

Informatique et Langage C

Première année
Génie Physique et Systèmes embarqués

Créé par P Lefebvre
Dispensé par T Sadé - 2025



**ENSI
CAEN**

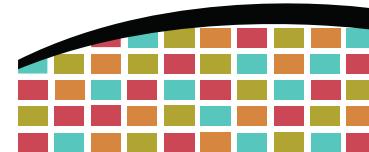
ÉCOLE PUBLIQUE D'INGÉNIEURS
CENTRE DE RECHERCHE



Langage C et Systèmes d'exploitation



Plefebvre - 2019

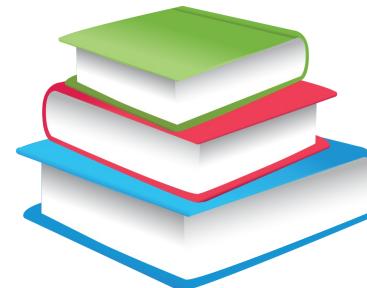


**ENSI
CAEN**

ÉCOLE PUBLIQUE D'INGÉNIEURS
CENTRE DE RECHERCHE

Bibliographie

- « Langage C », de *Brian Kernighan et Dennis Ritchie*
- « Introduction à l’algorithmique », de Cormen, Leiserson, Rivest
- openclassrooms.com : « Apprenez à programmer en C !”



A faire pour 2018-2019

- QCM chaque TP (5 questions)
- Revoir le TP shell : plus orienté écriture de script. simplifier la première partie.
Insister sur grep, find et redirections (pipe) .
- Imposer une structuration des TP avec
 - une arborescence à compiler à la main à partir des séances 2,3
 - puis compilé par makefile... à partir du TP 4,5
- Faire un projet avec la STL (IHM / jeu).
- utiliser GIT

Séquencement du cours avec Openclassroom

Je vous invite à suivre le cours de langage C sur openclassroom.

Voici le rythme de progression que vous devriez suivre :

14/09

- 1 Vous avez dit programmer ?
2. Ayez les bons outils !

21/09

3. Votre premier programme
4. Un monde de variables

28/09

5. Une bête de calcul
6. Les conditions

05/10

7. Les boucles
8. TP : Plus ou Moins, votre premier jeu

12/10

9. Les fonctions

19/10

Part #2 - Techniques « avancées » du langage C

1. La programmation modulaire
2. À l'assaut des pointeurs

Séquencement du cours avec Openclassroom

26/10

- 3. Les tableaux
- 4. Les chaînes de caractères

02/11

- 5. Le préprocesseur
- 6. Créez vos propres types de variables

09/11

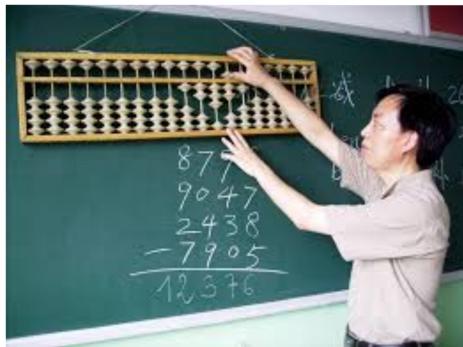
- 7. Lire et écrire dans des fichiers
- 8. L'allocation dynamique

16/11

- 9. TP : réalisation d'un Pendu
- 10. La saisie de texte sécurisée

30/11

- Part #4 - Les structures de données
- 1. Les listes chaînées
 - 2. Les piles et les files
 - 3. Les tables de hachage



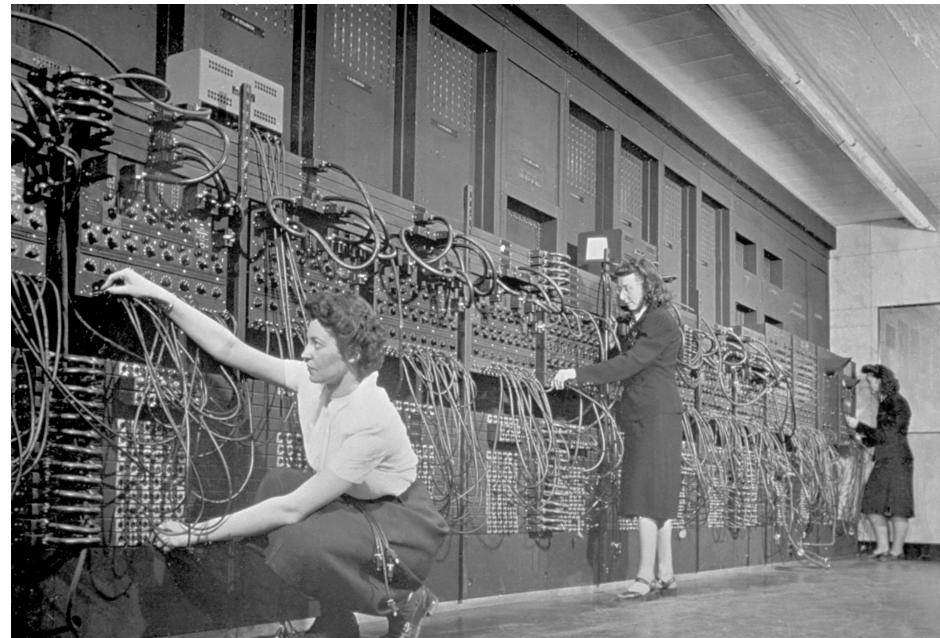
(pré)Histoire

- Ve siècle av J-C, la table de Salamine, abaque babylonienne servant à la conversion des monnaies
- au XIII^e siècle boulier Chinois.
- 1642, la Pascaline, inventé par Blaise Pascal pour aider son père, nommé surintendant de Haute Normandie.
- 1673 Leibniz, machine mécanique pouvant effectuer les 4 opérations
- 1854 création de l'algèbre binaire par Boole.
- 1896 création de Tabulating Machine Corporation qui deviendra IBM.
- 1937 Alan Turing, test de calculabilité : la machine de Turing.
- 1938 Shannon définit le bit (Binary digit)



Histoire (suite)

- 1941, Konrad Zuse fabrique le premier ordinateur (Z3) électromécanique facilement programmable par ruban perforé.
- 1945 Von Neumann met au point son architecture, qui a été longtemps la référence pour la conception des processeurs.
- 1947 Bardeen, Walter et Brattain fabriquent le transistor
- 1950 ENIAC, premier ordinateur entièrement électrique... mais difficilement programmable.
Jean Jennings Bartik (photo) fut la première à dompter la bête.
- 1950 Invention de l'assembleur à Cambridge par Wilkes
- 1957 Crédit à John Backus pour la création du Fortran, premier langage de haut niveau par John Backus d'IBM.



Histoire (suite)

- Années 70, multi-utilisateur, réseau.
AT&T Labs avec Ken Thomson et Dennis Ritchie crée **Unix**
- Années 80 : début des ordinateurs individuels
Tanenbaum crée un microkernel Unix appelé **Minix** pour ses étudiants
Apple 2 conçu par Steve Wozniak
- Années 90 : PC, interactivité, plug & play...
Windows
Linus Thorvald, inspiré par Minix crée le noyau **Linux** en 1991
GNU/Linux = système d'exploitation complet intégrant des outils du projet **GNU**
(compilateur, IHM, éditeurs, shell...) initié par Richard Stallman
- Années 2000, **OS embarqués** :
smartphones, tablettes, voitures, box ADSL...
Android...

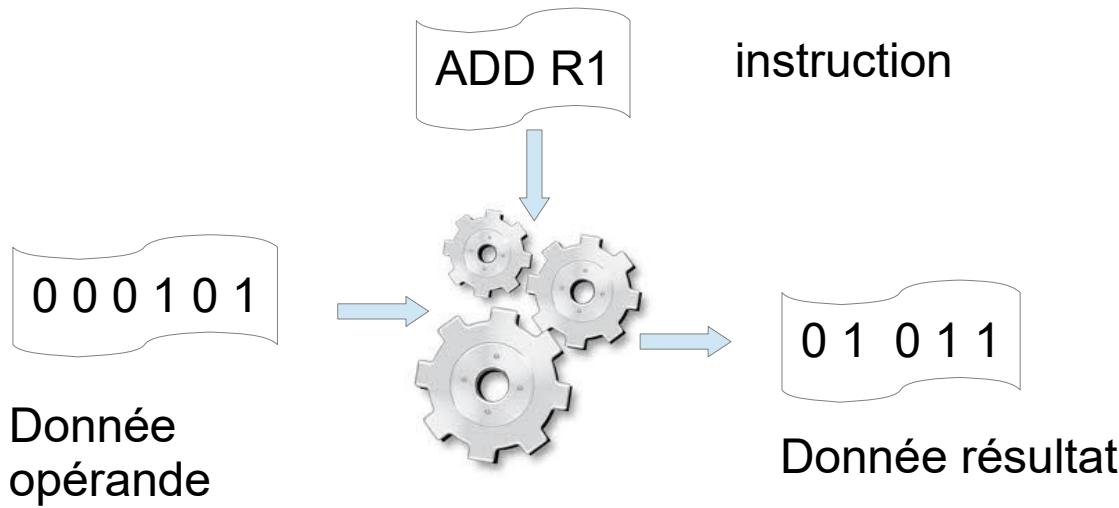


plan

- Architecture d'un ordinateur
 - Codage des nombres entiers, des flottants, des caractères
 - Architecture de Von Neuman
- Système d'exploitation et multi-tâche
- Langage C
 - Types de données
 - Instructions de contrôle
 - La gestion de la mémoire
 - Gestion des fichiers et des entrées sorties

Fonctionnement d'une machine

Ordinateur = machine qui traite des données à l'aide d'un programme et qui produit des résultats.



La moulinette est le plus souvent **séquentielle**, c'est à dire que les instructions sont traitées l'une après l'autre en fonction d'une horloge.

Fonctionnement d'une machine

Exemple d'instruction en langage haut niveau :

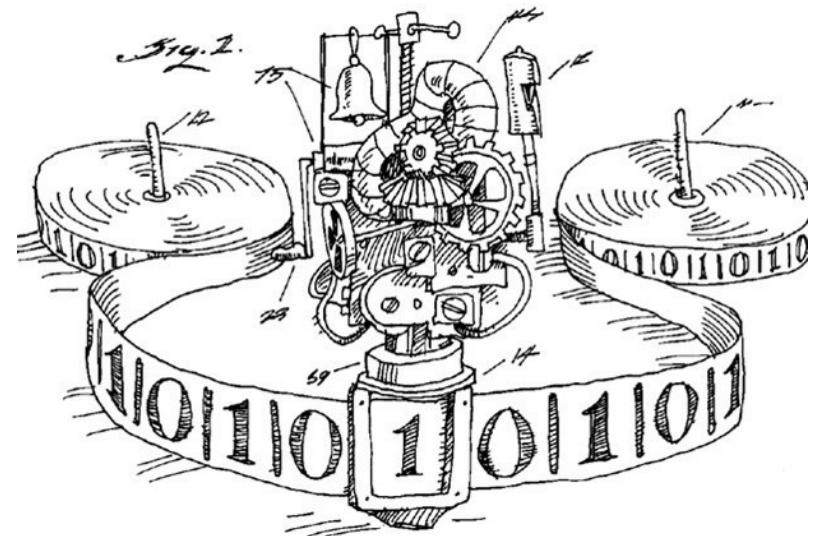
```
i = i + 1 ;
```

traduite en langage de bas niveau

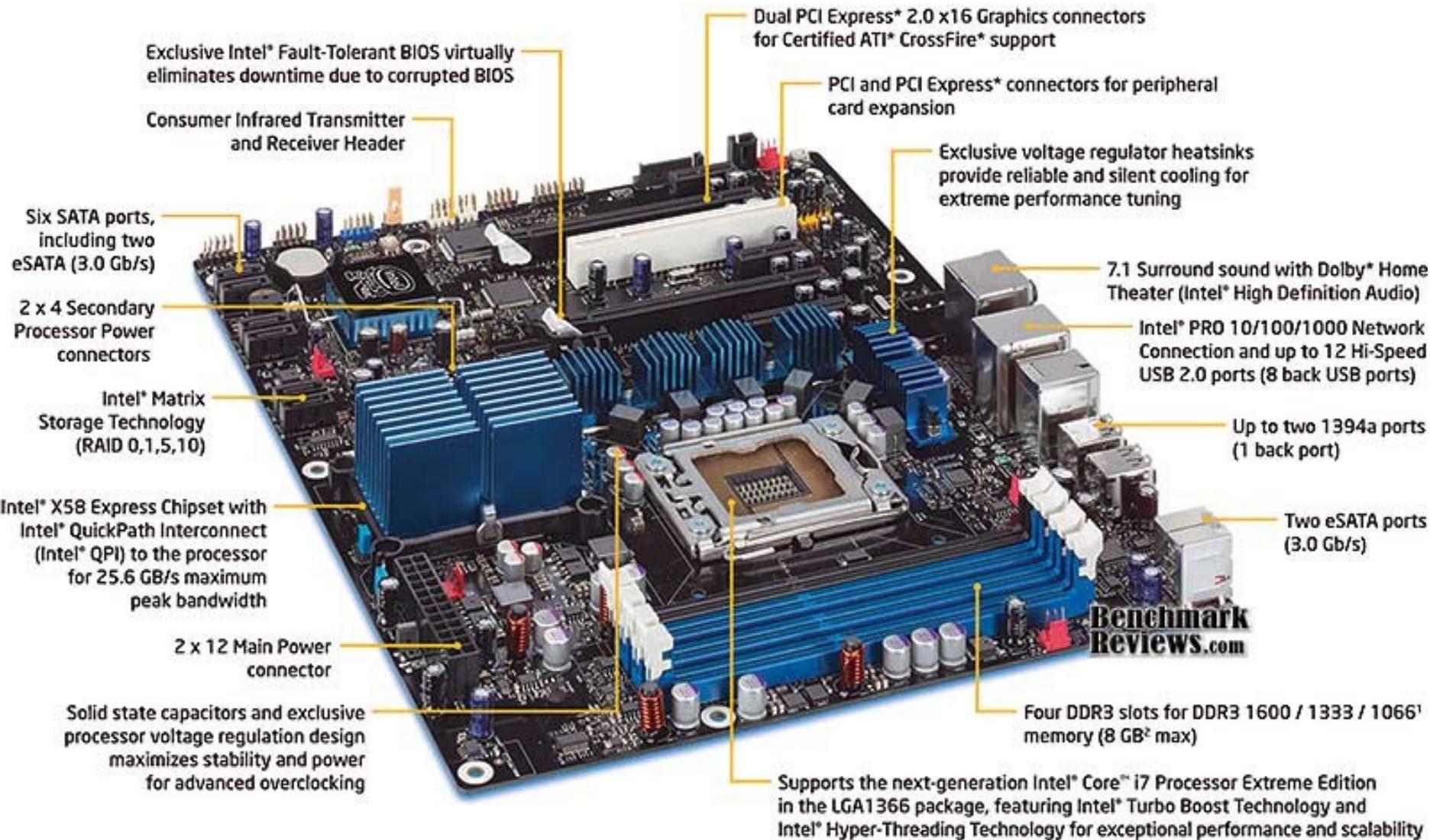
```
mov 0x00004000, Reg
inc Reg
mov Reg, 0x00004000
```

traduite en binaire

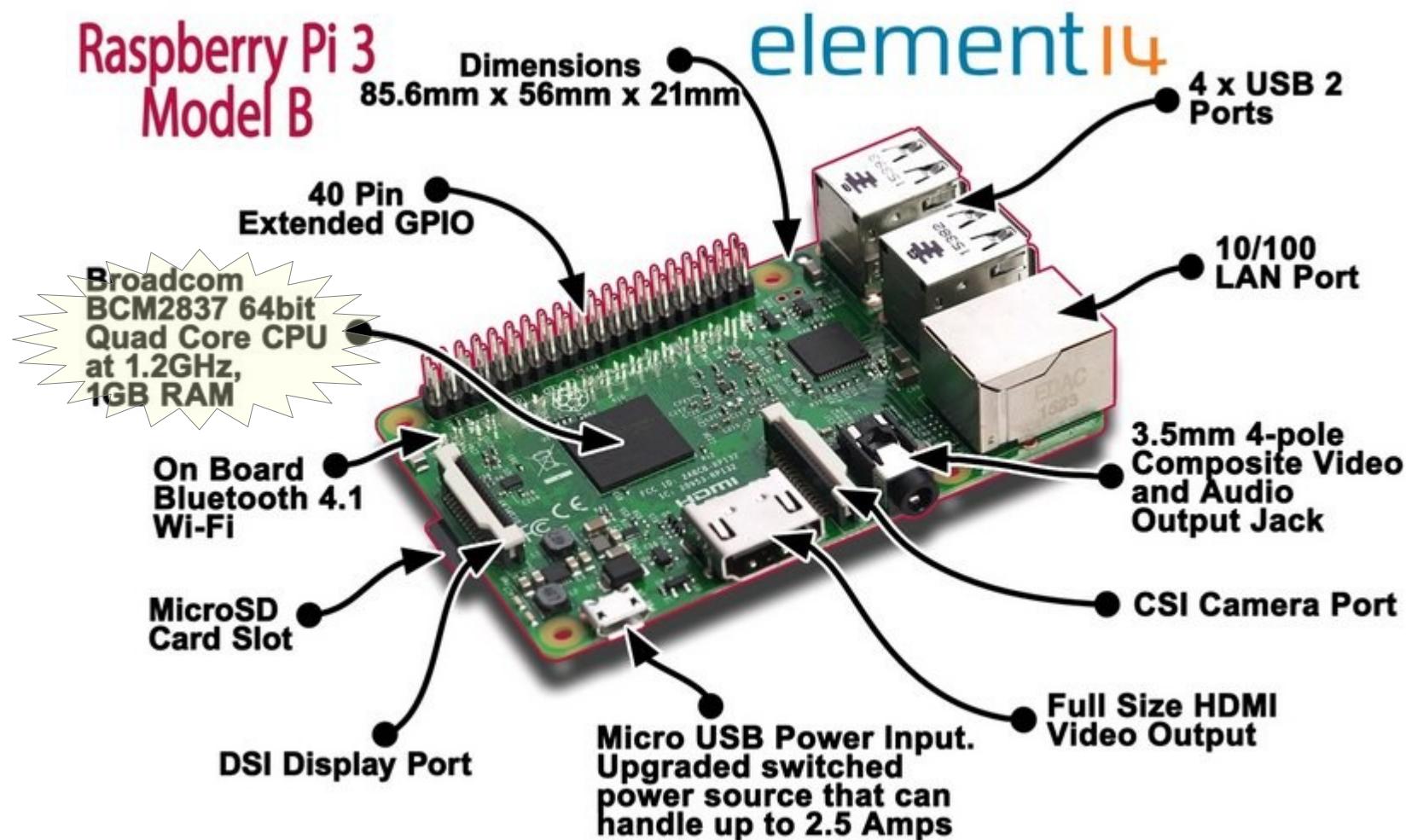
```
00000020
00040000
00000010
00000021
00040000
```



Fonctionnement d'une machine



Fonctionnement d'une machine

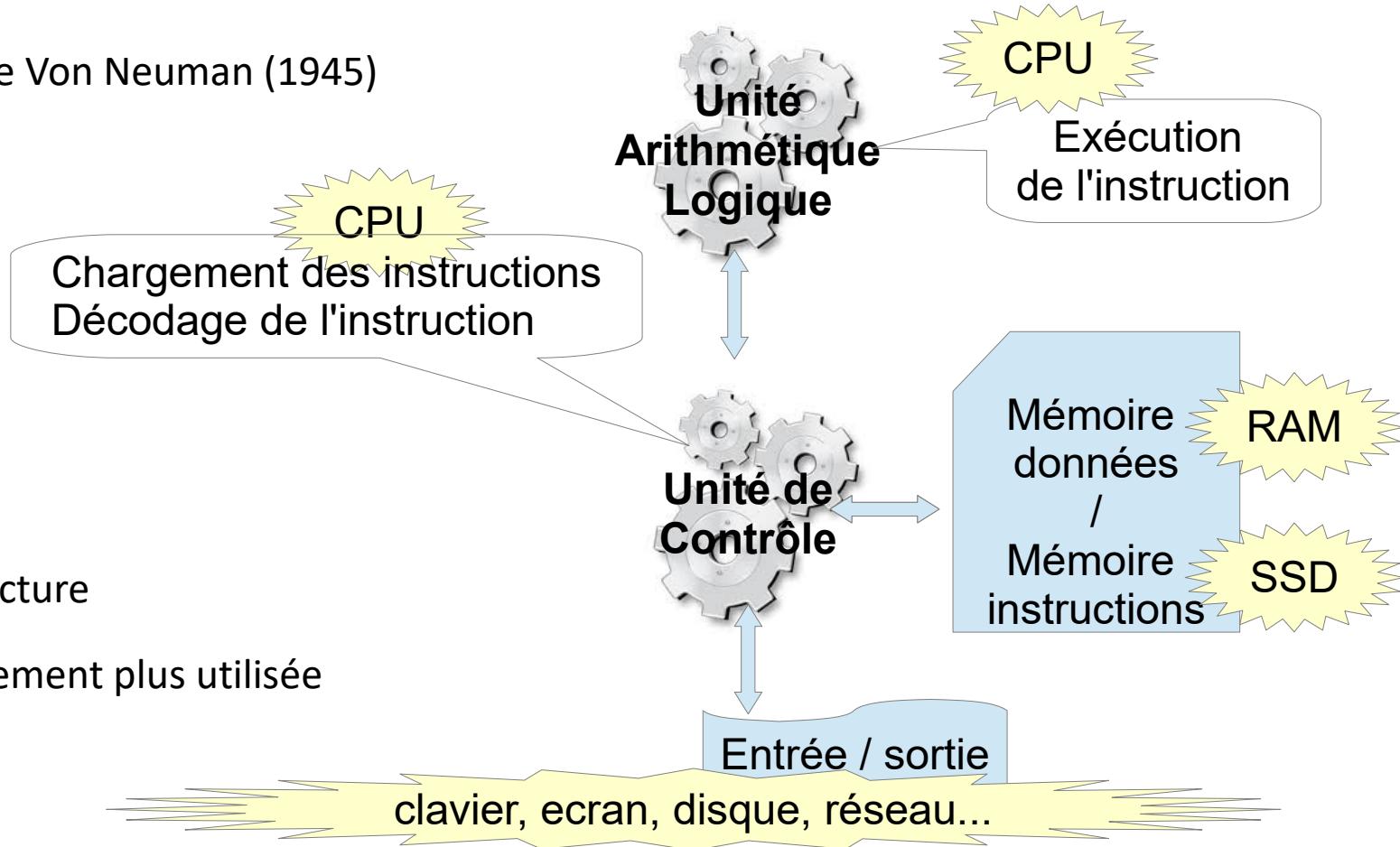


Fonctionnement d'une machine

Ordinateur de Von Neuman (1945)

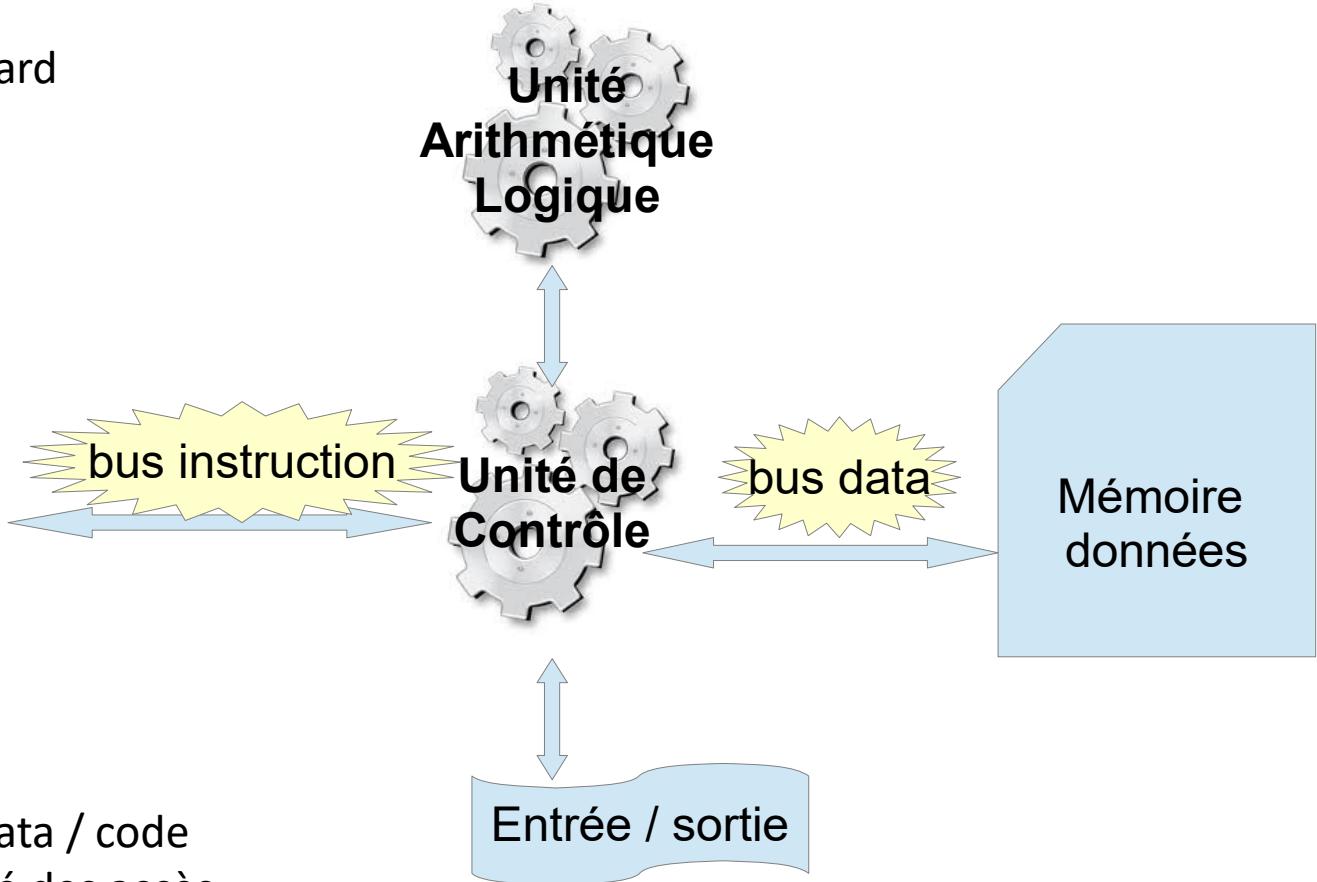
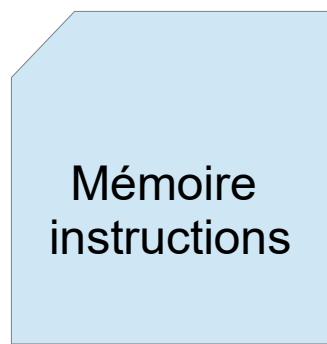
Cette Architecture

n'est pratiquement plus utilisée



Fonctionnement d'une machine

Ordinateur de Harvard
(IBM 1944)



- Accès simultané data / code
- Meilleure efficacité des accès

Fonctionnement d'une machine : la mémoire

- La mémoire est un ensemble de cases pouvant stocker 8 bits, soit 1 octet.
- Chaque case comporte une adresse / un numéro permettant l'accès à son contenu.
- L'accès à la mémoire par le processeur se fait par un ensemble de fils, appelé **bus** :
 - Bus d'adresse
 - Bus de données.
- Sur un système 64 bits, le bus d'adresse comporte 64 fils.
- La capacité d'une mémoire se compte en puissance de 2.
 2^{10} octets = 1024 octets = 1 kibi-octet.
 2^{20} = 1Mio , 2^{30} = 1Gio, 2^{40} = 1Tio (Mébi, Gibi, Tébi-octet)
- Notez le « i » pour les différencier des unités du système international.

Fonctionnement d'une machine : la mémoire

Binary vs. decimal data measurements

BINARY SYSTEM			DECIMAL SYSTEM		
NAME	FACTOR	VALUE IN BYTES	NAME	FACTOR	VALUE IN BYTES
kibibyte (KiB)	2^{10}	1,024	kilobyte (KB)	10^3	1,000
mebibyte (MiB)	2^{20}	1,048,576	megabyte (MB)	10^6	1,000,000
gibibyte (GiB)	2^{30}	1,073,741,824	gigabyte (GB)	10^9	1,000,000,000
tebibyte (TiB)	2^{40}	1,099,511,627,776	terabyte (TB)	10^{12}	1,000,000,000,000
pebibyte (PiB)	2^{50}	1,125,899,906,842,624	petabyte (PB)	10^{15}	1,000,000,000,000,000
exbibyte (EiB)	2^{60}	1,152,921,504,606,846,976	exabyte (EB)	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
zebibyte (ZiB)	2^{70}	1,180,591,620,717,411,303,424	zettabyte (ZB)	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000
yobibyte (YiB)	2^{80}	1,208,925,819,614,629,174,706,176	yottabyte (YB)	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000

Fonctionnement d'une machine, la mémoire

- Exemple avec un bus d'adresse à 2 fils

adresse = 01

bus adresse

adresse	valeur
11	01010011
10	01111111
01	00001111
00	01011111

bus data
donnée = 00001111



- Combien faut il de fils pour adresser 4 Gio de mémoire ?

Les limites actuelles des machines

Maille du silicium : 0,54 nm

En technologie 3 nm : 80 mailles de Si forment la grille du transistor (gate pitch 48nm)

** Pour 2025 TSMC annonce une technologie 3 nm pour les processeurs Ryzen d'AMD

Fréquence 5 GHz → ~ 1 instruction / 0,2 ns

temps Aller/Retour d'un bout à l'autre dans le i7

$$t = \text{distance/célérité} = (2 \times 0,02) / 3.10^8 = 0,13 \text{ ns}$$

le temps Aller/Retour « mange tout le temps de cycle »

Au-delà d'une fréquence limite, le processeur passerait plus de temps à attendre les signaux qu'à calculer.

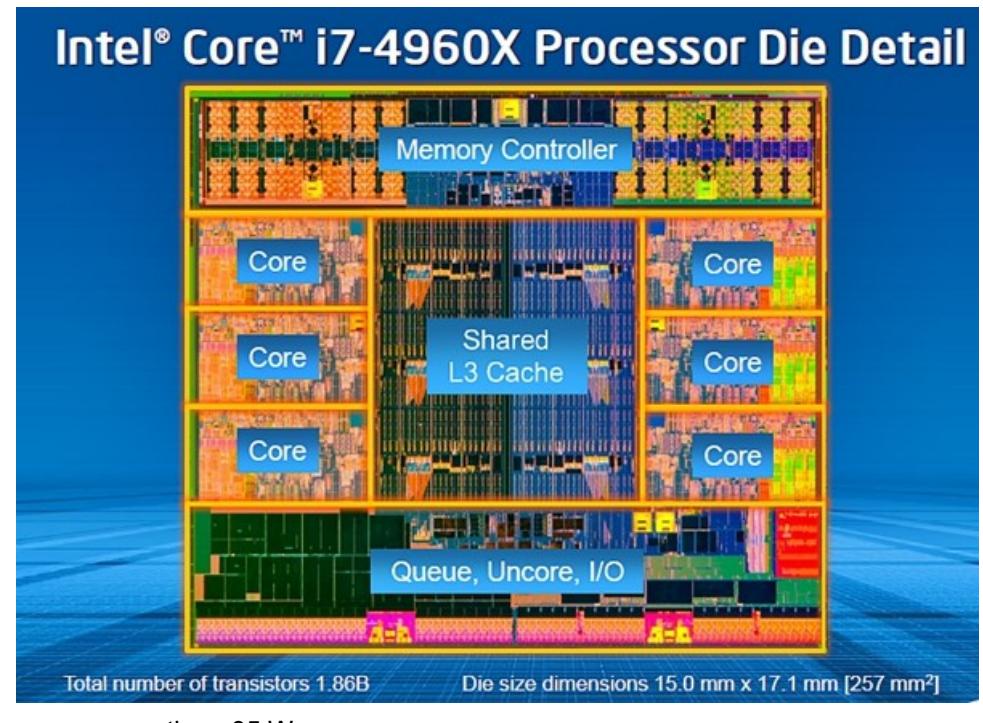
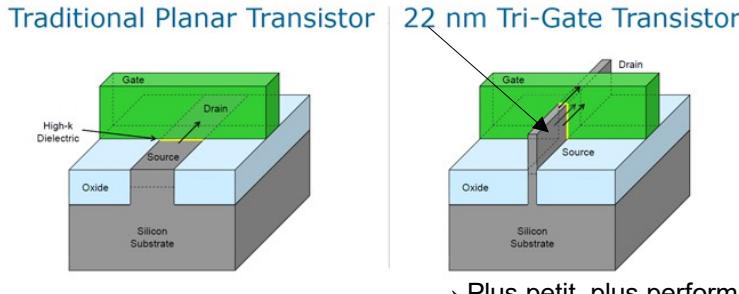
Pour compenser cette limite :

→ paralléliser les architectures

... mais aussi réduire la consommation.

... et sécuriser les échanges de données.

Autre avenir, l'ordinateur quantique

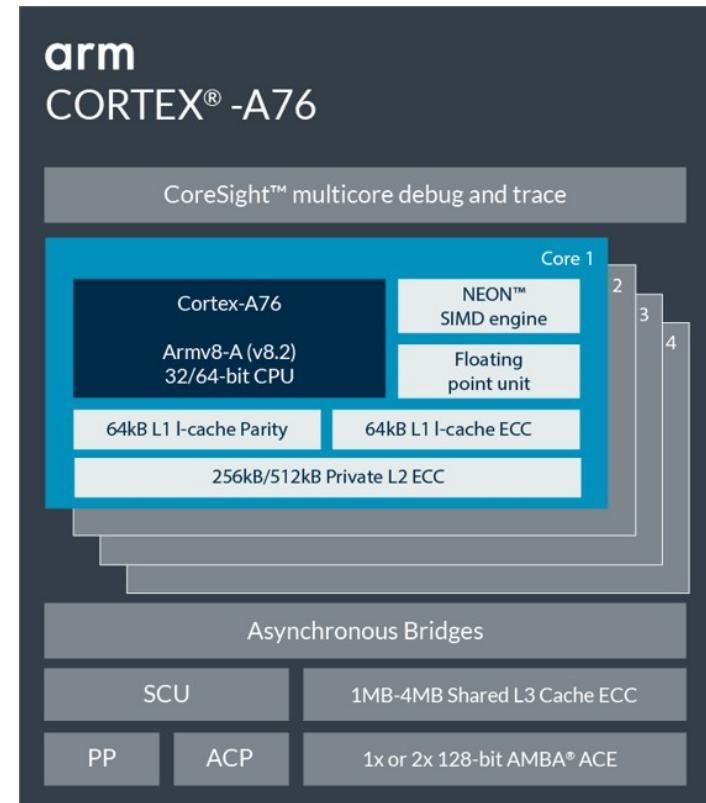


Hiérarchie mémoire

Mémoire Cache : La mémoire principale (RAM DDR) est trop lente pour le processeur. Il faut donc une mémoire plus proche du CPU (mémoire cache) qui lui permet de travailler efficacement.

Exemple chez Arm :

- Cache Level 1 : 2 par cœur (data et instructions séparés)
- Cache Level 2 : un par cœur
- Cache Level 3 : un par processeur.



Hiérarchie mémoire

**Plus la mémoire est loin du CPU,
plus elle est de grande capacité... mais moins elle est rapide !**

Exemple i7 Haswell:

	taille	Latence (en cycle)
register	64 bits	1
Data cache L1	32 KB	4 si simple accès
Instruction cache L1	32 KB	idem
L2 cache	256 KB	12
L3 cache	8 MB	36
RAM	512 GB	36*(nb_mots) + 57 (en ns)

Il faut gérer le « va et vient » entre la mémoire de travail (registre, cache) et la mémoire principale (RAM).
→ c'est le CPU et l'OS qui gèrent cela.

Hiérarchie mémoire

Lorsque la RAM ne suffit plus aux applications, l'OS peut décharger la mémoire utilisée mais non utile à l'instant sur le disque dur. Ce mécanisme s'appelle le **swap**.

Lorsque **l'OS réveille une application** (clic de souris...) mais que ses segments mémoires sont sur le disque, il faut remettre en RAM les segments mémoires.

windows : fichier swap « pagefile.sys ». L'emplacement de ce fichier doit être sur le disque le plus rapide car il impacte grandement les performances de la machine.

Linux : partition particulière appelée « partition swap ». même remarque.

Fonctionnement d'une machine : le CPU

- A chaque coup d'horloge (ou presque) le CPU
 - va chercher une instruction en mémoire grâce au registre « Instruction Pointer » qui connaît l'adresse de la prochaine instruction à exécuter.
 - décode l'instruction pour savoir à quel circuit donner l'instruction pour exécution (unité de calcul, unité de chargement mémoire, unité d'entrée/sortie...)
 - exécute l'instruction (calcul ou écriture en mémoire)
 - écrit le résultat dans le registre destination si besoin
- Ces étapes sont faites par des **unités fonctionnelles différentes** :
 - Charger, Decoder, Execution, Write Back
- Ces unités peuvent travailler en **parallèle** (*illustration ci-après*)

Fonctionnement d'une machine : le CPU

Mémoire

instruction 1
instruction 2
instruction 3
instruction 4



CPU

charger l' instruction	décoder l'instruction	exécuter l'instruction	écrire le résultat dans un registre
instruction 4	instruction 3	instruction 2	instruction 1

coups d'horloge

unité fonctionnelle	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>
chargeur	<i>Ins 1</i>	<i>Ins 2</i>	<i>Ins 3</i>	<i>Ins 4</i>	<i>Ins 5</i>	<i>Ins 6</i>	<i>Ins 7</i>
décodeur		<i>Ins 1</i>	<i>Ins 2</i>	<i>Ins 3</i>	<i>Ins 4</i>	<i>Ins 5</i>	<i>Ins 6</i>
Exécution			<i>Ins 1</i>	<i>Ins 2</i>	<i>Ins 3</i>	<i>Ins 4</i>	<i>Ins 5</i>
Ecriture				<i>Ins 1</i>	<i>Ins 2</i>	<i>Ins 3</i>	<i>Ins 4</i>

L'ordonnancement des tâches

Le processeur peut exécuter plusieurs tâches en parallèle :

- car il a plusieurs coeurs
- mais il peut simuler du parallélisme en effectuant des “morceaux de tâche” les unes après les autres.

Le système d'exploitation organise le séquencement des tâches en fonction

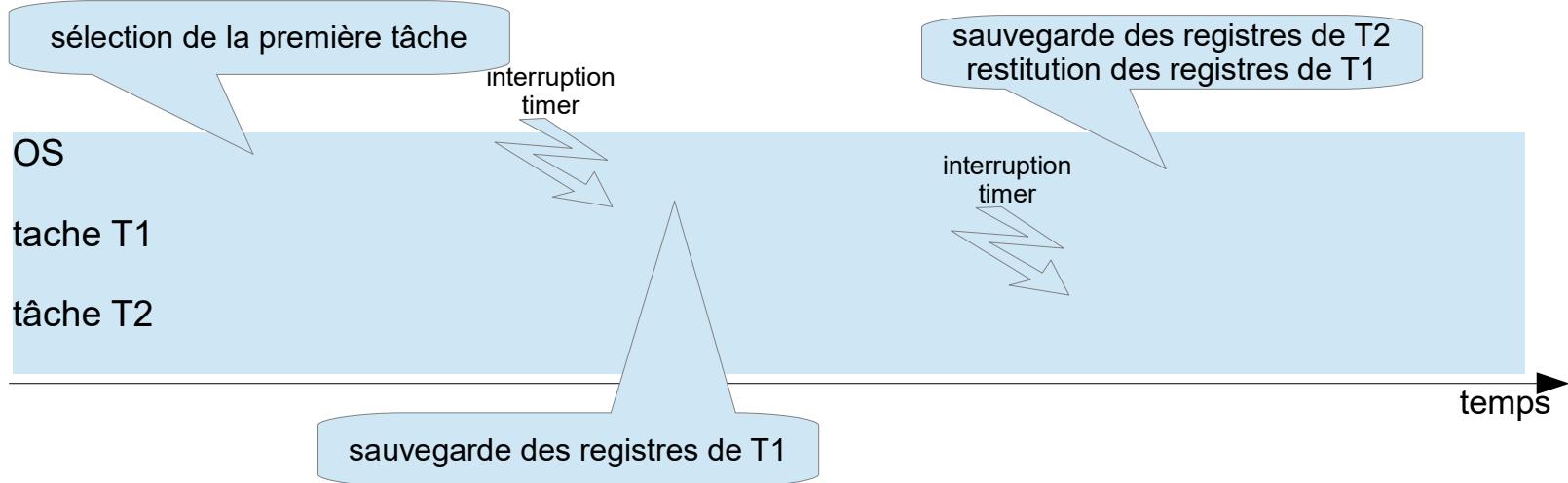
- des priorités de tâches
- des ressources disponibles
- Lorsque le CPU passe d'une tâche à une autre on appelle cela la **commutation de contexte**.

L'ordonnancement des tâches

ordonnancement coopératif



ordonnancement préemptif

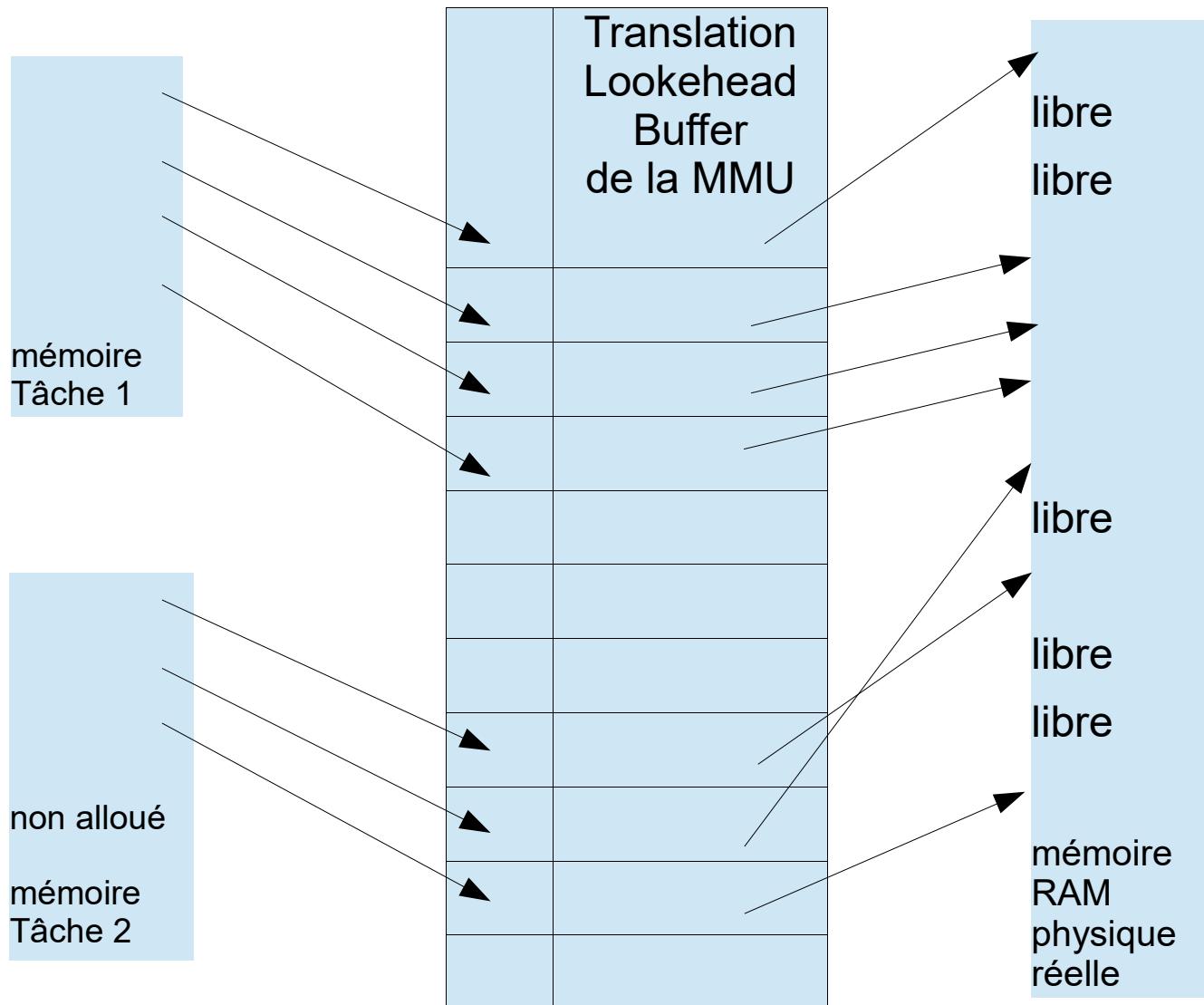


L'ordonnancement des tâches

Le CPU possède une unité fonctionnelle particulière appelée MMU
Memory management Unit

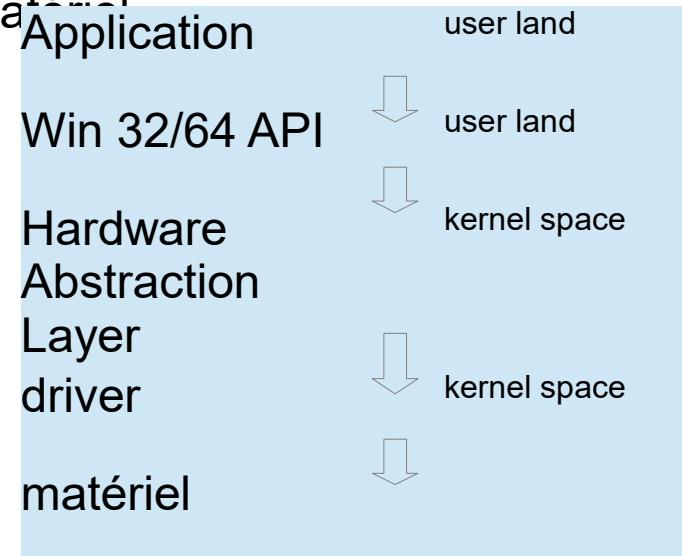
- garanti qu'**une tâche ne peut accéder aux données d'une autre** (il existe des failles comme furent Meltdown et Spectre)
- facilite la gestion mémoire en offrant aux programmes un **espace mémoire plan virtuel**.
- La mémoire est découpée en **segments** (par exemple 2 Mo) et une table de correspondance en mémoire (cf. planche suivante) est gérée par la MMU.
- L'OS fonctionne en mode privilégié (appelé **mode kernel**) et peut accéder à la totalité de la mémoire ainsi qu'aux entrées/sorties
- Les applications (tâches) fonctionnent en **mode user** et ne peuvent accéder aux E/S qu'en faisant des appels systèmes, c'est à dire en appelant des fonctions du systèmes d'exploitation
- Une tâche qui accède à un segment mémoire non alloué est arrêtée : le fameux “access violation” de Windows !

Virtualisation de la mémoire



Les appels systèmes

- L'OS propose aux développeurs des bibliothèques de fonctions permettant de gérer la machine.
Win32 / Win64 API pour windows et glibc pour Linux.
- Offre une interface unifiée aux programmes quelque soit le matériel → couche d'abstraction matériel offerte aux programmeurs.
- Le fabricant d'un matériel offre un programme (qui peut être certifié) appelé pilote qui permet de gérer le matériel. Il doit se conformer à la couche HAL.
- Facilite la gestion mémoire en offrant aux programmes un espace mémoire plan virtuel.
- Augmente la robustesse des systèmes puisque ces appels systèmes ont été maintes fois testés.



Fonctionnement d'une machine : le CPU

Les registres généraux des processeurs INTEL

Nom 32 bits

EAX	accumulateur
ABX, ECX, EDX	registres généraux
EBP	Base Pointer : pointe le début de la pile au moment de l'entrée dans une fonction
ESP	Stack Pointer : pointeur de pile
EIP	Instruction Pointer

Nom 64 bits

RAX	accumulateur
RBX, RCX, RDX	registres généraux
RBP	Base Pointer : pointe le début de la pile au moment de l'entrée dans une fonction
RSP	Stack Pointer : pointeur de pile
RIP	Instruction Pointer

Fonctionnement d'une machine : le CPU

Les zones mémoire d'un programme

- **Le segment de code** : contient le code binaire du programme
- **Le segment de données**: contient les données à exploiter et les résultats. Ces données sont organisées de plusieurs manières :
 - **la pile** : zone de mémoire gérée de manière FIFO : first in / first out. Permet de stocker des résultats intermédiaires de manière éphémères.
 - **le tas** : zone de mémoire permanente, gérée par l'OS de manière dynamique (le programme peut en demander plus) permettant de gérer de grosses quantités de données comme des images.

Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

Convention du langage assembleur d'AT&T

Opérande source, destination

suffixe pour les longueurs :

Movb : 8 bits

Movw : 16 bits

Movl : 32 bits

Movq : 64 bits

Par défaut source et destination sont des adresses mémoires

\$: désigne une valeur (ex. mov \$3, 1000 → mettre la valeur 3 à l'adresse 1000)

% : désigne un registre

index(%registre) adressage indexé. Ex : (avec EBP=1000)

mov -0x10(%ebp),%eax → mettre la valeur située à l'adresse 1016 dans eax.

Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

Exemple de représentation mémoire pour un processeur Intel.

- voir la traduction assembleur page suivante -

```
main() {  
    int a=7 ;  
    printf (" 2 x %d = %d\n", a, fois2(a));  
}  
int fois2 (int b) {  
    return (b*2);  
}
```

La variable locale **a** sera à l'adresse contenue dans **EBP – 8 octets**

Le paramètre **b** sera à l'adresse contenue dans **EBP + 8 octets** (EBP n'aura pas la même valeur)

Par convention le **code de retour d'une fonction** se trouve dans **EAX**

Les constantes (ici la chaîne de caractère du printf) sont stockées dans le code.

La convention de l'assembleur est celle d'AT&T : *code_instruction source, destination*

Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

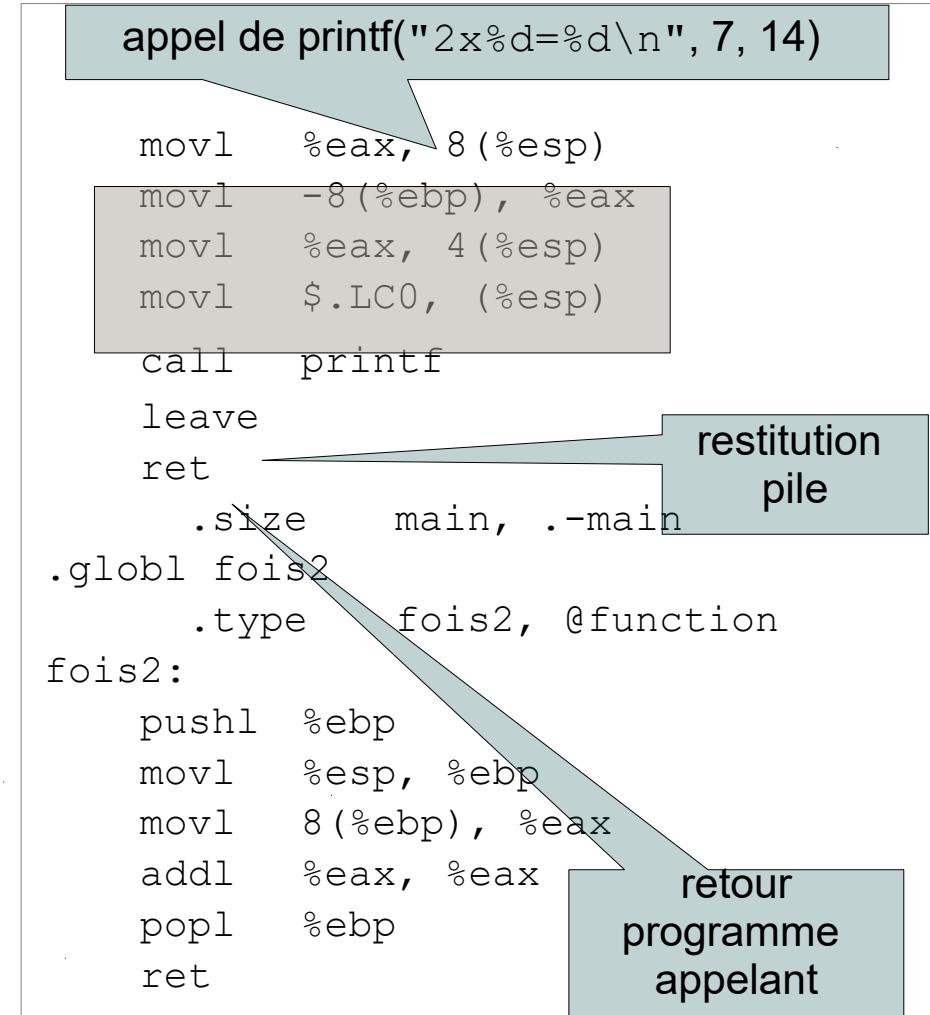
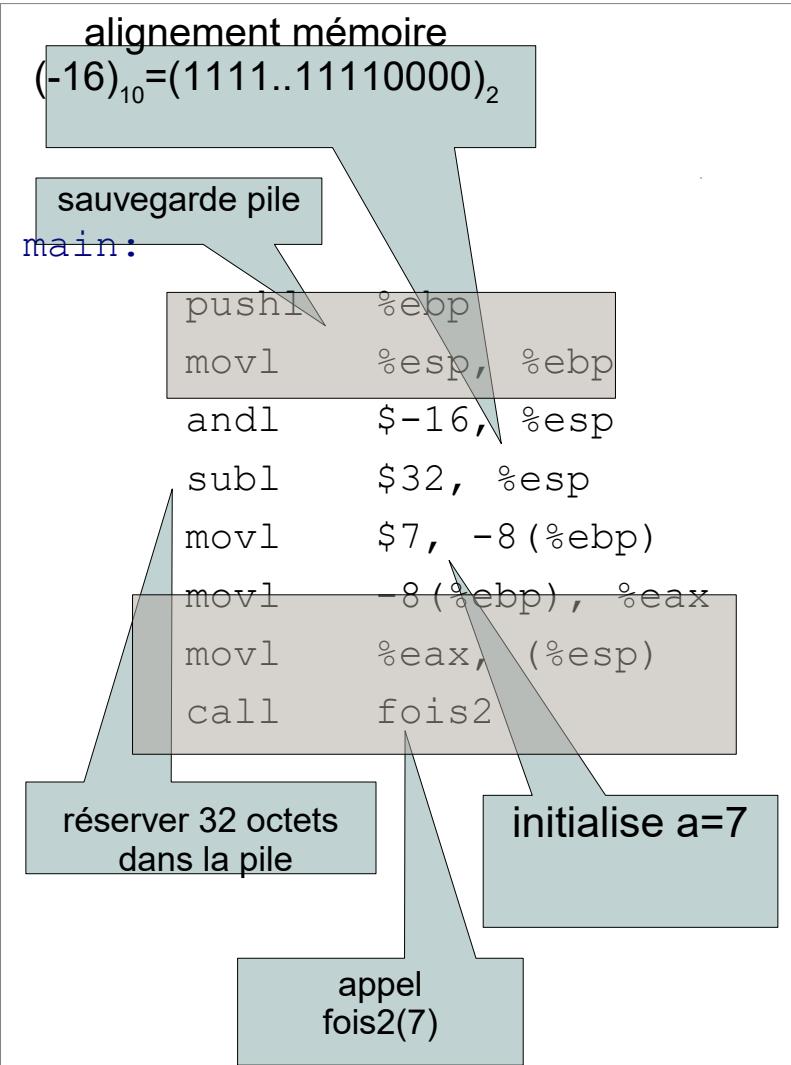
Exemple de représentation mémoire pour un processeur Intel.

```
> gcc -S essai.c -o essai.s
> more essai.s
```

```
.file    "essai.c"
.section .rodata
.LC0:
    .string " 2 x %d = %d\n"
    .text
.globl main
    .type   main, @function
main:
    pushl   %ebp
    movl%esp, %ebp
    andl$-16, %esp
    subl$32, %esp
    movl$7, -8(%ebp)
    movl-8(%ebp), %eax
    movl%eax, (%esp)
    callfois2
```

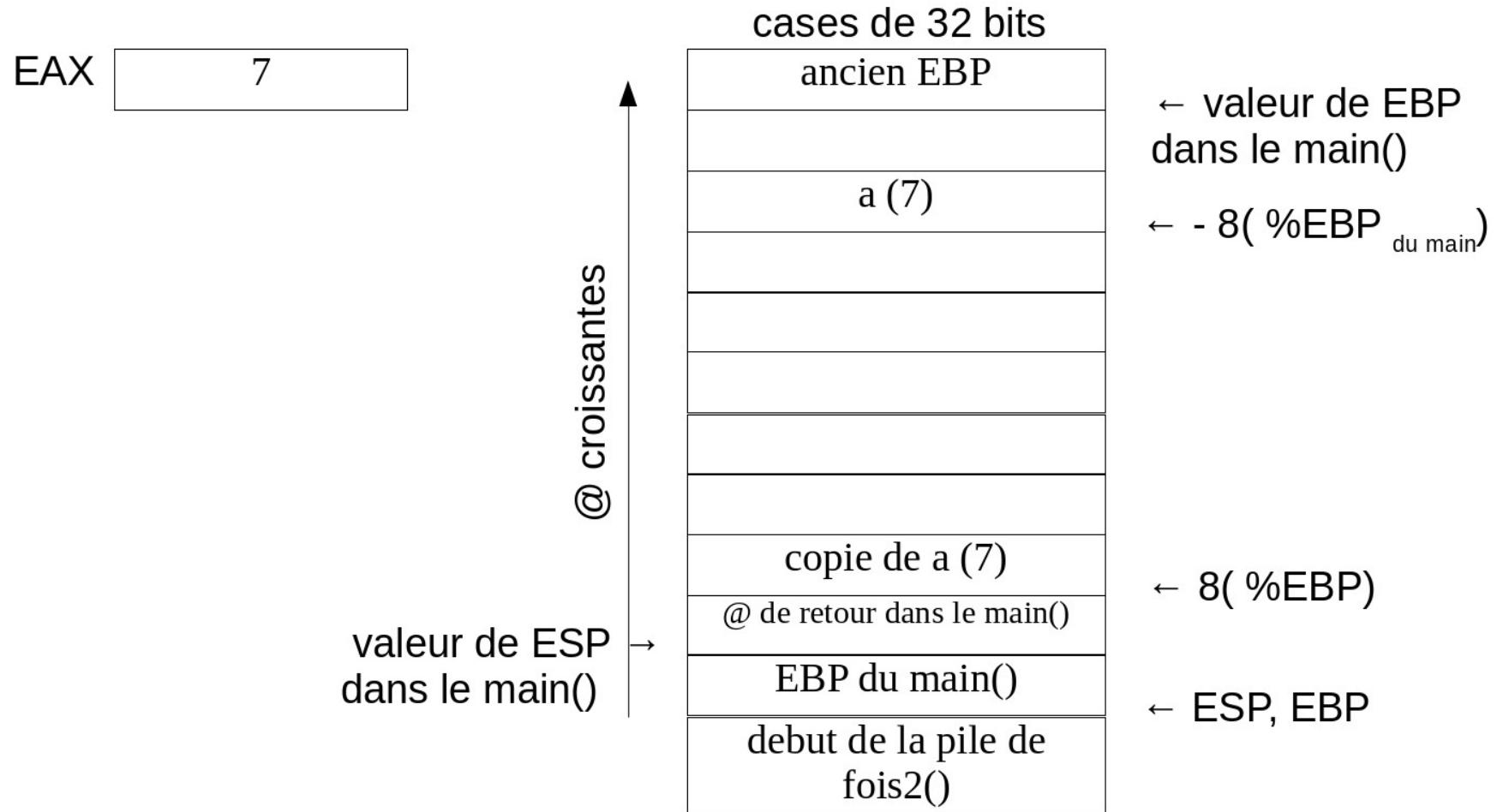
```
    movl %eax, 8(%esp)
    movl-8(%ebp), %eax
    movl %eax, 4(%esp)
    movl $.LC0, (%esp)
    callprintf
    leave
    ret
    .size main, .-main
.globl fois2
    .type fois2, @function
fois2:
    pushl   %ebp
    movl   %esp, %ebp
    movl   8(%ebp), %eax
    addl   %eax, %eax
    popl   %ebp
    ret
    .size fois2, .-fois2
.ident "GCC: (Ubuntu 4.4.1-4ubuntu9) 4.4.1"
.section .note.GNU-stack,"",@progbits
```

Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)



Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

Etat de la pile juste avant `addl %eax, %eax` de la fonction `fois2`



Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

Remarques :

- La valeur de retour de la fonction se trouve dans EAX (accumulateur). C'est une **convention du langage C**
- Le premier argument est empilé en dernier. il est donc accessible par l'adresse contenue dans EBP-8. Ceci permet l'utilisation des fonctions à **paramètres multiples**. C'est le premier paramètre qui renseigne sur le nombre de paramètres au total.
- Pour plus **d'efficacité** le compilateur C réserve 32 octets dans lesquels il fera le passage des paramètres des fonctions. Ceci évite d'avoir à dépiler les paramètres après l'appel de la fonction.
- Le processeur Intel ne possède pas d'instructions permettant de faire des MOV mémoire vers mémoire. Passage par un registre.
- Sur la pile on retrouve une copie de la variable a. C'est le passage par copie. Si la fonction doit modifier la variable a il faut passer sur la pile l'adresse de la variable a.

Fonctionnement d'une machine : le CPU (suite)

Vous avez compris ?

Alors,

- Où se trouverait une variable b de type double, déclarée dans le main() juste après a ?
- Où se trouverait une variable x de type int, déclarée dans la fonction fois2 ?

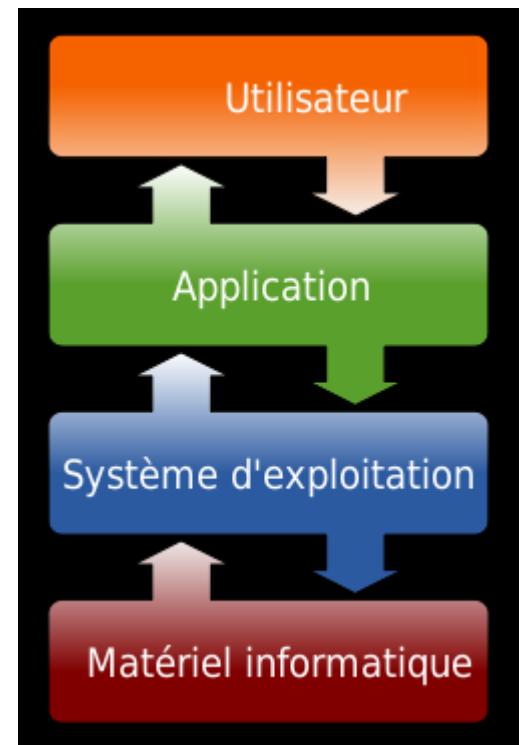
Fonctionnement d'une machine

Le système d'exploitation

Fournit des fonctions pour exploiter le **matériel**, comme la **mémoire** (allocation dynamique, cache...), les **entrées sorties** (écran, clavier, réseaux, souris, disques durs...), le **multi-tâche**...

Peut fournir également une **interface utilisateur** pour gérer la machine. Cette interface peut être graphique (Android, Mac OSX, Window's) ou textuelle, comprenant un **interpréteur de commande**.

Dialogue Application / Système d'exploitation souvent fait au travers de **bibliothèques de fonctions** écrites en langage C !

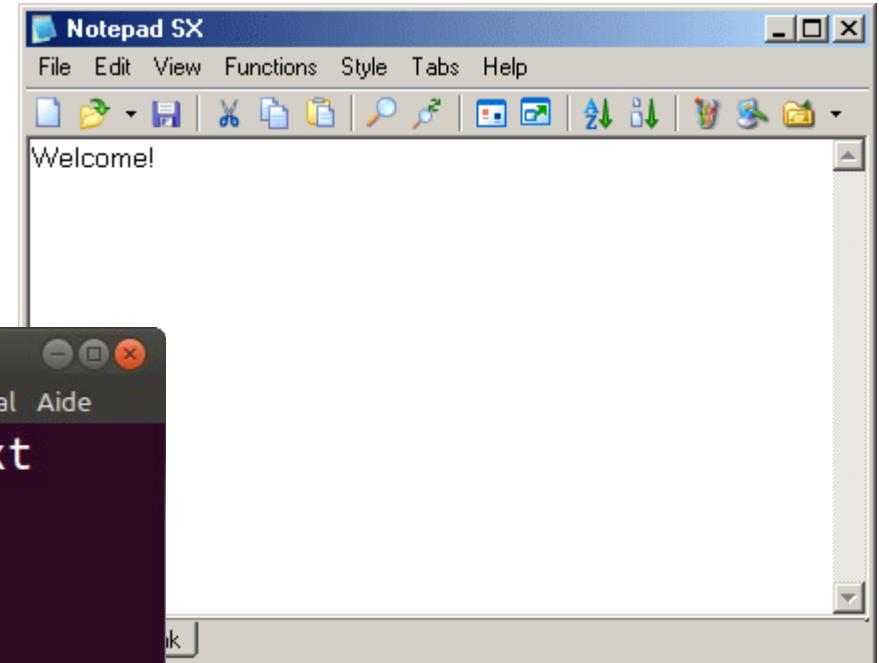


* image de Golftheman

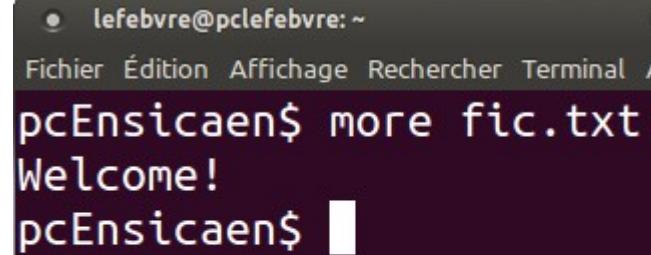
Fonctionnement d'une machine

Exemple : Ouverture d'un fichier

- Je double clic...

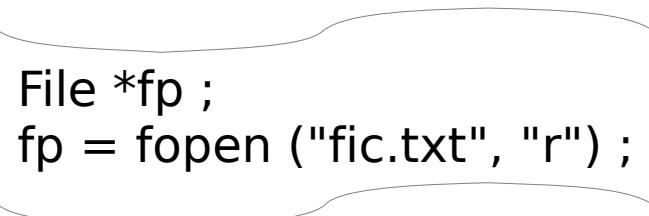


- en Shell



```
lefebvre@pclefebvre: ~
Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal Aide
pcEnsicaen$ more fic.txt
Welcome!
pcEnsicaen$
```

- en C



```
File *fp ;
fp = fopen ("fic.txt", "r") ;
```

Fonctionnement d'une machine

Du langage humain → vers le langage machine :

Traduction nécessaire entre le programme écrit en langage compréhensible par l'homme et le **langage machine**, compréhensible par le processeur.

Langages interprétés : traduction au cours de l'exécution : Python, Shell, Javascript, Java*...

- + indépendant de la plateforme
- vitesse d'exécution

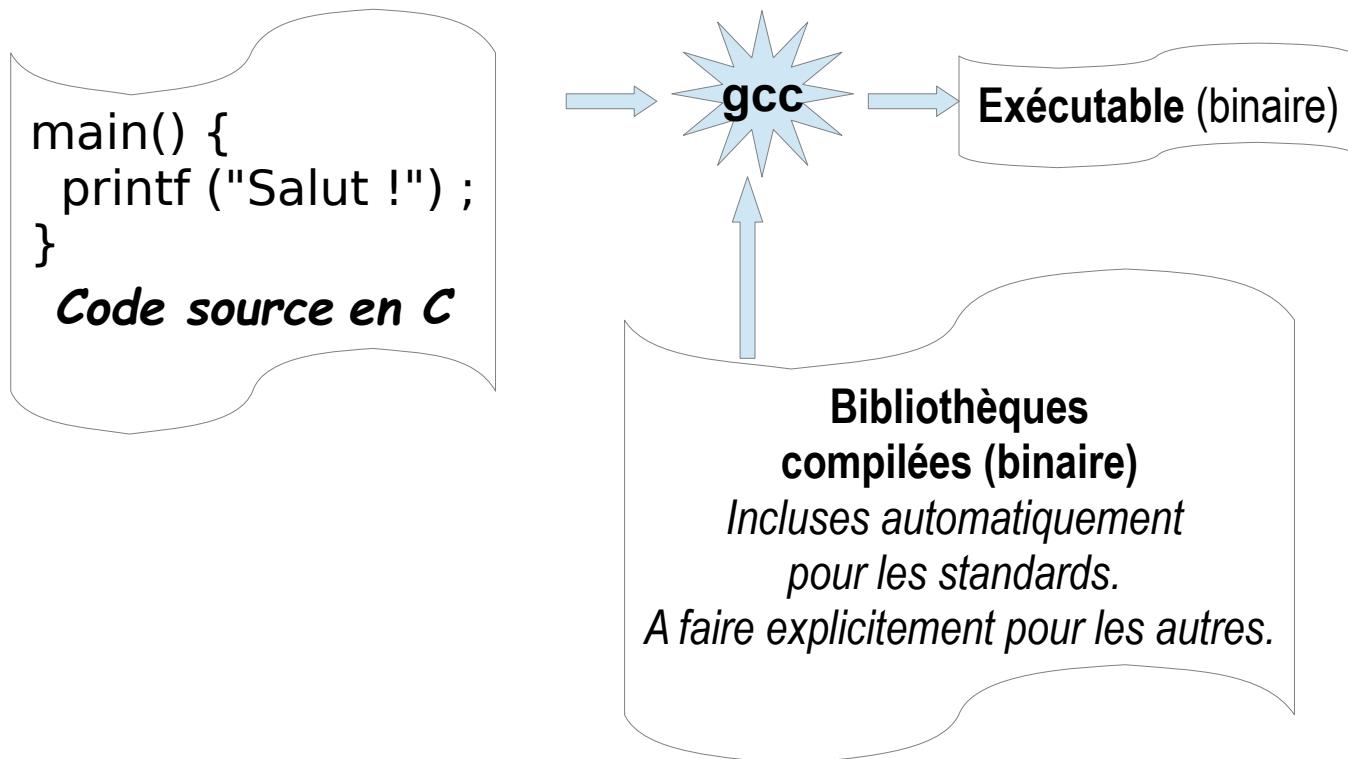
Langages compilés : traduction avant l'exécution : C, C++, ADA, Java* ...

- + vitesse d'exécution
- dépendant de la plateforme

* traduction intermédiaire en « byte code »

Fonctionnement d'une machine

La chaîne de compilation :



Fonctionnement d'une machine

La chaîne de compilation – exemple sous Linux :

Nom de l'éditeur de fichier :
gedit (il existe aussi sublime, geany...)

Nom du fichier source écrit en C

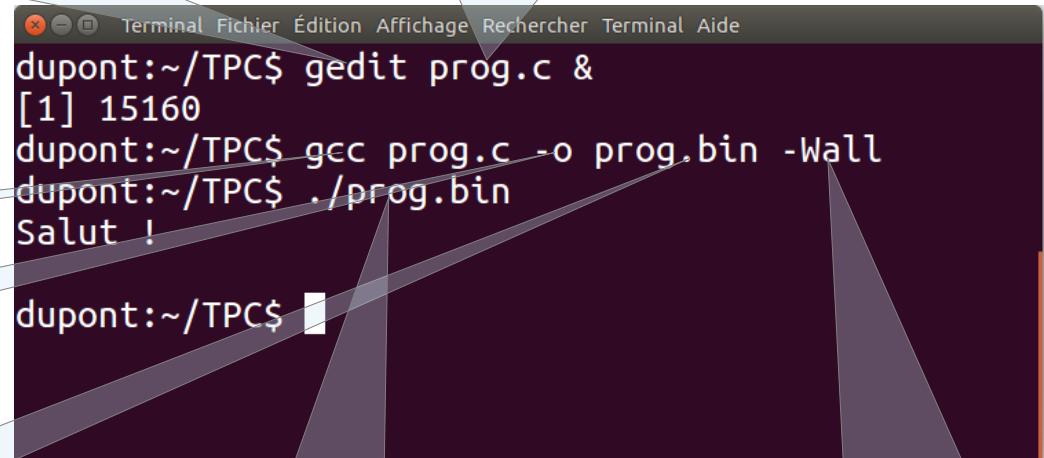
Nom du compilateur

Option du compilateur :
Nom du fichier binaire

Nom du fichier binaire

Exécution du programme

Option du compilateur :
Afficher tous les avertissements



```
Terminal Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal Aide
dupont:~/TPC$ gedit prog.c &
[1] 15160
dupont:~/TPC$ gcc prog.c -o prog.bin -Wall
dupont:~/TPC$ ./prog.bin
Salut !
dupont:~/TPC$
```

Types de données

Codage des entiers

- pour les char, short, int, long : binaire complément à 2.

Exemple :

$$(26)_{10} = (0001\ 1010)_2 = (1A)_{16}$$

$$26 = 0x2^7 + 0x2^6 + 0x2^5 + 1x2^4 + 1x2^3 + 0x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0 = 1x16^1 + 10x16^0$$

- Le complément à 2 s'obtient en faisant l'inversion bit à bit du code naturel et en ajoutant 1.
Du coup, **le bit de gauche représente le signe**.

$$(26)_{10} = (0001\ 1010)_2 \rightarrow \text{inv} \rightarrow (1110\ 0101)_2 \rightarrow +1 \rightarrow (1110\ 0110)_2 = (-26)_{10} = (\text{E6})_{16}$$

$$(-1)_{10} = (1111\ 1111)_2 = (\text{FF})_{16}$$

$$(-2)_{10} = (1111\ 1110)_2 = (\text{FE})_{16}$$

- Si le type est précédé de **unsigned**, le type est non signé. C'est important pour les comparaisons car :

$(\text{FF})_{16} < 1$ pour les nombres signés

$(\text{FF})_{16} > 1$ pour les nombres non signés

Types de données

Codage des entiers

bit de signe	0	1	1	1	1	1	1	1	=	127
positifs	0								=	...
	0	0	0	0	0	0	1	0	=	2
	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0
négatifs	1	1	1	1	1	1	1	1	=	-1
	1	1	1	1	1	1	1	0	=	-2
	1								=	...
	1	0	0	0	0	0	0	1	=	-127
	1	0	0	0	0	0	0	0	=	-128

Types de données

Codage des nombres flottants 32 bits

pour les float : norme IEEE 754 sur 32 bits

- **Le signe** : bit de gauche (le plus significatif) : vaut 1 si < 0
 - **L'exposant** : les 8 bits suivants.
 - **La mantisse** : les 23 suivants. Le bit le plus significatif vaut 0,5. Celui qui suit a le poids 0,25, celui d'après 0,125...

Le nombre obtenu se calcule comme suit :

$$nb = (-1)^{\text{signe}} \times 2^{\text{exposant}-127} \times (\text{mantisso}+1)$$

- Exemple : $(-0,75)_{10}$ se code 1011111101000000000000000000000000000000
car $-0,75 = -1,5 \times 2^{-1}$
mantisse = 0,5 et exposant = 126

<https://fr.wikihow.com/convertir-un-nombre-d%C3%A9cimal-au-format-binaire-IEEE-754>

Types de données

Codage des nombres flottants de type “double”

- Le format suit le même principe mais sur 64 bits (11 bits d'exposant et 52 bits de mantisse)
- Le chiffre le moins significatif représente :
 - $2^{-52} = 2,22 \cdot 10^{-16}$ pour les doubles, soit 15 chiffres significatifs en base 10
 - $2^{-23} = 1,19 \cdot 10^{-7}$ pour les floats, soit 6 chiffres significatifs en base 10
- Le nombre le plus grand en valeur absolue est :
 - $2^{1024} = 1,8 \cdot 10^{308}$ pour les doubles
 - $2^{128} = 3,4 \cdot 10^{38}$ pour les floats

Types de données

Codage des caractères

- Caractères **ASCII**:

Comme la mémoire ne contient que des nombres, il faut une table, dite **table ASCII** (American Standard Code for Information Interchange) faisant correspondre les caractères usuels avec les valeurs comprises entre 0 et 127.

- Caractères **Unicode** :

Est une norme internationale qui recense les caractères d'un très grand nombre de langues incluant chinois, japonais, arabe : 1,114,112 caractères

<http://www.unicode.org/charts/> pour une liste complète.

Types de données

ASCII TABLE

Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char
0	0	[NULL]	32	20	[SPACE]	64	40	@	96	60	'
1	1	[START OF HEADING]	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	[START OF TEXT]	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	[END OF TEXT]	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	[END OF TRANSMISSION]	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	5	[ENQUIRY]	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	[ACKNOWLEDGE]	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	[BELL]	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	[BACKSPACE]	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	[HORIZONTAL TAB]	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	[LINE FEED]	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	[VERTICAL TAB]	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	[FORM FEED]	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	[CARRIAGE RETURN]	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	[SHIFT OUT]	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	[SHIFT IN]	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	[DATA LINK ESCAPE]	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	[DEVICE CONTROL 1]	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	[DEVICE CONTROL 2]	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	[DEVICE CONTROL 3]	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	[DEVICE CONTROL 4]	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	[NEGATIVE ACKNOWLEDGE]	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	[SYNCHRONOUS IDLE]	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	[END OF TRANS. BLOCK]	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	[CANCEL]	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	[END OF MEDIUM]	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	[SUBSTITUTE]	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	[ESCAPE]	59	3B	:	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	[FILE SEPARATOR]	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	1D	[GROUP SEPARATOR]	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	[RECORD SEPARATOR]	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	[UNIT SEPARATOR]	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	[DEL]

Types de données

Encodage des caractères

1 octets

- iso-8859-1 (Latin1) code sur 8 bits les caractères occidentaux. La table ASCII occupe les 128 premiers codes.
- iso-8859-15 (Latin15) idem à Latin1 mais code l' « € » et l' »œ ». Mais il en existe de nombreux autres codage sur 8bits (ex : windows-1256 pour l'arabe...)
- utf-8 code sur un nombre variable d'octets les caractères. Tous les caractères unicodes sont encodables.

1 octets

- Ce sont les bits de poids fort du premier octet qui précise la longueur du code.
- 0xxx xxxx est compatible avec l'ASCII
- 110x xxxx 10xxxxxx encode presque l'ensemble des langues occidentales

- 1110 xxxx 10xxxxxx 10xxxxxx encode tout l'Unicode historique (appelé Basic Multilingual Plane)
- 11110xxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx encode le reste de l'Unicode.

utf-16 et utf-32 reprennent le principe de l'utf-8 en plus efficace, mais sont incompatibles avec la table ASCII.

Encodage des caractères

Exercice

Avec gedit saisissez le mot « déjà » dans un fichier que vous nommerez « `deja_utf8.txt` » en l'enregistrant en choisissant « encodage utf-8 ».

Dans une console, taper

```
hexdump -C deja_utf8.txt
```

ce qui vous donnera :

```
00000000  64 c3 a9 6a c3 a0-0a
00000008
```

adresse de la ligne
dans le fichiers

code du d

6a est le code du j

c3 a9 est le code du é

c3 a0 est le code du à

|d..j....|

0a : saut de ligne

caractères si affichables

Faites la même chose en enregistrant cette fois-ci votre fichier en choisissant « encodage iso8859-15 ». Analyser le fichier de nouveau avec hexdump.

Quel est la taille du fichier ? pourquoi ?

Exercice

Ouvrir le gestionnaire de tâche de windows et déterminer combien d'application tournent en parallèle

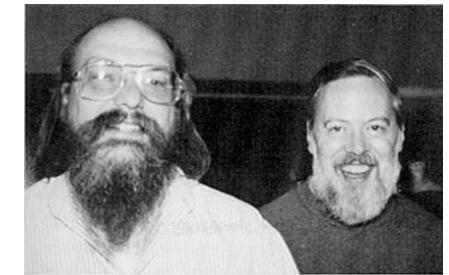
Ouvrir le gestionnaire de matériel et donner le nombre de cœurs de la machine

Ouvrir le gestionnaire de disques. Combien de disque possède la machine ? Quels sont les types de partitions de chaque disque.

Le langage C

Historique

- Langage inventé par **Denis Ritchie** pour aider **Ken Thomson** à développer UNIX en 1971.
- C'est un langage **procédural**, comme le langage machine dont il est très proche : les instructions sont exécutées de manière séquentielle
- Il comprend entre autres :
 - des variables
 - des instructions de contrôle (test)
 - des instructions de boucle
- Les variables sont **typées**.
 - Permet au compilateur de **repérer plus facilement les erreurs** de programmation.
 - Permet également de **modifier le comportement des opérateurs** en fonction du type des données.
- Le C standard, s'appelle le C ANSI C89. Divers adaptations sont nées pour rendre plus de services aux programmeurs.
- La plus connue est C99. Elle est moins portable que la norme ANSI C89.
- La dernière version est C18, la version C23 est en cours de préparation.

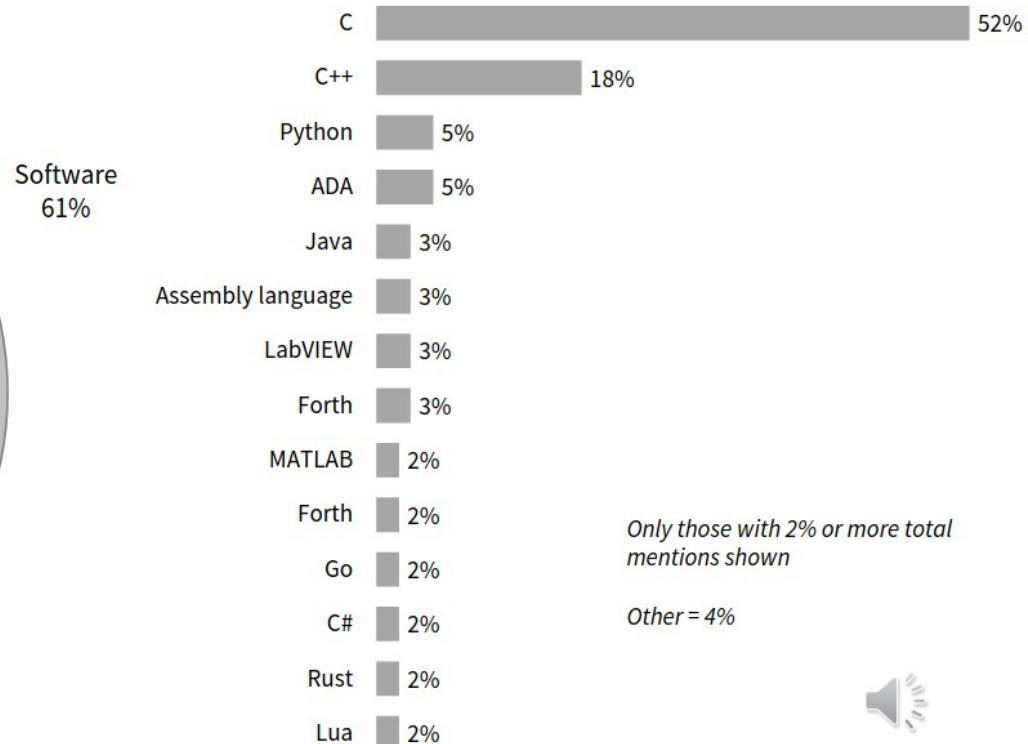
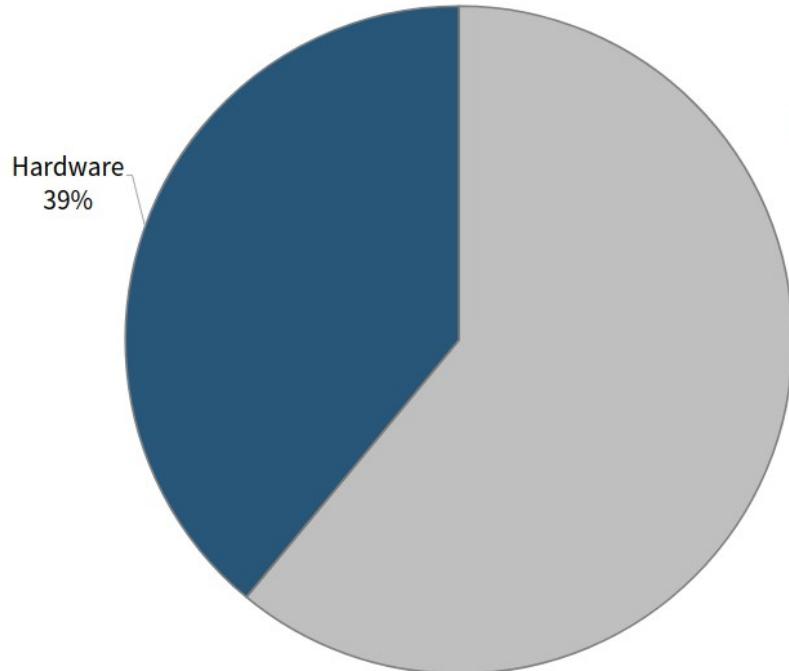


Le langage C

pourquoi ? “étude 2023 Embedded survey”

Software development requires more cycle time

“C” dominates other languages for embedded software programming



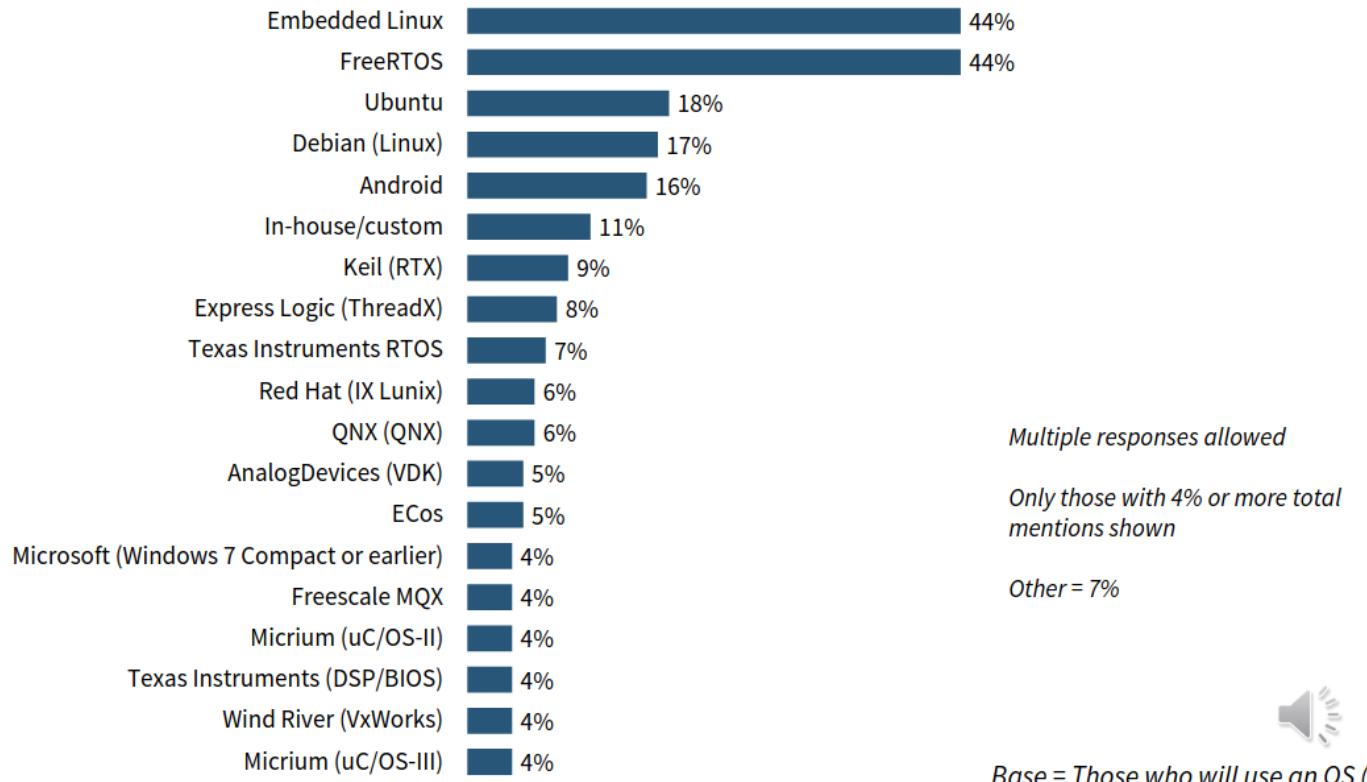
Total Respondents

GNU Linux

pourquoi ? “étude 2023 Embedded survey”

Most popular embedded OSs – Embedded Linux, FreeRTOS and Ubuntu

Top 3 OSs are especially popular in APAC, while Embedded Linux is used more in the Americas



Format

Les identifiants.

Ils sont utilisés pour nommer les variables, les fonctions, les nouveaux types. Seuls les caractères : [a-z] [A-Z] [0-9] et _ sont autorisés. Les identifiants ne peuvent pas commencer par un chiffre.

Les mots réservés :

Types : void char short int long float double

Modificateurs : auto extern register static signed unsigned const volatile

Constructeurs : enum struct typedef union

Boucles : do for while

Conditions : case default else if switch

Branchements : break continue goto return

Autres : asm entry fortran sizeof

Mise en page

- Les lignes contenant des instructions se terminent par un point virgule.
- Un programme est un **ensemble de fonctions**.
- Les fonctions sont structurées de cette manière en C ANSI :
 - un **prototype** définissant les paramètres d'entrée et ceux de sortie.
 - une **accolade ouvrante {**
 - la **déclaration des variables** ;
 - des **instructions** ;
 - une **accolade fermante }**
- La fonction `main()` est la première fonction exécutée.
- Les commentaires sont encadrés par `/*` et `*/` ou commencent par `//` et se terminent à la fin de la ligne

Mise en page

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main ()
{
    int a = 0 ;
    int A = 3 ;
    printf ("a=%d A=%d \n", a, A+A ) ;
    return (EXIT_SUCCESS) ;
}
```

Inclusion entête de la bibliothèque pour printf

Inclusion entête de la bibliothèque pour EXIT_SUCCESS

On peut omettre les paramètres du main

Attention à la casse !

*Une tabulation devant
chaque instruction à l'intérieur d'un bloc :
4 espaces recommandés*

produit :
a=0 A=6

Types de données

Les types primitifs sur gcc Linux Intel

- **char** : 8 bits, de -128 à + 127
- **short** : 16 bits, de -32768 à +32767
- **int** : 32bits, de -2 147 483 648 à +2 147 483 647
- **long** : 64 bits, de -9 223 372 036 854 775 808 à 9 223 372 036 854 775 807
- **float** : 32 bits, flottant à la norme IEEE 754 (max = 1e38), précision sur 6 chiffres significatifs
- **double** : 64 bits, flottant à la norme IEEE 754 (max = 1e308), précision sur 15 chiffres significatifs
- A partir de C99, il existe le **_int128** et le **long double** sur 128 bits. Ils ne sont pas supportés par toutes les architectures. Par exemple, Intel n'utilise que 80 bits sur les 128 du long double.

Types de données

La norme C99 ne définit en fait qu'une taille minimum :

- **char** : minimum 8 bits
- **short** : minimum 16 bits
- **int** : minimum 16 bits
- **long** : minimum 32 bits
- **long** : minimum 64 bits

Depuis le C99, pour une plus grande clarté, on utilisera ces types dont la taille est fixée clairement :

signée	Non signée
int8_t	uint8_t
int16_t	uint16_t
int32_t	uint32_t
int64_t	uint64_t

Il faut inclure <stdint.h>

Types de données

Formats des nombres (par l'exemple)

langage C	signification
12	entier de valeur 12
12.3	Double 12,3 (64 bits)
1e3	1000
1.4e-2	0,014
012	(12) en octal donc 10 en décimal
0x1A	(1A) en hexadécimal, donc 26 en décimal
2L	Entier long (64 bits)
3UL	Entier non signé long
4.5F	Flottant (32 bits)
6.7L	Long double (128 bits)

Types de données

Codage des caractères

- On l'a déjà vu, comme la mémoire ne contient que des nombres, il faut une table de correspondance dite **table ASCII**.
- Le type **char** est utilisé pour stocker les caractères. Les valeurs au-delà de 127 sont utilisées pour coder les caractères particuliers à la langue installée sur le système. L'encodage utilisé en France pour coder ces caractères est l'**iso-8859-15** (Latin15).
- On notera que le type **char** ne peut stocker que les 128 premiers caractères de l'UTF-8
- on obtient le code en entourant le caractère par des simples quotes ' .

```
char c1 = 65 ;
```

```
char c2 = 'A' ;
```

ici, c1 et c2 contiennent la même valeur car 65 est le code ASCII de A.

- Les caractères spéciaux comme la tabulation sont précédés de « back slash \ » suivi d'une lettre. Par exemple, '\t' est une tabulation.

Types de données

extraits de la table ASCII étendue 8859-15

code en décimal	caractère	observation
0	'\0'	caractère NULL
9	'\t'	tabulation
10	'\n'	new line
32	' '	espace
34	'\"''	guillemet ou double quote
39	'\"'	quote
48	'0'	
49	'1'	
65	'A'	
66	'B'	
97	'a'	
98	'b'	
92	'\''	back slash
164	'€'	

Fonction d'affichage : printf

Version simplifiée...pour débuter !

printf (format, paramètres...)

format est une chaîne de caractères qui sera affichée. Elle peut contenir des caractères spéciaux permettant d'insérer dans la chaîne les valeurs des paramètres.

%d décodé comme un entier en base 10

%ld décodé comme un entier long en base 10

%X décodé comme un entier hexadécimal

%o décodé comme un entier en octal

%f décodé comme un flottant

%lf décodé comme un flottant long

%e flottant en notation ingénieur

%c affiche le caractère dont le code ASCII est contenu dans le paramètre

%s chaîne de caractères

Fonction d'affichage : printf

Exemple

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int a = 65535 ;
    char c = 65 ;
    float x = -0.75 ;
    printf ("a=%d, a=%X, c=%d, c=%c, x=%f\n", a, a, c, c, x);
}
```

compilation puis exécution

```
$ gcc essaiPrintf.c
$ ./a.out
a=65535, a=FFFF, c=65, c=A, x=-0.750000
```

Notez le #include <stdio.h> qui permet au compilateur de connaître le prototype du printf de la bibliothèque du système.

La vérification par le compilateur du prototype des fonctions utilisées permet de diminuer les erreurs de programmation.

Fonction d'affichage

source <http://www.cplusplus.com/reference>

A *format specifier* follows this prototype: [see compatibility note below]

%[flags][width][.precision][length]specifier

Where the *specifier character* at the end is the most significant component, since it defines the type and the interpretation of its corresponding argument:

specifier	Output	Example
d or i	Signed decimal integer	392
u	Unsigned decimal integer	7235
o	Unsigned octal	610
x	Unsigned hexadecimal integer	7fa
X	Unsigned hexadecimal integer (uppercase)	7FA
f	Decimal floating point, lowercase	392.65
F	Decimal floating point, uppercase	392.65
e	Scientific notation (mantissa/exponent), lowercase	3.9265e+2
E	Scientific notation (mantissa/exponent), uppercase	3.9265E+2
g	Use the shortest representation: %e or %f	392.65
G	Use the shortest representation: %E or %F	392.65
a	Hexadecimal floating point, lowercase	-0xc.90fep-2
A	Hexadecimal floating point, uppercase	-0XC.90FEP-2
c	Character	a
s	String of characters	sample
p	Pointer address	b8000000
n	Nothing printed. The corresponding argument must be a pointer to a signed int. The number of characters written so far is stored in the pointed location.	
%	A % followed by another % character will write a single % to the stream.	%

Fonction d'affichage

source <http://www.enplusplus.com/reference>

The *format specifier* can also contain sub-specifiers: *flags*, *width*, *.precision* and *modifiers* (in that order), which are optional and follow these specifications:

flags	description
-	Left-justify within the given field width; Right justification is the default (see <i>width</i> sub-specifier).
+	Forces to precede the result with a plus or minus sign (+ or -) even for positive numbers. By default, only negative numbers are preceded with a - sign.
(space)	If no sign is going to be written, a blank space is inserted before the value.
#	Used with o, x or X specifiers the value is preceded with 0, 0x or 0X respectively for values different than zero. Used with a, A, e, E, f, F, g or G it forces the written output to contain a decimal point even if no more digits follow. By default, if no digits follow, no decimal point is written.
0	Left-pads the number with zeroes (0) instead of spaces when padding is specified (see <i>width</i> sub-specifier).

width	description
(number)	Minimum number of characters to be printed. If the value to be printed is shorter than this number, the result is padded with blank spaces. The value is not truncated even if the result is larger.
*	The <i>width</i> is not specified in the <i>format</i> string, but as an additional integer value argument preceding the argument that has to be formatted.

.precision	description
.number	For integer specifiers (d, i, o, u, x, X): <i>precision</i> specifies the minimum number of digits to be written. If the value to be written is shorter than this number, the result is padded with leading zeros. The value is not truncated even if the result is longer. A <i>precision</i> of 0 means that no character is written for the value 0. For a, A, e, E, f and F specifiers: this is the number of digits to be printed after the decimal point (by default, this is 6). For g and G specifiers: This is the maximum number of significant digits to be printed. For s: this is the maximum number of characters to be printed. By default all characters are printed until the ending null character is encountered. If the period is specified without an explicit value for <i>precision</i> , 0 is assumed.
.*	The <i>precision</i> is not specified in the <i>format</i> string, but as an additional integer value argument preceding the argument that has to be formatted.

Fonction d'affichage

source <http://www.cplusplus.com/reference>

The *length* sub-specifier modifies the length of the data type. This is a chart showing the types used to interpret the corresponding arguments with and without *length* specifier (if a different type is used, the proper type promotion or conversion is performed, if allowed):

<i>length</i>	specifiers							
	d i	u o x X	f F e E g G a A	c	s	p	n	
(none)	int	unsigned int	double	int	char*	void*	int*	
hh	signed char	unsigned char					signed char*	
h	short int	unsigned short int					short int*	
l	long int	unsigned long int		wint_t	wchar_t*		long int*	
ll	long long int	unsigned long long int					long long int*	
j	intmax_t	uintmax_t					intmax_t*	
z	size_t	size_t					size_t*	
t	ptrdiff_t	ptrdiff_t					ptrdiff_t*	
L			long double					

Note regarding the c specifier: it takes an int (or wint_t) as argument, but performs the proper conversion to a char value (or a wchar_t) before formatting it for output.

Note: Yellow rows indicate specifiers and sub-specifiers introduced by C99. See [<cinttypes>](#) for the specifiers for extended types.

Fonction d'affichage : printf

Exemple

```
#include <stdio.h>
int main (void) {
    double x=1.234567890123456789e23 ;
    double y=1.234e4 ;

    printf ("x=%f\n", x);
    printf ("x=%.3f\n", x);
    printf ("x=%E\n", x);
    printf ("x=%.12e\n", x);
    printf ("x=%14e\n", x);
    printf ("y=%14e\n", y);
    printf ("x=%g\n", x);
    printf ("y=%g\n", y);
}
```

produit

x=123456789012345685803008.000000

x=123456789012345685803008.000 *Choix automatique de l'affichage le plus compact*

x=1.234568E+23

x= 1.234568e+23

y= 1.234000e+04

Notez la précision fantaisiste !

3 chiffres après la virgule

Augmentation de la précision standard

justification à droite sur 14 caractères

Fonction lecture clavier : scanf

Version simplifiée...pour débuter !

int scanf (format**, **paramètres...**)**

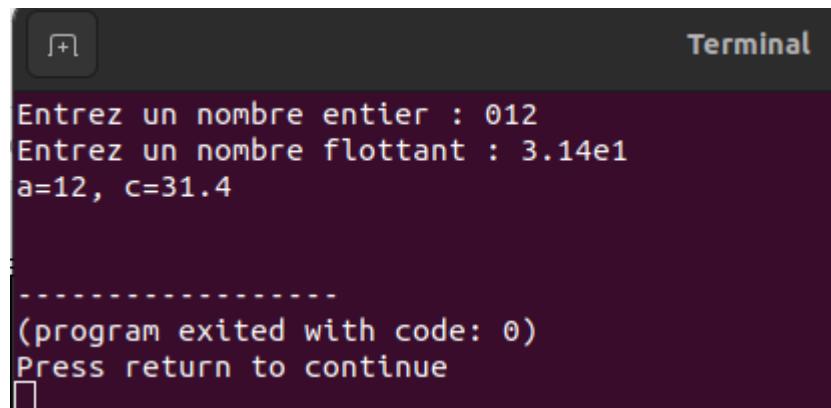
- **format** est une chaîne de caractères qui permet de dire au compilateur comment interpréter les données entrées par l'utilisateur et quel codage utiliser. La chaîne de caractères peut comprendre les mêmes caractères spéciaux que printf : %d, %X, %f, %c, %s
- **paramètres** est une liste d'adresses des zones mémoire où la machine doit stocker ce qui a été lu.
- On obtient l'adresse d'une variable en faisant précéder son nom par &.
- **retourne**, par un entier, le nombre d'occurrences lues.

Fonction scanf

Exemple

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int a;
    double x;
    printf ("Entrez un nombre entier : ");
    scanf ("%d", &a);
    printf ("Entrez un nombre flottant : ");
    scanf ("%lf", &x);
    printf ("a=%d, c=%g\n", a, x);
}
```

produit



The screenshot shows a terminal window titled "Terminal". It displays the following interaction:

```
Entrez un nombre entier : 012
Entrez un nombre flottant : 3.14e1
a=12, c=31.4

-----
(program exited with code: 0)
Press return to continue
```

Fonction scanf

Exemple

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int a, n ; char c; float x;
    printf ("Entrez un nombre entier: ");
    scanf ("%d", &a);
    scanf ("%c", &c); // bizarrie
    printf ("Entrez un caractère suivi d'un nombre flottant séparés par un espace: ");
    n=scanf ("%c %f", &c, &x);
    printf ("a=%d, c=%c, x=%f, n=%d\n", a, c, x, n);
}
```

produit

Entrez un nombre entier: 46

Entrez un caractère suivi d'un nombre flottant séparés par un espace: v 1e4

a=46, c=v, x=10000.000000, n=2

Notez le « scanf ("%c", &c) » qui doit absorber le caractère invisible « retour chariot » dû à l'appui sur la touche entrée... les ennuis commencent !

Fonction scanf

Pourquoi doit-on passer l'adresse des variables à scanf ?

Car le nom de la variable représente sa valeur.

et si le nom est précédé de & cela représente l'adresse de la variable

Par exemple

```
int a ;
```

déclaration de la variable

```
a=7 ;
```

valeur = 7

```
printf ("%d", a);
```

printf affiche la valeur

```
scanf ("%d", &a);
```

*scanf a besoin non pas de la valeur, mais de
de l'endroit où se trouve la variable*

Structures de contrôle

Si alors sinon

syntaxe :

```
if (condition) {  
    instruction 1 ; // exécutées si condition est vraie  
    instruction 2 ;  
    ...  
}
```

```
if (condition) {  
    instruction 1 ; // exécutées si condition est vraie  
    instruction 2 ;  
    ...  
}  
else {  
    instruction 1 ; // exécutées si condition est fausse  
    instruction 2 ;  
    ...  
}
```

Structures de contrôle

Si - alors - sinon

condition est un entier interprété comme

- VRAI si *condition* $\neq 0$
- FAUX si *condition* = 0

condition peut être calculé par des opérateurs logiques

a > b retourne 1 si *a* est **supérieur** à *b*, et zéro sinon

a < b retourne 1 si *a* est **inférieur** à *b*, et zéro sinon

a >= b retourne 1 si *a* est **supérieur ou égal** à *b*, et zéro sinon

a <= b retourne 1 si *a* est **inférieur ou égal** à *b*, et zéro sinon

a == b retourne 1 si *a* est **égal** à *b* , et zéro sinon

a != b retourne 1 si *a* est **différent de** *b* , et zéro sinon

Conjonction / disjonction / négation

condition1 || condition2 veut dire *condition1 OU condition2*

condition1 && condition2 veut dire *condition1 ET condition2*

!(condition) inverse la condition

- Lors de l'évaluation, **!** est prioritaire sur **&&** lui même prioritaire sur **||** ; *mais mieux vaut utiliser les parenthèses pour plus de clarté.*
- L'évaluation de l'expression se fait de la gauche vers la droite.

Structures de contrôle

Que produisent ces programmes ?

```
#include <stdio.h>
int main (void) {
    int a=3, b=2 ;
    if ((a==3) && ( b>=2)){
        printf ("Vrai\n") ;
    }
    else {
        printf ("Faux\n") ;
    }
}
```

```
#include <stdio.h>
int main (void) {
    int a=3 ;
    if (a=2) {
        printf ("Vrai\n") ;
    }
    else {
        printf ("Faux\n") ;
    }
}
```

*Notez l'absence
d'accolade...
possible si une
seule instruction,
mais source
d'erreurs !!*

```
#include <stdio.h>
int main (void) {
    int a=5 ;
    if (1<a<3) {
        printf ("Vrai\n") ;
    }
    else {
        printf ("Faux\n") ;
    }
}
```

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int a=0, b=7 ;
    if (!a) {
        if ( b )
            printf ("Vrai\n") ;
        else
            printf ("Faux\n") ;
            printf ("Attention\n") ;
    }
}
```

Structures de contrôle

switch

syntaxe :

```
switch (variable) {  
    case valeur1 : instruction1 ;  
        instruction2... ;  
        break ;  
    case valeur2 : instructions ;  
        break ;  
    ...  
    default : instructions ;  
}
```

remarques

*Ne pas oublier le **break** sinon les instructions d'après sont exécutées également indépendamment de la valeur de la variable.*

Structures de contrôle

Que produit ce programme ?

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    char rep ;
    printf ("Aimez-vous le langage C ?\n") ;
    scanf ("%c", &rep) ;
    switch (rep) {
        case 'n' :
        case 'N' : printf ("Courage ! ") ;
                    printf ("L'année va être longue... ") ;
                    break ;
        case 'o' :
        case 'O' : printf ("menteur ? ") ;
                    break ;
        default : printf ("Je n'ai pas compris la réponse") ;
    }
}
```

Les opérateurs

opérateur	signification
*	multiplication
/	division
+	addition
-	soustraction
<< n	décalage à gauche de n bits. Remplissage avec des 0
>> n	décalage à droite de n bits. Remplissage avec des 0
%	modulo
var++	exécute l'instruction puis incrémente la variable <i>var</i> (<i>idem</i> avec --)
++var	incrémente la variable <i>var</i> puis exécute l'instruction (<i>idem</i> avec --)
&	opération ET bit à bit
|	opération OU bit à bit
~	inversion bit à bit
^	opération XOR (OU exclusif)
a += 2	équivalent à « a=a+2 ». <i>idem</i> avec les autres opérateurs
v = t ? b : c	v sera égal à b si t est vrai et sera égal à c sinon
,	Virgule : Sépare deux expressions. Évalué de gauche à droite.

Les opérateurs

Exemples

expression	résultat
5%3	

```
(3==2) || (3==3)  
i=3 ; printf("%d", i++);  
printf("%d", ++i);  
0x0D & 0x06  
0x0D | 0x06  
0x0F << 1  
~0x2F  
r=((3+2)==5) ? 8 : 9 ;  
r /= 2 ;  
b = ((a = 7), (a + 10));
```

Les opérateurs

Exemples

expression	résultat
5%3	2
(3==2) || (3==3)	1 (vrai)
i=3 ; printf("%d", i++);	3
printf("%d", ++i);	5
0x0D & 0x06	0x04
0x0D | 0x06	0x0F
0x0F << 1	0x1E
~0x2F	0xD0
r=((3+2)==5) ? 8 : 9 ;	r est égal à 8
r /= 2 ;	r sera égal à 4
b = ((a = 7), (a + 10));	b sera égale à 17

Les opérateurs

Priorité (la plus grande priorité d'abord)

```
( ) [ ] -> .  
! ~ ++ -- -(unaire) (type) *(indirection) &(adresse) sizeof  
* / %  
+ -(binaire)  
<< >>  
< <= > >=  
== !=  
&(et bit-à-bit)  
^  
|  
&&  
||  
?:  
= += -= *= /= %= &= ^= |= <<= >>=  
,
```

Les opérateurs

Exemple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main( )
{
    int a = 020 | 001 ;
    printf("a = %d\n", a) ;

    a=1 ;
    int i = (7%3==a) ? 8 : 6 ;
    i <<= 2 ;
    printf("i = %d\n", i) ;
    return (EXIT_SUCCESS) ;
}
```

Affiche :

Boucles

Boucle « for »

syntaxe :

```
for (initialisation ; condition ; instructions_etape_suiv ) {  
    instructions ;  
    ...  
}
```

Les *instructions* sont exécutées tant que la *condition* est vrai. A la fin d'un tour de boucle, les *instructions_etape_suiv* sont exécutées. Typiquement on met ici des instructions d'incrémentation.

Exemple le programme suivant calcule factoriel(n), et donc affiche « n=24 » car il s'arrête à i=4.

```
#include <stdio.h>  
int main (void)  
{  
    int i, n=1 ;  
    for (i=1 ; i<5 ; i++) {  
        n=n*i ;  
    }  
    printf ("n=%d\n", n) ;  
}
```

Boucles

Boucle « while »

syntaxe :

```
while ( condition ) {  
    instructions ;  
    ...  
}
```

Les instructions sont exécutées tant que la condition est vrai.

Exemple le programme suivant calcule factoriel(n), et donc affiche « n=24 » car il s'arrête à i=4.

```
#include <stdio.h>  
int main (void)  
{  
    int i=1 ; int n=1 ;  
    while (i<5) {  
        n=n*i ;  
        i = i+1 ;  
    }  
    printf ("n=%d\n", n) ;  
}
```

Boucles

Boucle « do – While »

syntaxe :

```
do {  
    instructions ;  
    ...  
} while ( condition ) ;
```

Les *instructions* sont exécutées **au moins une fois**, puis tant que la *condition* est vrai.

Exemple le programme suivant calcule factoriel(n), et donc affiche « n=24 » car il s'arrête à i=4.

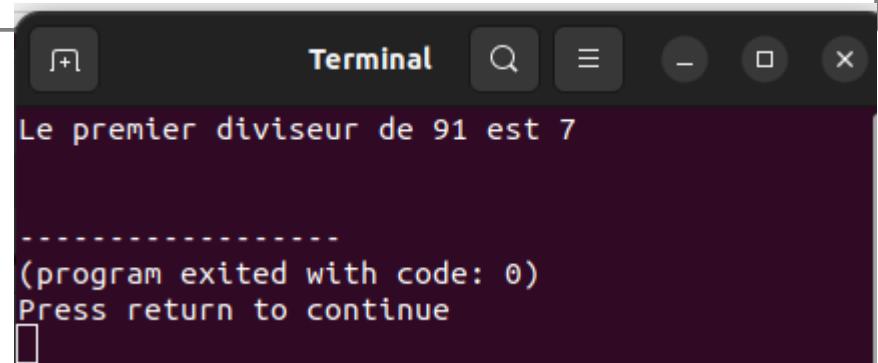
```
#include <stdio.h>  
int main (void)  
{  
    int i=1 ; int n=1 ;  
    do {  
        n=n*i ;  
        i = i+1 ;  
    } while (i<5) ;  
    printf ("n=%d\n", n) ;  
}
```

Boucles

- L'instruction **break** permet de sortir d'une boucle for ou while.
- L'instruction **continue** permet d'aller à la fin et continuer une boucle for ou while.

```
#include <stdio.h>
int main ()
{
    int i; int n=91 ;
    for (i=2 ; i<=n ; i++) {
        if (n % i == 0 ) break ;
    }
    printf ("Le premier diviseur de %d est %d\n", n, i) ;
}
```

produit :



```
Terminal
Le premier diviseur de 91 est 7
-----
(program exited with code: 0)
Press return to continue
```

Boucles

Ce programme affiche « n=8 ». Pourquoi ?

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int i; int n=1 ;
    for (i=1 ; i<7 ; i++) {
        if (i==3) continue ;
        if (i==5) break ;
        n=n*i ;
    }
    printf ("n=%d\n", n) ;
}
```

Fonctions

Sous partie **indépendante** d'un programme :

- permet d'appeler **plusieurs fois** le sous programme
- évite les copiers/collés de code identique
- L'exécution peut être différente à chaque appel grâce aux paramètres
- Améliore grandement la **lisibilité** des programmes car permet de faire ressortir les grandes lignes de l'algorithme. Les détails sont alors écrits dans la fonction.

Fonctions

- **Déclaration d'une fonction** : Elle commence par la déclaration des types de paramètres et du type de la valeur renournée. Puis le code est inséré entre { }.

```
Type_retour NomFonction (Type1 param1, Type2 param2...) {  
    code...  
}
```

- Une fonction qui ne renvoie rien retourne un type **void**
- **Appel de la fonction** : Il se fait en utilisant le nom de la fonction et en remplaçant les paramètres par des valeurs.
- le mot clé **return** suivi d'une valeur permet de renvoyer la valeur calculée par la fonction. Sans valeur, il met simplement fin à la fonction.
- **Prototype de la fonction** : Il sert au compilateur à vérifier que les types utilisés au moment de l'appel sont corrects. Il doit être écrit avant le code de la fonction l'utilisant. Il n'est pas obligatoire si la déclaration est faite avant l'appel.

Fonctions

Exemple

Qu'affiche ce programme ?

```
#include <stdio.h>
float module (float, float ) ;

main() {
    float re = 4.0, im = 3.0, ro ;
    ro = module (re, im) ;
    printf (" mod(%f, %f) = %f\n", re, im, ro) ;
    printf (" mod(3, 2) = %e\n", module (3, 2)) ;
}

float module (float x, float y) {
    float modu = x*x + y*y ;
    x = 32 ; // ne sert à rien, mais est expliqué plus tard
    return modu ;
}
```

*Déclaration du prototype
car l'appel est fait avant
la définition.*

*Appel de
la fonction*

*Définition de la
fonction*

Fonctions

```
$ ./prog.bin
mod(4.000000, 3.000000) = 25.000000
mod(3, 2) = 1.300000e1
```

- On remarquera

```
#include <stdio.h>
```

qui inclut les prototypes des fonctions d'Entrée/sortie, dont celui de printf qui est utilisé ici.

- Si module() avait été défini avant le main(), la déclaration de son prototype n'était pas obligatoire.
- on remarquera l'**indentation du programme qui améliore la lisibilité**.
- « x=32 » montre que changer la valeur de « x » n'a pas d'effet sur la valeur de « re »

Fonctions récursives

- On appelle fonction **récursive**, une fonction qui s'appelle elle même (directement ou par le biais d'une autre fonction).
- La programmation de telles fonctions est élégante mais souvent peu efficace car la pile utilisée pour stocker les variables locales des différents appels imbriqués peut croître de manière inconsidérée.
- On remarquera que la programmation de telles fonctions obéit souvent à ce schéma :
 - renvoyer des valeurs pour des cas particuliers ;
 - sinon renvoyer une valeur dépendant d'un autre appel de la fonction.

Exemple fonction factorielle :

```
int factorielle (int n) {
    if (n < 0) return (-1) ; // erreur !
    if (n <=1 ) return (1) ;
    return (factorielle (n-1) * n );
}

int main (void)
{
    printf (" factorielle(5) = %d\n", factorielle (5));
}
```

fonctions de la bibliothèque mathématique standard

Quelques fonctions utiles de la bibliothèque mathématique standard

La compilation d'un programme utilisant ces fonctions doit se faire avec l'option « -lm ».

Exemple : `gcc -lm prog.c -o prog.bin`

<code>ceil(x)</code> , <code>floor(x)</code> , <code>round(x)</code>	arrondi par défaut, arrondi par excès, arrondi au plus proche. $\text{ceil}(-0.5) = -1$; $\text{floor}(-0.5) = 0$; $\text{round}(-0.5) = -1$
<code>cos(x)</code> , <code>sin(x)</code> , <code>tan(x)</code>	cosinus, sinus, tangente avec x en radian
<code>cosh(x)</code> , <code>sinh(x)</code> , <code>tanh(x)</code>	cos, sin et tan hyperbolique,
<code>exp(x)</code> , <code>pow(x, y)</code> , <code>log(x)</code> , <code>sqrt(x)</code>	exponentielle , x puissance y , logarithme, racine carrée
<code>fabs(x)</code>	valeur absolue

Par défaut, ces fonctions prennent des « doubles » en paramètre. Il

fonction de génération de nombres aléatoires

int rand(void) retourne un nombre aléatoire entier compris entre 0 et RAND_MAX. Cette constante vaut $2^{31}-1$ avec le compilateur gcc utilisé à l'Ensi.

Les nombres aléatoires sont calculés à partir d'une suite dont le premier terme (appelé graine ou seed) est initialisé à 0. **Le premier appel à rand retournera toujours le même résultat !!**

Pour éviter cela, il faut initialiser la graine à une valeur différente à chaque exécution du programme. On utilise pour cela la fonction ***void srand(unsigned int)***.

Le paramètre passé à srand est la nouvelle valeur de graine.

Quelle valeur mettre ?

On peut utiliser la fonction ***time_t time (time_t *t)*** qui retourne le nombre de secondes écoulées depuis le 1^{er} janvier 1970 si t vaut NULL.

génération de nombres aléatoires

Exemple :

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main(void){
    int i ;
    srand( time( NULL ) ) ;
    for (i = 0 ; i< 5 ; i++ )
        printf ("%d ", rand()%1000) ;
}
```

produit :

146 293 636 356 570

Présentation - indentation

```
type fonction (type param1, param2)
```

```
{
    Type1 var1 ;
    instruction1 ;
    instruction2 ;
    if ( test1 ){
        instruction3 ;
    }
    do {
        instruction4 ;
        instruction5 ;
    } while (test2) ;
    instruction6 ;
}
```

accolade fermante alignée
sur la ligne de l'accolade ouvrante

*un espace
après la virgule*

*déclaration des variables après
l'accolade ouvrante*

*accolade ouvrante ici ou là
même si une seule instruction*

un espace avant et après le point virgule

*indentation fixe (4 caractères par exemple)
à l'intérieur du bloc délimité par les accolades*

Autres bonnes habitudes :

- CONSTANTES en majuscules
- nomDeFonction : mots séparés par une majuscule
- NouveauType : commence par une Majuscule

transtypage

Opération de **changement de type** ou « cast »

syntaxe :

```
var1 = (Type_de_var1) var2 ;
```

Exemple :

```
float a = 7.2 ;  
int b = (int) a ;
```

Dans cet exemple, « a » est tronqué pour être stocké dans « b ».

→ b vaut alors 7.

A manipuler avec soin cependant.

Adresses et pointeurs

- Les **variables** sont stockées en mémoire à une certaine adresse. cf p8.
- L'**adresse** est une valeur sur 16, 32, ou 64 bits, dépendant du système.
Avec Linux, MacOS ou Windows, les adresses sont sur 64 bits.
- Elle représente le **numéro du premier octet** où commence le stockage de la variable.
- La valeur de l'adresse d'une variable est obtenue en précédant son nom par un **&**.

ex : **int i** ; Dans ce cas **&i** représente l'adresse de « i ».

- Une adresse peut être stockée dans une variable, appelée **pointeur**. Dans ce cas la variable a un type. Le type dépend du contenu sur lequel l'adresse pointe. La déclaration d'un pointeur est obtenue en faisant précédé la variable par une *****.
- **NULL** est une constante qui vaut 0 et qui permet de représenter un pointeur qui pointe nulle part.

Adresses et pointeurs

Exemple :

```
int *pa ;
```

- Dans ce cas pa est une variable pouvant stocker des adresses de nombres entiers.
- On dit que « pa » est un pointeur d'entiers.
- On dit que « pa » est du « type int* »
- On peut connaître o^{*} = la valeur pointée par pa en faisant précédé le pointeur par une *.

Exemple :

```
int *pa ;  
int a = 2 ;  
pa = &a ;  
*pa = 3 ;
```

Dans ce cas la nouvelle valeur de « a » est 3.

Adresses

```
int main (void) {
    int b = 7;
    int *pb ;
    pb = &b ;
    printf ("b=%d\n", b) ;
    printf ("pb=%p\n", pb) ;
    *pb = 8 ;
    printf ("b=%d\n", b) ;
    printf ("&pb=%p\n", &pb) ;
}
```

```
$ ./prog.bin
b=7
pb=ABCD0000
b=8
&pb=ABCD0004
```



contenu de la mémoire à la fin du programme :

adresse	valeur	nom de la variable
0xABCD0000	00	
0xABCD0001	00	b
0xABCD0002	00	
0xABCD0003	08	
0xABCD0004	AB	
0xABCD0005	CD	pb
0xABCD0006	00	
0xABCD0007	00	
0xABCD0008		

remarque : ici, les adresses sont sur 32 bits. Sur un système 64 bits, les adresses mémoire sont codées sur 64 bits.

Fonctions – passage par adresse

Comment renvoyer par une fonction plusieurs valeurs ?

→ En passant en paramètre l'adresse des variables que l'on veut que la fonction modifie. On appelle cela le passage par adresse.

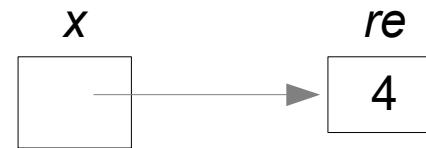
Exemple: <stdio.h>

```
void carre (float *x )
{
    *x = (*x) * (*x) ;
}

int main()
{
    float re = 4.0 ;
    printf ("re = %f \n", re) ;
    carre ( &re ) ;
    printf ("re = %f \n", re) ;
}
```

Produit :

```
$ ./prog.bin
re = 4.000000
re = 16.000000
```



Fonctions – passage par adresse

Autre Exemple :

- 1) Écrire int minInt (int a, int b) qui renvoie le min de 2 entiers
- 2) Écrire void minIntAd (int a, int b, int *min) qui renvoie dans min le min de 2 entiers a et b.

```
#include <stdio.h>
```

- 3) Écrire void trierInt (int *a, int *b) qui interverti a et b si a > b.

```
int intMin (int a, int b) {  
    if (a<b) return a ;  
    else return b;  
}  
  
int main() {  
    int x=12, y=8, z ;  
    printf ("min de %d, %d est %d\n", x, y, intMin(x,y)) ;  
    intMinAd (x,y,&z) ;  
    printf ("min de %d, %d est %d\n", x, y, z) ;  
    trierInt (&x, &y) ;  
    printf ("Affichage dans l'ordre : %d %d\n", x, y) ;  
}
```

Fonctions – passage par adresse

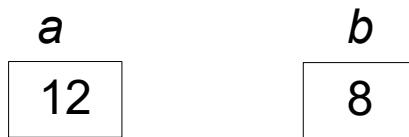
```
void intMinAd (int a, int b, int *min) {  
    *min = intMin (a, b) ;  
}
```

```
void trierInt (int *a, int *b) {  
    int c ;  
    if (*a < *b) return ;  
    else {  
        c= *a ;  
        *a = *b ;  
        *b = c ;  
    }  
}
```

produit :
min de 12, 8 est 8
min de 12, 8 est 8
Affichage dans l'ordre : 8 12

Fonctions – passage par adresse

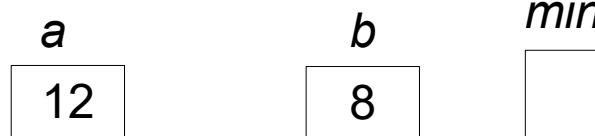
contexte de intmin()



contexte du main() :

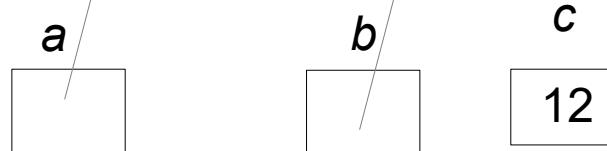


contexte de intminAd()



Localisation en mémoire
des variables

contexte de trierInt()



Tableaux

- C'est un ensemble de **cases contiguës** en mémoire ;
 - Les cases sont du **même type** et font donc la même taille ;
 - On accède aux éléments du tableau par l'**adresse de la première case**.
-
- L'indice de la case est mis entre [] et la première case a l'indice 0 ;
 - On déclare un tableau en indiquant le type des éléments, son nom puis sa taille entre [] ;
 - On peut initialiser un tableau quand on le déclare en mettant entre { } les valeurs initiales.
 - Si on a besoin d'un tableau dont on ne connaît pas la taille au moment de la conception du programme, alors on utilise **les tableaux dynamiques**. Cette notion est vue plus loin dans le cours.
 - C'est au programmeur de gérer la taille du tableau et l'indice maxi. Si on cherche à accéder à la case 100 d'un tableau de 10 cases → résultat très incertain !!

Tableaux

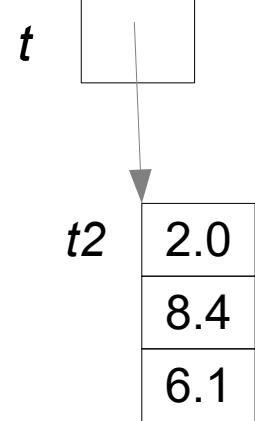
Exemple :

```
#include <stdio.h>

void inverserTableau (float t[] ) {
    float dumm = t[0] ;
    t[0] = t[2] ;
    t[2] = dumm ;
}

int main() {
    float t2[] = {2.0, 8.4, 6.1};
    printf("t= [%e, %e, %e]\n", t2[0], t2[1], t2[2]);
    inverserTableau(t2);
    printf ("t= [%,.2e, %.2e, %.2e]\n", t2[0], t2[1], t2[2]);
}
```

*remarquez le format d'affichage :
2 chiffres après la virgule*



produit :

```
t= [2.000000e+00, 8.400000e+00, 6.100000e+00]
t= [6.10e+00, 8.40e+00, 2.00e+00]
```

Tableaux multidimensionnel

Exemple de dimension 2 :

```
float t4[2][3] = {{ 3, 2, 5}, {5.1, 7.0, 8} } ;
t4[1][0] = 14 ;
```

<i>t4</i>	3	2	5
	14	7	8

- La représentation reste linéaire en mémoire.

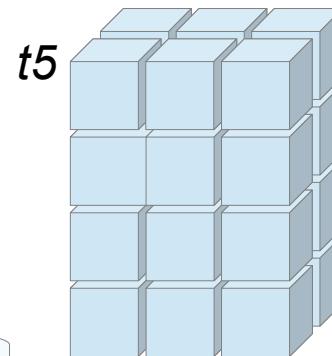
<i>t4</i>	3
	2
	5
—	14
	7.0
	8

Tableaux multidimensionnel

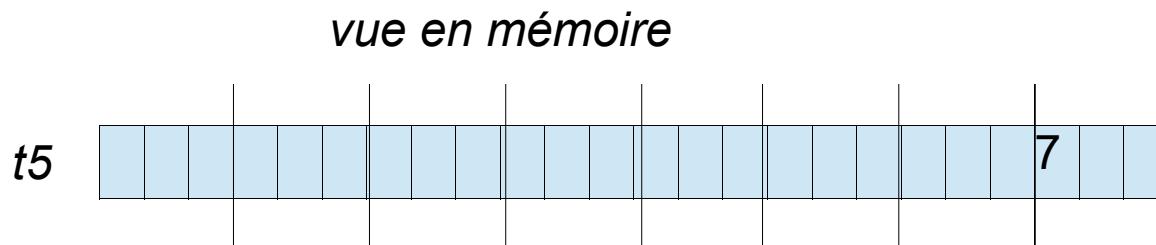
Exemple de dimension 3 :

```
double t5[4][2][3] ;
t5[3][1][0] = 7 ;
```

*t5 est un tableau de 24 cases de type double.
Il occupe 192 octets en mémoire*



vue de l'esprit

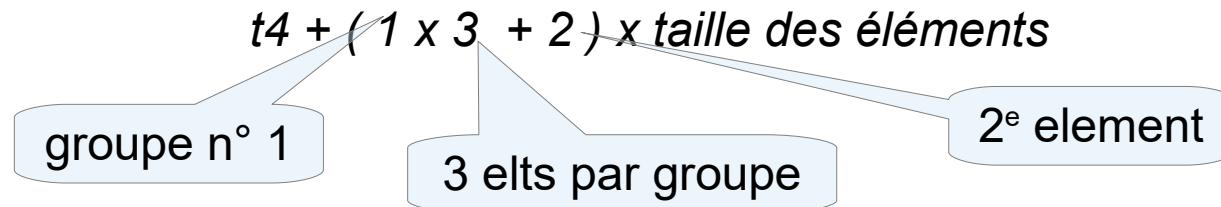


Tableaux multidimensionnel

Lors de la déclaration **des fonctions** manipulant les tableaux multidimensionnelles, le compilateur doit connaître l'agencement du tableau. Par exemple,

- pour t4, c'est 2 groupes de 3 éléments.
- pour t5, c'est 4 groupes de 2 sous groupes de 3 éléments.

Peu importe le nombre de groupes. Pour atteindre la case t4[1][2] le compilateur n'a pas besoin de connaître le nombre de lignes. L'adresse de cette case est :



Donc, pour déclarer une fonction manipulant t4 :

```
void trierTableau (float t[][3]) ;
```

Donc, pour déclarer une fonction manipulant t5 :

```
void trierTableau (float t[][3][2]) ;
```

Tableaux multidimensionnels

Exemple :

```
#include <stdio.h>

float det (float t[][2] ){
    return (t[0][0]*t[1][1]-t[0][1]*t[1][0]) ;
}

int main() {
    float t4[2][2] = {{ 3, 2}, { 4 , 7} } ;
    printf("determinant de t4 = %f\n", det (t4)) ;
}
```

produit :

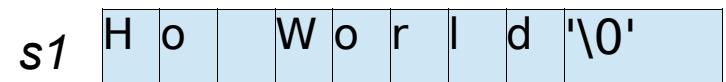
```
$ ./a.out
determinant de t4 = 13.000000
```

Chaînes de caractères

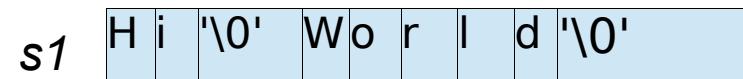
- C'est un tableau dont les cases sont de type char ;
 - Une des cases doit contenir le caractère '\0', dont la valeur est 0.
 - '\0' est le marqueur de fin de chaîne.
- Certaines fonctions comme printf utilisent le caractère '\0' pour traiter correctement la chaîne.
 - A la déclaration, l'ensemble des caractères du tableau peut être mis entre " " pour l'initialisation.

```
int main() {
    char s1[]="Ho World" ;
    s1[1]='i' ;
    printf("%s\n", s1) ;
    s1[2]=0 ; // equiv à s1[2]='\0' ;
    printf("%s\n", s1) ;
}
```

produit :
 Hi World
 Hi



A l'initialisation



A la fin du programme

Chaînes de caractères

Exemple :

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int nbCar (char ch[] ) {
    int lg=0 ;
    while (ch[lg] != '\0' ) {
        lg++ ;
    }
    return lg ;
}

int main (void) {
    char phrase[]="Esope reste ici" ;
    char ph[100] ;
    printf ("longueur de \"%s\" = %d\n", phrase, nbCar(phrase)) ;
    inverser (ph, phrase) ;
    printf ("Inversion de \"%s\" = %s\n", phrase, ph) ;
}
```

produit :
longueur de "Esope reste ici" = 15
Inversion de "Esope reste ici" = ici etser eposE

Chaînes de caractères

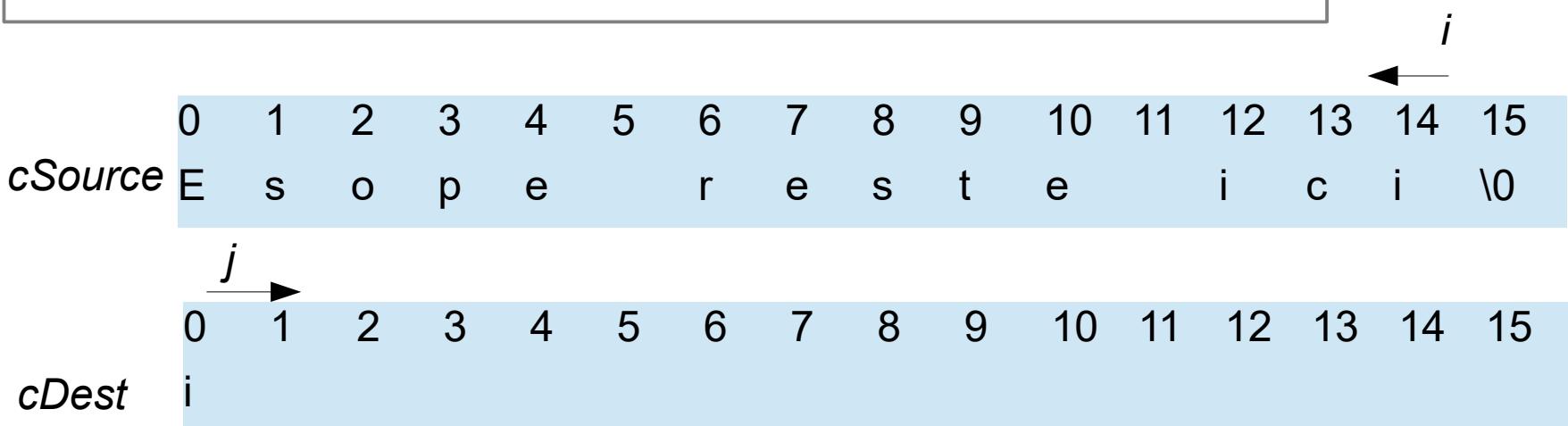
Exemple :

```
void inverser (char cDest[], char cSource[] ) {
    int i=nbCar(cSource)-1 ;
    int j=0 ;
    while ( i>=0 ) {
        cDest[j]=cSource[i] ;
        i-- ;
        j++ ;
    }
    cDest[j]='\0' ;
}
```

On part du caractère n° 14

Traiter également le caractère n° 0

Important pour la fin de chaîne



Chaînes de caractères fonctions existantes

- Il existe des fonctions pour manipuler les chaînes de caractères.
- ne pas oublier #include <string.h> au début du fichier pour déclarer les prototypes des fonctions.

int strlen(const char *s);

retourne la **longueur** (le nombre de caractères, '\0' exclus) d'une chaîne.

Le modificateur const garanti au programmeur que bien que s soit un pointeur, les données pointées par s ne seront pas modifiées.

Chaînes de caractères fonctions existantes

char *strncpy(char *chDest, const char *chSource, size_t n);

copy n caractères de la chaîne chSource dans chDest et retourne un pointeur sur la chaîne chDest. Stop la recopie avant si la fin de chSource est rencontrée, c'est à dire si '\0' est détecté dans chSource. Dans ce cas, chDest est complétée avec des '\0' jusqu'à remplir n caractères.

int strncmp(const char *s1, const char *s2, size_t n);

compare la chaîne s1 avec s2 et retourne un entier inférieur, égal ou supérieur à zéro si respectivement, s1 est inférieur, égal ou supérieur à s2 au sens lexicographique. Si les longueurs de s1 et s2 sont plus grandes que n, alors ne compare que les n premiers caractères.

Chaînes de caractères fonctions existantes

char *strncat(char *dest, const char *src, size_t n);

concatène, c'est à dire met la chaîne src au bout de la chaîne dest et met le résultat dans la chaîne dest. Retourne un pointeur sur la chaîne dest. La recopie de src est faite sur maximum n caractères.

Il existe souvent **deux versions** de ces fonctions, avec un paramètre « n » ou sans. Le paramètre « n » Il limite à n caractères le travail de la fonction.

- strcat / strncat
- strcpy / strncpy
- strcmp / strncmp

Il est préférable d'utiliser la **version avec « n »** car cela limite les possibilités de plantage sur des chaînes mal formées sans caractère '\0'.

Chaînes de caractères fonctions existantes

int puts(const char *s);

Affiche une chaîne à l'écran (plus exactement, sur la sortie standard) et retourne un entier >0 si l'opération a réussi.

char *gets(char *s);

Lit une chaîne à partir du clavier (entrée standard). Le résultat est stocké dans l'espace mémoire pointé par s. Arrête de lire quand il rencontre un '\n'. Le caractère '\n' sera stocké dans s. Retourne la même valeur que s.

La fonction gets ne connaît pas la taille de la chaîne s. Il est préférable d'utiliser fgets (expliqué plus loin) avec stream=stdin.

char *fgets(char *s, int size, FILE *stream);

Chaînes de caractères

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define LG_PH 100
int main (void) {
    char ph1[LG_PH] , char ph2[LG_PH];
    printf ("Entrez une phrase : ");
    fgets (ph1, LG_PH, stdin);
    printf ("longueur de \"%s\" = %d\n", ph1, strlen (ph1));
    ph1[strlen(ph1)-1]= '\0';
    printf ("Entrez une phrase : ");
    fgets (ph2, LG_PH, stdin);
    strncat (ph1, ph2, LG_PH);
    printf ("Concatenation des 2 : = %s\n", ph1);
}
```

définition d'une constante

pour enlever le '\n'

Modifiez le programme
pour ajouter un espace

produit par '\n'

produit :

Entrez une phrase : Bonjour

longueur de "Bonjour"

" = 8

Entrez une phrase : le monde

Concatenation des 2 : = Bonjourle monde

Chaînes de caractères fonctions existantes

int sprintf(char *str, const char *format, params...);

Copie dans la chaîne pointée par str la chaîne pointée par format. Comme printf, format peut contenir des expressions (ie. %d ou %f...) et les remplacer par les valeurs des paramètres qui suivent. Peut-être utile pour transformer un nombre (entier, flottant...) en chaîne de caractères.

int sscanf(const char *str, const char *format, params...);

Évalue la chaîne pointée par str selon la chaîne pointée par format. Comme scanf, format doit contenir des expressions (ie. %d ou %f...) permettant d'analyser la chaîne pointée par str. Le résultat de l'évaluation est stocké dans les paramètres qui suivent. Retourne le nombre d'occurrences évaluées. Peut-être utile pour transformer un nombre (entier, flottant...) en chaîne de caractères.

Ces deux fonctions sont très utilisées pour convertir une chaîne de caractères en nombre et vice versa.

Chaînes de caractères

```
#include <stdio.h>
#define LG_PH 100

int main (void) {
    char ph1[]="14" ;
    int a, b ;
    char ph2[LG_PH] ;
    sscanf (ph1, "%d", &a) ;
    sscanf (ph1, "%o", &b) ;
    sprintf (ph2, "a=%d, b=%d", a, b);
    puts (ph2);
}
```

évalué en décimal

évalué en octal

ces 2 instructions sont équivalentes à
`printf ("a=%d, b=%d\n", a, b);`

produit :

a=14, b=12

Chaînes de caractères

Exemples en vrac sur les chaînes de caractères constantes

```
main() {
    char *c ;
    puts("salut") ;
    c="toto";
    puts(c);
}
```

produit :
salut
toto

```
main() {
    char ph1[] = "14" ;
    ph1 = "toto" ;
}
```



Aucun sens !
**ph1 est une étiquette, ph1 n'est pas une variable,
 c'est l'adresse du 1er caractère
 produit une erreur de compilation**

```
main() {
    char *c ;
    puts("salut") ;
    c="toto";
    c[0]='m' ;
    puts(c);
}
```

produit :
salut
segmentation fault (core dumped)

**le caractère c[0] est une constante.
 On ne peut le modifier.**

Chaînes de caractères

Exemples en vrac sur les comparaisons et copie de chaînes

```
main() {
    char ph1[]="toto" ;
    char ph2[]="toto" ;
    if (ph1 == ph2)
        puts ("VRAI");
    else
        puts("FAUX");
}
```

produit :
Faux

comparaison de 2 adresses

initialisation d'un tableau
cette chaîne n'est pas
constante contrairement
à la page précédente

```
main() {
    char ph1[] = "toto" ;
    char ph2[] = {'t','i','t','o','\0'} ;
    char *ch1 = ph1 ;
    char *ch2 = ph2 ;
    ch2=ch1 ;
    ch2[0]='P' ;
    puts (ph1) ;
}
```

produit :
Poto

modifie ph1 !

Opérateur sizeof

L'opérateur **sizeof (exp)** retourne la place mémoire occupée par *exp*.
exp peut être un type, un identifiant de variable, de structure ou de tableau.

Exemple :

```
char ph1[]="14" ;  
int a ;  
char ph2[100] ;  
char *c ;
```

```
printf ("%d, %d , %d, %d\n", sizeof (ph1), sizeof (ph2), sizeof (a), sizeof (c));
```

dépend du système

produit :
3 100, 4, 8

Que vaudrait strlen(ph1) ?

Types de données

Depuis C99 possibilité de définir la longueur de l'entier dans sa définition. inclure <stdint.h>

```
#include <stdint.h>

int main()
{
    printf("sizeof char = %lu\n", sizeof(char) );
    printf("sizeof short = %lu\n", sizeof(short) );
    printf("sizeof int = %lu\n", sizeof(int) );
    printf("sizeof long = %lu\n", sizeof(long) );
    printf("sizeof long long = %lu\n", sizeof(long long) );

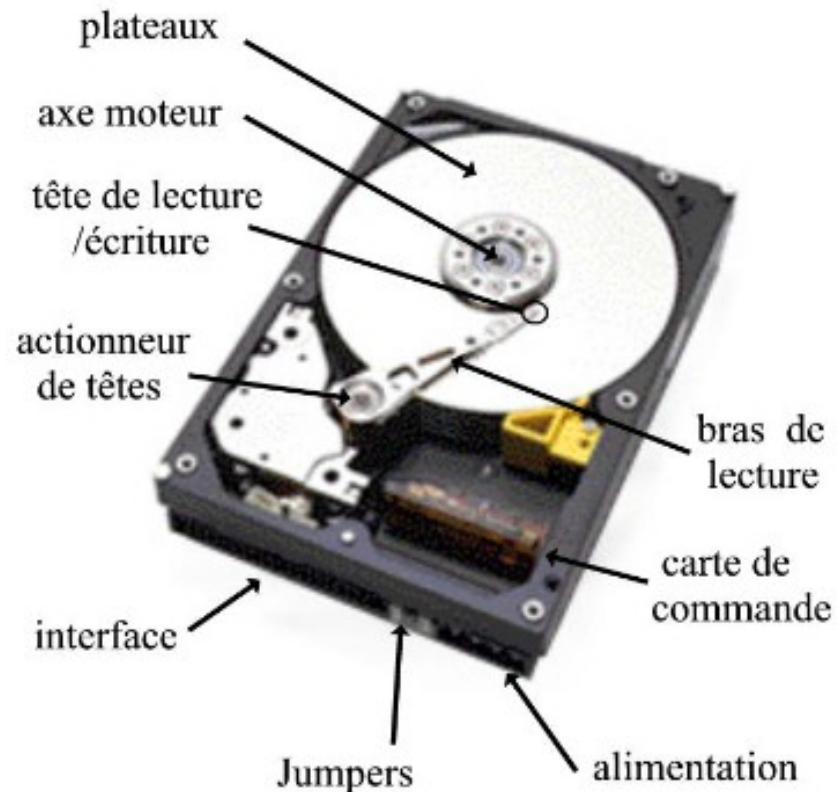
    printf("sizeof int8_t = %lu\n", sizeof(int8_t) );
    printf("sizeof int16_t = %lu\n", sizeof(int16_t) );
    printf("sizeof int32_t = %lu\n", sizeof(int32_t) );
    printf("sizeof int64_t = %lu\n", sizeof(int64_t) );
}
```

produit

sizeof char = 1
sizeof short = 2
sizeof int = 4
sizeof long = 8
sizeof long long = 8
sizeof int8_t = 1
sizeof int16_t = 2
sizeof int32_t = 4
sizeof int64_t = 8

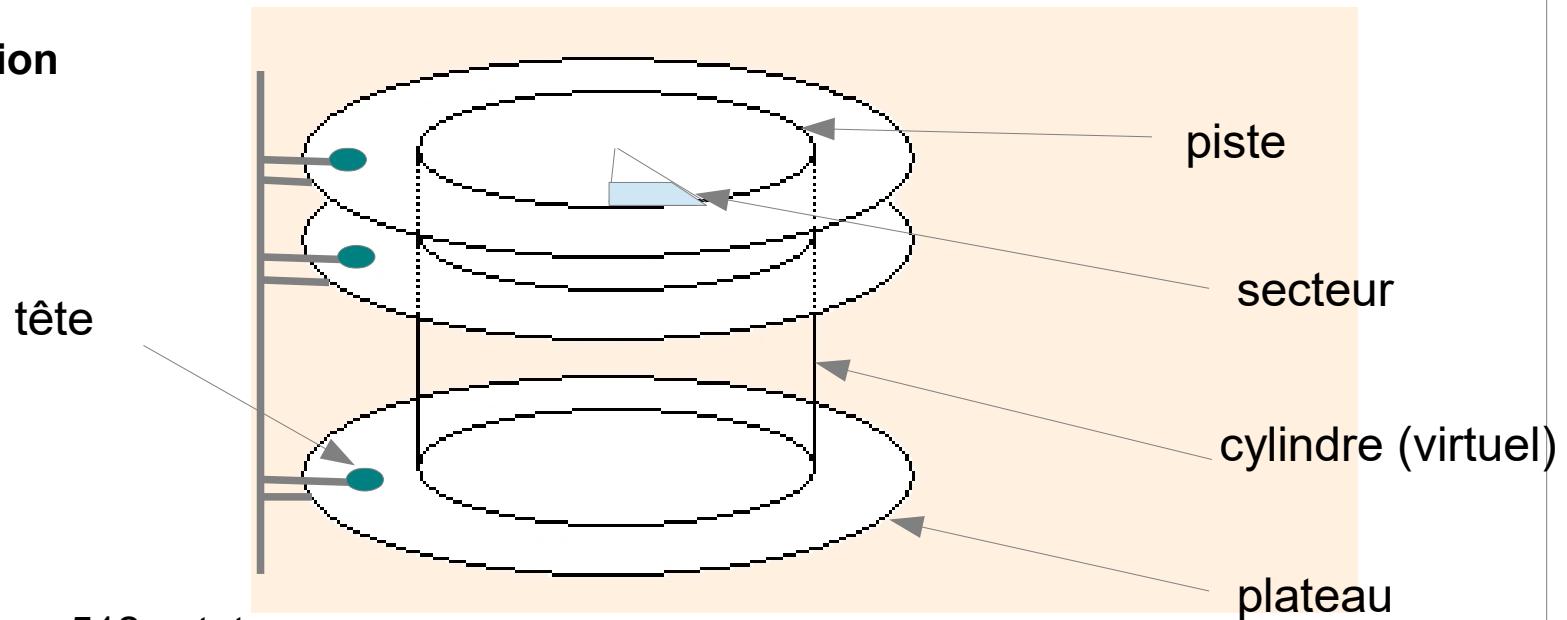
Disque dur

- vitesse de rotation : 7200 tr/min soit un tour toutes les 8,3ms
- Pour trouver une donnée : $8,3/2 + \text{tps de déplacement des têtes} = 10 \text{ ms} \Rightarrow \text{très long !}$
→ utilisation d'un cache.
- Une alternative : disques sans éléments mécaniques, Solid State Drive. Constitués de mémoire flash, avec des bons temps d'accès et une faible consommation d'énergie.
Moins fiables que les disques durs mécaniques



Disque dur

Organisation



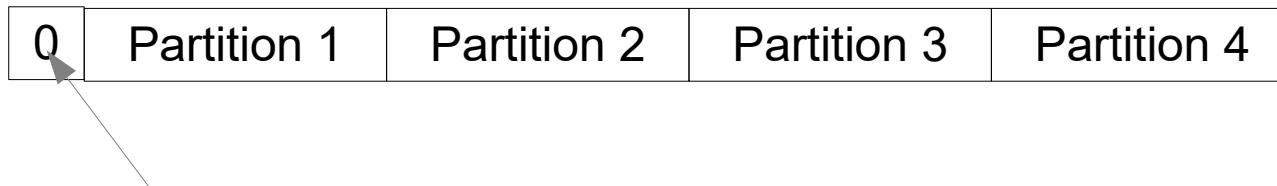
- Secteur : 512 octets
- Cylindre = toutes les pistes alignées de tous les plateaux
- Taille du disque : nb_cylindres (C) x nb_têtes (H) x nb_secteurs_par_piste (S)

Exemple : C/H/S = 65536/16/255

Taille = 127,5 Go (qui est d'ailleurs la taille limite de l'adressage IDE)

Disque dur

Partition d'un disque pour architecture PC avec Legacy BIOS



secteur 0 : Master Boot Record (MBR) : 512 octets !

Lorsque la machine boot, elle exécute le programme du BIOS qui cherche un périphérique bootable. Lorsqu'il est trouvé, le BIOS exécute le programme (loader) du secteur 0 (MBR). Le chargeur du système d'exploitation charge alors le système qui se trouve sur la bonne partition.

Le MBR contient aussi les informations de découpage en partition (C:, D:,...)

Au maximum, 4 partitions, appelées partitions primaires.

Disque dur

Exemple de format de partition : la **FAT-32** (en cours de remplacement par exFAT soumis à licence Microsoft)

- Partition : Boot sector | FAT | répertoire racine | cluster 2 | cluster 3 | ...
- Le boot sector décrit la partition : nom du volume, nombre d'octets par secteurs, nb de secteurs par clusters...
- Unité de base : le cluster : ensemble de secteurs. ex, taille d'un cluster pour des disques < 1To : 8 secteurs, soit 4 ko.
- Le répertoire racine : il a une position particulière car il suit la FAT
- comme les autres répertoires, il contient des entrées (sur 32 octets) pour chacun des fichiers ou répertoire qu'il contient. Les informations sont :
 - le nom du fichier/répertoire,
 - sa taille (sur 4 octets, donc taille max d'un fichier = 4Go) ,
 - la date de création,
 - le numéro du premier cluster où trouver le répertoire...

Disque dur

La FAT-32 (suite)

- Un fichier ou un répertoire occupent 1 ou plusieurs blocs qui ne sont pas obligatoirement contigus.
- Dans chaque bloc (cluster), les 4 derniers octets servent à numérotter le bloc suivant. Ces 4 octets reçoivent la valeur ff ff ff ff pour le dernier bloc d'un fichier .



La table d'allocation des fichiers (FAT) :

- Permet de repérer rapidement les blocs libres.
- Permet d'accéder rapidement à des données lors d'un accès aléatoire.
- Chaque bloc du disque est repéré par une entrée sur 4 octets indiquant si le bloc est défectueux (0), libre (1) ou indiquant le bloc auquel il est chaîné. La valeur fffffff est donnée pour le dernier bloc d'un fichier.

Disque dur

Organisation de la FAT-32 (suite)

Exemple de FAT :

numéro de cluster	valeur
4	1
5	1
6	7
7	9
8	0
9	11
10	1
11	ffffffffff
12	1

- Dans le cluster contenant les informations de repères, on pourra voir que le fichier commence au bloc 6
- puis la FAT renseigne que le fichier est composé des clusters 6, 7, 9 et 11.
- Lors d'un **arrêt brutal** de la machine il se peut que la FAT et le système de fichiers soient **incohérents**. L'OS va donc parcourir tous les blocs du disque et **reconstruire la FAT** lors d'un nouvel allumage de la machine... et vous, prier !

Disque dur

Les inconvénients de la FAT 32

- Nombre de clusters limités : adressage des clusters sur 28 bits. La taille d'un cluster dépend de la capacité du disque. Pour gérer les gros disques : clusters de grandes tailles : 32 Ko
- Donc capacité maximum d'un disque : $2^{28} \times 32 = 8 \text{ To}$
- Donc taille minimal d'un fichier : 32 Ko => beaucoup de places perdues
- Aussi, beaucoup de fragmentation.
- Taille maximum d'un fichier : 4 Go... ce n'est même pas l'image ISO d'un DVD...
- Donc mieux vaut utiliser des systèmes de fichiers récents : NTFS, ext4fs...
- et réserver FAT-32 aux clés USB et cartes SD.

Disque dur

Les inconvénients de legacy BIOS

- BIOS, né en 1980, en même temps que le premier PC
- c'est un firmware (code en ROM) exécuté par le CPU à l'allumage. Il vérifie que le matériel minimum est disponible et cherche le premier média sur lequel démarrer
- équipé d'une mémoire réinscriptible sur laquelle l'utilisateur peut enregistrer des configurations de démarrage (disque sur lequel booter, optimisation matériel...)
- la mémoire est sauvegardée grâce à une pile.
- logiciel de configuration du BIOS disponible à l'allumage en appuyant sur « ESC », « del » , « F2 » ou « F12 » selon les machines
- structure d'un autre age avec des champs limité en taille, mal adapté aux architectures modernes : remplacé par **UEFI : Unified Extensible Firmware Interface**

Disque dur

UEFI : Unified Extensible Firmware Interface

- peut gérer des disques > à 2 TB
- Utilise la GUID Partition Table (GPT) à la place du MBR.
- n'oblige pas le secteur d'amorçage à être sur le premier cluster
- indépendant du processeur bien que seuls les CPU little endian soit supportés (Intel, ARM, AMD...)
- indépendant des OS, bien qu'un firmware UEFI 64bits ne puissent booter que des OS 64 bits
- permet de booter à partir du réseau
- permet des « secure boot »

Système de fichiers

- Gérer un disque dur → compliqué
- Il faut laisser faire le système d'exploitation
- Utiliser des fonctions haut niveau du langage C qui utilisent des fonctions bas niveau du système d'exploitation : **Abstraction !**
- Le comportement dépend donc du système d'exploitation et ne sera donc pas le même sur Windows ou sur Linux...

Système de fichiers

fichiers textes / fichiers binaires

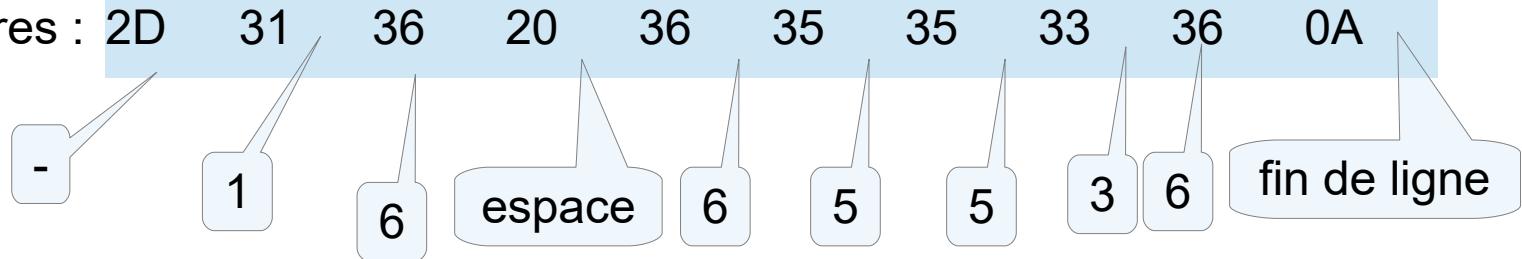
- Pourquoi cette distinction alors que tout est binaire !!
 - Un fichier texte stocke la représentation ascii des données.
 - Un fichier binaire stocke la représentation en mémoire des données.
- Prenons un exemple ; on veut stocker deux entiers : -16 et 65536

Comment l'information est-elle codée sur le disque dur (chaque octet est exprimé en hexadécimal) :

FF	FF	FF	F0	00	01	00	00
----	----	----	----	----	----	----	----

Dans un fichier binaire :

Dans un fichier texte, chaque octet représente le code ascii des différents caractères :



Système de fichiers

Fichiers textes / fichiers binaires

- **Fichiers textes** : les données sont de **taille variable**
 - Données séparées par un séparateur (espace ou fin de ligne)
 - L'accès ne peut se faire qu'à partir du début en suivant chaque séparateur pour arriver à la donnée voulue.
 - On les appelle aussi des **fichiers à accès sequentiel**.
- **Fichiers binaires** : les données sont de **taille fixe**.
 - Pour accéder à l'enregistrement N, il suffit de se déplacer de $N \times$ taille d'un enregistrement.
 - On les appelle aussi des **fichiers à accès aléatoire**.

Système de fichiers

Fichiers textes / fichiers binaires

	Avantage	Inconvénient
Fichiers textes	<ul style="list-style-type: none">– lisible par un éditeur comme notepad ou gedit	<ul style="list-style-type: none">– accès lent à une donnée en fin de fichier
Fichiers binaires	<ul style="list-style-type: none">– accès rapide à n'importe quelle donnée– format propriétaire permettant de se protéger de la concurrence	<ul style="list-style-type: none">– format propriétaire, non modifiable autrement que par le programme

Système de fichiers

Ouverture/fermeture d'un fichier.

- Lors de la lecture et l'écriture, le système d'exploitation va **optimiser les accès** :
 - en lisant les données par bloc qui seront mises dans un buffer ;
 - en écrivant également les données par bloc à partir d'un buffer.
 - On appelle cette technique : **accès bufferisé**.
- **Problèmes :**
 - Quand vider les buffers lors de l'écriture ?
 - Si le programme s'arrête brutalement on n'est pas sûr que tout est écrit sur disque ;
 - Comment réserver de la place mémoire pour les buffers...

Système de fichiers

fopen

- Ouverture d'un fichier ;
- Demande à l'OS d'allouer les buffers et **retourne** un pointeur sur une zone mémoire où sont stockées les informations relatives à la gestion du fichier.

FILE *fopen(const char *path, const char *mode);

path : chemin et nom du fichier. Absolu ou relatif par rapport au répertoire où est lancé l'exécutable.

mode : type d'accès souhaité :

- "r" (read) : mode lecture. Si non trouvé, fopen retourne NULL.
- "w" (write) : création d'un nouveau fichier vide. Si un fichier de même nom existait déjà, il est écrasé
- "a" (add) : ouverture en ajout à la fin du fichier. Si le fichier n'existe pas il est créé.
- "r+" : mode mise à jour. Lecture et écriture se font au début du fichier.
- "w+" : lecture et écriture. Le fichier est créé s'il n'existe pas.
- "a+" : ouverture ou création d'un fichier. La lecture se fait au début du fichier et l'écriture à la fin.

Système de fichiers

fclose

- Demande à l'OS d'écrire les buffers d'écriture vers le média ;
- Désalloue les buffers alloués par open.

int fclose(FILE *fp);

fp : Le pointeur de fichier.

Retourne 0 en cas de succès.

pour toutes ces fonctions, ne pas oublier
`#include <stdio.h>`

Système de fichiers

fprintf

- Écriture vers le buffer d'écriture associé à un fichier ;
- Écriture au format texte ;
- Le buffer est écrit sur le média lorsqu'il est plein ou lorsque fprintf écrit un '\n' dans le buffer.

int fprintf(FILE *stream, const char *format, params, ...);

stream : Le pointeur de fichier.

format, params : même rôle que pour printf et sprintf.

Retourne le nombre de caractères réellement écrits, ou une valeur <0 en cas d'erreur.

Système de fichiers

fscanf

- Lecture d'un fichier au format texte ;

int fscanf(FILE *stream, const char *format, params, ...);

stream : Le pointeur de fichier.

format, params : même rôle que pour scanf et sscanf.

Retourne le nombre d'occurrences lues ou une valeur < ou = à 0 en cas d'erreur (fin de fichier atteinte ou fichier mal formaté..)

Système de fichiers

fwrite

- Écriture vers le buffer d'écriture associé à un fichier ;
- Écriture au format binaire ;
- Le buffer est écrit sur le média lorsqu'il est plein.

size_t fwrite(const void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);

ptr: pointeur vers les données à écrire

size: taille d'un élément des données

nmemb: nombre d'éléments composant les données

stream : Le pointeur de fichier.

Retourne le nombre d'éléments réellement écrits, ou une valeur <0 en cas d'erreur.

Système de fichiers

fread

- Lecture d'un fichier binaire ;

size_t fread(void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);

ptr: pointeur vers un espace mémoire qui recevra les données

size: taille d'un élément des données à lire

nmemb: nombre d'éléments à lire

stream : Le pointeur de fichier.

Retourne le nombre d'éléments réellement lus ou une valeur <0 en cas d'erreur ou de fin de fichier.

Système de fichiers

fseek

- positionne l'endroit (le « curseur ») où sera fait la lecture ou l'écriture.

int fseek(FILE *stream, long offset, int whence);

offset : le déplacement mesuré en octet.

whence : la référence du déplacement

- SEEK_SET : début du fichier
- SEEK_CUR : position courante
- SEEK_END : fin du fichier

stream : Le pointeur de fichier.

Retourne 0 en cas de succès.

Système de fichiers

```
#include <stdio.h>

void main(void) {

    int i;
    FILE *fpb, *fpa;

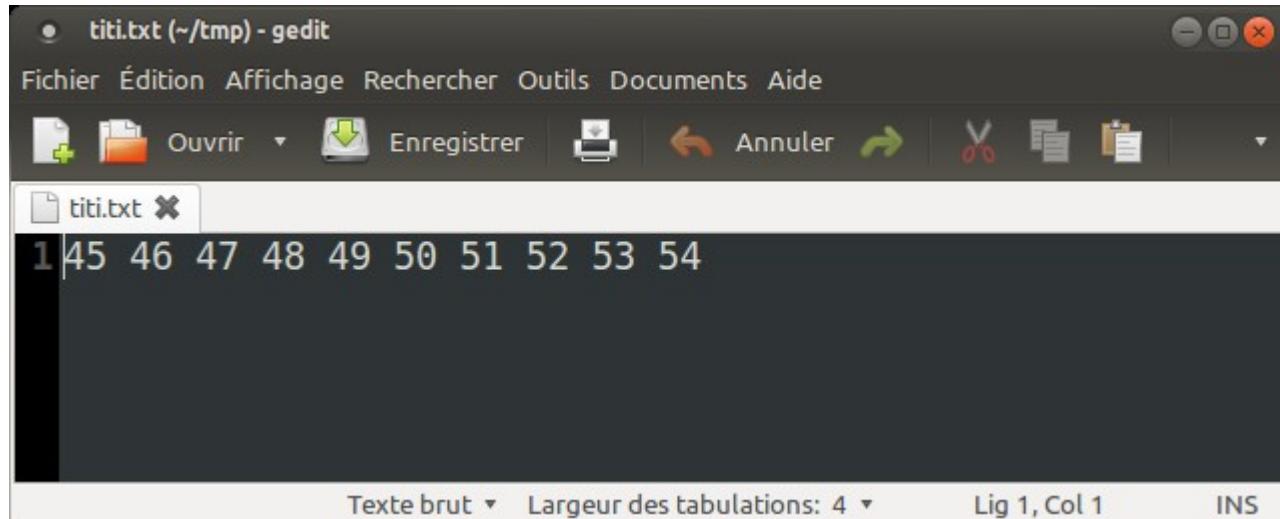
    fpb = fopen ("titi.bin","w");
    fpa = fopen ("titi.txt","w");
    for(i=45;i<55;i++){
        fwrite(&i,sizeof(int),1,fpb);
        fprintf(fpa,"%d ",i);
    }
    fclose(fpb);
    fclose(fpa);
}
```

écriture en binaire dans « titi.bin »

écriture en mode texte dans « titi.txt »

Système de fichiers

- On peut ouvrir titi.txt avec gedit mais pas titi.bin



Système de fichiers

- **hexdump** est une commande Linux/Mac OS qui permet d'afficher en hexadécimal le contenu d'un fichier octet par octet. (Il existe Hexedit pour Windows).
 - La première colonne donne l'adresse du premier octet de la ligne par rapport au début du fichier ;
 - La deuxième colonne est le contenu du fichier en hexadécimal ;
 - La dernière colonne est la traduction en ASCII de chaque octet quand c'est possible car tous les codes ne sont pas affichables : retour à la ligne...

Système de fichiers

45 en hexa sur 32 bits, little endian

46 en hexa sur 32 bits, little endian

```
lefebvre@pc:~/tmp$ hexdump -C titi.bin
00000000  2d 00 00 00 2e 00 00 00  2f 00 00 00 30 00 00 00  |-...../...0...|
00000010  31 00 00 00 32 00 00 00  33 00 00 00 34 00 00 00  |1...2...3...4...|
00000020  35 00 00 00 36 00 00 00
00000028
lefebvre@pc:~/tmp$
lefebvre@pc:~/tmp$ hexdump -C titi.txt
00000000  34 35 20 34 36 20 34 37  20 34 38 20 34 39 20 35  |45 46 47 48 49 5|
00000010  30 20 35 31 20 35 32 20  35 33 20 35 34 20        |0 51 52 53 54 |
0000001e
```

code ASCII de '4'

code ASCII de '5'

code ASCII de espace

Système de fichiers

Lecture et affichage du fichier binaire

```
#include <stdio.h>

void main(void) {

    int i;
    FILE *fpb ;

    fpb = fopen ("titi.bin","r");
    while ( fread(&i,sizeof(int),1,fpb) >0 ) {
        printf ("%d ", i) ;
    }
    fclose(fpb);
}
```

produit :

45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

*Comment charger le fichier en une seule fois
(sans boucle) dans un tableau d'entiers ?*

Système de fichiers

Lecture et affichage du fichier texte

```
#include <stdio.h>

void main(void) {

    int i;
    FILE *fpa ;

    fpa = fopen ("titi.txt","r");
    while ( fscanf(fpa,"%d", &i) >0 ) {
        printf ("%d ", i) ;
    }
    fclose(fpa);
}
```

produit :

45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

*Comment charger le fichier en une seule fois
(sans boucle) dans un tableau de char ?*

Système de fichiers

Comment gérer le problème de :

- fichiers introuvables
- de droits insuffisants
- de fichiers endommagés
- bref, de problème d'ouverture

→ **perror**

Cette fonction permettra d'interroger le système d'exploitation et de connaître la raison de l'échec de l'ouverture. **perror** n'est pas spécifique au fichier, et permet d'afficher le résultat du dernier appel système.

```
#include <stdio.h>
#include <errno .h>

void main(void) {
    int i;
    FILE *fpa ;
    fpa = fopen ("titi.txt","r");
    if (fpa == NULL) {
        perror ("pb fopen") ;
        return (EXIT_FAILURE) ;
    }
```

Système de fichiers

Information sur le fichier : stat, fstat

```
int stat(const char *pathname, struct stat *buf);
int fstat(int fd, struct stat *buf);
```

```
struct stat {
    dev_t    st_dev;      /* ID of device containing file */
    ino_t    st_ino;      /* inode number */
    mode_t   st_mode;     /* protection */
    nlink_t  st_nlink;    /* number of hard links */
    uid_t    st_uid;      /* user ID of owner */
    gid_t    st_gid;      /* group ID of owner */
    dev_t    st_rdev;     /* device ID (if special file) */
    off_t   st_size;      /* total size, in bytes */
    blksize_t st_blksize; /* blocksize for filesystem I/O
*/
    blkcnt_t st_blocks;   /* number of 512B blocks
allocated */
```

```
/* Since Linux 2.6, the kernel supports nanosecond
precision for the following timestamp fields.
For the details before Linux 2.6, see NOTES. */
```

```
struct timespec st_atim; /* time of last access */
```

Système de fichiers

Exemple d'utilisation de la fonction stat pour récupérer la taille d'un fichier Ici, le programme retourne la taille en octet de l'exécutable.
En effet, la chaîne de caractère argv[0] contient le nom du fichier exécutable.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#include <stdlib.h>

int main (int argc, char **argv) {
    int err ;
    struct stat info ;
    err = stat (argv[0], &info) ;
    if (err <0) {
        perror("Probleme appel stat") ;
        return (EXIT_FAILURE);
    }
    printf("Taille de %s : %d\n", argv[0], (int) info.st_size) ;
    return (EXIT_FAILURE);
}
```

produit

Taille de /exemp : 8824

Définition de type

- Comment alléger la déclaration de certaines variables ?
- Comment donner un nom plus parlant à certains types ?
 - En utilisant **typedef**

```
typedef définitiondeType NouveauNomDuType ;
```

- Syntaxe :
- Exemple :

```
typedef int Booleen ;
typedef unsigned char EntierNonSigne8bits ;
```

```
void main() {
    Booleen b=1 ;
    EntierNonSigne8bit w=7 ;
    ...
}
```

- Voir également l'exemple au chapitre suivant sur les structures

Structures de données

- Comment agréger plusieurs types de données dans une même variable ?
→ En utilisant des structures
- Permet également à une fonction de retourner plusieurs valeurs.

- Déclaration de la structure et de ses champs :

```
struct nomDeLaStruct {  
    type1 champ1;  
    type2 champ2 ;  
    ...  
};
```

- Déclaration d'une variable de ce type :

Accès aux champs,
en séparant avec un « point » :

```
struct nomDeLaStruct nomVariable ;
```

```
nomVariable.champ1 = valeur ;
```

Structures de données

Exemple : Traduction coordonnées cartésiennes / cylindriques

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

typedef struct sCoordCyl { //exemple en utilisant typedef
    float r, alpha, z ;
} CoordCyl ;

struct sCoordCart { //exemple sans utiliser typedef
    float x, y, z ;
} ;

struct sCoordCart convert (CoordCyl p) {
    struct sCoordCart res ;
    res.x = p.r*cos(p.alpha) ;
    res.y = p.r*sin(p.alpha) ;
    res.z = p.z ;
    return res ;
}
```

Structures de données

Traduction coordonnées cartésiennes / cylindriques

```
void main() {  
    struct sCoordCart pointA_cart ;  
    CoordCyl pointA_cyl={1, M_PI/3.0, 2 } ;  
  
    pointA_cart = convert(pointA_cyl) ;  
  
    printf ("A en coordonnée cartésienne : [%f %f %f]\n",  
           pointA_cart.x, pointA_cart.y, pointA_cart.z ) ;  
}
```

produit :

A en coordonnée cartésienne : [0.500000 0.866025 2.000000]

Allocation Dynamique

Comment déclarer des variables/tableaux supplémentaires pendant l'exécution d'un programme ?

Autrement dit, comment disposer d'un espace mémoire supplémentaire ?

- En C99 : possibilité de créer des variables ou des tableaux n'importe où. Exemple :

```
scanf ("%d", &n) ;  
int tab[n] ;
```

- mais l'emplacement de tab sera dans la pile donc :
- tab sera détruit quand on sort de la fonction qui l'a déclaré
- et la pile a une taille limitée, par défaut de 8 Mio sous Linux ou 1 Mio sous Window's

→ Solution : **l'allocation dynamique**

Allocation Dynamique

Allocation dynamique :

- Dans le tas : c'est un espace mémoire persistant jusqu'à l'arrêt du programme.
- La taille du tas dépend du système d'exploitation :
 - Linux 32 bits : 3 Gio
 - Windows 32 bits : 2 Gio
 - OS 64 bits... sous Linux, limité à la taille du swap + taille de la RAM.
- fonctionne en C ANSI
- Certains « petits » OS ne gèrent pas de tas dynamiquement

Allocation Dynamique

Les fonctions de base :

- malloc(), calloc(), realloc() et free()
- prototypes dans <stdlib.h>
- utilise un type prédéfini size_t qui est une redéfinition de « unsigned int »

`void *malloc(size_t size);`

- réserve size octets, sans initialisation de l'espace.

`void *calloc(size_t nmemb, size_t size);`

- réserve nmemb éléments de taille size octets chacun ;
- l'espace est initialisé à 0.

Allocation Dynamique

```
void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

- modifie la taille à size affectée au bloc de mémoire fourni par un précédent appel à malloc() ou calloc().

```
void free(void *ptr);
```

- libère le bloc mémoire pointé par un précédent appel à malloc(), calloc() ou realloc().
- Ces fonctions doivent être transtypées (« castées ») car le type de retour est un pointeur sans type : void*
- Retournent le pointeur NULL (0) si l'espace disponible est insuffisant.

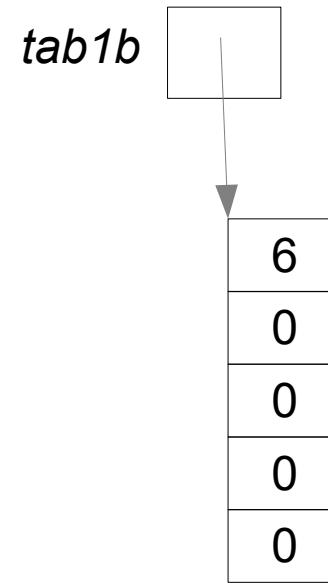
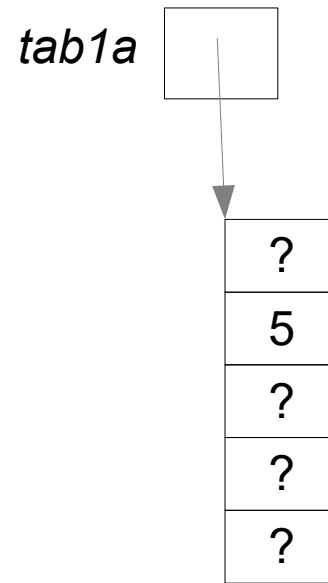
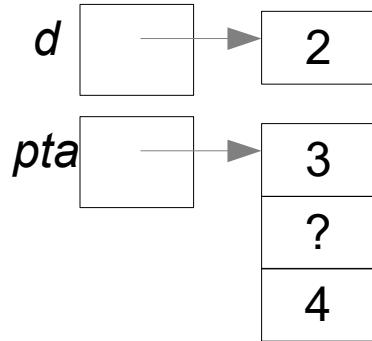
Allocation Dynamique

Exemple : une structure et 2 vecteurs créés dynamiquement

```
void main() {  
    double *d ;  
    d = (double*) malloc (sizeof (double)) ;  
    *d = 2 ;  
  
    CoordCyl *pta = (CoordCyl *) malloc (sizeof (CoordCyl)) ;  
    (*pta).r = 3 ; pta->z = 4 ;  
  
    int *tab1a ;  
    tab1a = (int*) malloc (5*sizeof(int)) ;  
    tab1a[1] = 5 ;  
  
    int *tab1b = (int*) calloc (5, sizeof(int)) ;  
    tab1b[0] = 6 ;  
  
}
```

Allocation Dynamique

Dessinons tout cela !!!



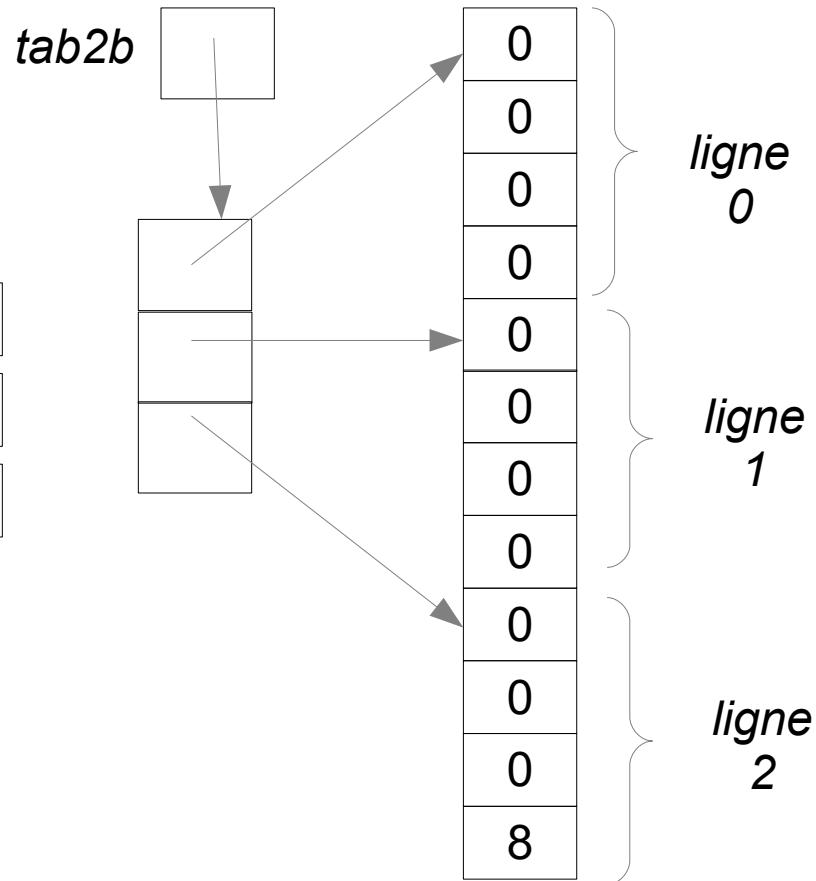
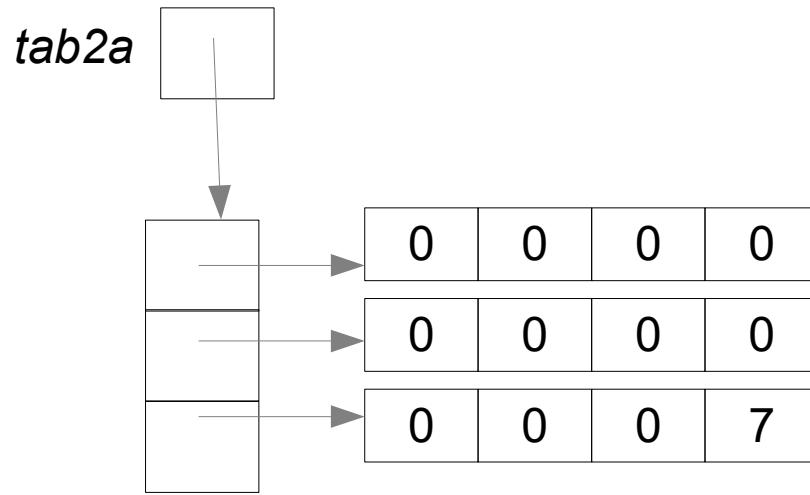
Allocation Dynamique

Exemple : deux matrices créées dynamiquement

```
void main() {  
  
    float **tab2a ;  
    tab2a = calloc (3, sizeof(float*)) ;  
    for (i=0 ; i<3 ; i++ )  
        tab2a[i] = calloc (4, sizeof(float)) ;  
  
    tab2a[2][3]=7 ;  
  
    float **tab2b = calloc (3, sizeof(float*)) ;  
    tab2b[0] = calloc (3*4, sizeof(float)) ;  
    for (i=1 ; i<3 ; i++ )  
        tab2b[i] = tab2b[i-1]+4 ;  
  
    tab2b[2][3]=8 ;  
  
}
```

Allocation Dynamique

Dessinons tout cela !!!



Arithmétique de pointeurs

- **Simplification d'écriture pour les structures**

(*ptA).z est équivalent à ptA->z

- **Addition de pointeur**

si tab1a=0x0010

l'adresse de tab1a[0] est 0x0010

*tab1a est équivalent à tab1a[0]

*(tab1a+1) est équivalent à tab1a[1]

L'adresse de tab1a[1] est donc 0x0014, car tab1a est un pointeur sur des entiers, et la taille mémoire d'un entier est 4 octets.

L'addition est typée !

Encore de la gymnastique de pointeurs

Exemple :

```
void main() {  
    float a; float t[5]; float *p;  
    p = &a;  
    *p = 8;  
    p = t;  
    *p = 9;  
    *(p+2) = 10;  
    printf("a = %f, t[0]=%f, t[2]=%f \n",a , t[0], t[2]);  
    printf ("p = %d p = %x @t[0] = %x, @t[2] = %x\n", p, p, &(t[0]), &(t[2]) );  
}
```

produit :

```
a = 8.000000, t[0]=9.000000, t[2]=10.000000  
p = -1078918316 p = bfb10354 @t[0] = bfb10354, @t[2] = bfb1035c
```

Encore de la gymnastique de pointeurs

Remarques :

- Dans l'exemple précédent
 - $p = t$ a un sens
 - $t = p$ n'a aucun sens !!
- Attention, lors de la déclaration,
`int* a, b ;`
déclare
 - a de type int*
 - b de type int

Encore de la gymnastique de pointeurs

Exemple :

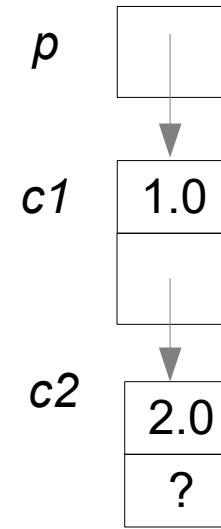
```
#include <stdio.h>

typedef struct sCell {
    float nb;
    struct sCell *suiv;
} Cellule;

void main() {
    Cellule c1, c2, *p ;
    c1.suiv=&c2 ;
    p = &c1 ;
    p->nb=1 ; // équiv de (*p).nb = 1 ;
    p->suiv->nb=2 ;
    printf("c1.nb = %e\n", c1.nb);
    printf("c2.nb = %e\n", c2.nb);
}
```

produit :

```
c1.nb = 1.000000e+00
c2.nb = 2.000000e+00
```



Encore de la gymnastique de pointeurs

Exercice :

- 1) Écrire une fonction qui crée une cellule et retourne son pointeur. Expliquer pourquoi cela doit se faire avec la fonction malloc (ou calloc...).
- 2) Écrire la fonction

*Cellule *ajouter(Cellule *liste, float n)*

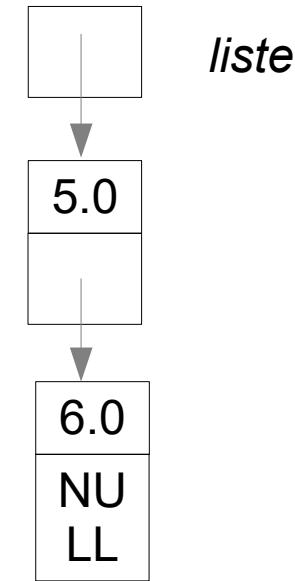
voici la fonction qui ajoute une nouvelle cellule au début de la liste, initialisée avec un flottant passé en paramètre.

```
Cellule *liste = NULL;
liste = ajouter (liste, 6.0) ;
liste = ajouter (liste, 5.0) ;
```

- 3) Écrire la fonction *afficherListe*.

produit :

liste = 5, 6,



Déclaration des variables

- **variables globales** : visible dans tout le fichier
 - Déclarée à l'extérieur de toute fonction.
 - stockée dans le tas (comme les allocations dynamiques)
 - Un autre fichier peut utiliser cette variable s'il la déclare avec le modificateur `extern`.
- **variables locales** : visible uniquement dans le bloc ou la fonction qui est délimité par les accolades. Ces variables sont aussi appelées « automatique » (mot clé obsolète : `auto`)
 - main est une fonction !
 - stockée dans la pile
 - éphémère : lorsque le programme quitte la fonction, le contenu est perdu. Si on entre de nouveau dans la fonction la variable est n'a plus le contenu précédent
- **variables « statiques »**: Le mot clé « `static` » s'applique à la déclaration d'une variable dans une fonction. Le contenu de la variable est préservé entre plusieurs appels successifs de cette fonction.

Déclaration des variables

Exemple :

produit :
s_glo = 55
somme static = 55
somme locale = 0

```
int s_glo=0 ;  
  
void sommeGlo (int n) {  
    int i ;  
    for (i=n; i>0 ; i-- )  
        s_glo = s_glo+ i ;  
return ;  
}  
  
int sommeStat (int n) {  
    static int som=0 ;  
    if (n == 0) return som;  
    som =som+n ;  
    return(sommeStat (n-1 )) ;  
}  
  
int sommeLoc (int n) {  
    int som=0 ;  
    if (n == 0) return som;  
    som=som+n ;  
    return (sommeLoc (n-1 )) ;  
}  
  
void main() {  
    sommeGlo (10);  
}
```

union

- Permet de voir la même zone mémoire, avec des types différents.

```
union nomDeLUnion {  
    type1 champ1 ;  
    type2 champ2 ;  
    ...  
};
```

- Déclaration :

```
union nomDeLUnion nomVariable ;
```

- Accès aux champs,
en séparant avec un « point » :
nomVariable.var1 = valeur ;
- Contrairement aux structures, la modification de la valeur d'un champ entraîne la modification des valeurs des autres champs.
- La taille occupée en mémoire est la taille du plus grand des champs.

union

Exemple :

```
typedef union uentier {
    int nb ;
    char oct[4] ;
} Entier ;

void main() {
    Entier a;
    a.nb = 7 ;
    printf ("Les 4 octets de a sont %x %x %x %x\n", a.oct[0], a.oct[1],
            a.oct[2], a.oct[3] ) ;
    a.oct[1] = 1 ;
    printf ("a = %d\n", a.nb) ;
}
```

produit :

Les 4 octets de a sont 7 0 0 0
a = 263

enum

- Définit un ensemble de « constantes » de type int.
- améliore la lisibilité du code.

```
enum nomDeLEnum {  
    nom1 = valeurInt1,  
    nom2 = valeurInt2  
    ...  
};
```

- Déclaration :

- Déclaration d'une variable :

```
enum nomDeLEnum nomVariable ;
```

```
nomVariable = nom1 ;
```

- utilisation :
- l'initialisation des valeurs est optionnel (voir exemple). Dans ce cas le premier élément est codé avec la valeur 0 et les suivants avec un incrément de 1.

enum

Exemple :

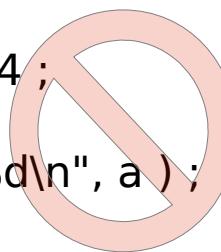
```
void main() {  
    enum Couleur { Pique, Coeur, Trefle, Carreau } ;  
    enum Couleur carte = Pique ;  
  
    carte = carte + 1 ;  
    if (carte == Coeur)  
        printf ("Carte de Coeur\n" ) ;  
}
```

produit :
Carte de Coeur

const

- Le modificateur **const** oblige le compilateur à vérifier que la variable n'est pas modifiée.
- Par contre si l'accès à la variable se fait par adresse au cours de l'exécution, aucun contrôle ne peut être effectué.
- L'exemple suivant ne compile pas :

```
void main() {
    const int a = 4;
    a = a + 1;
    printf ("a = %d\n", a );
}
```



- Et celui ci

```
void main() {
    const int a = 4 ;
    int *p = &a ;
    *p = *p +1 ;
    printf ("a = %d\n", a ) ;
}
```

- Produit : **a = 5**

Remarque : Comme on l'a vu pour les fonctions, « const » sert souvent pour renseigner l'utilisateur qu'un paramètre, bien que passé par adresse, ne sera pas modifié à l'appel de la fonction (cf. `strlen`).

argc, argv

- Il est possible de passer des arguments à la fonction main au moment de l'appel du programme.
- Dans ce cas il faut déclarer : int main(int argc, char** argv)
- argc contient le nombre d'argument passé sur la ligne de commande.
- argv est un tableau de chaîne de caractère qui contient chaque argument. argv[0] contient le nom du programme.

```
int main( int argc, char** argv) {  
    int i ;  
    printf ("%d arguments :\n", argc ) ;  
    for (i=0 ; i<argc ; i++)  
        printf(" %s\n", argv[i]) ;  
}
```

```
$ gcc arg.c -o arg.bin  
$ ./arg.bin Bonne année 2017  
4 arguments :  
./arg.bin  
Bonne  
année  
2017
```

macros – directives de précompilation

#define

- Permet de remplacer une expression par une autre.
→ rend le programmable plus **lisible** ou **paramétrable**
- Le remplacement se fait **avant la compilation.**

#define expDeRemp expRemplacée

ou

#define expDeRemp(param) expRemplacée_fonction_de_param

- Permet de diriger la compilation
 - #ifdef expDeRemp** ou **#ifndef expDeRemp**
 - #else** ou **#elif**
 - #endif**

macros

Exemple :

Ce n'est pas une fonction.
Récursivité interdite !

Cette erreur ne sera pas vue
par le compilateur

```
#define PI 3.141592653589793
#define DEBUG
#define prFloat(x) printf("%f\n",x)

void main() {
    printf("pi = %f\n",PI);
    #ifdef DEBUG
        puts("--- Trace debug 1---");
    #endif

    #ifndef DEBUG
        puts("--- Execution normale---");
    #endif
    prFloat(PI) ;
}
```

pas de point virgule !

produit :
pi = 3.141593
--- Trace debug 1---
3.141593

macros – directives de précompilation

#include : Permet d'insérer le contenu d'un autre fichier à l'emplacement de la directive. Le remplacement se fait **avant la compilation**.

- **#include <fichier>**

inclus un fichier contenu dans les répertoires par défaut du compilateur (/usr/include sous Linux). Possibilité de compléter le chemin de recherche de gcc par l'option -I ; exemple :

```
gcc prog.c -I/mesLib/include -o prog.bin
```

- **#include "fichier"**

inclus un fichier contenu dans le même répertoire que le fichier compilé

- **#include "/rep/fichier"**

inclus un fichier dont le chemin est référencé par rapport à la racine du système de fichier et contenu dans le répertoire « rep ».

- Souvent utilisé pour inclure des fichiers header « .h » qui contiennent les définitions des constantes, des types et des prototypes des fonctions.

Définition des prototypes

- Lorsqu'il rencontre une fonction, le compilateur vérifie la bonne utilisation de la fonction, c'est à dire que les types des paramètres et le type de retour sont bons.
- C'est pour cela qu'il faut définir la fonction avant de l'utiliser.

Mais dans le cas de deux fonctions s'appelant mutuellement,
~~float f2(float x);~~
 laquelle déclarer en premier ? → Il faut déclarer au début le
~~void prototype de celle qui sera défini après.~~

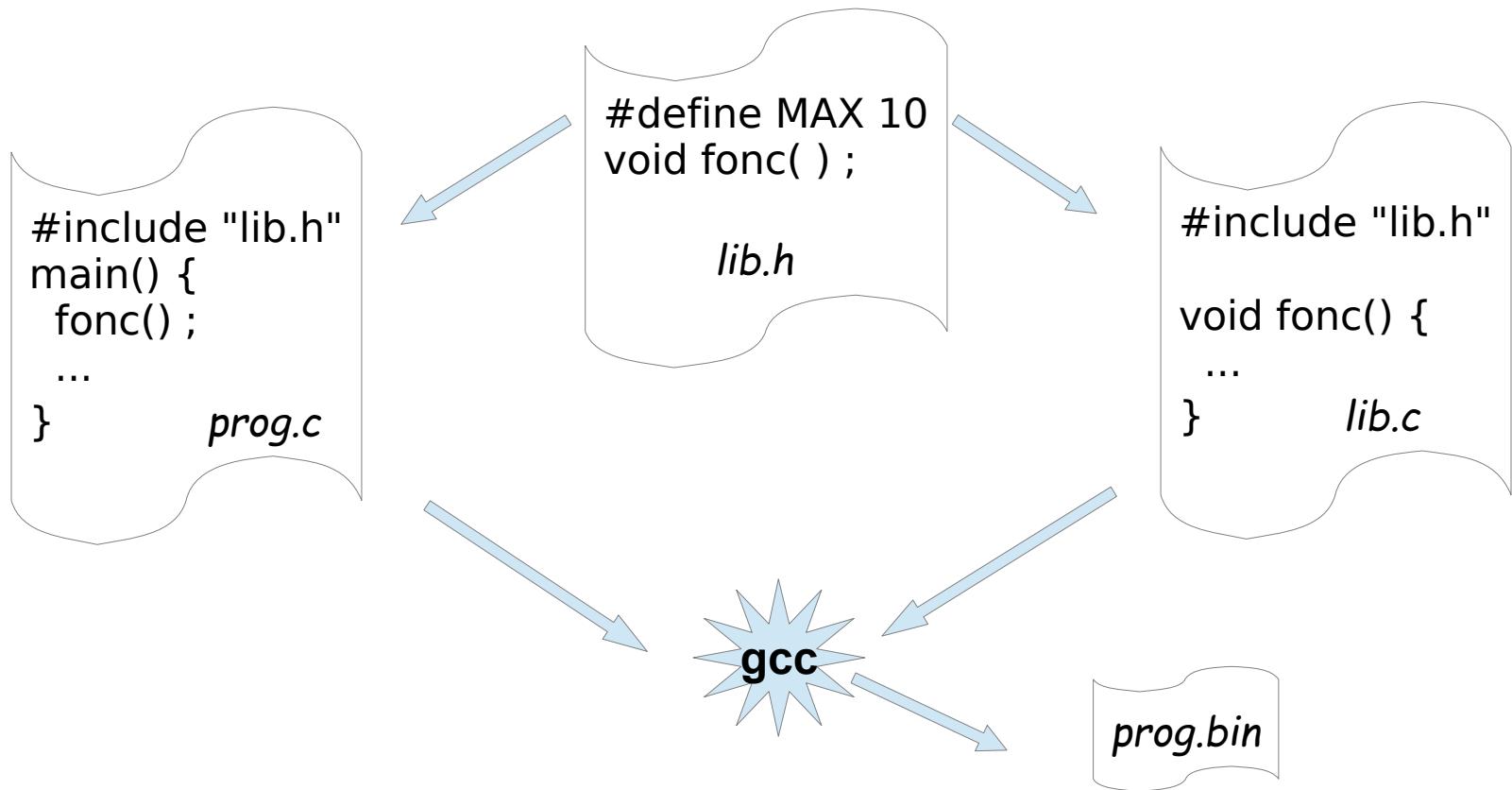
```

...
if (f2(y) == 0) return ;
...
}
float f2 (float x) {
...
f1(chaine, 7) ;
...

```

Le prototype de f2 est défini en premier
 On peut donc utiliser f2 dans f1
 même si sa définition arrive après

Compilation multi-fichiers



Compilation multi-fichiers

Pour compiler :

```
$ gcc prog.c lib.c -o prog.bin -Wall
```

- Ou pour éviter de recompiler lib.c à chaque fois, créer la bibliothèque lib.o :

```
$ gcc -c lib.c -o lib.o -Wall
```

```
$ gcc prog.c lib.o -o prog.bin -Wall
```

Pour des projets plus complexes : utilisez un Makefile ou un IDE(Environnement de Développement Intégré)

Compilation multi-fichiers : Makefile

Makefile :

- utilisé par la commande **make**
- permet de gérer la compilation d'un projet
- constitué de règles d'inférences (*actions à exécuter sous conditions*)

Commande **make**

Sans arguments, exécute la règle **all**

Makefile : exemple

Exemple : fichier main.c

```
/*
 * \brief      main program for validation purpose
 * validation of "tableau" library
 */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define TAB_LEN 10
#include "tableau.h"

int main(int argc, char** argv) {
    int tab[TAB_LEN] ;
    aleaTab(tab, TAB_LEN) ;
    afficher (tab, TAB_LEN) ;
    return (EXIT_SUCCESS) ;
}
```

main dépend de ce header

main dépend de la bibliothèque
où sont définies
ces fonctions

Makefile : exemple

Exemple : fichier tableau.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include "tableau.h"

#if ( USE_TAB_FN == 1 )

void aleaTab (int tableau[], int taille) {
    int i ;
    srand (time(NULL)) ;
    for (i = 0 ; i<taille ; i++ ) {
        tableau[i] = rand()% (MAX_ALEA - MIN_ALEA)+MIN_ALEA ;
    }
    return ;
}

/** Affiche un tableau 1D
@param tableau : le tableau
@param taille : la taille du tableau
@return : rien
*/
void afficher (int tableau[], int taille) {
```

tableau.c dépend de ce header

directive de compilation pour éviter de compiler ces fonctions si le développeur n'en a pas besoin

Makefile : exemple

Exemple : tableau.h

```
#ifndef _TABLEAU_H
#define _TABLEAU_H

#define MIN_ALEA 5
#define MAX_ALEA 15

#define USE_TAB_FN 1 //mettre à 1 la macro pour bénéficier des fonctions de
gestion des tableaux

void aleaTab (int tableau[], int taille) ;

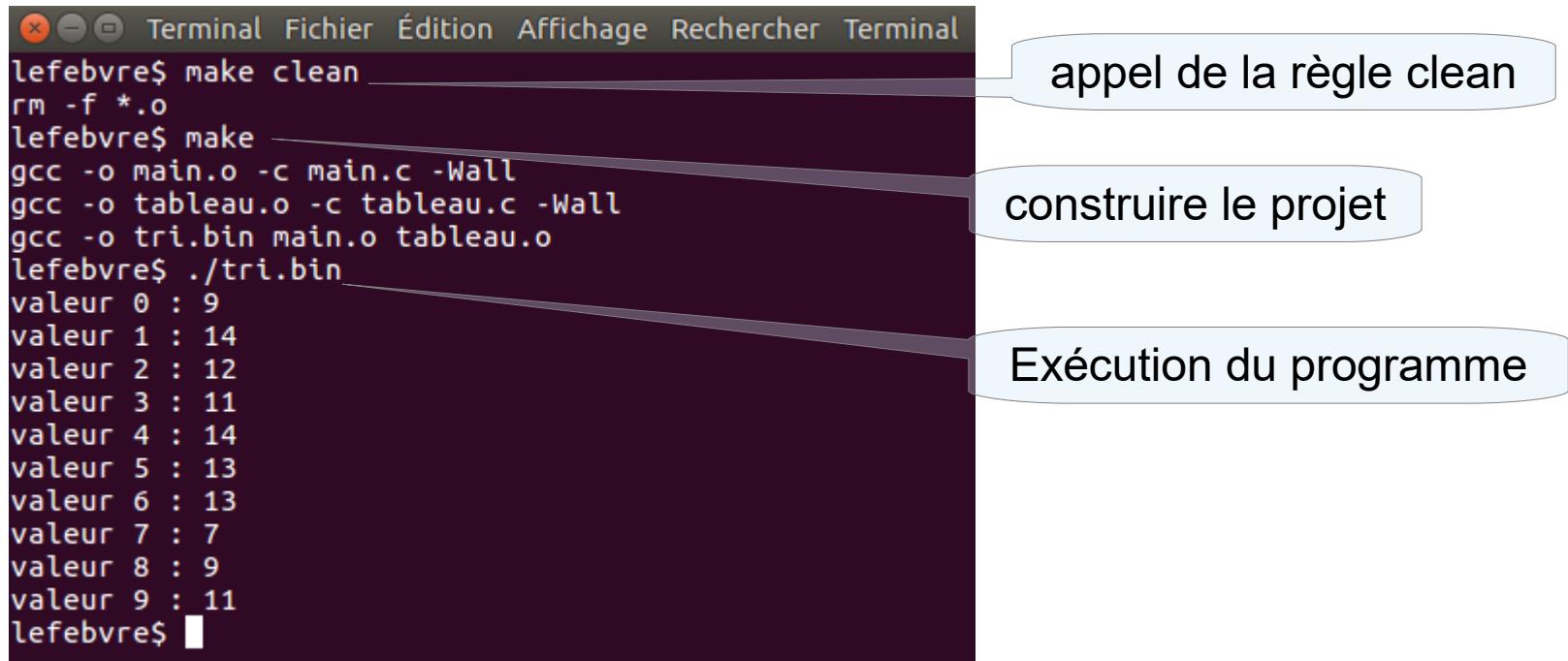
void afficher (int tableau[], int taille) ;

#endif
```

macro évitant d'inclure tableau.h
si tableau.h a déjà été inclus

Makefile : exemple

Exemple d'utilisation



The screenshot shows a terminal window with the following session:

```
Terminal Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal
lefebvre$ make clean
rm -f *.o
lefebvre$ make
gcc -o main.o -c main.c -Wall
gcc -o tableau.o -c tableau.c -Wall
gcc -o tri.bin main.o tableau.o
lefebvre$ ./tri.bin
valeur 0 : 9
valeur 1 : 14
valeur 2 : 12
valeur 3 : 11
valeur 4 : 14
valeur 5 : 13
valeur 6 : 13
valeur 7 : 7
valeur 8 : 9
valeur 9 : 11
lefebvre$
```

Annotations from right to left:

- appel de la règle clean
- construire le projet
- Exécution du programme

Makefile : exemple

Exemple :

```
all: tri.bin
      tri.bin: main.o tableau.o
              gcc -o tri.bin main.o tableau.o
```

```
tableau.o: tableau.c tableau.h
          gcc -o tableau.o -c tableau.c -Wall
```

```
main.o: main.c tableau.h
       gcc -o main.o -c main.c -Wall
```

```
clean:
      rm -f *.o
mrproper: clean
          rm -f tri.bin
```

Règle « all » désigne le résultat du Makefile

édition des liens

dépendances : compiler main.o si main.c ou tableau.h ont été modifiés depuis la dernière compilation

-c = compilation d'un fichier « objet »

actions à effectuer pour réaliser la règle « clean » : ici, effacer tous les fichiers « objets »

tabulation !

Compilation multi-fichiers : Makefile

syntaxe du Makefile

cible : dépendances
commandes



tabulation avant les commandes

les cibles des dépendances sont d'abord analysées. *Ex tableau.o est d'abord réalisé avant tri.bin.*

Si les dépendances ont été modifiées (donc plus récentes que la cible) alors les commandes de la cibles sont exécutées.

Pour rationaliser le makefile on peut introduire des **variables**. *Par exemple :*

CFLAGS *pour les options du compilateur*

EXEC *pour le nom de l'exécutable*

LDFLAGS *pour les options du linkeur*

Il existe d'autres mécanismes : variables internes, règle d'inférences

Makefile : exemple

Exemple :

```
CFLAGS=-Wall
LDLFLAGS=-lm
EXEC=tri.bin
```

```
all : $(EXEC)
```

```
$(EXEC) : main.o tableau.o
    gcc -o $(EXEC) main.o tableau.o $(LDLFLAGS)
```

```
tableau.o : tableau.c tableau.h
    gcc -o tableau.o -c tableau.c $(CFLAGS)
```

```
main.o: main.c tableau.h
    gcc -o main.o -c main.c $(CFLAGS)
```

```
clean :
    rm -f *.o
```

```
mrproper: clean
    rm -f $(EXEC)
```

Compile avec tous les warnings

édition des liens avec la bibliothèque mathématique standard

`$()` permet de récupérer la valeur de la variable

pointeurs de fonctions

Passer une fonction en paramètre d'une fonction.

Exemple : $y = \text{rechercherZero}(f, \text{xmin}, \text{xmax})$;

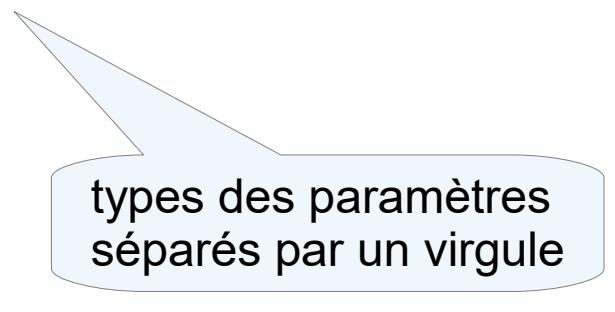
avec f défini comme suit : $\text{double } f(\text{double } x)$;

La déclaration de rechercherZero se fait alors comme suit :

```
double rechercherZero ( double (*g)(double) , double xmin, double  
xmax) ;
```



type de retour de la fonction



types des paramètres séparés par un virgule

pointeurs de fonctions

```
#include <maLib.h>
```

```
double rechercheZero (double g, double d, double (*fonc) (double) ){
    double m = (d+g)/2.0;
    if ((d-g) < 1e-9) return (g) ;
    if (signe(fonc(m)) * signe(fonc(g)) == 1 )
        return (rechercheZero(m, d, fonc)) ;
    else return (rechercheZero(g, m, fonc)) ;
```



```
#define signe(x) ((x>0)?1:-1)
```

```
double rechercheZero (double g, double d, double (*fonc) (double) ) ;
```



```
#include <stdio.h>
```

```
#include <maLib.h>
```

```
double f (double x) ;
```

```
int main(void){
```

```
    double x = rechercheZero (0, 100, f) ;
```

```
    printf("f(x)=0 pour x=%lf\n", x);
```

```
}
```

```
double f(double x) {
```

```
    return(-1200.0 +x*(-598.0 +x*(3+ x)));
```

```
}
```



Bibliothèques Linux

Quelques commandes Shell :

- *Savoir quelles sont les bibliothèques utilisées par un programme :*

ldd nom_du_programme

.a : les bibliothèques liées statiquement

.so : les bibliothèques partagées (Shared Object)

- *Savoir quelles fonctions (et symboles dynamiques) sont présentes dans les bibliothèques :*

readelf -s nom_de_la_bibliothèque

- *Savoir quels symboles statiques sont présents dans un fichier binaire :*

nm nom_du_fichier_binaire

Savoir quels sont les objets dynamiques utilisés dans un programme :

nm -D nom_du_fichier_binaire

- *Supprimer les symboles statiques :*

Bibliothèques Linux

Exemple sous Linux

```

dupont:~/TPC$ more prog.c
#include <stdio.h>
int main () {
    printf("Salut !\n\n") ;
    return (0) ;
}

dupont:~/TPC$ gcc prog.c -o prog.bin -Wall
dupont:~/TPC$ nm prog.bin | grep puts
U puts@@GLIBC_2.2.5

dupont:~/TPC$ strip prog.bin
dupont:~/TPC$ nm prog.bin | grep puts
nm: prog.bin: aucun symbole
dupont:~/TPC$ nm -D prog.bin | grep puts
U puts

dupont:~/TPC$ readelf -s prog.bin | grep puts
1: 0000000000000000      0 FUNC    GLOBAL DEFAULT  UND puts@GLIBC_2.2.5 (2)
dupont:~/TPC$ ldd prog.bin
linux-vdso.so.1 => (0x00007ffea2dfe000)
libc.so.6 => /lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6 (0x00007f9a87242000)
/lib64/ld-linux-x86-64.so.2 (0x00007f9a8760c000)
dupont:~/TPC$ █

```

Programme source

Compilation

Le compilateur a remplacé printf par puts

glibc dans laquelle on va retrouver puts

fonctions à paramètres multiples

- Il existe des fonctions comme **printf** dont le nombre de paramètres n'est pas défini.

- C'est le premier paramètre qui détermine les suivants

Comment faire à partir de C89 : **variadic function**

- A l'aide de macros : `va_start`, `va_arg` et `va_end`

- Attention le compilateur ne peut pas vérifier les types passés plus tard !

- Utilisation à éviter autant que possible.

- les types passés sont “promus” vers un type identique ou plus grand parmi lesquels : `int`, `double` et `void*` ou `char*`

`char, short, long → int`

`float → double`

fonctions à paramètres multiples

Exemple

```
double somme (int n, ... ) {
    va_list va;
    va_start (va, n);

    int i ;
    double nb, som = 0;

    for (i = 0; i < n; i++) {
        nb = va_arg (va, double );
        som +=nb ;
    }
    va_end (va);
    return som ;
}
```

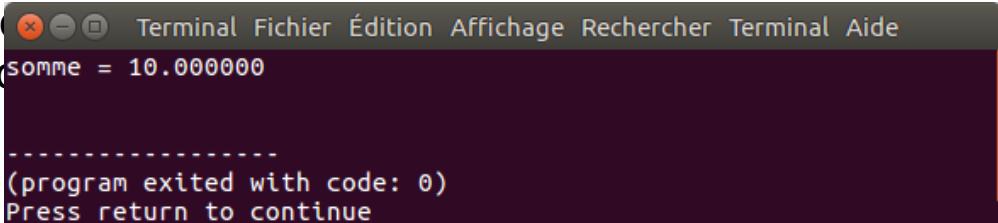
La liste des paramètres variables est représentée par ...

Initialisation en passant le nom de la variable qui précède la liste

Dépile un paramètre

Fin d'utilisation de la liste

```
int main (void)
{
    printf ("somme = %f\n", somme (5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5));
    return 0;
}
```



The terminal window shows the output of the program. The code defines a function somme that takes an integer n and a variable number of double parameters. It uses va_start to initialize the va_list, va_arg to get each parameter, and va_end to finish. The main function calls somme with 5 arguments: 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, and a final null terminator. The output is "somme = 10.000000".

A faire

Autres qualificateurs :

* *Volatile*

* *restrict*

makefile

Git et suivi de version

- git
- Github
- <https://gitlab.ecole.ensicaen.fr>
- Gist

Git et suivi de version

résultat de “git help” : liste des commandes principales

- clone Cloner un dépôt dans un nouveau répertoire
 - init Créer un dépôt Git vide ou réinitialiser un existant
 -
- travailler sur la modification actuelle (voir aussi : git help revisions)
- add Ajouter le contenu de fichiers dans l'index
 - mv Déplacer ou renommer un fichier, un répertoire, ou un lien symbolique
 - reset Réinitialiser la HEAD courante à l'état spécifié
 - rm Supprimer des fichiers de la copie de travail et de l'index
 -

Git et suivi de version

suite résultat de “git help” : liste des commandes principales

agrandir, marquer et modifier votre historique

- branch Lister, créer ou supprimer des branches
- checkout Basculer de branche ou restaurer la copie de travail
- commit Enregistrer les modifications dans le dépôt
 - -m ou -am
- diff Afficher les changements entre les validations, entre validation et copie de travail, etc
- merge Fusionner deux ou plusieurs historiques de développement ensemble
- rebase Reporter les validations locales sur le sommet mis à jour d'une branche amont

Git et suivi de version

Fichier `.gitignore`

Mettre dans ce fichier les noms des fichiers à ne pas suivre.

Par exemple une base de mots de passe, de noms et d'adresse (RGPD...)

Ou encore des résultats de compilation

Penser à ajouter ce fichier au dépôt

Git et suivi de version

Exemple

Initialiser un dépôt Git dans un répertoire

```
git init
```

Voir quels sont les fichiers suivis/non suivis

```
git status
```

Ajouter un fichier à suivre

```
git add exo.c
```

Enregistrer une version (ici, la première) avec un commentaire

```
git commit -am "ajout de la base : dessine sin(x)"
```

Voir les différents enregistrements (commits)

```
git log
```

Définir le dépôt Git distant associé au répertoire

```
git remote add origin https://github.com/philippeLefebvre/plotPy.git
```

Récupérer un dépôt distant

```
git clone https://github.com/philippeLefebvre/plotPy.git
```

Git et suivi de version

Exemple

Créer une nouvelle branche

```
git branch nouvelle-branche
```

Pour se placer dans la nouvelle branche

```
git checkout nouvelle-branche
```

Fusionner les modifications d'une branche « branche2 » avec la branche master.

```
git checkout master
```

```
git merge branche2
```

Chercher les modifications sur un fichier particulier, par exemple « exo.c »

```
git blame exo.c
```

Voir les messages associé à un commit à partir de son hash (0a452b dans l'exemple)

```
git show 0a452b
```

Pour se replacer dans l'état d'un commit particulier dont on connaît le hash (appelé sha)

```
git checkout 0a452b
```

Pour se replacer dans l'état du commit le plus récent

```
git checkout master
```

Git et suivi de version

Faire un « fork » d'un projet

- c'est reprendre un projet et le mettre sur son compte. Le projet après un fork est sur la machine « remote » (le serveur Github par exemple).
- après on fait « git clone » pour le ramener en local
- puis créer une branche pour ajouter une « feature »
- puis faire un commit
- puis on envoie la branche sur le remote :
 - `git push remote nom_nouvelle_branche`
- puis sur le remote (Github) cliquer sur "créer pull request" pour informer le responsable du projet de la demande d'intégration des fonctionnalités/modifications suggérées.

Sommaire

- Bibliographie p4
- Fonctionnement d'une machine p12
- Le langage C p53
- Les identifiants – mots réservés p54
- Types de données p57
- Fonction d'affichage : **printf** p62
- Fonction lecture
- Chaînes de caractères p111
- Opérateur **sizeof** p120
- Disque dur p122
- Gestion des E/S **read** **write** **open** **close** p139
- Définition de type : **typedef** p155
- Structures de données : **struct** p156