IN 101 - Cours 01

21 septembre 2011

présenté par

Matthieu Finiasz

Organisation du cours

- 13 séances de 1h de cours + 2h de TD sur machine ou sur papier
  - des cours de programmation et des cours d'algorithmique,
  - 1 ou 2 groupes forts pour les TD
    - → questionnaire à rendre à la fin du TD 01.

- Les buts de ce cours :
  - vous apprendre un (premier) langage de programmation : le C,
    - → il vous sera facile d'en apprendre d'autres après,
  - vous apprendre les bases de l'algorithmique,
    - → pour que vous sachiez que ça existe !

- Tous les supports de cours/TD sont sur ma page web :
  http://www-roc.inria.fr/secret/Matthieu.Finiasz/teaching.shtml

Comment programmer en C

Pourquoi utiliser un langage de programmation ?

- Un processeur ne comprend que des instructions très simples :
  - écrire dans un registre, additionner le contenu de 2 registres, copier un registre dans une zone mémoire...
  - chaque processeur est différent : x86, amd64, ARM, Cell...

- Un langage de programmation permet d'écrire un calcul de façon standard, indépendante de l'architecture cible.

- Il suffit ensuite de traduire ce programme pour l'exécuter :
  - soit avec un interpréteur : Maple/Matlab, shell, javascript, Perl...
  - soit avec un compilateur : C, OCaml, Fortran...
  - soit un "peu des deux" : Java, Python...

Un premier exemple de programme en C

Hello World

hello.c

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4   printf("Hello World!\n");
5   return 0;
6 }
```

- Voici le programme en C le plus simple pour afficher le message : `Hello World!`
- En shell ça serait simplement :

```
> echo "Hello World!"
```

Un premier exemple de programme en C

Hello World

hello.c

```c
#include <stdio.h>

int main() {
  printf("Hello World!\n");
  return 0;
}
```

- Inclusion de la librairie `stdio.h` : Standard Input/Output
  - cette ligne est nécessaire pour pouvoir afficher/lire dans le terminal ou dans des fichiers.
- Les lignes qui commencent par # sont lues par le préprocesseur :
  - `#include <stdio.h>` est remplacé par le contenu du fichier `stdio.h` qui définit les fonctions d'entrée/sortie.

Un premier exemple de programme en C

Hello World

hello.c

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4   printf("Hello World!\n");
5   return 0;
6 }
```

- La fonction `main` contient l'ensemble des commandes à exécuter :
  - toutes les instructions entre les accolades seront exécutées dans l'ordre par le programme,
  - un programme en C doit toujours contenir une fonction `main`.
- Le type *`int`* (entier) au début correspond au type renvoyé par `main`
  - pour le `main` c'est toujours un entier.

Un premier exemple de programme en C

Hello World

hello.c

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4   printf("Hello World!\n");
5   return 0;
6 }
```

- La fonction `printf` permet d'afficher un message dans le terminal :
  - `"Hello World!\n"` est une chaîne de caractères,
  - `\n` est le retour à la ligne (il n'y en a pas sinon).
- Le point virgule `;` en fin de ligne marque la fin de l'instruction
  - en C, chaque instruction simple se termine par un point virgule.

Un premier exemple de programme en C

Hello World

hello.c

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4   printf("Hello World!\n");
5   return 0;
6 }
```

- La commande `return` permet de sortir d'une fonction en retournant ce qui est derrière :
  - ici, la valeur de retour est 0, c'est bien un entier (type *int*).
- Le `return` de la fonction `main` est le code de sortie du programme :
  - cela existe pour toute commande unix,
  - permet de tester si une commande a marché,
  - 0 signifie que le programme s'est exécuté normalement.

Comment compiler/exécuter un programme ?

- Voici les commandes que vous devrez taper dans un terminal :

```
> emacs hello.c &
[1] 4470
> gcc -Wall hello.c -o hello
> ./hello
Hello World!
```

- emacs permet de taper le fichier `hello.c`,
  - vous pouvez aussi utiliser vim, ou n'importe quel éditeur,
- gcc (Gnu Compiler Collection) permet de transformer le fichier source `hello.c` en un programme exécutable `hello`,
  - il existe d'autre compilateurs : icc, VisualStudio...
- `./hello` exécute le programme `hello` dans le répertoire courant
  - on ajoute `"./"` devant car `.` n'est pas dans le PATH.

Le compilateur GCC

- GCC permet de traduire un programme en C en exécutable
  - on doit lui donner le nom du fichier source et du fichier de sortie (avec l'option `-o`) au minimum :
    → `gcc hello.c -o hello`
- il y a des dizaines d'options supplémentaires possibles :
  - `-Wall` : affiche tous les warnings,
  - `-g` : mode debug (permet de mieux suivre l'exécution),
  - `-O -O2 -O3 -Os` : optimisation de l'exécutable,
  - `-lm` : inclut la libraire mathématique dans l'exécutable,
  - `-S` : à la place de `-o hello`, crée `hello.s` en assembleur,
- Si le compilateur n'affiche rien, tout s'est bien passé,
  - s'il affiche une erreur, l'exécutable n'est pas créé,
  - s'il affiche un/des warnings, l'exécutable est créé, mais risque de ne pas fonctionner correctement.

Les bases du C

Ce que peut contenir un programme en C

```
1  /* Commentaire long */
2  // Commentaire court
3
4  /* Instructions pour le préprocesseur */
5  #include <math.h>            // inclusion
6  #define TAILLE 3             // constante
7  #define SQ(x) ((x)*(x))      // macro
8
9  /* Nouveau type */
10 typedef unsigned long long int ull;
11
12 /* Variables globales */
13 ull globale1;                 // déclaration
14 int globale2 = 0;             // decl. + initialisation
```

Ce que peut contenir un programme en C

```
15 /* Des fonctions */
16 int add(int a, int b) {   // prototype (ou en-tête)
17   int c;                 // déclaration de variable locale
18   c = a + b;             // instruction simple
19   return c;              // valeur de retour
20 }
21
22 int main() {
23   int a,b,c;             // déclaration de variables locales
24   a = SQ(5);             // utilisation de la macro
25   b = 17;
26   c = add(a,b);
27   printf("%d + %d = %d\n", a, b, c);
28   return 0;
29 }
```

- Après compilation/exécution, cela affichera : 25 + 17 = 42.

La mémoire

- Avant d'être exécuté, le programme est chargé en mémoire :
  - un pointeur indique où en est l'exécution
    → à chaque instruction il avance d'une case
  - il y a parfois des sauts :
    → appels de fonctions, tests, boucles...
- Pendant l'exécution, le programme peut aussi réserver de la mémoire :
  - chaque variable correspond à une case mémoire,
  - les variables globales sont réservées au début du programme,
  - les variables locales sont réservées au moment de l'entrée dans la fonction et libérées à la sortie
    → plusieurs appels à une fonction ne font pas augmenter la mémoire totale.

Le typage

- Un octet en mémoire peut avoir différentes significations. L'octet 01010111 peut représenter :
  - l'entier 87 ($= 64 + 16 + 4 + 2 + 1$),
  - le flottant $4.85 \cdot 10^{-270}$,
  - le caractère 'W',
  - une instruction en langage machine,
  - une adresse mémoire...
- Il faut associer un type à chaque case mémoire, chaque variable
  → c'est son type qui va définir sa signification réelle

⚠ En C, le programmeur peut ne pas respecter le typage :
  - en général le compilateur affiche un warning
  - l'exécution risque d'échouer...

Les types natifs en C

	taille (bits)	valeur min	valeur max	`unsigned` min	`unsigned` max
char	8	-	-	0	255
short	16	-32768	32767	0	65535
int	32	-2^{31}	$2^{31}-1$	0	$2^{32}-1$
long	32 ou 64	dépend de l'architecture			
long long	64	-2^{63}	$2^{63}-1$	0	$2^{64}-1$

	taille (bits)	valeur min	valeur max	précision
float	$24+8$	$1.1 \cdot 10^{-38}$	$3.4 \cdot 10^{38}$	10^{-6}
double	$53+11$	$2.2 \cdot 10^{-308}$	$1.8 \cdot 10^{308}$	10^{-15}
long double	$64+16$	$3.4 \cdot 10^{-4932}$	$1.2 \cdot 10^{4932}$	10^{-18}

Déclaration et initialisation de variables

```
1 short a = 754;
2 float c;
3
4 int main() {
5   int i,j=3;
6   double b;
7   b = 0.00345;
8   c = 17.3;
9 }
```

- On déclare une variable en donnant son type :
  - cela réserve une case mémoire,
  - elle contient une valeur aléatoire.
- L'initialisation fixe sa valeur :
  - cela peut se faire dès la déclaration,
  - ou après, c'est équivalent.

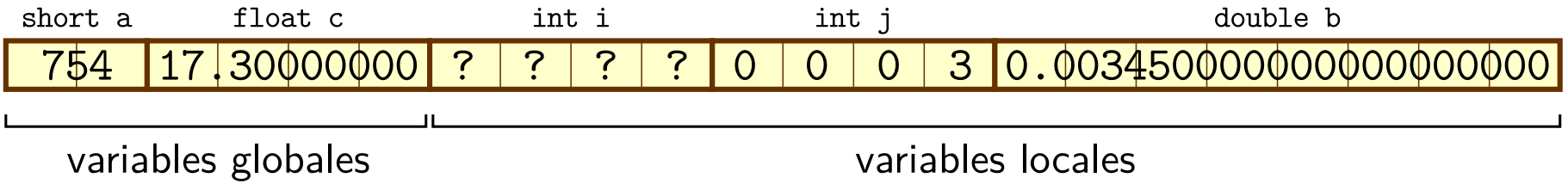
- Le compilateur affiche un warning si on utilise une variable non initialisée :
  - sa valeur est "ce qu'il y avait dans la mémoire"
    → ça n'a pas de sens de l'utiliser...
  - en général c'est un oubli...

Déclaration et initialisation de variables

```
1 short a = 754;
2 float c;
3
4 int main() {
5   int i,j=3;
6   double b;
7   b = 0.00345;
8   c = 17.3;
9 }
```

- On déclare une variable en donnant son type :
  - cela réserve une case mémoire,
  - elle contient une valeur aléatoire.
- L'initialisation fixe sa valeur :
  - cela peut se faire dès la déclaration,
  - ou après, c'est équivalent.

- Voici à quoi ressemble la mémoire avec ce code :



Les opérations de base en C

L'affectation avec =

- L'opération '=' permet de stocker une valeur dans une variable,
  - `a = 3;` stocke 3 dans la variable a,
  - `3 = a;` n'a aucun sens...
    - → cela n'a rien à voir avec un égal mathématique !
- Ce qui est à gauche du égal est une 'case mémoire' :
  - un nom de variable,
  - une case d'un tableau,
  - un élément d'une structure...
- Ce qui est à droite du égal est évalué. Cela peut être :
  - une constante,
  - une autre variable
    - → l'évaluation va lire la valeur qu'elle contient,
  - un appel de fonction
    - → on récupère la valeur retournée par la fonction...

Les opérations de base en C

L'affectation avec =

- Si les types de la case mémoire à gauche et de l'évaluation à droite ne correspondent pas, il peut y avoir un problème :
  - soit les types n'ont rien à voir et on a un warning
    → par exemple, un entier à la place d'une adresse mémoire,
  - soit les types sont compatibles, et une conversion a lieu (avec ou sans warning du compilateur)
    ⚠ une conversion peut faire perdre en précision.

```
short a; int c = 70000; a = c;
```

- On peut forcer une conversion de type à l'aide d'un cast :
  - `3.5` est un flottant,
  - `(int) 3.5` est un entier et vaut 3,
  - `(char) 517` convertit 517 en *char* sur 8 bits
    → cela vaut 5, car on perd les bits de poids fort.

Les opérations de base en C

Opérations arithmétiques

```
1  int a,b,c;
2  b = 5 + 3;          // addition
3  c = 13 - 5;         // soustraction
4  a = b * c;          // multiplication
5  float d = 15 / 6;   // division euclidienne -> d vaut 2
6  d = (float) 15/6;   // vraie division -> d vaut 2.5
7  d = 15.0/6;         // d vaut 2.5
8  a = c % 3;          // modulo 3 (reste de la division)
9
10 /* opérations logiques */
11 a = 8 & 5;          // ET bit à bit
12 a = 6 | 7;          // OU bit à bit
13 a = 6 ^ 7;          // OU exclusif bit à bit
14 a = ~5;             // NON bit à bit
```

Les opérations de base en C

Opérations arithmétiques abrégés

- Il existe des versions courtes de certaines des opérations courantes

```
1 int i=0;
2 i++;                  // i = i + 1;
3 i--;                  // i = i - 1;
4 i += 3;               // i = i + 3;
5 i -= 3;               // i = i - 3;
6 i *= 3;               // i = i * 3;
7 i /= 3;               // i = i / 3;
8 i %= 3;               // i = i % 3;
```

- Cela change le code, pas le programme final :
  - ce n'est pas plus rapide à exécuter que la forme longue.

Entrées/sorties élémentaires

La fonction `printf`

- La fonction `printf` permet d'afficher sur la sortie standard :
  - un message `printf("Hello World!\n");`
  - la valeur de variables `printf("%d = %d + %d\n",a+b,a,b);`
- Chaque % dans la chaîne à afficher correspond à une variable,
  - la lettre qui suit le % définit le type/la façon d'afficher.

`%d`	un *`int`*
`%lld`	un *`long long int`*
`%u`	un *`unsigned int`*
`%x`	un *`int`* en hexadécimal
`%f`	un *`double`* (ou un *`float`*)
`%e`	un *`double`* en notation scientifique
`%.7f`	un *`double`* avec 7 chiffres après la virgule
`%c`	un *`char`* (comme caractère ASCII, pas comme entier)

→ Dans un terminal, `man 3 printf` donne la liste complète.

Exécution conditionnelle

if - else

Syntaxe

- Les opérations vues jusqu'à présent étaient toujours exécutées dans l'ordre de leur apparition dans le `main`.
  - les tests permettent de changer l'exécution en fonction des valeurs entrées.

```
1 if (a > 0) {
2   printf("a est positif.\n");
3 }
4
5 if (a == 0) {
6   printf("a est nul.\n");
7 } else {
8   printf("a est non nul.\n");
9 }
```

- Il existe plusieurs comparaisons possibles :
  - `(a==b)` ou `(a!=b)` → test d'égalité ou de différence
  - `(a<b)` ou `(a>b)` → comparaison stricte
  - `(a<=b)` ou `(a>=b)` → inférieur/supérieur ou égal
- Le type booléen n'existe pas en C, on utilise des entiers :
  - un entier nul signifie faux,
  - un entier non nul signifie vrai.
- Les comparaisons renvoient donc un entier nul ou non :
  - en général, 0 et 1, mais pas forcément,
  - le `if` est effectué si l'argument est non nul

  → vous pouvez utiliser autre chose qu'une comparaison

```
1 if (7-5) {
2   printf("Ce message sera affiché.\n");
3 }
```

- Il est possible de combiner plusieurs comparaisons avec des opérateurs logiques :
  - `(a<b)&&(b<c)` : ET logique → vrai si les 2 tests sont vrais
  - `(a<b)||(b<c)` : OU logique → vrai si l'un des 2 tests est vrai
  - `!(a<b)` : NON logique → vrai si le test est faux

- Quelques remarques :
  - il ne faut pas hésiter à ajouter des parenthèses à `a<9 && a>3` → `(a<9)&&(a>3)` est différent de `(a<(9&&a))>3`
  - l'évaluation de && et || est paresseuse → le deuxième terme n'est pas évalué si le premier suffit à déterminer le résultat. Par exemple :

```
1 if ((a!=0) && (b/a != 0)) {  // pas de division par zéro
2   printf("b est supérieur ou égal à a.\n");
3 }
```

Boucle `while`

- Pour répéter un segment de code on utilise une boucle :
  - pour un nombre fixé d'itérations
    → boucle `for` (voir cours suivant),
  - pour itérer tant qu'une condition est vérifiée
    → boucle `while` ou `do-while`.

collatz.c

```
1  int main() {
2    int a = 25;
3    while (a!=1) {      // répéter tant que a est non nul
4      if (a%2 == 0) {     // si a est pair
5        a = a / 2;        // on le divise par 2
6      } else {            // sinon
7        a = 3*a + 1;      // on le rend pair
8      }
9    }
10   return 0;
11 }
```

Boucle `while`

- Il existe deux syntaxes pour les boucles `while` :
  - `while (test) {...}`
    → n'exécute le code `{...}` que si `test` est vrai.
  - `do {...} while (test);`
    → exécute le code `{...}` toujours au moins une fois.

⚠ Attention aux boucles infinies si le test est toujours vrai !
  - le programme ne s'arrêtera pas tout seul,
  - dans le terminal `Contrôle + C` permet de "tuer" un programme.

- Pensez à bien indenter votre code :
  - `Tab` dans emacs fait ça tout seul,
  - permet de bien voir ce qui est dans la boucle
    → simplifie la tâche des chargés de TD...
  - il y a plusieurs conventions d'indentation
    → si vous n'avez pas d'avis, faites comme moi !

Les erreurs classiques

- oubli d'un include (`stdio.h` pour les `printf`),
- utilisation d'une variable non déclarée,
- faute de frappe dans un nom de variable/fonction,
- oubli d'un ; en fin d'instruction,
- test avec = au lieu de == (pas d'erreur à la compilation),
- mauvais nombre d'accolades fermées,
  → important d'indenter le code correctement,
- oubli de la fonction `main`
  → c'est le point de départ de l'éxecution, donc indispensable.

⚠ Les messages d'erreur de `gcc` ne sont pas toujours très clairs, mais il est important de bien les lire quand même,

- toujours commencer par le premier message d'erreur
  → corriger la faute, puis recompiler.