

Chaîne de compilation GNU

GNU propose une chaîne d'outils de compilation permettant de produire un exécutable à partir de programmes source :

gcc -c préprocesseur + compilateur (`gcc -c file.c → .o`)
ld Éditeur de liens (ou `gcc file.o → .x`)

mais pas seulement, il y a d'autres outils :

cpp préprocesseur seul (ou `gcc -E file.c → .c`, idem pour `.S`)
as Assembleur seul (ou `gcc -S file.c → .s`)
objdump désassembleur (`elf .o` ou `.x → .s`)
gdb debugger (pour exécuter en pas à pas à condition que le code ait été compilé avec l'option `-g`, cela nécessite l'intervention du système d'exploitation)
nm liste des symboles présents dans un fichier au format elf
readelf affichage du contenu d'un fichier au format elf

Outils de la chaîne de compilation

- Commandes de base du shell
- Les outils de la chaîne de compilation utilisés
- Les arguments utilisés du compilateur
- Le Makefile forme générale et règles génériques
- Les 4 types de directives du préprocesseur du C

Commandes de base du shell

En TP, vous devez utiliser les commandes du shell pour:

- éditer les fichiers source et les fichiers de trace
- lancer le compilateur au travers d'un Makefile
- vous balader dans les répertoires,
- etc.

Normalement, cela fait partie de votre bagage de connaissances, mais si vous avez des lacunes, regarder

- le tutoriel d'open-classroom : <https://link.infini.fr/shell>
- une doc : https://lea-linux.org/documentations/Admin-admin_env-shell ou https://fr.wikibooks.org/wiki/Programmation_Bash/Commandes_shell

Compilateur C : arguments utilisés

L'application gcc permet d'appeler le préprocesseur, le compilateur, l'assembleur et l'éditeur de liens. <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-7.1.0/gcc/> (gcc utilisé en TP) fait plus 900 pages. Nous n'allons voir que quelques arguments... (ceux utilisés en TME)

gcc -c : stoppe gcc après le compilateur produit un `.o` ou un `.s`
-Wall : tous les warnings du langage C (ou presque) sont relevés
-Werror : tous les warnings sont considérés comme des erreurs
-mips32r2 : informe le compilateur du type de MIPS32 révision 2
-std=c99 : permet, entre autres, la déclaration des var. locales n'importe où
-fno-common : ne pas utiliser une section common pour les var. glob. non-static
-fno-builtin : ne pas utiliser les fonctions "builtin" de gcc (p. ex. `strcpy()`)
-fomit-frame-pointer : demande d'utiliser `$29` comme seul pointeur de pile
-G0 : ne pas utiliser de global pointer (`$28`) pour les variables globales
-O3 : demande l'optimisation maximale (il existe : `-O0`, `-O1`, `-O2`, `-Os`)
-o <file> : nom du fichier de sortie `<file>`
-I <dir1:dir2...> : ajoute `<dir1:dir2...>` aux répertoires de recherche des `#include`
-T <ldscript> : informe l'éditeur de lien du nom du ldscript (si ld est invoqué)

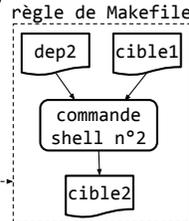
Fichier Makefile & Commande make

Un **Makefile** est un fichier contenant la méthode de construction d'un fichier cible à partir de ces sources. Un fichier **Makefile** est interprété par la commande **make**

La commande **make** a deux objectifs (*l'objectif 1 est LE plus important*)

1. Décrire la méthode de construction permettant de rejouer complètement ou en partie après un changement des sources.
2. Permettre une reconstruction sélective en n'exécutant que les étapes de construction nécessaires pour produire la cible lorsque seule une partie des sources a été modifiée

Un fichier **Makefile** est constitué d'un ensemble de règles



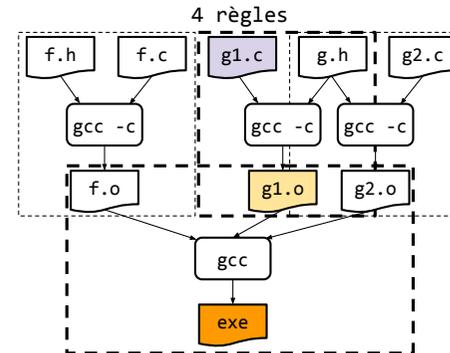
```
Makefile
cible1 : dep1
  TAB → commandes shell n°1
cible2 : cible1 dep2
  TAB → commandes shell n°2
```

```
bash
$> make cible2
commandes shell n°1
commandes shell n°2
```

Vous verrez pendant les TME 3 manières d'utiliser un Makefile : (1.) collection de scripts ; (2.) avec des règles explicites ; (3.) avec des règles implicites

2. Makefile : règles explicites

make lit d'abord le Makefile entièrement, puis construit le graphe de construction, puis produit la cible demandée uniquement si sa date en antérieure à l'une de ces dépendances. Ici la règle par défaut est **dep** qui n'est pas un fichier



```
Makefile
dep: exe
all : clean dep
f.o : f.c f.h
  gcc -c -Wall f.c
g1.o : g1.c g.h
  gcc -c -Wall g1.c
g2.o : g2.c g.h
  gcc -c -Wall g2.c
exe : f.o g1.o g2.o
  gcc f.o g1.o g2.o -o exe
clean :
  rm *.o
```

si seul **g1.h** a été modifié →

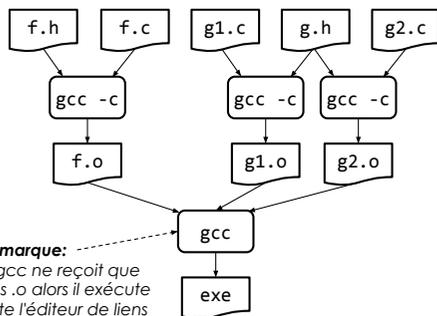
```
bash
$> make exe
gcc -c -Wall g1.c
gcc f.o g1.o g2.o -o exe
```

1. Makefile : collection de shell scripts

Le Makefile peut contenir l'ensemble des *shell scripts* nécessaires à produire l'exécutable. Le Makefile contient alors autant de règles qu'il y a de scripts à réaliser :

- 1 pour produire l'exécutable,
- 1 pour faire le ménage,
- 1 pour exécuter, etc.

L'appel de **make** sans cible prend par défaut la première cible



Remarque: Si gcc ne reçoit que des .o alors il exécute juste l'éditeur de liens

```
help: # règle par défaut qui affiche une aide
@echo "compil : compilation exec"
@echo "clean : efface les .o"
@echo "cleanall : tout sauf les sources"
@echo "exec : test du programme"

compil : # règle pour generer l'exécutable
gcc -c -Wall f.c
gcc -c -Wall g1.c
gcc -c -Wall g2.c
gcc f.o g1.o g2.o -o exe

exec : # règle pour lancer et tester l'exécutable
exe arg1 arg2

clean:
rm *.o

cleanall: clean
rm exe
```

```
bash
$> make compil
gcc -c -Wall f.c
gcc -c -Wall g1.c
gcc -c -Wall g2.c
```

Makefile : règles génériques et variables

Le format Makefile est très riche (<https://www.gnu.org/software/make/manual/>)

(tuto: <https://codes-sources.commentcamarche.net/faq/87-shell-linux-creation-des-makefiles-commande-make>)

- Il permet d'exprimer des règles génériques
 - o La dépendance de la cible utilise le caractère % qui représente un nom de fichier quelconque
 - o Les commandes utilisent des variables automatiques dont la valeur est extraite de la ligne de dépendance
 - o \$@ : cible
 - o \$< : première dépendance
 - o \$^ : toutes les dépendances
 - o \$* : %
- on peut ajouter des règles de commandes
 - o clean ou all et le .PHONY permet de dire à make que ces cibles ne sont pas des fichiers
- on peut utiliser des variables
 - o CFLAGS, BIN, etc.

```
CFLAGS = -Wall
OBJ = f.o g1.o g2.o
BIN = exe
.PHONY = all clean

all : clean $(EXE)

%.o : %.c
  gcc -c $(CFLAGS) $<

$(BIN) : $(OBJ)
  gcc $^ -o $@

clean :
  rm $(OBJ)

f.o : f.c f.h
g1.o : g1.c g.h
g2.o : g2.c g.h
```

1. Préprocesseur : expansion de macro

<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Macros.html>

```
#define MACRO
#define MACRO DÉFINITION
#define MACRO(a1,a2,...,an) DÉFINITION_AVEC_ARGUMENTS
#undef MACRO
```

- Attention, on ne peut pas mettre de commentaire derrière une définition
- Une définition de macro est sur une seule ligne ou utiliser le caractère \
- Exemples

```
#define DEBUG
#define ROUGE 4
#define MAX(a,b) ((a)>(b)?(a):(b))
#define INCV(v) do{v.x++;v.y++;}while(0)
[...]
```

→ noter les ()
→ si plusieurs instructions dans la définition de la macro

```
struct v_st {int x, y}; v1, v2;
if (MAX(4, 2*i+j) < ROUGE)
    INCV(v1);
else
    INCV(v2);
[...]
```

3. Préprocesseur : compilation conditionnelle

<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Conditionals.html>

Permet de sélectionner le code à inclure par exemple pour adapter le code à la machine ou traiter le debug

Directives : #if #ifdef #ifndef #else #elif #endif

<pre>#ifdef DEBUG code 1 #else code 2 #endif</pre>	<pre>#if (defined DEBUG) code 1 #else code 2 #endif</pre>	<pre>#if VERBOSE > 1 code 1 #elif VERBOSE > 0 code 2 #else code 3 #endif</pre>
<pre>#if 0 code #endif</pre>	<pre>#if !(defined __MIPS__ defined MIPS32) code 1 #endif</pre>	

2. Préprocesseur : inclusion de fichiers

<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Header-Files.html>

#include permet d'inclure un fichier dans un autre

- #include <fichier.h> ou #include "fichier.h"
 - inclut *fichier.h* dans le fichier contenant la directive #include
 - avec "" : *fichier.h* est recherché dans le répertoire courant
 - avec <> : *fichier.h* est recherché dans les répertoires standards tel que /usr/include et dans les répertoires donnés par l'argument -I
- Bon usage :
 - N'inclure que des .h ⇒ **jamais** des .c
 - Se prémunir contre la double inclusion (évite la redéfinition des macros)

```
#ifndef _FICHIER_H_
#define _FICHIER_H_
...
#endif
```

4. Préprocesseur : autres directives et macros

Contrôle de la compilation : <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Diagnostics.html>

```
#error "message" : affiche "message" et stoppe la compilation
#warning "message" : affiche "message"
```

Macros prédéfinies :

<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Standard-Predefined-Macros.html>

```
__FILE__ : MACRO contenant le nom du fichier courant
__LINE__ : " " le numéro de ligne
__DATE__ : " " la date
__TIME__ : " " l'heure
__FUNC__ : " " la fonction courante
```

Mise entre guillemets : <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Stringizing.html>

```
#define str(s) #s : str(bonjour) → "bonjour"
```

Concaténation de 2 arguments :

<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Concatenation.html>

```
#define concat(a,b) a##b : concat(A,B) → AB
```

