

Méthodologie de la programmation

Pablo Rauzy

pr@up8.edu

pablo.rauzy.name/teaching/mdlp



UFR MITSIC / L1 informatique

Séance g

Aperçu du langage C : mémoire, modules, compilation

Aperçu du langage C : mémoire, modules, compilation

- ▶ On a vu comment allouer de la mémoire en C en déclarant des variables.
- ▶ La question qui se pose maintenant est comment gérer dynamiquement la mémoire ?
- ▶ Par exemple, si on ne sait pas avant l'exécution du programme de combien d'éléments on aura besoin dans un tableau.

- ▶ La fonction `malloc` est déclarée dans l'*entête* `stdlib.h`.
- ▶ Son *prototype* est :
 - **void** *malloc (**size_t** size);
- ▶ Elle tente d'allouer `size` octets de mémoire et retourne un pointeur vers la zone mémoire allouée.
- ▶ En cas d'erreur, elle retourne `NULL`.
- ▶ Exemple :

```
1 grades = malloc(count * sizeof(*grades));
2 if (grades == NULL) {
3     printf("Erreur allocation mémoire\n");
4     exit(1);
5 }
```

- ▶ Attention, `malloc` n'initialise pas la mémoire !

- ▶ Quand on alloue de la mémoire soi-même, il faut penser à la *libérer* pour éviter les *fuites* de mémoire.
- ▶ On libère la mémoire avec la fonction `free`, aussi déclarée dans l'entête `stdlib.h`.
- ▶ Son prototype est :
 - **void free (void *ptr);**
- ▶ Le pointeur que l'on passe en argument doit avoir été retourné par `malloc` précédemment.
- ▶ Exemple :

```
1 free(grades);
```
- ▶ Attention à ne plus utiliser un pointeur passé à `free` !

- ▶ Il existe aussi les fonctions `calloc` et `realloc` :
 - **void** *calloc (**size_t** nmemb, **size_t** size);
 - **void** *realloc (**void** *ptr, **size_t** size);
- ▶ La première alloue `nmemb * size` octets et initialise la mémoire à 0.
- ▶ La seconde sert à changer la taille allouée à un pointeur (possiblement en déplaçant la mémoire).
- ▶ Dans les deux cas, il faut aussi ne pas oublier d'appeler `free` quand on a plus besoin de la mémoire.

- ▶ Un *module* en C est un couple de fichier d'implémentation (.c) et d'entête (.h).
- ▶ Dans l'entête, on déclare les *prototypes* des fonctions implémentées, et souvent les structures définies par le module.

- ▶ Un *module* en C est un couple de fichier d'implémentation (.c) et d'entête (.h).
- ▶ Dans l'entête, on déclare les *prototypes* des fonctions implémentées, et souvent les structures définies par le module.
- ▶ Remarque : on peut voir l'entête comme l'*interface* du module, et dans ce cas on peut pratiquer l'*encapsulation*, comme on l'a vu en programmation orientée objet avec Python.
 - Ne déclarer que les prototypes des fonctions *publiques*.
 - Ne faire que le *typedef* et garder la structure *opaque*.

- ▶ Un *module* en C est un couple de fichier d'implémentation (.c) et d'entête (.h).
 - ▶ Dans l'entête, on déclare les *prototypes* des fonctions implémentées, et souvent les structures définies par le module.
 - ▶ Remarque : on peut voir l'entête comme l'*interface* du module, et dans ce cas on peut pratiquer l'*encapsulation*, comme on l'a vu en programmation orientée objet avec Python.
 - Ne déclarer que les prototypes des fonctions *publiques*.
 - Ne faire que le *typedef* et garder la structure *opaque*.
- Voyons l'exemple du module `point`.

- ▶ La compilation d'un programme C passe par quatre grandes étapes :
 - le "prétraitement",
 - la compilation,
 - l'assemblage,
 - l'édition de liens.
- ▶ Par défaut, GCC fait toutes les étapes.

- ▶ C'est l'étape qui traite les `#define`, `#include`, etc.
- ▶ On peut demander à GCC de s'arrêter après cette étape avec l'argument `-E` :
 - `gcc -E point.c -o point.i`

- ▶ Cette étape transforme le code C en code assembleur.
- ▶ On peut demander à GCC de s'arrêter après cette étape avec l'argument `-S` :
 - `gcc -S point.c -o point.s`
 - `gcc -S point.i -o point.s`
- ▶ À partir de cette étape le code n'est plus portable (l'assembleur dépend de l'architecture cible).

- ▶ Cette étape transforme le code assembleur en fichier *objet*.
- ▶ On peut demander à GCC de s'arrêter après cette étape avec l'argument `-c` :
 - `gcc -c point.c -o point.o`
 - `gcc -c point.i -o point.o`
 - `gcc -c point.s -o point.o`

- ▶ Cette étape fait le lien entre les noms définies dans différents fichiers objets (les différents modules du projet, mais aussi les bibliothèques, etc.).
- ▶ C'est la dernière étape pour produire du code binaire :
 - `gcc point.c -o point`
 - `gcc point.i -o point`
 - `gcc point.s -o point`
 - `gcc point.o -o point`

- ▶ Quand on a plusieurs modules dans un projet on peut les compiler tous en même temps :
 - `gcc point.c square.c main.c -o geometry`
- ▶ Mais quand le projet devient un peu conséquent, cela peut poser problème de devoir tout recompiler à chaque fois, même quand on a modifié seulement un fichier.

- En demandant à GCC de générer des fichiers objets pour chaque module, on peut ne recompiler que ceux qu'on a modifiés, puis se contenter de faire l'édition des liens sur les fichiers objets :
- `gcc -c point.c -o point.o`
 - `gcc -c square.c -o square.o`
 - `gcc -c main.c -o main.o`
 - `gcc point.o square.o main.o -o geometry`

- ▶ On peut automatiser ce processus grâce à Make, qui est un *moteur de production*.
- ▶ Dans un **Makefile**, on écrit des *règles* qui décrivent quelles commandes permettent de produire une *cible*.
- ▶ On exprime aussi les dépendances entre les cibles.
- ▶ Ensuite la commande `make` sera capable à partir du **Makefile** et de l'état des fichiers de reproduire la cible finale en ne lançant que les commandes nécessaires.
- ▶ Dans notre exemple :
 - La cible `geometry` dépend de `point.o`, `square.o`, et `main.o`, et s'obtient avec `gcc point.o square.o main.o -o geometry`.
 - La cible `point.o` dépend de `point.c` et `point.h`, et s'obtient avec `gcc -c point.c -o point.o`.
 - La cible `square.o` dépend de `square.c`, `square.h`, et `point.h`, et s'obtient avec `gcc -c square.c -o square.o`.
 - La cible `main.o` dépend de `main.c`, `point.h`, et `square.h`, et s'obtient avec `gcc -c main.c -o main.o`.
 - Les cibles qui sont des fichiers existants n'ont pas besoin de règle pour être produites.

- En langage Make, ce que l'on vient de voir s'écrit :

```
1 geometry: main.o point.o square.o
2     gcc main.o point.o square.o -o geometry
3
4 main.o: main.c point.h square.h
5     gcc -std=c99 -c main.c -o main.o
6
7 point.o: point.c point.h
8     gcc -std=c99 -c point.c -o point.o
9
10 square.o: square.c point.h square.h
11     gcc -std=c99 -c square.c -o square.o
```

- Quand on appelle la commande `make` on peut lui préciser une cible à construire, sinon il prend la première.
- Make permet d'utiliser des variables et des raccourcis pour rendre plus génériques et donc plus évolutifs les **Makefiles**.

- ▶ Voici à quoi ressemblerait un vrai Makefile pour ce petit projet :

```
1 CC = gcc
2 CFLAGS = -std=c99 -c
3 LDFLAGS =
4
5 OBJ = main.o point.o square.o
6 BIN = geometry
7
8 all:: $(BIN) # "fausse" cible
9
10 $(BIN): $(OBJ)
11     $(CC) $^ -o $@
12
13 $(OBJ):
14     $(CC) $(CFLAGS) $< -o $@
15
16 clean::
17     rm -f $(BIN) $(OBJ) $(DEP) *~
18
19 main.o: main.c point.h square.h
20 point.o: point.c point.h
21 square.o: square.c point.h square.h
```

- ▶ Les dernières lignes peuvent être générées automatiquement par GCC avec l'argument `-MM`.
- ▶ Remarquez la règle "clean".

► Voici à quoi ressemblerait un Makefile un peu plus avancé :

```
1 CC = gcc
2 CFLAGS = -std=c99 -c
3 LDFLAGS =
4
5 SRC = main.c point.c square.c
6 OBJ = $(subst .c,.o,$(SRC))
7 BIN = geometry
8 DEP = _dependencies.mk
9
10 all:: $(DEP) $(BIN)
11
12 $(BIN): $(OBJ)
13     $(CC) $^ -o $@
14
15 $(OBJ):
16     $(CC) $(CFLAGS) $< -o $@
17
18 $(DEP): $(SRC)
19     $(CC) -MM $^ > $@
20
21 clean::
22     rm -f $(BIN) $(OBJ) $(DEP) *~
23
24 -include $(DEP)
```