

DevOps

Construction automatisée de logiciels: Make et Ant

Thomas Ropars

`thomas.ropars@univ-grenoble-alpes.fr`

2025

Agenda

make

Ant

Agenda

make

Ant

En 2 mots

- Le programme (GNU) `make` exécute un **Makefile**
- Le **Makefile** définit un ensemble de règles
 - ▶ Définissent les relations de dépendances entre les fichiers sources et les objets cibles (à générer).
 - ▶ Les règles sont exécutées de manière récursive pour atteindre un but.
- Différence avec un script?
 - ▶ `make` sait si une cible est à jour.
 - ▶ Permet de n'exécuter que ce qui est nécessaire.

Motivations

- Automatiser la compilation de programmes (modulaires)
 - ▶ A partir de la dernière version des sources mise à jour.
- Automatiser le processus d'installation d'un logiciel
 - ▶ Compilation
 - ▶ Installation de l'exécutable dans le répertoire approprié
 - ▶ Génération de la documentation
 - ▶ Automatisation de tests
 - ▶ Suppression de fichiers inutiles
 - ▶ ...
- Gérer des sources dans différents langages
- Simplifier le déclenchement de suites d'opérations souvent répétées sur des fichiers

La commande make

`man make`

- `make`
 - ▶ Applique les règles définies dans `./Makefile`
 - ▶ Exécute par défaut la première cible définie
- `make cible`
 - ▶ Exécute la règle cible définie dans `./Makefile`
- `make -f autre_fichier`
 - ▶ Exécute les règles définies dans le fichier `autre_fichier`
- `make -n`
 - ▶ Affiche les commandes qui seraient exécutées (mais ne les exécute pas)

Les règles

Une règle dans un Makefile est de la forme:

```
cible: dépendances
    commandes
```

- Les lignes de commandes commencent par une tabulation.
- `cible` représente soit un fichier à générer, soit un identifiant
- `dépendances` est composé d'identifiants et/ou de noms de fichiers
- `commandes` correspond aux actions à effectuer

Un premier exemple

Fichier Makefile:

```
hello:
```

```
    echo "ce cours est très intéressant" >remarques.txt  
    cat remarques.txt
```


Un premier exemple

Fichier Makefile:

hello:

```
echo "ce cours est très intéressant" >remarques.txt  
cat remarques.txt
```

- make

```
$ make
```

```
echo "ce cours est très intéressant" >remarques.txt  
cat remarques.txt  
ce cours est très intéressant
```

- make hello donne le même résultat
- make bye ?

```
$ make bye
```

```
make: *** No rule to make target 'bye'.  Stop.
```

Cibles standards (GNU)

non exhaustif¹

- all
 - ▶ Compile l'ensemble du programme
 - ▶ Les dépendances correspondent à l'ensemble des fichiers à produire
 - ▶ Doit être la règle par défaut
- install
 - ▶ Compile le programme et copie les exécutables/librairies à l'endroit approprié
- clean
 - ▶ La commande associée supprime tous les fichiers intermédiaires
 - ▶ Pas de dépendances

¹www.gnu.org/prep/standards/html_node/Standard-Targets.html

Contenu d'un Makefile

- # des lignes de commentaires
- lignes vides
- règles standards avec cible réelle
- règles standards avec pseudo-cible (identifiant)
- déclarations de variables
- règles de suffixe
- règles "spéciales"

Règles standards

```
cible : fichier_1 fichier_2 fichier_3  
< tab > commande  
< tab > commande  
< tab > ...
```

- Les commandes seront exécutées si des dépendances ont été modifiées ultérieurement à la dernière modification de cible
- Avant d'exécuter ces commandes, make va éventuellement recréer les dépendances (exécution récursive)

Un nouvel exemple

```
all: hello_world
```

```
hello_world: hello_world.o main.o  
    gcc hello_world.o main.o -o hello_world
```

```
hello_world.o: hello_world.c  
    gcc -c hello_world.c -Wall -g
```

```
main.o: main.c hello_world.h  
    gcc -c main.c -Wall -g
```

```
clean:  
    rm -rf *.o hello_world
```

Les variables

Utilisation de variables

- Définition: `NOM=va1eur`
- Utilisation: `$(NOM)` ou `${NOM}`
- Variables imbriquées: `VAR= $(VAR1) $(VAR2)`

Variables standards en C/C++

- `CC`: désigne le compilateur utilisé
- `CFLAGS`: regroupe les options de compilation
- `LDFLAGS`: regroupe les options d'édition de liens
- `EXEC` ou `TARGET`: regroupe les exécutable

Variables définies à la ligne de commande: `make "EXEC = hello"`

Mise à jour de l'exemple

```
CC=gcc
CFLAGS= -Wall -g
LDFLAGS=
EXEC= hello_world

all: $(EXEC)

hello_world: hello_world.o main.o
    $(CC) hello_world.o main.o -o hello_world $(LDFLAGS)

hello_world.o: hello_world.c
    $(CC) -c hello_world.c $(CFLAGS)

main.o: main.c hello_world.h
    $(CC) -c main.c $(CFLAGS)

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

Variables automatiques

Variables par défaut recalculées pour chaque règle¹:

- `$@`: le nom de la cible
- `$<`: le nom de la première dépendance
- `$?`: le nom de toutes les dépendances qui sont plus récentes que la cible.
- `$^`: le nom de toutes les dépendances
- `$*`: Le nom du pattern matchant la cible dans un pattern statique

¹www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Automatic-Variables.html

Mise à jour de l'exemple

```
CC=gcc
CFLAGS= -Wall -g
LDFLAGS=
EXEC= hello_world

all: $(EXEC)

hello_world: hello_world.o main.o
    $(CC) $^ -o $@ $(LDFLAGS)

hello_world.o: hello_world.c
    $(CC) -c $^ $(CFLAGS)

main.o: main.c hello_world.h
    $(CC) -c $< $(CFLAGS)

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

Règles d'inférence

- Objectif: créer des règles génériques
- Utilisation de '%'
- Exemple de pattern:
 - ▶ %.c
 - ▶ s.%.c
- Utilisation d'un pattern dans la cible
 - ▶ Règles génériques: pattern dans la cible et dans les dépendances
 - ▶ Pattern dans les dépendances: même substitution que dans la cible
 - ▶ Possibilité de définir des dépendances supplémentaires spécifiques

Mise à jour de l'exemple

```
CC=gcc
CFLAGS= -Wall -g
LDFLAGS=
EXEC= hello_world

all: $(EXEC)

hello_world: hello_world.o main.o
    $(CC) $^ -o $@ $(LDFLAGS)

main.o: hello_world.h

%.o: %.c
    $(CC) -c $^ $(CFLAGS)

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

Règles d'inférences (old fashion)

Considéré obsolète

Défini des règles fondées sur des doubles suffixes¹.

`.c.o:`

`$(CC) -c $^ $(CFLAGS)`

- Fonctionne car ".c" et ".o" sont dans la liste des suffixes par défaut
 - ▶ Les suffixes par défaut sont définis par la cible spéciale `.SUFFIXES`
 - ▶ La variable `$(SUFFIXES)` contient la liste des suffixes définis.
- Ajouter des suffixes à la liste

`.SUFFIXES: .txt`

¹www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Suffix-Rules.html

Exemple avec des règles de suffixe

Compiler du Latex

```
all: myfile.pdf
```

```
.SUFFIXES: .tex .pdf
```

```
.tex.pdf:  
    pdflatex $<
```

Les fonctions

`$(fonction arguments)`

Quelques fonctions principales¹

- Fonction *wildcard*
 - ▶ `SRC=$(wildcard *.c)`
 - ▶ SRC va contenir la liste des fichiers .c
- Pattern substitution (patsubst)
 - ▶ `OBJS=$(patsubst %.c,%.o, $(SRC))`
- Cas spécifique de substitution de suffixes
 - ▶ `$(var:suffix=replacement)`
 - ▶ `OBJS=$(SRC:.c=.o)`

¹www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Functions.html

Mise à jour de l'exemple

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

all: $(EXEC)

hello_world: $(OBJ)
    $(CC) $^ -o $@ $(LDFLAGS)

main.o: hello_world.h

%.o: %.c
    $(CC) -c $^ $(CFLAGS)

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

Les règles par défaut

make a un nombre de règles implicites définies par défaut¹:

- Compilation de programmes en C

```
$(CC) $(CPPFLAGS) $(CFLAGS) -c
```

¹www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Catalogue-of-Rules.html

Mise à jour de l'exemple

Déconseillé

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

all: $(EXEC)

hello_world: $(OBJ)
    $(CC) $^ -o $@ $(LDFLAGS)

main.o: hello_world.h

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

Conditions

On peut introduire des tests de condition afin de paramétrer des variables

```
ifeq "$(OS)" "linux 32"  
    ARCH=linux  
endif
```

```
ifeq ($(ARCH),linux)  
    CC = gcc  
else  
    CC = cc  
endif
```

Il existe aussi `ifneq`.

Hiérarchie de Makefile

Dans un projet avec plusieurs modules, on doit compiler des fichiers dans des répertoires sources différents.

Approche hiérarchique

- Un Makefile dans le répertoire principal
- Un Makefile dans chaque répertoire source
 - ▶ "make -C" specifies the directory to move to before reading the makefiles.
 - ▶ Quand une ligne commence par @, l'affichage de cette ligne est supprimé.

```
all : module1 module2
```

```
module1:
```

```
    @make -C ./module1
```

```
module2:
```

```
    @make -C ./module2
```

Exécuter plusieurs commandes dépendantes

Je dois mettre à jour la variable d'environnement
LD_LIBRARY_PATH avant d'exécuter un test.

test:

```
export LD_LIBRARY_PATH=path_to_my_lib:$(LD_LIBRARY_PATH)
run_test param1 param2
```

Problème

Exécuter plusieurs commandes dépendantes

Je dois mettre à jour la variable d'environnement `LD_LIBRARY_PATH` avant d'exécuter un test.

test:

```
export LD_LIBRARY_PATH=path_to_my_lib:${LD_LIBRARY_PATH}
run_test param1 param2
```

Problème

Par défaut, chaque *commande* est exécutée dans un nouveau sous-shell.

- Backslash peut être utilisé pour diviser une séquence d'instructions
- La séquence est transmise au shell avec la tabulation au début de chaque ligne en moins

test:

```
export LD_LIBRARY_PATH=path_to_my_lib:${LD_LIBRARY_PATH}; \
run_test param1 param2
```

Bilan

Points forts

- Règles de dépendance entre les fichiers
- Prise en compte de la date de modification pour déterminer la nécessité d'effectuer des actions

Inconvénients

- Convivialité moyenne
- Syntaxe difficile
- Utilisation d'astuces
- Si l'objectif est surtout de simplifier le déclenchement d'une suite d'actions, un script est parfois plus commode
- Hétérogénéité des commandes difficile à gérer (Linux vs Windows)

Aller plus loin

- Peu de chances que vous ayez de gros makefile à écrire
- Sur les gros projets, les Makefile sont générés à partir de fichiers de configurations.
 - ▶ CMake
 - ▶ GNU Autotools

Agenda

make

Ant

Présentation

- Automatiser la compilation et le déploiement d'applications Java
- Remplacement de make
- Peut être utilisé pour d'autres langages
- Peut être employé pour automatiser tout processus qui peut être décrit en terme de cibles et de tâches à exécuter
 - ▶ Description de graphes de dépendances entre les cibles

Ant et la portabilité

Portabilité

- Implémenté en Java
 - ▶ Les tâches sont mises en œuvre en Java
 - ▶ Indépendantes du système d'exploitation
 - ▶ Facilement extensible: définition de nouvelles classes Java
- Les fichiers de configuration sont décrits en XML
 - ▶ eXtensible Markup Language
 - ▶ Langage à balise (< ... >)
 - ▶ Extensible
- Ant est un projet open source d'Apache

Exemple de XML

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- address info for Ken Anderson -->
<person surname="Anderson" name="Ken">
  <address>
    <street>University of Colorado<br />
      Department of Computer Science<br />
      430 UCB</street>
    <city>Boulder</city>
    <state>CO</state>
  </address>
</person>
```

- `<? ...? >`: processing instruction (information pour l'application lisant le document)
- `<!-- ...-->`: Commentaire
- `<person> ... </person>`: Définit un élément
 - ▶ Peut avoir des fils (arbre)
 - ▶ Peut avoir des attributs
 - ▶ Les feuilles contiennent du texte

A propos de Ant

Points forts

- Portable
- Très nombreuses tâches déjà implémentées
- Largement répandu et intégré aux IDE (Eclipse ...)
- Syntaxe rigoureuse d'XML

Points faibles

- Verbeux
- Dépendances de tâches (non temporelles)
- Java-Centric

Exécuter Ant

- Exécution à la ligne de commande
 - ▶ `ant [options] [cibles]`
 - ▶ `ant compile`
- Par défaut, exécute le fichier `build.xml`
- Exemple d'utilisation d'options
 - ▶ Définir le fichier de configuration à exécuter
 - ▶ `ant -buildfile monbuild.xml compile`

build.xml

Le `build.xml` définit l'enchaînement à suivre pour la construction d'un projet

Un projet comporte des cibles (targets)

- Correspond à des activités telles que la compilation, l'installation, l'exécution, ...

Chaque cible est composée de tâches (task)

- Exécutées lorsque la cible est exécutée
- A des dépendances avec d'autres cibles
 - ▶ Exécutées au préalable

Un projet peut aussi inclure des propriétés

- Équivalant des variables des Makefile

Project

- Le tag `project` définit le projet sur lequel on travaille
- Contient 3 attributs
 - ▶ `name`: Nom du projet
 - ▶ `default`: La cible à exécuter par défaut
 - ▶ `basedir`: Le répertoire à partir duquel on s'exécute
- On peut inclure en plus une description du projet

Exemple

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=".">  
  
  <description>  
    A sample build file for this project  
  </description>  
  
</project>
```

Properties

Le fichier `build.xml` peut définir des constantes (properties) qui peuvent ensuite être utilisées dans tout le projet.

- Simplifie la maintenance de gros fichiers `build.xml`
- Un projet peut avoir un ensemble de properties.

Syntaxe

- Associe une `value` à un `name`
`<property name="src.dir" value="./src"/>`
- Récupérer la valeur d'une propriété: `${src.dir}`

Properties

L'ordre de définition des properties est important:

- Seule la première définition est prise en compte
- Les properties définies à la ligne de commande sont plus prioritaires

Exemple de build.xml

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=". ">

  <description>
    A sample build file for this project
  </description>

  <!-- global properties for this build file -->
  <property name="source.dir" location="src"/>
  <property name="build.dir" location="bin"/>
  <property name="doc.dir" location="doc"/>
  <property name="apidoc.dir" value="${doc.dir}/api"/>

</project>
```

Targets

- Les target définissent les règles du fichier de build
- Correspondent aux étapes majeures de la construction (par ex: compiling, creating archives, testing, ...)

Définition d'une target

- **name** (attribut obligatoire)
- **depends** (optionnel)
 - ▶ Liste de targets dont la target dépend
 - ▶ Sont exécutées avant
- **description** (optionnel)

Exemple de build.xml

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=".">

    ...

    <!-- set up some directories used by this project -->
    <target name="init" description="setup project directories">
    </target>

    <!-- Compile the java code in src dir into build dir -->
    <target name="compile" depends="init" description="compile java sources">
    </target>

    <!-- Generate javadocs for current project into docs dir -->
    <target name="doc" depends="init" description="generate documentation">
    </target>

    <!-- Delete the build & doc directories and Emacs backup (*~) files -->
    <target name="clean" description="tidy up the workspace">
    </target>

</project>
```

Ordre d'exécution des target

Exécution une et une seule fois de A puis B puis C puis D en appelant "ant D":

```
<target name="A"/>  
<target name="B" depends="A"/>  
<target name="C" depends="B"/>  
<target name="D" depends="C,B,A"/>
```

Condition d'exécution if/unless:

```
<target name="build.windows" if="os.is.windows"/>  
<target name="build.no.windows" unless="os.is.windows"/>
```

Tasks

- Chaque target est constitué d'un ensemble de tasks
- Une task représente une action à exécuter
- Une task a un certains nombres de paramètres définis par:
 - ▶ Des attributs
 - ▶ Des sous éléments

Tasks

Ant fournit un grand nombre de tâches par défaut qui correspondent aux traitements courants de gestion d'un logiciel:

- Créer un répertoire
- Compiler du code source Java
- Exécuter l'outil Javadoc sur des fichiers
- Créer un jar
- Supprimer fichiers/répertoires
- Et bien plus encore:
 - ▶ <http://ant.apache.org/manual/tasksoverview.html>

Tasks

Possibilité d'ajouter:

- Des tâches optionnelles
 - ▶ <http://ant.apache.org/external.html>
 - ▶ <http://ant-contrib.sourceforge.net>
- Des tâches propriétaires
- Vos propres tâches

Target init

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=". ">  
  
  ...  
  
  <!-- set up some directories used by this project -->  
  <target name="init" description="setup project directories">  
    <mkdir dir="${build.dir}"/>  
    <mkdir dir="${doc.dir}"/>  
  </target>  
  
  ...  
  
</project>
```

Target compile

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=". ">

    ...

    <!-- Compile the java code in ${src.dir} into ${build.dir} -->
    <target name="compile" depends="init" description="compile java sources">
        <javac srcdir="${source.dir}" destdir="${build.dir}"/>
    </target>

    ...

</project>
```

Target doc

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=".">

    ...

    <!-- Generate javadocs for current project into ${doc.dir} -->
    <target name="doc" depends="init" description="generate documentation">
        <javadoc sourcepath="${source.dir}" destdir="${doc.dir}"/>
    </target>

    ...

</project>
```

Target clean

```
<project name="Sample Project" default="compile" basedir=". ">
  ...
  <!-- Delete the build & doc directories and Emacs backup (*~) files -->
  <target name="clean" description="tidy up the workspace">
    <delete dir="${build.dir}"/>
    <delete dir="${doc.dir}"/>
    <delete>
      <fileset defaultexcludes="no" dir="${source.dir}" includes="**/*~"/>
    </delete>
  </target>
  ...
</project>
```

Les ensembles de fichiers

- Tag `fileset`
- Attributs:
 - ▶ `dir`: Définit le répertoire de départ de l'ensemble de fichiers
 - ▶ `includes`: Liste des fichiers à inclure
 - ▶ `excludes`: Liste des fichiers à exclure
- L'expression `"**/"` permet de désigner tous les sous-répertoires du répertoire défini dans l'attribut `dir`

Exemple

```
<fileset dir="src" includes="**/*.java">
```

Les ensembles de motifs

- Tag `patternset`
- Utilisé dans un `fileset`
- Attributs:
 - ▶ `id`: Définit un identifiant pour le pattern qui pourra ainsi être réutilisé dans plusieurs `filesets`
 - ▶ `includes`: Liste des fichiers à inclure
 - ▶ `excludes`: Liste des fichiers à exclure
 - ▶ `refid`: Demande la réutilisation d'un ensemble dont l'identifiant est fourni comme valeur

Exemple

```
<fileset dir="src">  
  <patternset id="source_code">  
    <includes="**/*.java"/>  
  </patternset>  
</fileset>
```

Les listes de fichiers

- Tag `filelist`
- Attributs:
 - ▶ `id`: Définit un identifiant pour la liste qui pourra ainsi être réutilisé
 - ▶ `dir`: Définit le répertoire de départ de la liste de fichiers
 - ▶ `files`: liste des fichiers séparés par des virgules
 - ▶ `refid`: Demande la réutilisation d'une liste dont l'identifiant est fourni comme valeur

Exemple

```
<filelist dir="texte" files="fichier1.txt,fichier2.txt" />
```

Filelist vs fileset

- Un `fileset` est un filtre sur un ensemble de fichiers existants dans le système de fichiers
- Une `filelist` peut inclure des fichiers qui existent ou pas.

Les éléments de chemin¹

- Tag `pathelement`
- Permet de définir un élément qui sera ajouté à la variable `classpath`
- Attributs:
 - ▶ **location**: Définit un chemin d'une ressource qui sera ajoutée

Exemple

```
<classpath>  
  <pathelement location="bin/mabib.jar">  
  <pathelement location="lib/">  
</classpath>
```

¹<http://ant.apache.org/manual/using.html#path>

Ant et Eclipse

- Eclipse supporte Ant nativement
 - ▶ Pas besoin d'installer/configurer Ant séparément
- Eclipse a une "vue Ant"
 - ▶ Window → Show View → Ant
- Glisser-déposer un fichier `build.xml` dans la vue
- Double-clic sur une target pour exécuter

Références

- Notes de D. Donsez
- Notes de K. Anderson sur Ant¹
- <http://www.jmdoudoux.fr/java/dej/chap-ant.htm>

¹www.cs.colorado.edu/~kena/classes/3308/f06/lectures/10/