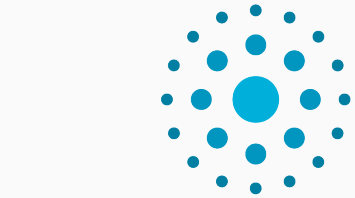
Programmation impérative en C

Cours 6. Modularité et compilation



UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Olivier Baldellon

Courriel : prénom.nom@univ-cotedazur.fr

Page professionnelle : https://upinfo.univ-cotedazur.fr/~obaldellon/

Licence 2 — Faculté des sciences et ingénierie de Nice — Université Côte d'Azur

Annonces

- Rappel :
  - Partiel la semaine prochaine
  - Pas de TP la semaine prochaine
- Suite du cours :
  - On a tout vu sur le langage C : maintenant il faut digérer et appliquer
  - On commencera dans 15 jours un TP filé
  - Cinq séances pour créer un logiciel
  - Il y aura toujours des CM (présentation du TP, discussion des solutions).

Sommaire

- J'ai une promo de 130 étudiants.
  - Je n'ai pas envie de mettre « 130 » en paramètre dans chaque fonction.
  - Mais ce n'est pas très propre de coder cette valeur en dur.

*.c

```c
#include <stdio.h>
/* Par défaut, tout le monde à 12/20,
   c'est plus rapide que de corriger */
void remplir(int notes[]) {
  int i;
  for (i=0, i<130, i++) { notes[i] = 12; }
}

int moyenne(int notes[]) {
  int i, somme = 0;
  for (i=0; i<130; i++) { somme += notes[i]; }
  return somme/130;
}

int main(void) {
  int notes[130]; /* impossible de remplacer 130 par une variable*/
  int m;
  remplir(notes);
  m = moyenne(notes);
  printf("La moyenne est %d\n",m);
  return 0;
}
```

- Le prépocesseur remplace un identifiant par une valeur.
  - cela se passe `avant la compilation` avec la directive `#define`
  - ce n'est pas une variable !

*.c

```c
#include <stdio.h>
#define NOMBRE_ETUDIANT 130
/* Par défaut, tout le monde à 12/20, plus rapide que de corriger */
void remplir(int notes[]) {
  int i;
  for (i=0, i<NOMBRE_ETUDIANT, i++) notes[i] = 12;
}

int moyenne(int notes[]) {
  int i, somme = 0;
  for (i=0; i<NOMBRE_ETUDIANT; i++) somme += notes[i];
  return somme/NOMBRE_ETUDIANT;
}

int main(void) {
  int notes[NOMBRE_ETUDIANT]; int m;
  remplir(notes);
  m = moyenne(notes);
  printf("La moyenne est %d\n",m);
  return 0;
}
```

- On peut mettre définir des macros avec des arguments.
  - La macro suivante

```c
#define MIN(A,B)  ((A)>(B) ? (B) : (A))
```
*.c

  - remplacera avant la compilation la ligne

```c
note = MIN(note+2,20);
```
*.c

  - par :

```c
note = ((note+2)>(20) ? (20) : (note+2));
```
*.c

- La macro ne calcule rien, mais remplace du texte par du texte.

- Les macros ne sont pas des fonctions

```c
/* Une macro */
#define MIN(A,B)  ((A)>(B) ? (B) : (A))

/* Une fonction */
int min(int a, int b) { return a>b ? b : a ;}
```
*.c

  - Comparez

```c
int i=10; int j=10;
int k0 = min(i++,j++);
```
*.c

  - avec

```c
int i=10; int j=10;
int k1 = MIN(i++,j++);
```
*.c

- Que vaut k0 et k1 ? et i et j ?

- Considérons une macro qui calcule le carré d'une nombre :

```c
#define CARRE(X) = X*X  /* Où est l'erreur ? */
```
*.c

- Appliquons cette macro à l'exemple suivant :

```c
int x = 3
x = CARRE(x+1,x+1)
```
*.c

- Que se passe-t-il ? Comment le corriger ?

```c
#define CARRE(X) = ((X)*(X))  /* Version correcte */
```
*.c

- Attention à ne pas oublier les parenthèses !
  - Une macro remplace du texte par du texte.
  - Une macro ne comprend pas le C.

Sommaire

- Le compilateur `gcc` possède de nombreuses options, parmis lesquelles
  - `-E` n'exécute que le préprocesseur.
    - et affiche le résultat sur la sortie standard
  - Certaines options permettent d'optimiser.
    - `-O1`, `-O2` ou `-O3` pour optimiser
    - `-O0` pour ne pas optimiser (par défaut)
    - L'optimisation peut donner des comportement étrange dans les *Undefined behaviour*.
  - Définir et supprimer une macro : `-D` et `-U`
    - `-DMA_MACRO=quelquechose` : crée la macro `MA_MACRO` avec comme valeur `quelquechose`
    - `-DMA_MACRO` : crée la macro `MA_MACRO` avec une valeur vide par défaut
    - `-UMA_MACRO=quelquechose` : supprime la macro `MA_MACRO` qui devient non définie.

Un exemple : debug

*.c

```c
#include <stdio.h>
#define DEBUG(X) printf(#X " = %d\n",X)

int main(void) {
  int x=3;
  int y=2;
  y++;
  DEBUG(y);
  x=x+1;
  DEBUG(x+1);
  return 0;
}
```

SHELL

```
y=3
x+1=5
```

- Explication :
  - Un # devant le nom de l'argument le transforme en chaîne de caractère.
  - Deux chaînes (écrite avec guillemets ") consécutives sont concaténées
  - Impossible à faire avec une fonction

*.c

```c
DEBUG(y);                    /* Dans le code source */
printf("y" " = %d\n",y);     /* Après passage du préprocesseur */
printf("y = %d\n",y);        /* puis interprétation du compilateur*/
```

*.c
```c
#include <stdio.h>
/*#define MODE_DEBUG*/
#ifdef MODE_DEBUG  /* Si MODE_DEBUG est définie */
#define DEBUG(X) printf(#X " = %d\n",X)
#else
#define DEBUG(X)
#endif

int main(void) {
  int x=3;
  x=x+1;
  DEBUG(x+1);
  printf("ok\n");
  return 0;
}
```

- Si on décommente la ligne `#define MODE_DEBUG`

SHELL
```
x+1=5
ok
```

- Si on la laisse commentée : `/*#define MODE_DEBUG*/`
  - `MODE_DEBUG` n'est pas définie
  - `DEBUG` est la macro vide

SHELL
```
ok
```

- Par défaut la variable DEBUG_OPTIONS est vide
- En appelant la règle debug je change cette variable.

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
DEBUG_OPTIONS =

debug: DEBUG_OPTIONS = -DMODE_DEBUG
debug: programme

all: programme

%: %.c
    $(CC) $(OPTIONS) $(DEBUG_OPTIONS) $< -o $@
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ make
gcc -Wall -ansi -pedantic programme.c -o programme
olivier@valrose:~ $ ./programme
ok
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ make debug
gcc -Wall -ansi -pedantic -DMODE_DEBUG programme.c -o programme
olivier@valrose:~ $ ./programme
x+1=5
ok
```

- Il existe plusieurs macro prédéfinies :
  - `__LINE__` ligne courante dans le fichier source
  - `__FILE__` nom du fichier source
  - `__DATE__` date de compilation du programme
  - `__TIME__` heure de compilation du programme
  - `__STDC__` à 1 si implémentation conforme à ansi

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

int main (void) {
  printf("fichier %s", __FILE__);
  printf(" compilé le %s à %s\n", __DATE__, __TIME__);
  printf("Ligne %d\n", __LINE__);
  printf("Ligne %d\n", __LINE__);
  return 0;
}
```

SHELL
```
olivier@valrose:~ $ ./pp
fichier pp.c compilé le Mar 13 2025 à 09:31:35
Ligne 6
Ligne 7
```

- Nous avons déjà vu :
  - `#ifdef NOM_MACRO`
  - `#else`
  - `#endif`
- Il existe aussi :
  - `#ifndef NOM_MACRO` pour voir si une macro n'est pas définie
  - `#if CONST` où `CONST` est un entier (booléen) connue à la compilation.
    - `CONST` peut être soit un entier, soit une macro valant un entier.
  - `#error MESSAGE` arrête la compilation et affiche le message.
  - `#warning MESSAGE` produit un warning avec le message

Sommaire

- Le code suivant ne compile pas :

*.c
```c
int main(void) {
  return est_pair(5);
}

/* retourne 1 (true)  si n pair
   retourne 0 (false) si n impair */
int est_pair(int n) {
  return  1-(n%2);
}
```

- Dans la fonction `main`, la fonction `est_pair` n'est pas encore définie
- Il suffit de déclarer la fonction avant la variable.

*.c
```c
/* retourne 1 (true) si n pair et 0 (false) si n impair */
int est_pair(int n); /* Déclaration */

int main(void) {
  return est_pair(5);
}

int est_pair(int n) { /* Définition */
  return  1-(n%2);
}
```

- Est-ce vraiment utile ? Oui !
- Permet d'utiliser des fonctions définies dans un autre fichier.
- On pourrait déclarer les fonctions en début de fichier.
  - ce n'est évidemment pas pratique

toto.c

```c
#include <stddef.h> /* nécessaire pour size_t */

void *malloc_prof (size_t taille);
void *calloc_prof (size_t nb, size_t taille);
void *realloc_prof (void *ptr, size_t taille);
void free_prof (void *ptr);

/* votre code ci-dessous */
int main(void) {
  int* t = malloc_prof(sizeof(int));
  return 0;
}
```

- En pratique les déclarations externes sont mises dans un fichier *header*
  - on le nomme avec l'extension `*.h`
  - on y déclare les fonctions que l'on peut utiliser.

stdprof.h

```
#include <stddef.h> /* nécessaire pour size_t */
void *malloc_prof (size_t taille);
void *calloc_prof (size_t nb, size_t taille);
void *realloc_prof (void *ptr, size_t taille);
void free_prof (void *ptr);
```

- Il suffit de l'inclure avec la directive du préprocesseur `#include`

toto.c

```
#include "stdprof.h"

int main(void) { ... }
```

- Où est-ce que le compilateur cherche le fichier `*.h`
  - si le nom est entre guillemets `"lib.h"` : dans le répertoire courant
  - si le nom est entre chevron `<lib.h>` : dans les répertoires système
  - sour GNU/Linux c'est le répertoire `/usr/include/`
  - On peut le préciser sous `gcc` avec l'option `-Ichemin`

- Des déclarations de fonctions
- Des déclarations de type.
  - Problème : un type ne peut-être définis qu'une fois !
  - Or un même fichier en-tête peut être inclus plusieurs fois.
  - Comment faire pour ne déclarer qu'une fois ?
- Le préprocesseur !
  - le code ne s'exécute que si la macro `MONHEADER` n'est pas définie.
  - la macro est alors définie
  - Cela garantie l'unicité de l'exécution du code.

*.c
```
#ifndef MONHEADER
#define MONHEADER
typedef …
#endif
```

- On définit les types

typesprof.h
```
#ifndef TYPESPROF_H
#define TYPESPROF_H

#define ABSENT -1
typedef enum { QCM, PARTIEL, EXAMEN } devoir;
typedef struct {
  char* nom;
  char* prenom;
  int qcm, partiel, examen;
} etudiant;
#endif
```

- On déclare les fonctions qu'il faudra écrire.

prof.h
```
#include "typesprof.h"
float moyenne(etudiant* bob);
void noter(etudiant* bob, devoir test, int note);
```

etudiant.h
```
#include "typesprof.h"
etudiant* nouvel_etudiant(char *nom, char *prenom);
void afficher(etudiant* etu);
```

- La bibliothèque avec les fonctions pour le type étudiant :

etudiant.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "typesprof.h"
#include "etudiant.h"

etudiant* nouvel_etudiant(char *nom, char *prenom) {
  /* À vous de l'écrire*/
}
void afficher(etudiant* etu) {
  /* À vous de l'écrire*/
}
```

- La bibliothèque avec les fonctions pour l'enseignant :

prof.c

```c
#include <stdio.h>
#include "typesprof.h"
#include "prof.h"

float moyenne(etudiant* bob) {
  /* À vous de l'écrire*/
}
void noter(etudiant* bob, devoir test, int note) {
  /* À vous de l'écrire*/
}
```

- Le programme final :
  - on utilise des fonctions définis dans `etudiant.c` et `prof.c`
  - et des types définis dans `typesprof.h`

main.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "typesprof.h"
#include "prof.h"
#include "etudiant.h"

int main(void) {
    etudiant* kevin = nouvel_etudiant("Glandouillou", "Kévin");
    noter(kevin,QCM,5);
    noter(kevin,PARTIEL,6);
    noter(kevin,EXAMEN,7);
    afficher(kevin);
    printf("--\nMoyenne : %.2f\n",moyenne(kevin));
    return 0;
}
```

- Et maintenant ? Comment on compile le tout ?

Sommaire

- On va d'abords compiler séparément chaque fichier `*.c`
  - avec l'option de compilateur `-c`
  - les fichiers créés sont des fichiers objets (`*.o`).
- Puis on va lier ces fichiers avec notre programme principale (avec le `main`)
  - on parle d'édition de lien
  - le programme utilisé par `gcc` s'appelle `ld`.
  - utile pour comprendre les messages d'erreur du compilateur !
- Si vous oubliez le `main`, c'est `ld` qui râle !

- On commence par ajouter toutes les lignes nécessaires.
  - Nous n'avons besoin que de trois appels à `gcc`

Makefile

```
all:
    gcc -Wall -ansi -pedantic -c prof.c
    gcc -Wall -ansi -pedantic -c etudiant.c
    gcc -Wall -ansi -pedantic etudiant.o prof.o main.c -o programme
```

- On découpe pour ne reconstruire que le nécessaire.
  - On indique pour chaque règle ses dépendances.

Makefile

```
all: programme

programme: main.c prof.o etudiant.o typesprof.h
    gcc -Wall -ansi -pedantic etudiant.o prof.o main.c -o programme

prof.o: prof.c prof.h typesprof.h
    gcc -Wall -ansi -pedantic -c prof.c

etudiant.o: etudiant.c etudiant.h typesprof.h
    gcc -Wall -ansi -pedantic -c etudiant.c
```

- Ajoutons des variables.
  - permets de modifier rapidement les options de compilations.

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic


all: programme

programme: main.c prof.o etudiant.o typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) etudiant.o prof.o main.c -o programme

prof.o: prof.c prof.h typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) -c prof.c

etudiant.o: etudiant.c etudiant.h typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) -c etudiant.c
```

- Ajoutons une règle pour la compilation des bibliothèques.
  - $< représente le fichier source (ici le %.c.)

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic


all: programme

programme: main.c prof.o etudiant.o typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) etudiant.o prof.o main.c -o programme

%.o: %.c %.h typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) -c $<
```

- Ajoutons une variable pour les bibliothèques
  - Ainsi l'ajout d'une nouvelle bibliothèque ne changera qu'une ligne

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
OBJETS = prof.o etudiant.o

all: programme

programme: main.c $(OBJETS) typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) $(OBJETS) main.c -o programme

%.o: %.c %.h typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) -c $<
```

- On définit deux nouvelles variables
  - `SOURCE` : l'ensemble des `*.c` du répertoire.
  - `OBJETS` : les même fichiers en remplaçant le `.c` par `.o`
  - Crée un fichier `main.o`.

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
SOURCE = $(wildcard *.c)
OBJETS = $(SOURCE:.c=.o)

all: programme

programme: $(OBJETS) typesprof.h
    $(CC) $(OPTIONS) $(OBJETS) -o programme

%.o: %.c %.h typesprof.h # ERREUR : main.h n'est pas définie
    $(CC) $(OPTIONS) -c $<
```

- Comment gérer automatiquement les dépendances pour les fichiers `*.h` ?
  - On ajoute une option à GCC pour qu'il calcule ces dépendances (`-MMD`)
  - On inclut les dépendances nouvellements trouvées.(`-include *.d`)

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
SOURCE = $(wildcard *.c)
OBJETS = $(SOURCE:.c=.o)

all: programme

programme: $(OBJETS)
    $(CC) $(OPTIONS) $(OBJETS) -o programme

%.o: %.c
    $(CC) $(OPTIONS) -MMD -c $<

-include *.d
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ cat prof.d
prof.o: prof.c typesprof.h prof.h
olivier@valrose:~ $ cat main.d
main.o: main.c typesprof.h prof.h etudiant.h
```

Makefile : perfection ?

- Notre makefile compile tous les fichiers `*.c` du répertoire courant.
  - Il ne faut qu'une seule fonction `main`
  - Peut-être réutilisé dans d'autres projets
  - `make clean` supprime les fichiers inutiles

Makefile

```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
EXECUTABLE = programme
# Ne pas modifier ci-dessous
SOURCE = $(wildcard *.c)
OBJETS = $(SOURCE:.c=.o)
all: $(EXECUTABLE)

$(EXECUTABLE): $(OBJETS)
    $(CC) $(OPTIONS) $(OBJETS) -o $(EXECUTABLE)
%.o: %.c
    $(CC) $(OPTIONS) -MMD -c $<
clean:
     rm -vf *.o *.d
-include *.d
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ make
gcc -Wall -ansi -pedantic -c -MMD etudiant.c
gcc -Wall -ansi -pedantic -c -MMD main.c
gcc -Wall -ansi -pedantic -c -MMD prof.c
gcc -Wall -ansi -pedantic etudiant.o main.o prof.o -o programme
```

Sommaire

- En C ANSI, il existe une modeste bibliothèque standard.
  - `signal.h` : permet de gérer les interruptions (signaux)
    - `Ctrl-C`
    - Erreurs arithmétique (division par zéro)
    - Erreurs d'accès mémoire illicite
    - Permet d'envoyer de tel signaux.
    - Permet de lancer une fonction quand un signal est reçu.
  - `time.h` : pour la gestion du temps (date, heures, minutes, secondes)
  - `setjump.h` : permet de faire des `goto` mais en plus sale (saut en dehors de la fonction initiale : très fortement déconseillé).
  - `stdarg.h` pour définir une fonction avec un nombre variables d'arguments (comme `printf`). Peu utile et laborieux.

- Fonctions de classification (ne gère pas l'Unicode)
  - renvoie 0 si la réponse est négative et un autre entier sinon.

*.c
```
int islower(int c);   /* c est-il une minuscule ?           */
int isupper(int c);   /* c est-il une majuscule ?           */
int isdigit(int c);   /* c est-il un chiffre décimale ?     */
int isxdigit(int c);  /* c est-il un chiffre hexadécimale ? */

int isalpha(int c);   /* c vérifie-t-il islower ou isupper */
int isalphanum(int c);/* c vérifie-t-il isalpha ou isdigit */

int isprint(int c);  /* c est-il imprimable (dont espace) ? */
int isgraph(int c);  /* c est-il imprimable (sauf espace) ? */

int iscntrl(int c); /* c est-il un caractère de contrôle ?      */
int ispunct(int c); /* c est-il un symbole de ponctuation ?     */
int isspace(int c); /* c est-il un symbole d'espacement, retour */
                    /* à la ligne, tabulation, etc.             */
```

- Fonctions de conversion

*.c
```
/* renvoie c converti en majuscule si C est minuscule, sinon c */
int toupper(int c);
/* renvoie c converti en minuscule si C est majuscule, sinon c */
int tolower(int c);
```

- Possède de nombreuses fonctions (pour l'ASCII) : à savoir écrire par cœur !
- Petit panorama non exhaustif.

*.c

```c
/* copie n octets entre deux zones mémoire, qui ne doivent pas
   se superposer */
void *memcpy(void *dest, const void *src, size_t n);

/* remplit une zone mémoire de la répétition d'un caractère */
void *memset(void *, int, size_t);

/* concatène la chaîne src à la suite de dest */
char *strcat(char *dest, const char *src);

/* cherche un caractère dans une chaîne et renvoie un pointeur sur
   le caractère, en cherchant depuis le début */
char *strchr(const char *, int);

/* compare deux chaînes lexicalement */
int strcmp(const char *, const char *);

/* copie une chaîne de caractères d'une zone à une autre */
char *strcpy(char *toHere, const char *fromHere);

/* retourne la longueur d'une chaîne caractères  */
size_t strlen(const char *);
```

- Contient les fonctions `malloc`, `free` et `exit`
- Possède aussi deux fonctions pour générer un peu d'aléatoire :
  - Non sécurisée !

*.c
```c
/* Retourne un nombre entier pseudo-alétoire entre 0 et RAND_MAX
   RAND_MAX vaut au minimum 32767 */
int rand(void);

/* Prend seed comme amorce de la nouvelle séquence de
   nombres pseudo-aléatoire. L'amorce initiale vaut 1;*/
void srand(unsigned int seed);
```

- Nombreuses fonctions mathématiques

*.c
```
sin(x)
cos(x)
pow(x,y)
sqrt(x)
```

- Pour compiler, il faut ajouter `-lm` au compilateur `gcc`.

- Vous la connaissez bien : `scanf`, `printf`

- Permet de savoir les tailles des types selon les machines.
  - `limits.h` Définit les valeurs max et min pour chaque type d'entier.

```c
MAX_INT ; /* Plus grand int possible */
CHAR_BIT /* Nombre de bit dans un char (normalement 8)*/
```
*.c

  - `float.h` Même principe, mais pour les décimaux.

```c
FLOAT_MAX ; /* Plus grand float possible */
DBL_EPSILON /* Plus petite différence entre deux doubles*/
```
*.c

- Permet de tester une condition et d'échouer si elle n'est pas satisfaite
  - utile pour savoir si un indice ne dépasse pas la taille d'un tableau.
  - mais potentiellement coûteux à l'exécution.
- Définit la fonction `void assert(int expression);`

*.c
```c
#include <assert.h>

assert(i<10);
```

- La fonction `assert` est ignorée si la macro `NDEBUG` est définie.

```
gcc … -DNDEBUG …
```

- pour avoir une fonction `f` avec un nombre quelconque d'arguments.
- On déclare à l'intérieur de `f` une variable `ap` de type `va_list`.

*.c
```
/* f a deux argument obligatoire et potentiellement
   plusieurs facultatifs */
type f(type0 arg0, type1 *arg1,…) {
  va_list pa;
```

- On initialise `pa` avec `va_start` (avec `arg1` dernier argument nommé)

*.c
```
/* arg1, pointeur vers le dernier argument nommé*/
va_start(pa,arg1);
```

- On récupère le suivant en indiquant son type avec `va_arg(pa,type)`
  - c'est au développeur de savoir quand s'arrêter.

*.c
```
entier = va_arg(pa,int); /* entier est de type int */
```

- On termine par faire dans la fonction `f`

*.c
```
va_end(pa);
```

Sommaire

- Pour éviter le flou autour des types entiers : `stdint.h`
- Dans ce qui suit, vous pouvez remplacer 8 par n'importe quelle valeur `N` parmi : 8, 16, 32, 64
  - entier d'exactement 8 bits : `int8_t`
    - sur certaines architectures et pour certains `N` peut être non défini.
  - entier d'au moins 8 bits : `int_least8_t`
    - toujours défini : optimise la taille (plus petite taille valide).
  - entier d'au moins 8 bits : `int_fast8_t`
    - toujours défini : optimise la vitesse
    - il peut être parfois plus rapide de travailler sur 32 bits que 8 bits
- Existe en version non signée :
  - `uint8_t`, `uint_least8_t` et `uint_fast8_t`.

- `getopt.h` : pour créer une commande Unix avec paramètres optionnels :
  - `nl -x --color blue`
  - `nl --hexa` et `nl -x` sont équivalents
  - `nl -hx` et `nl -xh` sont équivalents à `nl --help --hexa`

*.c
```
int option_index = 0;

struct option long_options[] = {
   {"color",  required_argument, 0,  'c' },
   {"hexa",   no_argument,       0,  'x' },
   {"help",   no_argument,       0,  'h' }
};
```

- On appelle :

*.c
```
c = getopt_long(argc, argv, "c:xh",
                  long_options, &option_index);
```

- Si l'option prend un argument, `getopt_long` le stocke dans `optarg`.
- Format : `"option avec argument:option sans argument"`

Merci pour votre attention
Questions

?

Cours 6 — Modularité et compilation