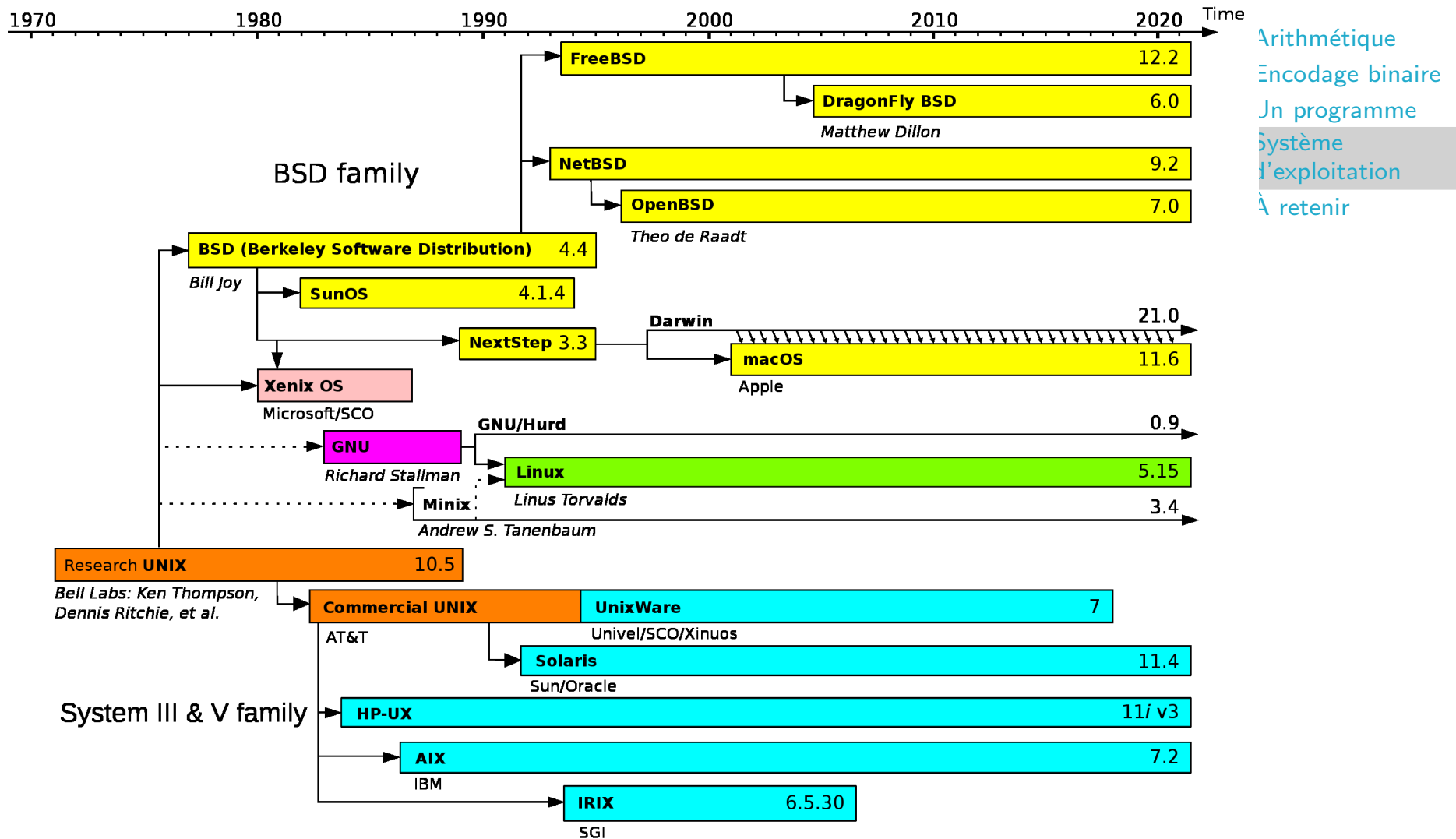
Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Apple :

- noyau monolithique Unix depuis MacOSX
- contrôle total du matériel : drivers Apple dans le noyau
- configuration dans fichiers structurés XML
- droit d'accès Unix : `user:group:others`

Unix

multi-tâches préemptif, multi-utilisateurs



Les lois anti-trust empêchent AT&T de vendre des logiciels. Depuis 1992 : Unix sur micro-ordinateurs

GNU

1981 : Richard Stallman ne peut pas améliorer le programme de gestion (driver) d'une imprimante Xerox distribué uniquement en binaire.

⇒ Projet d'un système d'exploitation **libre** : GNU

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

1981 : Richard Stallman ne peut pas améliorer le programme de gestion (driver) d'une imprimante Xerox distribué uniquement en binaire.

⇒ Projet d'un système d'exploitation **libre** : GNU

4 **libertés** fondamentales :

- exécuter le programme, pour tous les usages ;
- étudier le fonctionnement du programme et l'adapter à ses besoins ;
- redistribuer des copies du programme (donner ou vendre des copies) ;
- améliorer le programme et distribuer ces améliorations.

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

1981 : Richard Stallman ne peut pas améliorer le programme de gestion (driver) d'une imprimante Xerox distribué uniquement en binaire.

⇒ Projet d'un système d'exploitation **libre** : GNU

4 **libertés** fondamentales :

- exécuter le programme, pour tous les usages ;
- étudier le fonctionnement du programme et l'adapter à ses besoins ;
- redistribuer des copies du programme (donner ou vendre des copies) ;
- améliorer le programme et distribuer ces améliorations.

Il faut **distribuer** les sources. Les protéger légalement ⇒ licence libre
GPL

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

1981 : Richard Stallman ne peut pas améliorer le programme de gestion (driver) d'une imprimante Xerox distribué uniquement en binaire.

⇒ Projet d'un système d'exploitation **libre** : GNU

4 **libertés** fondamentales :

- exécuter le programme, pour tous les usages ;
- étudier le fonctionnement du programme et l'adapter à ses besoins ;
- redistribuer des copies du programme (donner ou vendre des copies) ;
- améliorer le programme et distribuer ces améliorations.

Il faut **distribuer** les sources. Les protéger légalement ⇒ licence libre
GPL

Outils GNU (éditeurs, compilateurs, utilitaires, ...) utilisés sur tous les OS

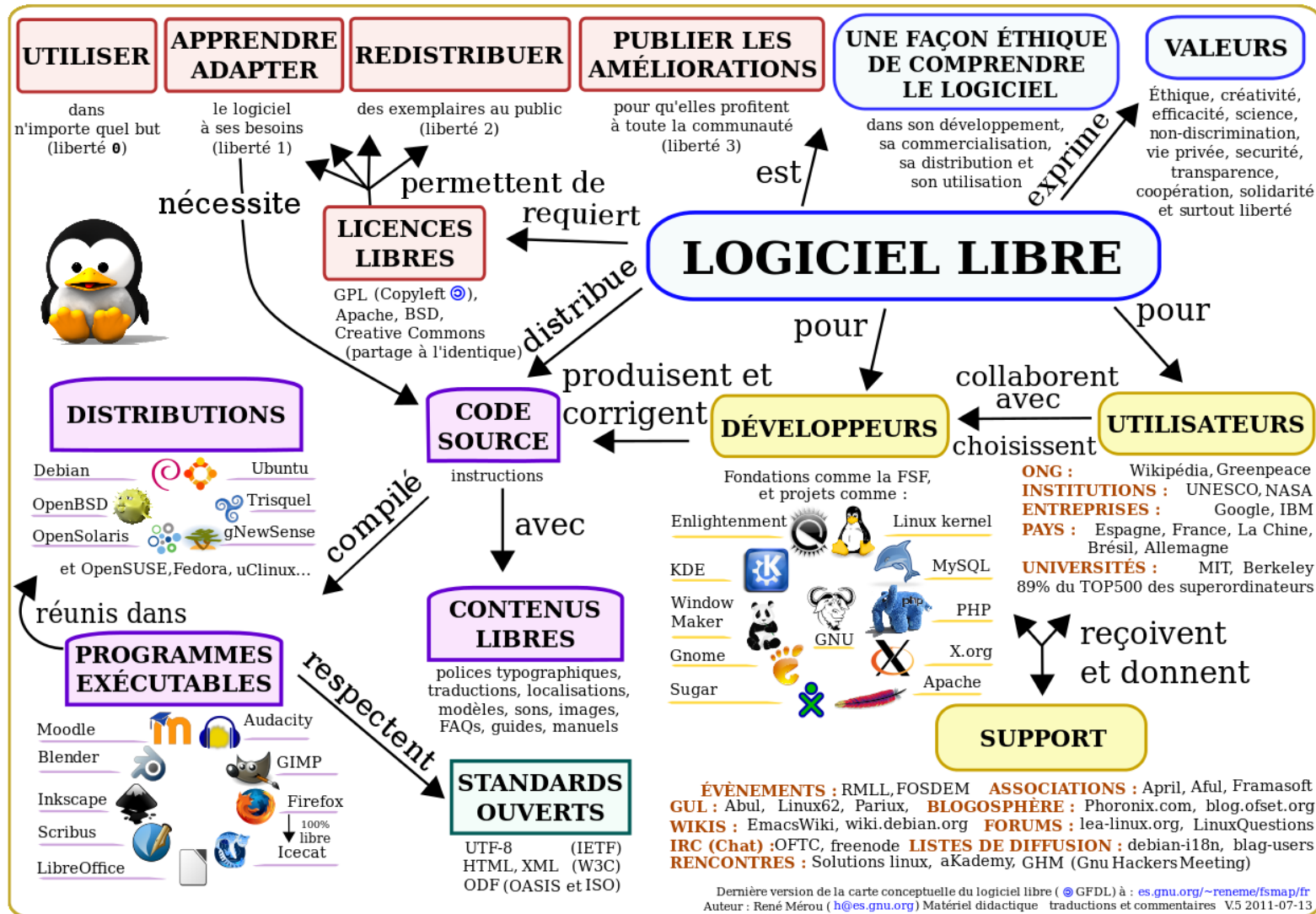
Depuis 1992 : **Linux** est le noyau privilégié de GNU. Des **distributions** diffusent un packaging d'applications.

Internet permet le partage des sources, des programmes, des connaissances.

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

Logiciel Libre

Les concepts du Logiciel Libre



Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système d'exploitation
À retenir

Les smartphones

Puce GSM (processeur connexion + audio)
+ Processeur et Système d'exploitation

Depuis 2007 :

- **iPhone** ⇒ écran tactile capacitif multi-touch, multi-tâches coopératif jusqu'en 2010
- **Android** : noyau Linux, OS libre (non GNU, codé en Java)

☞ clavier virtuel, sélection aux doigts != souris

⇒ Une application MacOSX n'est pas utilisable sur iPhone

⇒ Une application Linux n'est pas utilisable sur Android

☞ Une application d'accès aux **réseaux sociaux** doit être compilée pour tous les OS

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir

À retenir

Tous les ordinateurs partagent les mêmes principes de fonctionnement :

- Système de **démarrage minimal** *BIOS, Firmware*
- Système d'**exploitation** : partage des ressources
 - processeur(s),
 - mémoire,
 - stockage,
 - entrées : souris, clavier, écran tactile, réseau, ...
 - sorties : carte(s) vidéo, écran(s), imprimante(s), réseau, ...
 - bus USB : entrées et sorties
- L'ordinateur **traite seulement des fichiers** :
 - fichiers de **données**
 - fichiers de **programmes/applications**

Arithmétique
Encodage binaire
Un programme
Système
d'exploitation
À retenir