Programmation C

Système de type `Unix` et langage C

ESIPE Info 1ère année

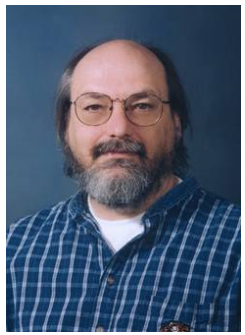
Université de Marne-la-Vallée

Objectifs de ce cours

- apprendre le langage C
- analyser un problème pour écrire le programme qui le résout, de façon efficace et modulaire
- produire du code propre
- savoir respecter le cahier des charges des projets
- savoir développer efficacement et à plusieurs
- comprendre les forces et les faiblesses de ce langage, prendre du recul pour mieux appréhender les autres langages et paradigmes

Système `Unix`

- 1969 : Naissance du système d'exploitation `Unix` (Ken Thompson et Dennis Ritchie) écrit en assembleur
- 1970 : K. Thompson et D. Ritchie dessinent un nouveau langage pour réécrire `Unix`
- 1991 : Linus Torvalds, étudiant finlandais, propose une réécriture libre du noyau `Unix` : `Linux`



Thompson

Ritchie

Torvalds

Linux

Généralités :

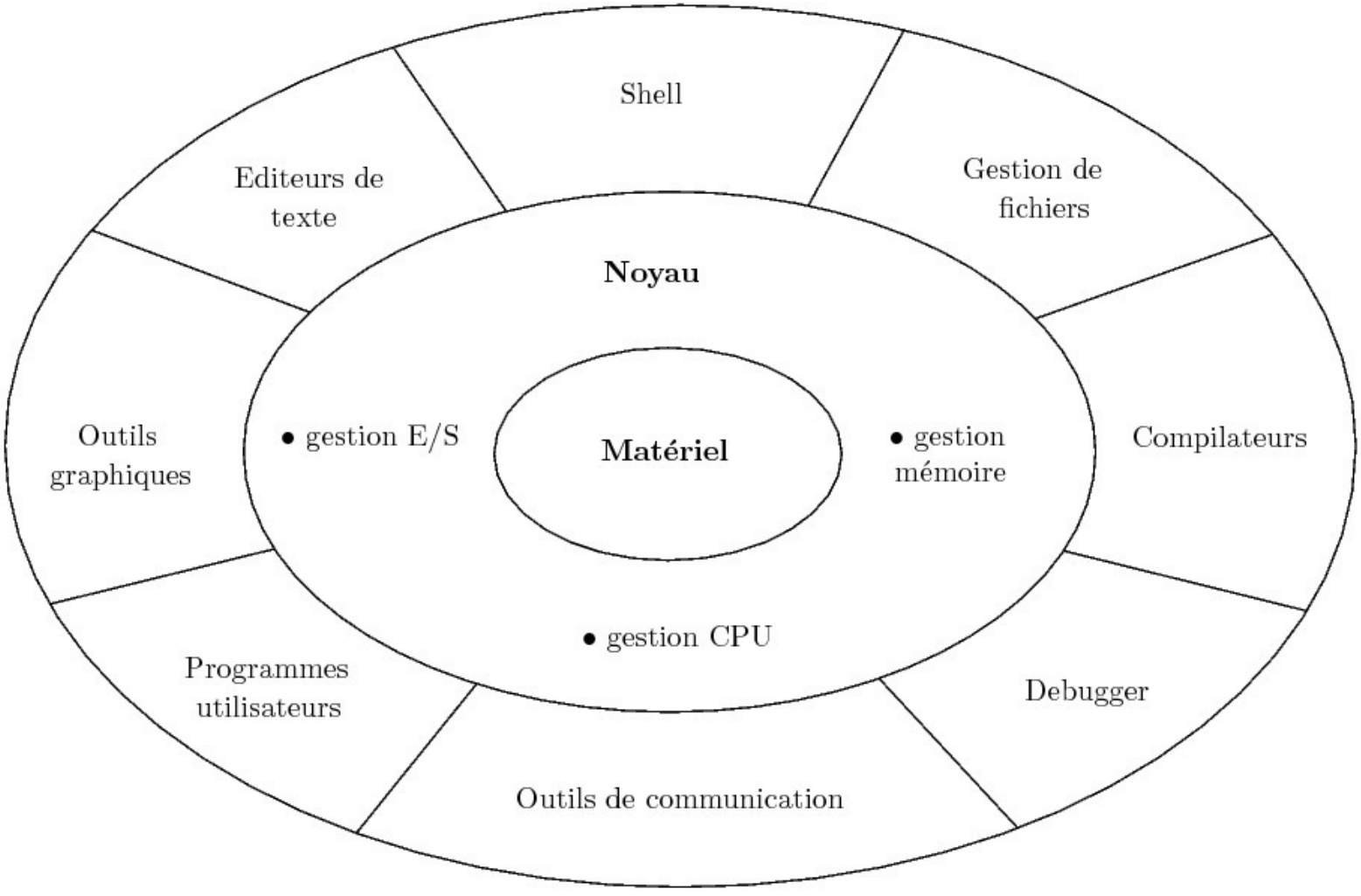
- système d'exploitation libre : open source et gratuit
- multi-utilisateurs
- multi-tâches

Rappel :

Un système d'exploitation est un ensemble de programmes responsables de la liaison entre les ressources matérielles d'un ordinateur et les applications informatiques de l'utilisateur. Il fournit aux programmes applicatifs des points d'entrées génériques pour les périphériques.

!!! Nécessité d'un langage/Système non machine dépendant !!!

Composants principaux d'un système Linux



Système de fichier `Unix`

Principales caractéristiques :

- pas de C:/, D:/, ...
- racine unique : /
- les périphériques sont vus comme des sous-répertoires
- sensibilité à la casse (les majuscules sont des lettres différentes des minuscules)
- droit sur tous les fichiers (les répertoires sont des fichiers spéciaux) pour les actions lire - écrire - exécuter et les utilisateurs propriétaire - groupe - autres

Fichiers sous `Unix`

Commandes courantes :

`cp`	copier
`mv`	déplacer/renommer
`ls`	lister un répertoire
`cd`	changer de répertoire courant
`rm`	effacer un/des fichier(s)
`rmdir`	effacer un répertoire
`pwd`	afficher le répertoire courant
`find`	trouver des fichiers par leur nom
`grep`	trouver des fichiers ou contenu de fichier par leur contenu

Droits des fichiers :

`chmod`	changer les droits
`chown`	changer le propriétaire

Aide sous `Unix`

Le manuel `man` d'`Unix` constitue le juge de paix! Tout y est consigné. La politique de développement d'`Unix` impose que toutes les nouvelles fonctionnalités soient documentées. Le manuel constitue ainsi un exemple sérieux de modélisation de spécifications.
Pour chaque fonction :

- NAME : nom de la (ou des) fonction(s)
- SYNOPSIS : prototype(s) et bibliothèque(s)
- DESCRIPTION : description comportementale
- RETURN VALUE : description de la valeur de retour
- NOTES : toutes informations méritantes d'être consignées
- BUGS : bogues connus et confirmés
- EXAMPLES : exemples d'utilisation
- SEE ALSO : fonctionnalités similaires
- COLOPHON : informations sur la dernière révision

Section 3 du manuel Unix

La section 3 du manuel d'Unix est dédiée à la programmation en langage C. Pour toute précision sur une fonction `foo` du langage C (et des bibliothèque standards), il suffit ainsi de taper `man 3 foo` dans un terminal.
exemple : `man 3 qsort`

```
QSORT(3)            Linux Programmer's Manual                    QSORT(3)

NAME
       qsort, qsort_r - sort an array

SYNOPSIS
       #include <stdlib.h>

       void qsort(void *base, size_t nmemb, size_t size,
                  int (*compar)(const void *, const void *));

       void qsort_r(void *base, size_t nmemb, size_t size,
                  int (*compar)(const void *, const void *, void *),
                  void *arg);
```

Informaticien de niveau 1

Pour une utilisation raisonnable et efficace d'un système de type `Unix` et votre niveau d'étude, vous devez connaître/savoir utiliser/être capable de retrouver les commandes suivantes :

cat	cd	chgrp	chmod
chsh	cp	cut	diff
echo	find	gcc	gdb
grep	head	kill	less
ls	man	mkdir	more
mv	ps	pwd	rm(dir)
sed	sort	screen	ssh
tail	tee	top	umask
uniq	valgrind	wc	yes
`>`	`>>`	`2>`	`2>>`
`2&1>`	`<`	`<<`	`|` (pipe)

Le langage C

Pourquoi et comment :

- C, c'est le langage apparu après le B
- 1972 : laboratoire Bell, D. Ritchie et K. Thompson
- 1989 : Norme ANSI du langage C
- langage impératif
- à la fois haut et bas niveau
- programmation système (noyau Linux)

Pourquoi apprendre le C ?

C est un langage de programmation :

- très répandu, portable
- facile à comprendre
  - peu de syntaxe
  - syntaxe efficace, concise
- disposant des principaux types de base généraux
- permettant de définir de nouveaux types
- permettant d'avoir un très bon contrôle de la machine
  - la compilation est aisée et intuitive
  - le programmeur a une vision directe de la mémoire
- gratuit
- amusant (mais si, mais si...)

Quelques défauts quand même

- Le typage est affaibli par l'utilisation de pointeurs.
- La syntaxe est parfois un peu ambiguë.
- Certains opérateurs n'ont pas la priorité qu'ils devraient avoir.
- Écrire du code réutilisable est difficile.

Aussi les qualités du langage présentent parfois certains revers :

- La syntaxe concise peut rendre les programmes très difficiles à lire.
- L'objectif de bon contrôle de la machine rajoute du travail pour le programmeur, qui ne peut recourir à des mécanismes automatiques (ramasse-miette, ...).

Les bogues dans les programmes sont courants et difficiles à trouver.

On peut écrire des programmes illisibles.

Mais quel langage C ?

Les normalisations du langage C sont en perpétuelle évolution. Certains documents fixent les règles (C89, ISO/IEC 9899:1989, ISO C9X, C99, etc).

.: Nous allons faire du C ANSI :.

(ansi, on compilera toujours avec `-Wall -ansi`)

Le C ANSI

- est standard
- est plus portable que le C classique
- est plus lisible que le C classique
- permet d'éviter quelques erreurs de programmation difficiles à retrouver
- est plus largement répandu que le C ISO
- est plus stable que les dernières normalisations ISO

Quand utiliser le C ?

- Pour écrire des programmes portables
- Pour écrire des programmes efficaces
- Gestion de la mémoire
- Maîtrise du code exécuté

Applications typiques :

- Systèmes d'exploitation
- Machine à ressources limitées
- Applications pour calculs intensifs
- Tout autre type d'applications

Caractéristiques du langage C

C est un langage :

- compilé
- à effets de bords
- impératif
- structuré
- typé moyennement
- déclaratif
- de niveau moyen

C est un langage impératif

Programmation par l'ordre, par le verbe :

```
manger(chat, souris);
```

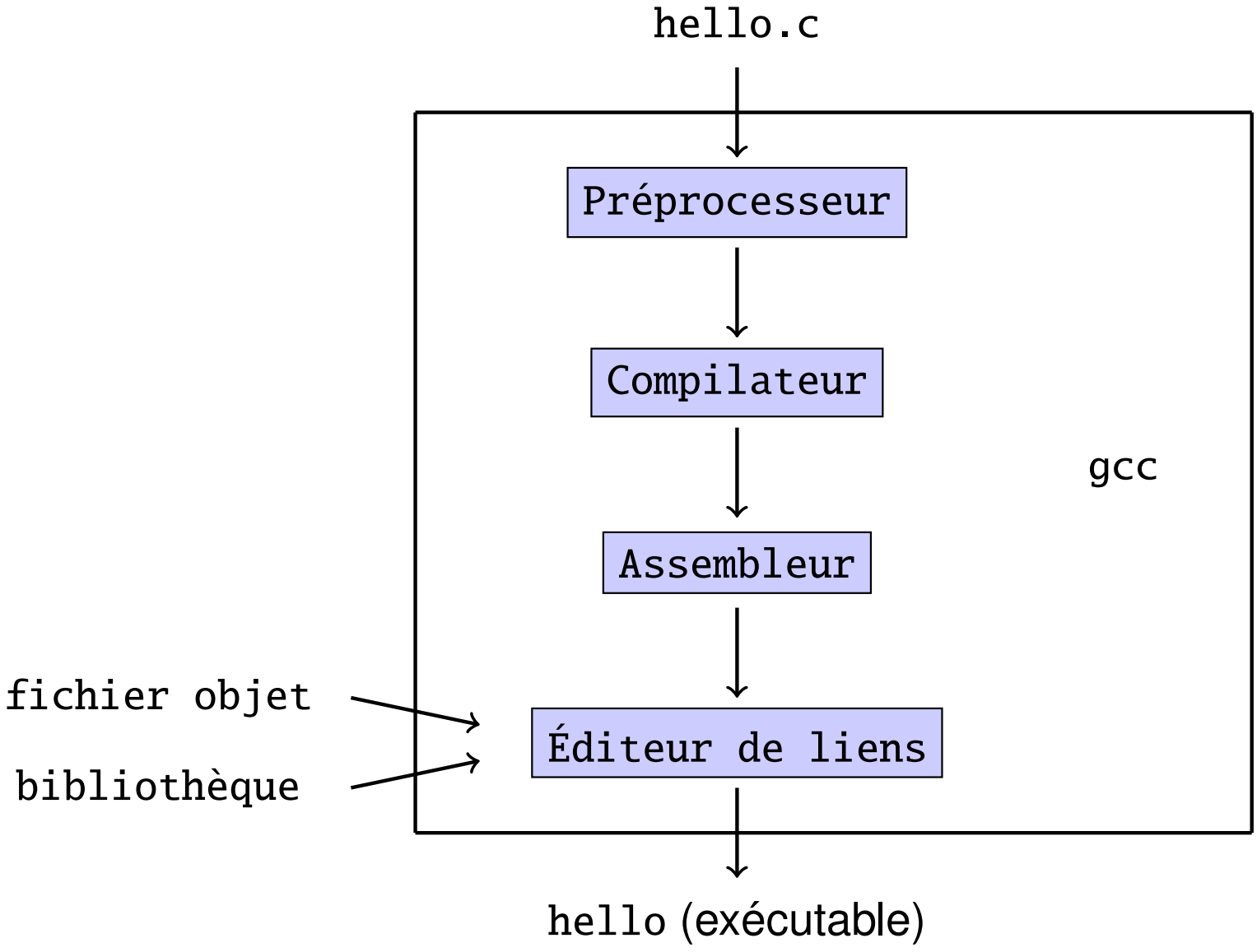
le code définit des types, utilise des variables sur ces types et contient des fonctions ayant pour arguments tous les intervenants du problème résolu par la fonction.

Programmation objet, par le sujet :

```
chat.manger(souris);
```

le code modélise des objets et chaque objet dispose de méthodes (fonctions rattachées à un objet) où l'objet rattaché joue un rôle central pour le problème résolu.

Qu’est ce qu’un programme C ?



Les fichiers sources

- fichiers textes contenant des instructions
- extensions spéciales `.c`
- syntaxe très précise à respecter
- séparateurs = espace, tabulation, retour ligne
- programmation modulaire : un fichier par thème
  - bibliothèque mathématique
  - interface graphique
  - entrées/sorties
  - ...

Le premier programme

fichier `hello.c` :

```
1  /* Affichage du message Hello world! */
2
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(int argc, char* argv[]){
6     printf("Hello world!\n");
7     return 0;
8  }
```

- On met les commentaires entre `/* ... */`. Les commentaires de fin de ligne avec double slash ne passent pas la norme `ansi`!
- Les commandes commençant par # sont des directives pour le préprocesseur, ici l'inclusion de la bibliothèque contenant la fonction `printf`.

Le premier programme

fichier `hello.c` :

```
1  /* Affichage du message Hello world! */
2
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(int argc, char* argv[]){
6     printf("Hello world!\n");
7     return 0;
8  }
```

- `main` est la commande principale d'un programme C. C'est le point d'entrée d'un exécutable.
- Le type de retour apparaît en premier dans le prototype de la fonction. La fonction `main` retourne ici un entier.
- `argc` : nombre de paramètres, `argv` : tableau des paramètres. Attention, `argv[0]` est systématiquement la chaîne de caractère donnant le nom de l'exécutable.

Le premier programme

fichier `hello.c` :

```
1  /* Affichage du message Hello world! */
2
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(int argc, char* argv[]){
6     printf("Hello world!\n");
7     return 0;
8  }
```

- L'accolade ouvrante { débute un bloc d'instructions. Ce bloc se ferme avec une accolade fermante }. Les blocs peuvent s'imbriquer.
- La ligne 6 du programme affiche à l'écran la chaîne de caractère souhaitée.
- La valeur de l'expression située après le mot clé `return` est retournée par la fonction. `return ;` signifie "retourner rien", ceci est correct avec un type de retour `void`.

Le premier programme

- **Compilation :**
  `gcc hello.c -c`
  `gcc hello.o -o Helloworld`
  ou en une seule ligne :
  `gcc hello.c -o Helloworld`
- **Exécution :**
  `./Helloworld`

L'option `-c` de `gcc` demande la compilation sans utilisation du linker (faiseur de liens). Cela produit ainsi des fichiers objets non exécutables mais contenant du code exécutable. C'est l'option récurrente utilisée dans les `Makefile` pour la compilation séparée.

Quelques options courantes de `gcc`

- `-ansi` : compilation de C à la norme ANSI
- `-Wall` : Mise en oeuvre de certains warnings très utiles (mais pas tous)
- `-g` : inclusion dans le code produit d'informations pour le débogueur
- `-pg` : inclusion dans le code produit d'informations pour le profiler
- `-c` : compilation produisant du code objet (sans édition de lien)
- `-Dmacro=valeur` : définition d'une macro pour le préprocesseur
- `-E` : préprocesseur uniquement
- `-O(1,2,3)` : optimisation de la taille du code et du temps d'exécution (lettre O + un chiffre)

Autre exemple

```
1  #include <stdio.h>
2  #define PI 3.14      /* une constante */
3
4  float a,b;     /* variables globales */
5
6  float sum(float x, float y){     /* une fonction */
7    return x+y;
8  }
9
10 int main(int argc, char* argv[]){
11   float c,d;
12   a = PI;
13   b = 1;
14   c = sum(a,b);
15   printf("%f + %f = %f\n", a,b,c);
16   printf("d = %f", d); /* d n'est pas initialisee !!! */
17   return 0;
18 }
```

Le C permet l'utilisation d'une variable non initialisée. Ce fait est à considérer comme une "faiblesse" du langage (des flags de `gcc` peuvent détecter ces problèmes).

En deux fichiers

fichier **f1.c** :

```
1  #include <stdio.h>
2  #define PI 3.14
3
4  float a,b;
5  /* Declaration d'une fonction definie dans un autre fichier */
6  extern float sum(float x, float y);
7
8  int main(int argc, char* argv[]){
9    float c,d;
10   a = PI;
11   b = 1;
12   c = sum(a,b);
13   printf("%f + %f = %f\n", a,b,c);
14   printf("d = %f", d);
15   return 0;
16 }
```

fichier **f2.c** :

```
1  float sum(float x, float y){
2    return x+y;
3  }
```

En trois fichiers

fichier **f1.c** :

```
1  #include <stdio.h>
2  #include "f2.h"
3  #define PI 3.14
4
5  float a,b;
6
7  int main(int argc, char* argv[]){
8    float c,d;
9    a = PI;
10   b = 1;
11   c = sum(a,b);
12   printf("%f + %f = %f\n", a,b,c);
13   printf("d = %f", d);
14   return 0;
15 }
```

fichier **f2.c** :

```
1  #include "f2.h"
2  float sum(float x, float y){
3    return x+y;
4  }
```

fichier **f2.h** :

```
1  float sum(float x, float y);
```

Sources et entêtes

- `.c` : source code
  - On n'inclut **jamais** les fichier d'extension `.c`!
  - On inclut le fichier d'entête correspondant s'il existe (c'est à dire lorsqu'il était utile de créer un fichier d'entête).
  - Ici se trouve le code source complet de chaque fonction.
- `.h` : entête
  - Déclaration des fonctions visibles de l'extérieur du `.c`
  - Définition de constantes
  - Description de la bibliothèque
  - Licence du code (ou votre nom! Soyez fier de votre code! (ou codez mieux...))

Fichiers d'entête

Les fichiers d'entête **NE DOIVENT PAS** être compilés avec `gcc`.

Pour éviter les problèmes de double définition, on les sécurise avec des macros.

```
1 #ifndef __F2_H_
2 #define __F2_H_
3
4 float sum(float x, float y);
5
6 #endif
```

Pour faciliter la lecture, utilisez toujours, pour chaque projet, la même structure.

Structuration d'une entête `foo.h`

Pour le fichier `foo.h`, un choix raisonnable est de faire apparaître toujours dans l'ordre suivant les déclarations qui suivent :

- Macro de Sécurité pour les inclusions multiples
- Inclusions des dépendances
- Définition des structures
- Prototypes des fonctions de foo.c
- Fin de sécurisation

Code d'une entête `foo.h`

Pour le fichier `foo.h`

```
1  #ifndef __FOO__
2  #define __FOO__
3
4  #include "autre_module.h"
5  #include "troisieme_module.h"
6
7  typedef struct bla{
8    int bar;
9    float blo;
10 }Bla;
11
12 int une_fonction(Bla a, int b);
13 void autre_fonction(Bla a, Bla b);
14
15 #endif
```

Code du fichier `foo.c`

Pour le fichier `foo.c`

```
1  #include "foo.h"
2  #include <bliotheque.h>
3
4  int une_fonction(Bla a, int b){
5  /*
6  *   VRAI CODE DE LA FONCTION
7  */
8  }
9
10 void autre_fonction(Bla a, Bla b){
11 /*
12 *   VRAI CODE DE LA FONCTION
13 */
14 }
```

Options de compilation

- -ansi : Norme qui ”garantit” la portabilité du code
- -Wall : Affiche les avertissements

La compilation (après possiblement grand ajout de code) peut provoquer l’affichage d’une quantité d’erreurs et de warning impressionnantes :

- Compiler RÉGULIÈREMENT ! (voir tester les fonctions à mesure de leur implantation)
- Commencer toujours par la PREMIÈRE erreur (ou warning) !
- Méfiez-vous des traductions ! (une division par zéro dans les **entiers** provoque une ”floating point exception”)

Fichier Makefile

- Fichier qui contient les instructions nécessaires pour compiler un projet.
- N'importe qui peut alors compiler en tapant seulement la commande `make` (utilitaire d'`Unix`).
- Le fichier **DOIT** s'appeler `Makefile` ou `makefile`.
- `make -f foo` utilise le fichier `foo` comme un makefile.

LA SYNTAXE DES MAKEFILES EST PÉNIBLE ET TRÈS IMPORTANTE !
(comme tout ce qui tourne autour du `bash` d'`Unix`)

```
cible: dependance1 dependance2 ...
(tabulation)gcc -c fichier1.c
(tabulation)rm fichier2.txt
(tabulation)make cible4
...
```

Il faut bien sûr remplacer `(tabulation)` par une tabulation. On saute une ligne en chaque cible.

Fichier Makefile

Structure d'un Makefile classique :
A dépend de B et C, B dépend de C et main dépend de A.

```
1  exe : main.o A.o B.o C.o
2          gcc -o exe main.o A.o B.o C.o -Wall -ansi
3
4  A.o : A.c A.h B.h C.h
5          gcc -c A.c -Wall -ansi
6
7  B.o : B.c B.h C.h
8          gcc -c B.c -Wall -ansi
9
10 C.o : C.c C.h
11         gcc -c C.c -Wall -ansi
12
13 main.o : main.c A.h
14         gcc -c main.c -Wall -ansi
15
16 clean :
17         rm *.o
18         rm exe
```

Fichier Makefile avec variables

Structure d'un Makefile classique :
A dépend de B et C, B dépend de C et main dépend de A.

```
1  CC=gcc
2  CFLAGS=-Wall -ansi
3  OBJ=main.o A.o B.o C.o
4  exe : $(OBJ)
5          $(CC) -o exe $(OBJ) $(CFLAGS)
6
7  A.o : A.c A.h B.h C.h
8          $(CC) -c A.c $(CFLAGS)
9
10 B.o : B.c B.h C.h
11         $(CC) -c B.c $(CFLAGS)
12
13 C.o : C.c C.h
14         $(CC) -c C.c $(CFLAGS)
15
16 main.o : main.c A.h
17         $(CC) -c main.c $(CFLAGS)
```

Un projet : Réaliser un répertoire

```
 1  CC=gcc
 2  CFLAGS=-Wall -ansi
 3  OBJ=main.o date.o fiche.o repertoire.o in_out.o tri.o groupe.o
 4
 5  repertoire : $(OBJ)
 6        $(CC) -o repertoire $(OBJ) $(CFLAGS)
 7
 8  main.o : main.c in_out.h repertoire.h fiche.h
 9        $(CC) -c main.c $(CFLAGS)
10
11  date.o : date.c date.h
12        $(CC) -c date.c $(CFLAGS)
13
14  fiche.o : fiche.c fiche.h date.h groupe.h
15        $(CC) -c fiche.c $(CFLAGS)
16
17  repertoire.o : repertoire.c repertoire.h fiche.h tri.h
18        $(CC) -c repertoire.c $(CFLAGS)
19
20  in_out.o : in_out.c in_out.h repertoire.h
21        $(CC) -c in_out.c $(CFLAGS)
22
23  tri.o : tri.c tri.h
24        $(CC) -c tri.c $(CFLAGS)
25
26  groupe.o : groupe.c groupe.h
27        $(CC) -c groupe.c $(CFLAGS)
```

Code propre

- indentation claire et constante
- commentaires dans les zones critiques
- nom de variables, structures et fonctions avec du sens et formalisés de manière unifiée dans tout le code (`nom_de_fonction`, `NomDeFonction`, `Nom_De_Fonction`, ...)
- code lisible par tous (pourquoi pas en anglais avec des mots standards et usuels)
- éviter le mode gourou ou obscurantiste (du moins si vous voulez une note...)
- fixer et tenir des standards de développement :
  - organisation des headers
  - balises de documentation
  - entête de documentation avec référence de l'auteur
  - disposition du code, sauts de ligne réguliers, ...