Nombre variable de paramètres et fichiers

Marie Pelleau
marie.pelleau@univ-cotedazur.fr

Basé sur les transparents de Jean-Charles Régin

Conversions de type

- Une conversion est en fait un changement de représentation
  - Un entier en un double
  - Un double en un entier
  - ...
- Attention : le résultat d'une conversion de type peut être indéterminé

Conversions implicites

Elles sont provoquées par des opérateurs arithmétiques, logiques et d'affectation, lorsque les types des opérandes sont différents mais comparables

Pour les expressions arithmétiques et logiques

Les conversions sont effectuées du type le plus faible vers le plus fort (`char` vers `int`, `short` vers `int` ...)

Pour les affectations

Le résultat de la partie droite est converti dans celui de la partie gauche (`int x = 3 / 4;`)

Conversions explicites

- Elles sont faites par le transtypage
- La valeur de l'expression ainsi construite est le résultat de la conversion de l'expression dans le type

```
int i;
double d;
enum E {rouge = 1, bleu = 2, vert = 3} couleur;
...
d = 3;
couleur = (enum E)((int) d);
i = (int) couleur;
float f = (float) 3;
int j = (int) 1.2345e2;
```

Ligne de commande

- En fait, la fonction main a plusieurs paramètres permettant de faire le lien avec UNIX
  - `int main (int argc, char *argv[]) s`
- On utilise par convention `argc` et `argv` (ce ne sont pas des identificateurs réservés)
  - Le paramètre `argc` (entier) indique le nombre de paramètres de la commande (incluant le nom de celle-ci)
  - Le paramètre `argv` (tableau de chaînes de caractères) contient la ligne de commande elle-même

Ligne de commande

- `commande -option toto 1234 tata`
- Dans le programme C
  - `argc = 5`
  - `argv` a 6 éléments significatifs et on peut les représenter comme suit:
    - `argv[0] = "commande"`
    - `argv[1] = "-option"`
    - `argv[2] = "toto"`
    - `argv[3] = "1234"`
    - `argv[4] = "tata"`
    - `argv[5] = NULL`

Ligne de commande

```c
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  int i;
  for (i = 1; i < argc; i++) {
    printf("* %s *\n", argv[i]);
  }

  while (*++argv) {
    printf("= %s =\n", *argv);
  }

  return 0;
}
```


Nombre variable de paramètres

- La liste variable de paramètres est dénotée par ... derrière le dernier paramètre fixe
- Il y a au moins un paramètre fixe
  - `int printf(const char *format, ...);`
- 4 macros sont définies dans le fichier `stdarg.h`
  - Le "type" `va_list` pour déclarer le pointeur se promenant sur la pile d'exécution
    `va_list ap;`
  - La macro `va_start` initialise le pointeur de façon à ce qu'il pointe après le dernier paramètre nommé
    `void va_start (va_list ap, last);`
  - La macro `va_arg` retourne la valeur du paramètre en cours, et positionne le pointeur sur le prochain paramètre
    `type va_arg (va_list ap, type);`
    Elle a besoin du nom du type pour déterminer le type de la valeur de retour et la taille du pas pour passer au paramètre suivant
  - La macro `va_end` permet de terminer proprement

Nombre variable de paramètres

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

void imp (int nb, ...) {
  int i;
  va_list p;

  va_start (p, nb);
  for (i = 0; i < nb; i++) {
    printf("%d ", va_arg(p, int));
  }
  fputc ('\n', stdout);
  va_end(p);
}

int main (int argc, char *argv[]) {
  imp(10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10);
  imp(5, 'a', 'b', 'c', 'd', 'e');
  imp(2, 12.3, 4.5);
  return 0;
}
```


Nombre variable de paramètres

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

int max (int premier, ...) {
  /* liste d'entiers positifs terminée par -1 */
  va_list p;
  int M = 0, param = premier;

  va_start(p, premier);
  while (param >= 0) {
    if (param > M) {
      M = param;
    }
    param = va_arg(p, int);
  }
  va_end(p);
  return M;
}

int main (int argc, char *argv[]) {
  printf("%d\n", max(12, 19, 17, 21, 0, 35, 4, -1));
  printf("%d\n", max(12, 19, -1, 17, 21, 0, 35, 4, -1));
  return 0;
}
```


Entrées/Sorties

- Fichier de déclarations `stdio.h`
- Sorties simples sur la sortie standard
  - Écriture d'un caractère
    ```c
    char c = '1';
    putchar(c);
    putchar('\n');
    ```
  - Écriture d'une chaîne de caractères (avec retour à la ligne)
    ```c
    char *s = "Coucou";
    puts(s);
    puts("Salut");
    ```
- Entrées simples sur la l'entrée standard
  - Lecture d'un unique caractère
    ```c
    char c;
    c = getchar();
    ```
  - Lecture d'une chaîne de caractères (jusqu'à EOF ou \n) et `'\0'` est mis à la fin
    ```c
    char s[256];
    printf("Nom ?");
    gets(s);
    ```


Entrées/Sorties formatées

- Écriture sur la sortie standard
  ```c
  printf("décimal = %d, hexa = %x\n", 100, 100);
  printf("nb réel = %f, %g\n", 300.25, 300.25);
  ```
- Lecture sur l'entrée standard
  ```c
  int i;
  float f;
  scanf("%d %f", &i, &f);
  ```

Entrées/Sorties formatées

- Écriture dans une chaîne de caractères

```
char s[256];
sprintf(s, "%s", "Allô");
printf("%s\n", s);
sprintf(s, "%d", 1234567);
printf("%s\n", s);
```

- Lecture dans une chaîne de caractères `int i;`

```
sscanf("1234", "%d", &i);
printf("%d\n", i);
```


Entrées/Sorties fichiers de caractères

- `FILE *` est un descripteur de fichier
- Trois fichiers standard déclarés dans `stdio.h`
  `FILE *stdin, *stdout, *stderr;`
- Déclaration d'un descripteur de fichier
  `FILE *fd;`

Entrées/Sorties fichiers de caractères

- Ouverture d'un fichier (liaison entre le nom logique et le nom physique)
  `FILE* fopen (const char *filename, const char *mode);`
  - `"r"` pour lecture,
  - `"w"` pour écriture et
  - `"a"` pour ajouter en fin de fichier

  `"b"` à la fin du mode pour les fichiers binaires
- Fermeture d'un fichier
  `int fclose (FILE *stream);`

Entrées/Sorties fichiers de caractères

```
FILE *fl, *fe;
fl = fopen("../ficLec", "r");
/* si "../ficLec" n'existe pas, fl == NULL
    sinon fl contient le descripteur de fichier
   correspondant au fichier physique de nom "../ficLec" */

fe = fopen("ficEcr", "w");
/* si problème fe == NULL sinon fe contient le descripteur
   de fichier correspondant au fichier physique de nom "
   ficEcr" si "ficEcr" existe, effacement du contenu, sinon
    création du fichier vide */
```

Entrées/Sorties fichiers de caractères

Écriture dans un fichier

- un caractère
  ```
  int fputc (int c, FILE *stream);
  int putc (int c, FILE *stream);
  ```
- une chaîne de caractères
  ```
  int fputs (const char *s, FILE *stream);
  ```
- un peu plus compliqué
  ```
  int fprintf (FILE *stream, const char *format, ...);
  ```

Lecture dans un fichier

- un caractère
  ```
  int fgetc (FILE *stream);
  int getc (FILE *stream);
  ```
- une chaîne de caractères
  ```
  char * fgets (char *s, int n, FILE *stream);
  ```
- un peu plus compliqué
  ```
  int fscanf (FILE *stream, const char *format, ...);
  ```


Commande cat

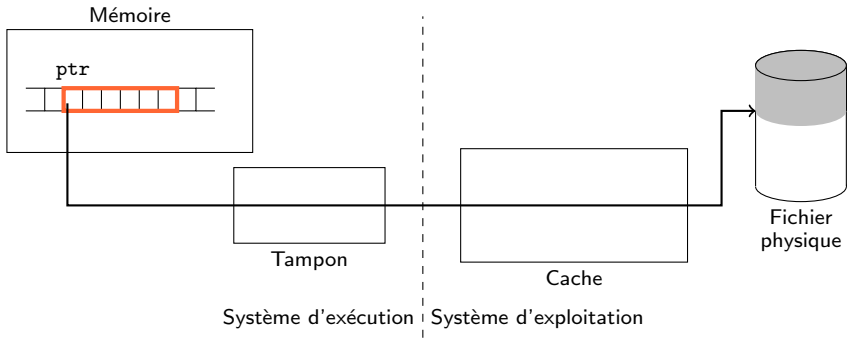
```c
#include <stdio.h>

void print (FILE *f) {
  int c;
  while ((c = fgetc(f)) != EOF) {
    fputc(c, stdout);
  }
}

int main (int argc, char *argv[]) {
  FILE *f;
  if (argc == 1) {
    print (stdin);
  } else {
    while (--argc) {
      if ((f = fopen(*++argv, "r")) == NULL) {
        fprintf(stderr, "Ouverture impossible de %s\n", *argv);
        return 1;
      } else {
        print(f);
        fclose(f);
      }
    }
  }
  return 0;
}
```

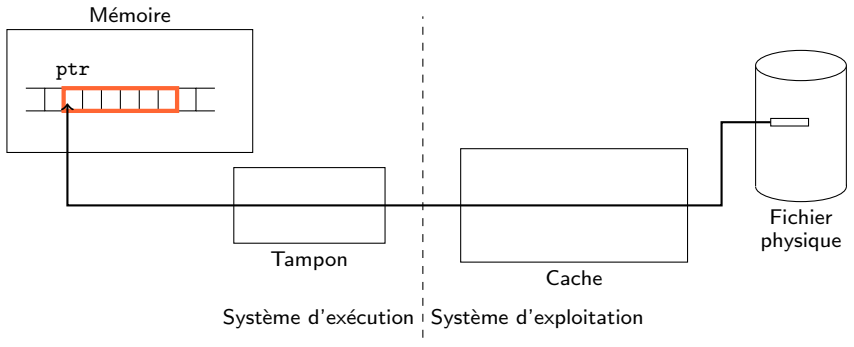

Entrées/Sorties fichiers quelconques

- Ouverture `fopen` et fermeture `fclose`
- Écriture
  ```
  size_t fwrite (const void *ptr, size_t size, size_t
  nitems, FILE *stream);
  ```



Entrées/Sorties fichiers quelconques

- Ouverture `fopen` et fermeture `fclose`
- Lecture
  ```
  size_t fread (void *ptr, size_t size, size_t nitems,
  FILE *stream);
  ```



Entrées/Sorties fichiers quelconques

```
FILE *fl = fopen("entree.bin", "rb");
char c;
fread(&c, sizeof(char), 1, fl);

FILE *fe = fopen("sortie.bin", "wb");
int i[10] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
fwrite(&i, sizeof(int), 5, fe);
fwrite(&i, sizeof(int), 1, fe);
fwrite(&c, sizeof(int), 1, fe);
fwrite(&i, sizeof(char), 10, fe);
```


Entrées/Sorties fichiers quelconques

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

FILE * ecrire (char *nom, int n) {
  int i;
  FILE *f = fopen(nom, "w");
  for (i = 0; i < n; i++) {
    fwrite(&i, sizeof(int), 1, f);
  }
  fclose(f);
  return f;
}

FILE * lireEtAfficher (char *nom) {
  int i;
  FILE *f = fopen(nom, "r");
  while (fread(&i, sizeof(int), 1, f)) {
    printf("%d ", i);
  }
  fputc('\n', stdout);
  fclose(f);
  return f;
}
```

```
int main (int argc, char *argv[]) {
  if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "usage: %s filename\
     n", argv[0]);
    exit(2);
  }
  ecrire(argv[1], 20);
  lireEtAfficher(argv[1]);
  return 0;
}
```


Entrées/Sorties positionnement

- Déplacement en octets
  `int fseek (FILE *stream, long offset, int whence);`
  `SEEK_SET` pour le début du fichier, `SEEK_CUR` pour la position courante et `SEEK_END` pour la fin du fichier
- Indication de position
  `long ftell (FILE *stream);`
- Fin de fichier
  `int feof (FILE *stream);`

Entrées/Sorties positionnement

```
FILE *f = fopen(nom, "r");
fseek(f, 0, SEEK_SET); /* f au début du fichier */
fseek(f, 10, SEEK_SET); /* f 10 octets après le début du
    fichier */
fseek(f, -4, SEEK_CUR); /* f 4 octets avant la place
    courante */
fseek(f, -7, SEEK_END); /* f 7 octets avant la fin du
    fichier */

while (!feof(fichier)) {
  char c;
  fscanf(fichier, "%c", &c);
  printf("%c", c);
}
```

Structure des programmes

- Deux types de durée de vie
  - **statique** ou permanente (celle du programme)
  - **automatique** ou dynamique (celle du bloc qui la déclare)
- Trois types de portée
  - bloc (ou fonction)
  - fichier (au sens `.c` = fichier source)
  - programme

Classes de variables

La classe de mémorisation est spécifiée par

- `auto` : pas ou plus utilisé
- `extern` : variable globale définie dans une autre fichier
- `register` : variable mise dans un registre
- `static` : variable dans un bloc conservant sa valeur d'un appel à l'autre

Variables et durée de vie

Définition d'une variable

- Variable réellement créée, mémoire allouée

```
{ /* bloc */
  int v; /* variable  automatique */
  /* déclare v et alloue la mémoire nécessaire au
    rangement d'un entier */
}
```

- La définition est **UNIQUE**

Déclaration d'une variable

- Pas de mémoire allouée, juste la nature de la variable est donnée

```
extern int v; /* définit v comme étant une variable
  de type entier */
```

- La déclaration de référence peut être **MULTIPLE**

Variables internes

- Paramètres
- Variables automatiques (ou locales) : elles sont locales à un bloc
  - naissent à l'appel de la fonction (ou à l'entrée d'un bloc)
  - meurent lorsque la fonction se termine (ou quand on sort du bloc)
- Classe `auto`

Variables externes

- Elles servent à la communication entre fonctions (comme les paramètres) :
  - visibles du point de déclaration jusqu'à la fin du fichier physique
  - définies hors de toute fonction (niveau 0)
  - ont des valeurs permanentes, durant l'exécution du programme
  - initialisées lors de la définition
- Chaque fonction doit la déclarer si elle veut l'utiliser :
  - de façon explicite, grâce à `extern`
  - de façon implicite, par contexte (si la déclaration apparaît avant son utilisation)

Variables statiques

- Les variables internes statiques sont locales à une fonction particulière mais "restent en vie" d'un appel sur l'autre
- Les variables externes statiques sont locales au fichier source (fichier physique), cela permet de ne pas les exporter

```
#include <stdio.h>

void f (void) {
  static int S = 0;
  int L = 0;
  L++;
  S++;
  printf("L = %d, S = %d\n", L, S);
}

int main (void) {
  f();
  f();
}
```


Variables registres

- Cela permet d'indiquer au compilateur que la variable va être beaucoup utilisée et que le compilateur va pouvoir la ranger dans un registre (car l'accès à un registre est plus rapide qu'un accès à la mémoire)
- Seules les variables automatiques et les paramètres formels d'une fonction peuvent avoir cette caractéristique
- L'ensemble des types autorisés varie
- Il est impossible de connaître l'adresse d'une variable `register`

Variables volatiles

- Indiquer à l'optimiseur qu'une variable peut changer de valeur même si cela n'apparaît pas explicitement dans le source du programme

```
int main (int argc, char *argv[]) {
  volatile int var = -1;
  int i = 1;
  while (i) {
    i = var /* sans volatile, cette instruction est
     supprimée par l'optimiseur */
  }
  return 0;
}
```

- Variables susceptibles d'être modifiées indépendamment du déroulement normal du programme : variable modifiée sur réception d'un signal ou d'une interruption, variable implantée à une adresse directement utilisée par la machine

Initialisation des variables

- Si pas d'initialisation explicite, les variables sont initialisées à n'importe quoi
- Si initialisation explicite, les variables `static` et `extern` doivent l'être avec une expression constante car initialisations élaborées à la compilation
- Les initialisations des variables `auto` et `register` sont élaborées à chaque entrée dans le bloc (exécution), donc n'importe quelle expression est acceptée

Fonctions

- Par défaut, toute fonction est `extern` et elle est supposée rendre un `int` ou `char` s'il n'y a pas eu de déclaration explicite avant
- Une fonction peut être `static` explicitement (limite la portée de la fonction au fichier physique)

Domaine d'application

Le domaine d'application d'une déclaration = région de texte du programme C dans laquelle cette déclaration est active

- **Variables globale** : entre son emplacement de déclaration et la fin du fichier physique
- **Paramètre formel** : entre son emplacement de déclaration et la fin du corps de la fonction
- **Variable automatique** : entre son emplacement de déclaration et la fin du bloc
- **Etiquette d'instruction** : l'ensemble du corps de la fonction dans laquelle elle apparaît
- **Macro** : entre `#define` et la fin du fichier physique ou jusqu'à un `#undef` correspondant

Conseils

- Avoir un seul emplacement de définition (fichier source) pour chaque variable externe (omettre `extern` et avoir un initialiseur)
  `int cpt = 0;`
- Dans chaque fichier source référençant une variable externe définie dans un autre module, utiliser `extern` et ne pas fournir d'initialiseur
  `extern int cpt;`

Modularité

- Forme très simple de "modularité" reposant sur la notion de fichiers (et inclusion de fichiers)
- Rappels sur les déclarations de variables :
  - au début d'un bloc : locale, temporaire
  - au niveau 0 : globale au programme, permanente
  - déclaration `static` : locale (fichier ou fonction), permanente
  - déclaration `extern` : référence à une définition
- Rappel sur le mot-clé `static` : il permet de rendre une variable externe ou une fonction "privée" à un fichier; il permet de déclarer des variables internes permanentes

Pourquoi la modularité ?

- Un module est une unité de programme, c'est-à-dire un ensemble de fonctions réalisant un même traitement et un ensemble de variables utilisées par ces fonctions
- Le découpage d'un programme en modules est indispensable à
  - la lisibilité
  - la maintenance
  - la ré-utilisation
- Dans un programme en langage C, on définira un module `nom` au moyen du couple de fichiers :
  - `nom.c` : le fichier d'implémentation contenant les définitions de toutes les fonctions et variables du module
  - `nom.h` : le fichier de définitions contenant les déclarations de types, de constantes, de variables et de fonctions (prototypes)

Règles de modularité

- Les fonctions et variables internes du module sont déclarées locales à ce module au moyen du mot-clé `static`
- Un fichier de déclarations ne contient aucune définition de variable, mais seulement :
  - des définitions de types
  - des déclarations de variables
  - des déclarations de fonctions
- Le fichier de déclarations d'un module est inclus dans le source de ce module, afin de permettre un contrôle des déclarations par le compilateur

Exemple

generator.h

```
#ifndef _GENERATOR_H
#define _GENERATOR_H

extern void generator_reset (int);
extern int generator_current (void);
extern int generator_next (void);

#endif
```

generator.c

```
#include "generator.h"

static int value = 0;

void generator_reset (int v) {
  value = v;
}

int generator_current (void) {
  return value;
}

int generator_next (void) {
  return value++;
}
```

- Compilation :
  `gcc -c -Wall -pedantic -ansi generator.c`
- Ne crée que le fichier objet et pas d'exécutable

Modularité compilation

main.c

```c
#include <stdio.h>
#include "generator.h"

int main (int argc, char *argv[]) {
  printf("%d\n", generator_current());
  generator_reset(4);
  printf("%d\n", generator_next());
  printf("%d\n", generator_current());
  return 0;
}
```

- Compilation :
  `gcc -Wall -pedantic -ansi generator.c main.c`
- Crée l'exécutable `a.out`

Options de compilations

Générales (principes généraux mais syntaxe spécifique gcc)

- `-c` : compile et assemble les fichiers sources et stoppe avant l'édition de liens (fichier `.o` ou `.obj`)
- `-S` : stoppe après la compilation propre, n'assemble donc pas (fichier `.s`)
- `-E` : stoppe après le passage du préprocesseur (sur la sortie standard)
- `-o file` : (output) redirige la sortie sur le fichier `file`
- `-v` : (verbose) option intéressante, car liste toutes les commandes appelées par gcc

Options de compilations

Répertoires

- `-I dir` : ajoute `dir` à la liste des répertoires où chercher les fichiers à inclure
- `-L dir` : ajoute `dir` à la liste des répertoires où chercher les bibliothèques `-l`

Déboguer

- `-g` : met les informations nécessaires dans l'exécutable pour le débogueur
- `-g format` : pour un format précis (`gdb, coff, xcoff, dwarf`)

Options de compilations

Optimisations

- `-O1, -O2, -O3` : afin d'optimiser
- `-O0` : pour ne pas optimiser

Cible

- `-b machine` : pour la cross-compilation
- `-V version` : quelle version utiliser (option utilisée bien sûr si plusieurs versions sont installées)

Avertissements

- `-w` : pour supprimer les avertissements du compilateur
- `-Wall` : à utiliser si on veut avoir des programmes "vraiment propres"
- `-pedantic -ansi` : pour être sûr de "coller" la norme `ansi`

Outil make

- Vocation de `make` = gérer la construction de logiciels modulaires
- Réaliser des compilations (ou toute autre action) dans un certain ordre (compatible avec des règles de dépendance) : fichier **makefile**
- Dans le cas où `make` réalise des actions autres que la compilation, cet outil est équivalent à un script SHELL, si ce n'est qu'il y a la gestion des règles de dépendance en plus
- `make` ne produit les cibles que si les cibles dont elles dépendent sont plus récentes qu'elles

Utilitaire make et makefile

- Existe partout (`make` sur Linux, `nmake` sur windows)
- Exécute une suite d'instructions contenues dans un fichier dit "makefile"
- Souvent le fichier "makefile" s'appelle `Makefile`
- Structure du fichier
  `entree : dépendances`
  `action à réaliser`
- Attention tabulations **importantes** avant actions

Exemple

math.h

```
/* Retourne a^b (ou 1.0 si b < 0) */
double puissance (int , int);
```

math.c

```
#include "math.h"
double puissance (int a, int b) {
  double z = 1.0;
  while (b > 0) {
    z *= a;
    b--;
  }
  return z;
}
```


Exemple

essai.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "math.h"

int main (int argc, char *argv[]) {
  if (argc != 3) {
    fprintf(stderr, "usage: %s x y >= 0 (x^y)\n", argv[0]);
    return 1;
  }
  int x = atoi(argv[1]);
  int y = atoi(argv[2]);
  if (y < 0) {
    fprintf(stderr, "usage: %s x y >= 0 (x^y)\n", argv[0]);
    return 2;
  }
  printf("x = %d, y = %d, x^y = %.2f\n", x, y, puissance(x, y));
  return 0;
}
```

Exemple

Remarque : Si `math.o` n'est pas "lu" lors de l'édition de liens, il y aura une référence non résolue de la fonction puissance

```
gcc essai.c
...: In function "main":
...: undefined reference to "puissance":
...: ld returned 1 exit status
```


Structure générale du makefile

- Ce fichier de texte contient une suite d'entrées qui spécifient les dépendances entre les fichiers
- Il est constitué de lignes logiques (une ligne logique pouvant être une ligne physique ou plusieurs lignes physiques séparées par le signe \)
- Les commentaires débutent par le signe # et se terminent à la fin de ligne
- Contenu (ordre recommandé) :
  - définitions de macros
  - règles implicites
  - règles explicites ou entrées

Règles explicites

```
cible_1 ... cible_m : dépendance_1 ... dépendance_n
        action_1
        action_2
        ...
        action_p
```

- Traduction : mettre à jour les cibles : $cible_1$ ... $cible_m$ quand les dépendances $dépendance_1$ ... $dépendance_n$ sont modifiées en effectuant les opérations $action_1$, $action_2$ ... $action_p$
- La première entrée est la cible principale

Makefile

```
vasy : math.o essai.o
       gcc -o vasy math.o essai.o
       echo "La compilation est finie"

essai.o : essai.c math.h
       gcc -c -Wall -pedantic -ansi essai.c

math.o : math.c math.h
       gcc -c -Wall -pedantic -ansi math.c

clean :
       -rm -f math.o essai.o vasy *~

print :
       a2ps math.h math.c essai.c | lpr
```

makefile

- Si une action s'exécute sans erreur (code de retour nul), make passe à l'action suivante de l'entrée en cours, ou à une autre entrée si l'entrée en cours est à jour
- Si erreur (et - absent), make arrête toute exécution

- Les actions peuvent être précédées des signes suivants :
  - `-` : si l'action s'exécute avec un code de retour anormal (donc erreur), make continue
  - `@` : l'impression de la commande elle-même est supprimée
  - `@-`, `-@` : pour combiner les précédents

Commandes usuelles

Il est bien pratique d'avoir des entrées d'impression, de nettoyage ou d'installation

```
impression :
	-lpr *.c *.h

menage :
	@-rm *.o *.out core *~

install :
	mv a.out /usr/bin/copy
	chmod a+x /usr/bin/copy
```


makefile : exemple

```
onyva : math.o essai.o
	@gcc -o onyva math.o essai.o
	@echo "exécutable onyva créé"

essai.o : essai.c math.h
	@echo "compilation de essai.c..."
	@gcc -c -Wall -pedantic -ansi essai.c

math.o : math.c math.h
	@echo "compilation de math.c..."
	@gcc -c -Wall -pedantic -ansi math.c

clean :
	-rm -f math.o essai.o onyva onyva.* *~

print :
	a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
	pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Appel de make

`make [-f nom_du_makefile] [options] [nom_des_cibles]`

Options :

- `-f` : si option manquante, `make` prendra comme fichier de commandes un des fichiers `makefile`, `Makefile`, `s.makefile` ou `s.Makefile` (s'il le trouve dans le répertoire courant)
- `-d` : permet le mode "Debug", c'est-à-dire écrit les informations détaillées sur les fichiers examinés ainsi que leur date
- `-n` : imprime les commandes qui auraient dû être exécutées pour mettre à jour la cible principale (mais ne les exécute pas)
- `-t` : permet de mettre à jour les fichiers cible

Appel de make

`make [-f nom_du_makefile] [options] [nom_des_cibles]`

Options :

- `-p` : affiche l'ensemble complet des macros connues par `make`, ainsi que la liste des suffixes et de leurs règles correspondantes
- `-s` : n'imprime pas les commandes qui s'exécutent; `make` fait son travail en silence
- `-S` : abandonne le travail sur l'entrée courante en cas d'échec d'une des commandes relatives à cette entrée (L'option opposée est `-k`)
- `nom_des_cibles` : si aucun nom n'est donné, la cible principale sera la première entrée explicite du makefile

Appel de make

Exemple

```
make -n essai.o
make
make clean
make essai.o
make onyva
```


Macros

Définition de macros

- Syntaxe
  - `chaîne1 = chaîne2`
  - chaîne2 est une suite de caractères se terminant au caractère # de début de commentaire ou au caractère de fin de ligne (s'il n'est pas précédé du caractère d'échappement \)
- Dans la suite du makefile, chaque apparition de `$(chaîne1)` sera remplacée par `chaîne2`
- Exemples
  - `OBJETS = f1.o f2.o f3.o`
  - `SOURCES = f1.h f1.c f2.h f2.c f3.h f3.c`
  - `REPINST = /usr/bin`

Macros

Remplacement d'une sous-chaîne par une autre dans une chaîne

- Syntaxe
  - `$(chaîne:subst1=subst2)`
  - `subst1` est remplacé par `subst2` dans chaîne
- Exemples
  - `$(OBJETS:f2.o=)`
  - `$(OBJETS:f2.o=fn.o)`
  - `$(REPINST:bin=local/bin)`

Macros

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o onyva $(OBJECTS)
        @echo "exécutable onyva créé"

essai.o : essai.c math.h
        @echo "compilation de essai.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) essai.c

math.o : math.c math.h
        @echo "compilation de math.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) math.c

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Macros internes

- $* : le nom de la cible courante sans suffixe
- $@ : le nom complet de la cible courante
- $< : la première dépendance
- $^ : la liste complète des dépendances
- $? : la liste des dépendances plus récentes que la cible

Macros internes

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o $@ $(OBJECTS)
        @echo "exécutable $@ créé"

essai.o : essai.c math.h
        @echo "compilation de $*.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) $*.c

math.o : math.c math.h
        @echo "compilation de $*.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) $*.c

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Variables d'environnement et macros

- Les variables d'environnement sont supposées être des définitions de macros
  - Les variables d'environnement l'emportent sur les macros internes définies par défaut
  - Les macros définies dans le makefile l'emportent sur les variables d'environnement
  - Les macros définies dans une ligne de commande l'emportent sur les macros définies dans le makefile
- L'option -e change tout ça de telle façon que les variables d'environnement l'emportent sur les macros définies dans le makefile

Variables d'environnement et macros

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o $@ $(OBJECTS)
        @echo "$(USER), l'exécutable $@ créé"

essai.o : essai.c math.h
        @echo "compilation de $*.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) $*.c

math.o : math.c math.h
        @echo "compilation de $*.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) $*.c

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Règles implicites

- Elles servent à donner les actions communes aux fichiers se terminant par le même suffixe
  `.SUFFIXES : liste de suffixes`
  `.source.cible :`
  `    actions`
- Dans `.SUFFIXES:` on définit les suffixes standard utilisés par les outils pour identifier des types de fichiers particuliers
- Traduction : À partir de `XX.source`, on produit `XX.cible` grâce à `actions`
- Pour supprimer les règles implicites par défaut, appeler make avec l'option `-r`, ou écrire `.SUFFIXES:` seulement

Règles implicites

Exemple

Pour tous les fichiers sources C (ayant comme suffixe `.c`), on appelle le compilateur C avec l'option `-c`

```
.SUFFIXES : .out .o .h .c
.c.o :
    gcc -c -Wall -pedantic -ansi $*.c
```


Exemple : règles implicites par défaut

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o $@ $(OBJECTS)
        @echo "$(USER), l'exécutable $@ créé"

essai.o : essai.c math.h

math.o : math.c math.h

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```

Exemple : changement des règles implicites par défaut

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o $@ $(OBJECTS)
        @echo "$(USER), l'exécutable $@ créé"

.c.o :
        @echo "compilation de $*.c..."
        @$(CC) -c $(CFLAGS) $*.c

essai.o : essai.c math.h

math.o : math.c math.h

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Exemple : avec demande à l'utilisateur

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall -pedantic -ansi
OBJECTS = math.o essai.o

onyva : $(OBJECTS)
        @$(CC) -o $@ $(OBJECTS)
        @echo "$(USER), l'exécutable $@ créé"

.c.o :
        @echo "avec Debug ?"
        @-read -q REP; \
        case $(REP) in \
        y) @$(CC) -c $(CFLAGS) -g -o $@ $*.c;; \
        n|N) @$(CC) -c $(CFLAGS) -o $@ $*.c;; \
        *) @echo "$*.c non compilé"
        esac

essai.o : essai.c math.h

math.o : math.c math.h

clean :
        -rm -f $(OBJECTS) onyva onyva.* *~

print :
        a2ps math.h math.c essai.c -o onyva.ps
        pstopdf onyva.ps -o onyva.pdf
```


Le préprocesseur

Fonctions du préprocesseur

Il est appelé avant chaque compilation par le compilateur. Toutes les directives commencent par un # en début de ligne

- Inclusion textuelle de fichiers (`#include`)
- Remplacements textuels (`#define`)
  - Définition de constantes
  - Définition de macros
- Compilation conditionnelle (`#if`, `#ifdef`, `#ifndef`, `#else`, `#elif`, `#endif`)
- Remarque : Récursivité des définitions

Définition des constantes

- `#define nom expression`
- `#undef nom`
- Dans le fichier concerné, `nom` sera remplacé textuellement par `expression` (sauf dans les chaînes de caractères et les commentaires)

Exemple

```
#define FALSE 0
#define TRUE 1
#define NULL ((char*)  0)
#define T_BUF 512
#define T_BUFDBLE (2  *  T_BUF)
```

Définition des constantes

- `#define nom expression`
- `#undef nom`
- Dans le fichier concerné, `nom` sera remplacé textuellement par `expression` (sauf dans les chaînes de caractères et les commentaires)

Remarque

- Certains préprocesseurs produisent un message d'avertissement s'il y a re-définition d'une macro, mais remplacent la valeur par la nouvelle
- D'autres ont une pile de définitions
- La norme ansi ne permet pas l'empilement

Inclusion de fichiers sources

- `#include "nom_du_fichier"`
- `#include <nom_du_fichier>`
- Avec les <>, le préprocesseur ne va chercher que dans le ou les répertoires standards
  - `/usr/include`
  - `/include`
- Avec les guillemets, le préprocesseur va chercher à l'endroit spécifié, puis dans le ou les répertoires standards
- On peut passer une option au compilateur pour lui expliquer où chercher (`-I`)

Définition de macros

- `#define nom(par1, ..., parn) expression`
- Dans expression, il est recommandé de parenthéser les pari afin d'éviter des problèmes de priorité lors du remplacement textuel des paramètres (rien à voir avec le passage des paramètres lors d'un appel de sous-programme)

Exemple

```
#define getchar() getc(stdin)
#define putchar(c) putc(c, stdout)
#define max(a, b) (((a) > (b)) ? (a) : (b))
#define affEnt(a) fprintf(stdout, "%d", a)
#define p2(a) ((a) * (a))
```


Définition de macros

- Une macro est définie à partir du `#define` jusqu'à la fin de ligne
- Pour passer à la ligne, sans utiliser une fin de ligne, on doit utiliser le caractère \

Exemple

```
#define PRINT_TAB(tab,n) \
  int i; \
  for (i = 0; i < n; i++) { printf("%d ", tab[i]); } \
  printf("\n");
```

Définition de macros

- Macro `concat(a, b)` je veux concaténer a et b : `##` va permettre de concaténer
  - `#define concat(a, b) a##b;`
- ATTENTION a la priorité des opérateurs : on parenthèse
  - `#define max(a, b) (a < b) ? b : a;`
  - `#define max(a, b) ((a) < (b)) ? (b) : (a);`
- ATTENTION les macros font du remplacement de texte
  - `#define max(a, b) ((a) < (b)) ? (b) : (a);`
  - `max(i++, j++)` : mauvais résultat !

Macros prédéfinies

- `__LINE__` ligne courante dans le fichier source
- `__FILE__` nom du fichier source
- `__DATE__` date de compilation du programme
- `__TIME__` heure de compilation du programme
- `__STDC__` à 1 si implémentation conforme à ansi

Exemple

```
#include <stdio.h>
int main (int argc, char *argv[]) {
  printf("fichier %s", __FILE__);
  printf(" compilé le %s à %s\n", __DATE__, __TIME__);
  printf("Ligne %d\n", __LINE__);
  printf("Ligne %d\n", __LINE__);
}
```


Compilation conditionnelle

```
#if expression_constante
#ifdef expression_constante
#ifndef expression_constante
    liste_instructions_ou_déclarations
#elif expression_constante
#else
    liste_instructions_ou_déclarations
#endif
```

- Il est possible d'emboîter des commandes de compilation conditionnelle
- La compilation conditionnelle permet :
  - la paramétrisation à la compilation des structures de données
  - de gagner de la place en ôtant le code inutile à l'exécution
  - de prendre des décisions à la compilation plutôt qu'à l'exécution

Exemple

```
#include <stdio.h>
#if 0
  /* partie de programme en commentaires */
  ...
#endif

int main (int argc, char *argv[]) {
  printf ("%d\n", __STDC__);

  #if __STDC__
    printf ("ansi\n");
  #else
    printf ("non ansi\n");
  #endif

  return 0;
}
```

Autres directives

- `#line` fournit un numéro de ligne
  - `#line 42`
  - `#line 99 "toto.c"`
- `defined(nom)` détermine si nom est défini comme une macro de préprocesseur
  - `#if defined(TOTO)`
  - `#ifdef TOTO`
- `#error "m"` arrête la compilation avec le message d'erreur `"m"`
- `#warning "m"` produit l'avertissement `"m"` à la compilation

Options du compilateur (très utilisées)

- `-Dmacro=defn` définit la macro `macro` avec la chaîne `defn` comme valeur
- `-Umacro` pour ôter la définition de la macro `macro`

Exemple

generator.h

```
#ifndef _GENERATOR_H
#define _GENERATOR_H

extern void generator_reset (int);
extern int generator_current (void);
extern int generator_next (void);

#endif
```

Compilation

```
gcc -c -DSELFEXEC=1 generator.c
```

generator.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "generator.h"

static int value = 0;
void generator_reset (int beg) {
  value = beg;
}
int generator_current (void) {
  return value;
}
int generator_next (void) {
  return value++;
}

#ifdef SELFEXEC
int main (int argc, char *argv[]) {
  generator_reset(argv[1] != NULL ? atoi(argv[1]) :
       0);
  do {
    printf("%d\n", generator_current());
  while (generator_next() < 10);
  return 0;
}
#endif
```


Assert et NDEBUG

```
#include <assert.h>
void assert(int exp);
```

- La macro `assert` est utilisé pour tester des erreurs
- Si `exp` est évalué à 0, alors `assert` écrit des informations sur la sortie erreur standard (stderr)
- Si la macro `NDEBUG` (Not Debug) est définie alors `assert` est ignorée

```
x = t[i] +2;
```

- Dangereux si `i` n'est pas dans les bornes (`i >= 0` et `i < n`)
- Problème tester coûte cher
- Solution assert
  ```
  assert(i >= 0 && i < n);
  x = t[i] +2;
  ```
- Avec `NDEBUG` définie ne fait rien du tout = coût nul
- Avec `NDEBUG` non définie, alors on teste les valeurs et si erreur alors message du type "Assertion failed in line XXX"

Édition de liens

- L'édition de lien permet de constituer un module binaire exécutable à partir de bibliothèques et de fichiers objets compilés séparément, en résolvant les références (externes) qui n"ont pas été résolues lors des passes précédentes du processus de compilation
- Elle extrait des bibliothèques les modules utiles aux fonctions effectivement utilisées
- Chaque objet externe doit avoir une et une seule définition dans l'ensemble des modules à assembler

Bibliothèque (library)

- C'est un fichier "un peu spécial" contenant la version objet d'une fonction ou de plusieurs traitant d'un sujet particulier (ou la version objet d'un "module")
- Sous UNIX, les répertoires standard des bibliothèques sont `/lib` ou `/usr/lib`
- La bibliothèque d'archives standard C est en fait le fichier `/usr/lib/libc.a`, et elle contient entre autres `fprintf.o`, `atoi.o`, `strncat.o`, ...
- La bibliothèque d'archives mathématique est en fait le fichier `/usr/lib/libm.a`, contenant entre autres `e_pow.o`, `s_sin.o`, ...

Utilisation explicite d'une bibliothèque

power.c

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

#define dem(n, v) printf(n " = ? "); \
  fscanf(stdin, "%d", &v)

int main (int argc, char *argv[]) {
  int x, y;

  dem("x", x);
  dem("y", y);
  printf("%d^%d = %.2f\n", x, y, pow(x, y));
  return 0;
}
```


Compilation et édition de liens

- `gcc -Wall -pedantic -ansi -c power.c`
  - `gcc power.o : ERROR`
  - `...: In function "main":`
  - `...: undefined reference to "pow"`
  - `...: ld returned 1`
- `gcc power.o -lm`
- `gcc power.o /usr/lib/libm.a`
- `gcc power.o /usr/lib/libm.so`

Édition de liens statique

- Elle extrait le code de la fonction et le recopie dans le fichier binaire
- Tout est donc contenu dans le fichier binaire, ce qui permet une exécution directe du programme
- Inconvénients :
  - Problème de mémoire : le code de la fonction est chargé en mémoire autant de fois qu'il y a de processus l'utilisant
  - Problème de version : si la bibliothèque change, les applications déjà construites continueront d'utiliser l'ancienne version...

- `gcc power.o -static /usr/lib/libm.a`
  taille de `a.out` = 1656301 octets
- `gcc power.o -static -lm`
  taille de `a.out` = 1656301 octets

Édition de liens dynamique

- Dans ce cas, l'éditeur de liens ne résout plus totalement les références, mais construit une table de symboles non résolus contenant des informations permettant de localiser ultérieurement les définitions manquantes
- Les résolutions sont alors seulement faites lors de l'exécution
  - liaison dynamique immédiate (lors du chargement du programme)
  - liaison dynamique différée (à la première référence d'un objet)
- Inconvénient : ralentissement du chargement du programme

Édition de liens dynamique

- Les bibliothèques de fonctions "reliables", dynamiquement sont appelées
  - objets partagés (fichiers `.so`)
  - bibliothèques partagées (fichiers `.sl`)
  - Dynamic link library (`dll`) sous Windows

- `gcc power.o /usr/lib/libm.so`
  taille de `a.out` = 14298 octets
- `gcc power.o -lm`
  taille de `a.out` = 14298 octets

Options de compilation

- Tous les fichiers dont les noms n'ont pas de suffixe connus sont considérés par `gcc` comme des fichiers objets (et sont donc reliés par l'éditeur de liens)
- `-lnom_de_biblio` : l'éditeur de liens va chercher, dans la liste des répertoires standard des bibliothèques, la bibliothèque `nom_de_biblio`, qui est en fait un fichier nommé `lib` (`nom_de_biblio.a` ou `.so` et `.sl` si dynamique)
- `-Lnom_de_chemin` : ajoute `nom_de_chemin` à la liste des répertoires standard des bibliothèques
- `-static` : sur les systèmes acceptant l'édition de liens dynamique, elle permet d'éviter l'édition de liens avec des bibliothèques partagées

Options de compilation

Pour Windows

- `"nom_de_biblio.lib"` : l'éditeur de liens va chercher, dans la liste des répertoires standard des bibliothèques, la bibliothèque `nom_de_biblio`, qui est en fait un fichier nommé `lib`
- `/LIBPATH:"nom_de_chemin"` : ajoute `nom_de_chemin` à la liste des répertoires standard des bibliothèques
- `/MT` : édition de lien statique
- `/MD` : édition de liens dynamique

Construction de bibliothèques

- Il est nécessaire de fournir un (ou des) `.h`, qui servira d'interface avec la bibliothèque :
  - définitions de constantes symboliques et de macros
  - définitions de types
  - déclarations de variables globales externes
  - déclarations de fonctions (en fait, leur prototype)
- Et bien sûr, il y a le (ou les) `.c`, qui définit les variables et les fonctions déclarées dans le (ou les) `.h`, et autres objets privés

Création de bibliothèques

Après la mise au point de la fonction ou du module, il suffit de créer la bibliothèque

- Bibliothèque d'archives : réunir un ensemble d'"objets" en une seule bibliothèque d'archives, en vue de leur reliure statique
  - `ar [options] archive fichiers`
- Options :
  - `-t` : affiche le contenu de l'archive
  - `-r` : remplace ou ajoute le(s) fichier(s) dans l'archive
  - `-q` : ajoute le(s) fichier(s) à la fin de l'archive (sans contrôler leur existence)
  - `-d` : supprime le(s) fichier(s) spécifié(s) de l'archive
  - `-x` : extrait le(s) fichier(s) de l'archive sans que le contenu de l'archive soit modifié

Exemples

- `ar -r lib/libdiv.a generator.o`
- `ar -t lib/libdiv.a`
  `generator.o`

- `ar -r lib/libdiv.a pow.o`
- `ar -t lib/libdiv.a`
  `generator.o`
  `pow.o`

Bibliothèque partagée

Bibliothèque partagée (produite par `gcc` ou `ld`)

Exemple

- `gcc -c -shared -o pow.so pow.c`
- `gcc power.o pow.so`