Programmation
et structures de données en C
cours 2: découpage, compilation et débogage
structures et listes

Jean-Lou Desbarbieux, Stéphane Doncieux
et Mathilde Carpentier
2I001 UPMC 2022/2023

Sommaire

Débogage : outils et méthode

Qu'est-ce qu'un bug ?

Défaut de conception à l'origine d'un dysfonctionnement.

Exemples de dysfonctionnements :

- plantage du programme (seg fault, bus error, ...)
- fuites mémoires
- comportement indésirable ou erreurs
- ...

Éviter les bugs pendant l'écriture

- *"La ligne de code la plus sûre au monde est celle que l'on n'écrit pas ! "* Ecrire du code aussi simple que possible, en réutilisant des fonctions bien éprouvées.
- Travail en binome (pair-programming) : un qui écrit, un qui relit et vérifie (rôles échangés régulièrement)
- Utilisation d'un style de programmation facilitant la lecture...

Éviter les bugs pendant l'écriture

```
static int e,n,j,o,y;int main(){
for(++o;(n=~getchar());e+=11==n,y++)
o=n>0xe^012>n&&' '^n^65?!n:!o?++j:o;
printf("%8d%8d%8d\n",e^n,j+=!o&&y,y);}
```

Dave Burton, prix du programme en 1 ligne le plus complexe, ***26eme International Obfuscated C Code Context (2019).***
Si vous voulez écrire du code illisible, participez à cette compétition ! Sinon écrivez du code lisible ! ! !

Règles d'écritures à suivre :

- Écrire un code aéré : une instruction par ligne et lignes vides
- INDENTER ! ! ! tab ou 3 espaces dans un nouveau bloc
- Utiliser des noms de fonction et de variable évocateurs
- Mettre des commentaires
- Écrire des fonctions compactes (couper au-delà de 30 l)

Faciliter la detection de bugs

Utiliser `assert`

```
#include <assert.h>

int main(void) {
  int i=3;
  assert(i==4);
  return 1;
}
```

```
$ ./prog_assert
Assertion failed: (i==4), function main,
   file prog_assert.c, line 4.
Abort trap: 6
```

A utiliser pour détecter si une condition que vous pensez vérifiée ne l'est pas.

Détecter les bugs à la compilation

Utilisez `-Wall` et supprimez les causes des warnings :

```
int main(void) {
  int i;
  if (i==3)
    printf("i=3\n");
  if (i=4)
    printf("i=4\n");
}
```

```
$ gcc -Wall -o warning warning.c
warning.c: In function 'main':
warning.c:4:5: warning: implicit declaration of function 'printf' [-Wimplicit-function-declaration]
     printf("i=3\n");
     ^~~~~~
warning.c:4:5: warning: incompatible implicit declaration of built-in function 'printf'
warning.c:4:5: note: include '<stdio.h>' or provide a declaration of 'printf'
warning.c:6:7: warning: suggest parentheses around assignment used as truth value [-Wparentheses]
   if (i=4) {
       ^
warning.c:7:5: warning: incompatible implicit declaration of built-in function 'printf'
     printf("i=4\n");
     ^~~~~~
warning.c:7:5: note: include '<stdio.h>' or provide a declaration of 'printf'
warning.c:3:6: warning: 'i' is used uninitialized in this function [-Wuninitialized]
   if (i==3) {
       ^
```

Chasser les bugs à l'exécution

Différentes méthodes :

- outils de debogage :
  - valgrind
  - gdb & ddd
  - ...
- "printf method"

Chasser les bugs à l'exécution : `valgrind`

- Logiciel permettant (entre autres) de vérifier l'utilisation de la mémoire :
- Détecte :
  - l'utilisation de variables non initialisées
  - l'utilisation de mémoire libérée
  - les fuites mémoires
- Utilisation :
  - compilation avec l'option `-g`
  - exécution : `bash$ valgrind ./monprog`

Chasser les bugs à l'exécution : `gdb & ddd`

- Le programme doit être compilé avec l'option `-g`
- `ddd` interface graphique pour `gdb`
- Permet d'exécuter pas à pas.
- Permet de poser des points d'arrêt.
- Permet d'observer les variables.

Chasser les bugs à l'exécution : "printf method"

Mettre des `printf` pour trouver d'où vient le problème...

Exemple de `printf` à réutiliser tel quel :

```
printf("ligne : %d fonction : \"%s\" fichier : %s\n",
       __LINE__, __PRETTY_FUNCTION__, __FILE__);
```

- `__LINE__` est remplacé par le numéro de ligne de l'instruction
- `__PRETTY_FUNCTION__` est remplacé par le nom de la fonction dans laquelle est l'instrution
- `__FILE__` est remplacé par le nom du fichier

Pour aller plus vite :

```
#define printdebug printf("ligne : %d fonction : \"%s\" \
fichier : %s\n", ____LINE__, ___PRETTY_FUNCTION__, \
___FILE__)
```

et ensuite, chaque fois que vous le souhaitez :

```
printdebug;
```

Bonnes pratiques, bilan :

1. Ecrire du code lisible et documenté
2. Mettre des `assert`
3. Se donner les moyens de détecter les bugs : affichage approprié
4. Enlever tous les warnings avec `-Wall`
5. Exécuter avec `valgrind` (même s'il n'y a pas de bugs apparent) et supprimer les warnings !
6. S'il y a un bug :
   - 6.1 Lancer avec `valgrind`
   - 6.2 Utiliser `ddd` ou la "printf method" pour voir les valeurs des différentes variables impliquées et remonter à la source du problème
7. Une fois le problème corrigé, ne pas hésiter à ajouter des `assert` pour éviter les retours en arrière...

Découpage d'un programme

.h, .c : exemple

Fichier mes_fonctions.h :

```
extern float ma_variable;
int ma_fonction1(int, float);
void ma_fonction2(float, char[10]);
```

Fichier mes_fonctions.c :

```
float ma_variable=12.;
int ma_fonction1(int, float) {
    ...
}
void ma_fonction2(float, char[10]) {
    ...
}
```

Fichier mon_programme.c, utilisant les fonctions définies dans mes_fonctions.c :

```
#include "mes_fonctions.h"

int main() {
   int i=0,j;
   float f=ma_variable;
   j=ma_fonction1(i,f);
   ...
}
```

Compilation, macros et préprocesseur

Les étapes permettant de passer d'un fichier source à un executable :

- Traitement de chaque fichier source indépendamment :
  - prétraitement : gestion des macros et autres directives au preprocesseur
  - compilation : transformation du source obtenu en un fichier objet
- Édition des liens entre les fichiers objets pour générer la bibliothèque ou l'exécutable.

Compilation avec GCC

Préprocesseur, compilateur, éditeur de lien selon les options.
`gcc [options] source1.c source2.c...`
Options couramment utilisées :

- `-c` : prétraitement + compilation (ne pas faire l'édition de lien)
- `-o fichier_sortie` : nom du fichier de destination (fichier .o ou exécutable selon les cas). Si non spécifié, `a.out` pour un exécutable, `source.o` pour un fichier objet.
- `-Wall` : affiche tous les warnings
- `-g` : inclure les informations de debogage

Pour information :

- `-E` : ne fait que le prétraitement et envoie le résultat sur la sortie standard.

Compilation, macros et préprocesseur : exemple

Compilation de l'exemple précédent :

- Un header : mes_fonctions.h
- Deux fichiers sources : mes_fonctions.c, mon_programme.c

1. preprocessing et compilation des sources :
   ```
   gcc -c -o mes_fonctions.o mes_fonctions.c
   gcc -c -o mon_programme.o mon_programme.c
   ```
2. édition des liens :
   ```
   gcc -o mon_programme mon_programme.o
   mes_fonctions.o
   ```

(pas de traitement à faire sur le header, il sera inclus dans les fichiers .c par la macro `#include` par le préprocesseur)

Compilation, macros et préprocesseur : macros

Intructions exécutées avant compilation.

- `#define` association d'une étiquette à une valeur
- `#include` inclusion d'un fichier
- `#ifdef` ou `#ifndef`
  ```
  ...
  #endif
  ```

Makefile

Makefile

À quoi ça sert : simplifier la compilation, prendre en compte automatiquement les dépendances...
Exemple de makefile

```
all : mon_programme

mes_fonctions.o: mes_fonctions.h mes_fonctions.c
	gcc -c -o mes_fonctions.o mes_fonctions.c

mon_programme.o: mon_programme.c mes_fonctions.h
	gcc -c -o mon_programme.o mon_programme.c

mon_programme: mon_programme.o mes_fonctions.o
	gcc -o mon_programme mon_programme.o mes_fonctions.o

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

Makefile : règle

Un `Makefile` est composé de règles structurées de la façon suivante :

```
cible : dependances
	action 1
	action 2
	...
```

- La `cible` est un nom de fichier à créer (ou mettre à jour) ou une action.
- La partie `dépendances` indique le ou les fichiers dont la cible dépend (séparés par des espaces)
- Les lignes `action` indiquent les instructions à réaliser pour construire le fichier, le mettre à jour ou réaliser l'action

ATTENTION : il faut mettre une tabulation devant les actions (pas des espaces).

Makefile : utilisation

```
bash$ make cible
```

Recherche le fichier `Makefile` qui est dans le répertoire courant et exécute la règle cible

```
bash$ make
```

Recherche le fichier `Makefile` qui est dans le répertoire courant et exécute la **première règle** du fichier.

Makefile : exécution d'une règle

```
bash$ make cible
```

Détail de l'exécution de la règle :

1. Recherche de la règle dans le fichier `Makefile`
2. Vérification des dépendances :
   - Exécution des règles associées (s'il y en a)
   - Si au moins une dépendance n'existe pas : échec
   - Si au moins une des dépendances est plus récente que la cible : déclenchement des actions

Makefile : variables

```
objets = fichier1.o fichier2.o
flags = -Wall
cc= gcc

mon_executable: $(objets)
	$(cc) $(flags) -o mon_executable $(objets)

fichier1.o: fichier1.c fichier1.h
	$(cc) $(flags) -c -o fichier1.o fichier1.c

fichier2.o: fichier2.c fichier2.h
	$(cc) $(flags) -c -o fichier2.o fichier2.c
```

Makefile : cibles "classiques"

`all` et `clean`

```
objets = fichier1.o fichier2.o
flags = -Wall
cc= gcc

all: mon_executable

mon_executable: $(objets)
	$(cc) $(flags) -o mon_executable $(objets)

fichier1.o: fichier1.c fichier1.h
	$(cc) $(flags) -c -o fichier1.o fichier1.c

fichier2.o: fichier2.c fichier2.h
	$(cc) $(flags) -c -o fichier2.o fichier2.c

clean:
	rm -rf $(objets) mon_executable
```

Makefile : variables automatiques

Les variables dites automatiques permettent de faire référence à des éléments de la règle :

- `$@` : cible de la règle
- `$<` : nom de la première dépendance
- `$?` : toutes les dépendances plus récentes que le but
- `$^` : toutes les dépendances
- `$+` : idem mais chaque dépendance apparait autant de fois qu'elle est citée et l'ordre d'apparition est conservé

Exemple :

```
mon_executable: $(objets)
	$(cc) $(flags) -o $@ $^
```

Makefile : règles implicites

Règle qui va s'appliquer à tous les fichiers respectant un certain patron indiqué avec des %. Utilisé avec des variables automatiques.
Exemple pour compiler des fichiers sources C :

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

→ la première dépendance (le fichier .c) est compilé pour créer le fichier objet. Cela créera le fichier .o automatiquement, mais si on voulait le spécifier dans la règle, on pourrait ajouter `-o $@` à la commande `gcc`.

Makefile : conclusion

Quelques points de prudence :

- Ne pas oublier les tabulations devant les règles
- Ne pas faire d'erreur dans l'appel à `rm`, pas possible de revenir en arrière si vous faites une erreur...

C'est tout pour aujourd'hui !