Compilation avec Make

Laurent Réveillère & Jean-Marc Ferrari

Enseirb
Département Télécommunications

{reveillere,ferrari}@enseirb.fr
http://www.enseirb.fr/~reveille/

Objectifs

- **Automatiser** la reconstruction d'un exécutable composé d'un ou plusieurs:
  - Modules objets
  - Librairies
  - Fichiers entêtes …
- Avantages
  - Assure la compilation séparer des différentes ressources
  - Utilise des macro-commandes et des variables
  - Permet ne recompiler que le code nécessaire
  - Permet d'utiliser des commandes shell arbitraire
    - Scripts d'installations
    - Scripts de désinstallation
    - Scripts de nettoyage
    - Etc.

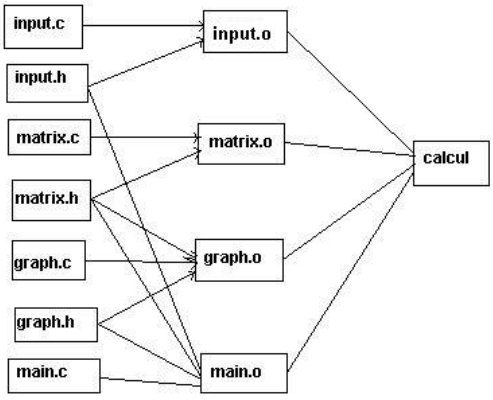
Quelques Définitions

- Cible
  - Exécutable à (re)construire
  - Commande a exécuter (installation, nettoyage, …)
- Dépendances
  - Élément(s) dont dépend la cible
  - Exemple en C
    - » Cible dépendant d'un fichier source .c
    - » Cible construite que si le fichier source est plus récent que le fichier de la cible
- Règles
  - Commande(s) permettant de reconstruire la cible
- Fichier makefile
  - Fichier contenant la définition des dépendances et des règles de reconstruction des cibles

Exemple

Le programme « calcul » se décompose en 4 fichiers

- input.c
  - fonctions de lecture des fichiers de données
- matrix.c
  - fonctions de calcul matriciel
- graph.c
  - fonction d'affichage graphique
- main.c
  - programme principal
- input.h,matrix.h,graph.h
  - fichiers d'entêtes



Premier Makefile

- Permet de définir les cibles, les dépendances et les commandes pour reconstruire les cibles

```
calcul: main.o input.o matrix.o graph.o
   gcc –o calcul calcul.o input.o matrix.o graph.o
main.o: main.c input.h matrix.h graph.h
   gcc –c main.c
input.o: input.c input.h
   gcc –c input .c
matrix.o: matrix.c matrix.h
   gcc –c matrix.c
graph.o: graph.c graph.h matrix.h
   gcc –c graph.c
```


Règles de reconstruction d'une cible

- Forme générale

```
CIBLE(s):DEPENDANCES
<tab>COMMANDE(s)
```

- Contraintes syntaxiques
  - Cibles et dépendances sont sur une même ligne
  - Le caractère « \ » peut forcer make à ignorer le retour à la ligne
  - Commandes commencent toujours par une tabulation
  - Commandes sur plusieurs lignes
    - chaque ligne est séparée par le caractère « \ »
    - Sauf la dernière ligne

Commandes

- Exécution d'une commande
  - Texte de la commande affichée sur la sortie standard
  - Préfixer la commande par le caractère « @ » pour ne pas l'afficher
  - Chaque ligne de commande est exécutée par un interpréteur différent du shell (sous Unix /bin/sh)
  - Mettre plusieurs commandes sur une même ligne ou séparées par « \ » pour utiliser le même interpréteur
- Comportement en cas d'erreur
  - L'exécution d'une règle et tout le processus sont abandonnés
  - Indiquer « - » en début de commande pour indiquer à make qu'il ignore l'échec de cette commande
  - Interruption d'un make en cours d'exécution d'une règle
    - » La cible est détruite par défaut

Exemples

```
dir/prog: a.o b.o
     cd dir
     gcc –o prog ../a.o ../b.o
```

Incorrect

```
dir/prog: a.o b.o
     cd dir ;\
     gcc –o prog ../a.o ../b.o
```

```
clean:
     -rm *.o
     @echo "done"
```

Évaluation d'un fichier Makefile

- Commande make sans argument
  - La première règle rencontrée est évaluée
- Commande make avec argument
  - Le nom de la règle passée en argument est évaluée
- Évaluation d'une règle
  1. Analyse des dépendances
  2. Si une dépendance est la cible d'une autre règle du Makefile, cette règle est à son tour évaluée.
  3. Lorsque l'ensemble des dépendances est analysé et si la cible ne correspond pas à un fichier existant ou si un fichier dépendance est plus récent que la règle, les différentes commandes sont exécutées

Cas d'étude

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

void Hello(void) {
   printf("Hello World\n");
}
```

hello.c

```c
#ifndef __HELLO_H__
#define __HELLO_H__

extern void Hello(void);

#endif /* __HELLO_H__ */
```

hello.h

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "hello.h"

int main(void) {
   Hello();
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

main.h

Compilation avec make

```
$ emacs Makefile
```

```
hello: hello.o main.o
   gcc -o hello hello.o main.o
hello.o: hello.c
   gcc -o hello.o -c hello.c -Wall -ansi
main.o: main.c hello.h
   gcc -o main.o -c main.c -Wall -ansi
```

```
$ make
```


Que se passe t-il?

1. La première règle du Makefile est la règle `hello`
2. Évaluation de la règle `hello`
3. Analyse des dépendances
   1. Évaluation des cibles hello.o et main.o
   2. Analyses des dépendances pour la cible hello.o
   3. Analyses des dépendances pour la cible main.o
   4. Exécution des commandes si nécessaires
4. Exécution de la commande si nécessaire

- Exercice
  - Regarder les fichiers générés par make

Limitations

- Difficile de gérer plusieurs exécutables pour des plate-formes différentes
- Tous les fichiers intermédiaires sont conservés
  - Pollution du répertoire de travail
- Impossible de forcer la régénération complète du projet
  - Suppression manuel des fichiers temporaires obligatoire

Cibles standard

- `all`
  - Première règle explicite pour définir ce qui est fait par défaut
- `install`
  - Installation du programme construit
  - Création de la structure de répertoire, copies des fichiers, …
- `uninstall`
  - Défait ce que `install` a fait
  - Ne supprime pas les fichiers temporaires de la compilation
- `clean`
  - Supprime du répertoire courant tous les fichiers construits par make all
- `mrproper`
  - Remet les répertoires sources dans leur état initial

Application

```
all: hello

hello: hello.o main.o
   gcc -o hello hello.o main.o
hello.o: hello.c
   gcc -o hello.o -c hello.c -Wall -ansi
main.o: main.c hello.h
   gcc -o main.o -c main.c -Wall –ansi

clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf hello
```


Notion de variables

- Motivations
  - Simplifie l'évolution des règles
  - Factorise la définition des outils utiliés (compilateur, …)
- Définition

  `NOM_VARIABLE = VALEUR`
  - Contrainte sur le nom
    - séquence de caractères sauf : `, # = <tab> espace`
- Utilisation

  `$(NOM_VARIABLE)`
- Exemple

```
CC = gcc
foo.o: foo.c
       $(CC) –c foo.c –o foo.o
```

Noms de variables standards

- AR
  - Programme de maintenance d'archive
- CC
  - Compilateur C
- CXX
  - Compilateur C++
- RM
  - Commande pour effacer un fichier
- ARFLAGS
  - Paramètres à passer au programme de maintenance d'archives
- CFLAGS
  - Paramètres à passer au compilateur C
- LDFLAGS
  - Paramètres à passer à l'éditeur de lien
- EXEC
  - Nom de l'exécutable principal à générer

Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall –ansi
EXEC = hello

all: $(EXEC)
$(EXEC): hello.o main.o
   $(CC) -o $(EXEC) hello.o main.o $(LDFLAGS)
hello.o: hello.c
   $(CC) -o hello.o -c hello.c $(CFLAGS)
main.o: main.c hello.h
   $(CC) -o main.o -c main.c $(CFLAGS)

clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Variables automatiques

- $@
  - Nom de la cible de la règle
- $<
  - Nom de la première dépendance
- $?
  - Nom de toutes les dépendances qui sont plus récentes que la cible
- $^
  - Nom de toutes les dépendances d'une cible
- $*
  - Radical associé à une règle implicite
  - Si la cible est `toto.o` désignée par %.o, alors $* est `toto`

Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello

all: $(EXEC)
$(EXEC): hello.o main.o
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
hello.o: hello.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)
main.o: main.c hello.h
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Règles implicites

- Objectif
  - Construction d'un module objet (.o) à partir d'un fichier source (.c)
  - Règles appelées automatiquement pour construire toutes les cibles ayant pour suffixe .o
- Syntaxe

```
%.o: %.c
	commandes
```

- Notation plus ancienne

```
.c.o:
	commandes
```


Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello

all: $(EXEC)
$(EXEC): hello.o main.o
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Problème de dépendance

- Dans l'exemple précédent
  - `main.o` n'est plus reconstruit si `hello.h` est modifié
- Solution
  - Préciser les dépendances séparément des règles implicites
- Illustration

```
main.o: hello.h
%.o: %.c
  $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)
```


Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello

all: $(EXEC)
$(EXEC): hello.o main.o
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
main.o: hello.h
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Problèmes avec les règles utilisateur

- Contexte
  - `clean` est la cible d'une règle ne présentant aucune dépendance
  - Supposons que clean soit également le nom d'un fichier présent dans le répertoire courant
- Problème
  - Le fichier sera toujours plus récent que ses dépendances
  - La règle ne sera jamais exécutée
- Solution
  - Cible particulière ➔ `.PHONY`
  - Dépendances systématiquement reconstruites

Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello

all: $(EXEC)
$(EXEC): hello.o main.o
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
main.o: hello.h
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

.PHONY: clean mrproper
clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Substitution de variable

- Principe
  - Définition d'une variable par substitution des éléments d'une autre variable
- Syntaxe

  `$(VARIABLE:OLD=NEW)`
- Utilisation
  - Construction de la liste des modules objets à partir des fichiers sources
  - SRC
    - » Variable contenant la liste des fichiers sources du projet
  - OBJ
    - » Variable contenant la liste des fichiers objets du projet

```
OBJ= $(SRC:.c=.o)
```


Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello
SRC  = hello.c main.c
OBJ  = $(SRC:.c=.o)

all: $(EXEC)
$(EXEC): $(OBJ)
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
main.o: hello.h
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

.PHONY: clean mrproper
clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Gestion des fichiers sources

- Objectifs
  - Générer automatiquement la liste des fichiers sources
  - Attention
    - » À utiliser avec précautions
- Méthode
  - Utilisation de joker à la shell (`*.c`) pour obtenir tous les fichiers d'extensions c du répertoire courant
  - Utilisation des caractères joker par la commande `wildcard`
- Exemple

```
SRC = $(wildcard *.c)
```


Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello
SRC  = $(wildcard *.c)
OBJ  = $(SRC:.c=.o)

all: $(EXEC)
$(EXEC): $(OBJ)
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
main.o: hello.h
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)

.PHONY: clean mrproper
clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Makefile conditionel

- Exécution conditionnelle d'une partie d'un makefile
- Principe proche des `#ifdef` en C
- Utilisation
  - Définir des valeurs de variables différentes en fonction du contexte
- Exemple

```
ifeq ($(DEBUG),yes)
   CFLAGS=-Wall -ansi -g
   LDFLAGS=-Wall -ansi -g
else
   CFLAGS=-Wall -ansi
   LDFLAGS=-Wall -ansi
endif
```


Application

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello
SRC  = $(wildcard *.c)
OBJ  = $(SRC:.c=.o)
DEBUG = yes

ifeq ($(DEBUG),yes)
   CFLAGS=-Wall -ansi -g
   LDFLAGS=-Wall -ansi -g
else
   CFLAGS=-Wall -ansi
   LDFLAGS=-Wall -ansi
endif
```

```
all: $(EXEC)
ifeq ($(DEBUG),yes)
   echo "Génération en mode debug"
else
   echo "Génération en mode release"
endif

$(EXEC): $(OBJ)
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
main.o: hello.h
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)
.PHONY: clean mrproper
clean:
   rm -rf *.o
mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC)
```

Génération automatique des dépendances

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -ansi
LDFLAGS = -Wall -ansi
EXEC = hello
SRC  = $(wildcard *.c)
OBJ  = $(SRC:.c=.o)
DEPFLAGS =

all: dep $(EXEC)
dep: Makefile.dep
Makefile.dep: $(SRC)
   @touch Makefile.dep
   $(CC) -MM $(DEPFLAGS)
   $(SRC) > $@
$(EXEC): $(OBJ)
   $(CC) -o $@ $^ $(LDFLAGS)
%.o: %.c
   $(CC) -o $@ -c $< $(CFLAGS)
```

```
.PHONY: clean mrproper dep
clean:
   rm -rf $(OBJ)

mrproper: clean
   rm -rf $(EXEC) Makefile.dep

ifneq ($(wildcard Makefile.dep),)
   include Makefile.dep
endif
```


Conventions de nommage

- `prefix`
  - racine du répertoire d'installation (`/usr/local`)
- `exec_prefix`
  - Racine pour les binaires (`$(prefix)`)
- `bindir`
  - Répertoire d'installation des binaires (`$(exec_prefix)/bin`)
- `libdir`
  - Répertoire d'installation des librairies (`$(exec_prefix)/lib`)
- `datadir`
  - Répertoire d'installation des données statiques pour le programme (`$(exec_prefix)/lib`)
- `statedir`
  - Répertoire d'installation des données modifiables par le programme (`$(prefix)/lib`)

Conventions de nommage (suite)

- `includedir`
  - Répertoire d'installation des en-têtes (`$(prefix)/include`)
- `mandir`
  - Répertoire d'installation des fichiers de manuel (`$(prefix)/man`)
- `manxdir`
  - Répertoire d'installation des fichiers de la section x du manuel (`$(prefix)/manx`)
- `infodir`
  - Répertoire d'installation des fichiers info (`$(prefix)/info`)
- `srcdir`
  - Répertoire d'installation des fichiers source (`$(prefix)/src`)