Langage C

ENSTA - TC 1ère année

François Pessaux

U2IS

2017-2018

francois.pessaux@ensta-paristech.fr

Approfondissement des types de base de C

Les entiers (naturels et relatifs)

- Plusieurs tailles.
- Signés ou non.
- Par défaut : un entier est signé.
- Ex : 0 -3 +0 15657

	Taille (bits)	Valeur Min	Valeur Max
short	16	-32768	32767
unsigned short	16	0	65535
int	32	-2^{31}	$2^{31}-1$
unsigned int	32	0	$2^{32}-1$
long	32 ou 64	dépend de l'architecture	
unsigned long	32 ou 64	dépend de l'architecture	
long long	64	-2^{63}	$2^{63}-1$
unsigned long long	64	0	$2^{64}-1$

Codage des entiers non signés

- Entiers codés en binaire : base 2.
  - 421 $\mapsto$ 0000000110100101 (sur 16 bits)
  - $= 2^8 + 2^7 + 2^5 + 2^2 + 2^0$
- Base 2 :
  - Pratique au niveau électronique mais encombrant !
  - $\Rightarrow$ On préfère la base 16 (hexadécimal).
  - 0000 0001 1010 0101
    0x 0 1 A 5

Codage des entiers signés

- ⚠ Le bit de poids le plus fort sert à représenter le signe.
  - 0 $\Rightarrow$ positif.
  - 1 $\Rightarrow$ négatif.
- Pour obtenir l'opposé d'un nombre : complément à 2.
  - Inverser les bits de l'écriture binaire de sa valeur absolue,
  - puis ajouter 1 au résultat.
  - Calcule $2^l - |x|$ où l est la longueur de représentation d'un entier.
  - $\Rightarrow$ 1 seule représentation de 0.
  - $\Rightarrow$ + et − identiques sur signés / non-signés, positifs / négatifs.
- 4 $\longrightarrow$ -4 :

4 $\rightarrow$	0	1	0	0	$(*)$
not $(*) \rightarrow$	1	0	1	1	$(**)$
$(**) + 1 \rightarrow$	1	1	0	0	

Débordement d'entiers

- Arithmétique entière et modulo la taille des mots machine.
- Pour les exemples suivants, taille = 4 bits.
- $\Rightarrow$ Perte de plein de « *bonnes* » propriétés mathématiques ☹
  - Débordement de non signé : 9 + 7 = 16 ?
    $1001 + 0111 = 1|0000$ = sur 4 bits ... 0000 = 0
  - Débordement de signé : -8 - 1 = -9 ?
    $1000 - 0001 = 1|1111$ = sur 4 bits ... 1111 = -1
  - Conversion de signé $\rightarrow$ non signé : -4 $\rightarrow$?
    1100 = 12
  - Conversion de non signé $\rightarrow$ signé : 15 $\rightarrow$?
    1111 = -1
  - Associativité de $*$ et / : (1 / 4) * 4 = (1 * 4) / 4 ?
    1 / 4 = 0.25 En entiers ... 0. Donc, * 4 $\rightarrow$ 0
    1 * 4 = 4 En entiers ... 4. Donc, / 4, $\rightarrow$ 1

Les réels

- Couramment appelés « flottants » (« *floating point numbers* »).
- Toujours signés.
- 2 tailles ⇒ 2 précisions.
- Ex : 1.0 3.14159 -6.14 +1.6e-15

	Taille (bits)	Valeur Min	Valeur Max	Précision max
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}

La réalité des réels : des problèmes bien réels

- Nombres flottants pratiques pour approximer les réels mathématiques.
- Pourtant bien différents de la « beauté » mathématique :
  - Notion de précision :
    - ⇒ Tous les réels ne sont pas représentables entre 2 réels.
    - Il existe des « trous » entre 2 réels.
    - Ex : 48431.1231 = 48431.1250 (c.f. slide suivant).
  - Comme pour les entiers : notion de réels min et max représentables.
  - Mauvais conditionnement :
    - Opérations entre grand et petit flottants parfois incohérentes.
    - Ex : 100.0 + 4e+15 = . . . 4e+15
  - Arrondis lors des calculs.
    - Test d'égalité == proscrit.
    - Test « modulo un ϵ ».
    - Attention, ϵ n'est pas absolu et dépend du problème !
  - Conversion réel → entier : 0, débordement, troncature.

Des réels différents égaux. . .

thiskillsme.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  float fl1 = 48431.1231 ;
  float fl2 = 48431.1239 ;
  float fl3 = 48431.1250 ;

  printf ("fl1: %f  fl2: %f  fl3: %f\n", fl1, fl2, fl3) ;
  printf ("fl1 == fl2 ? %d\n", (fl1 == fl2)) ;
  printf ("fl2 == fl3 ? %d\n", (fl2 == fl3)) ;
  printf ("fl1 == fl3 ? %d\n", (fl1 == fl3)) ;
  fl1 = fl1 + 0.0001 ;
  printf ("fl1 + 0.0001: %f\n", fl1) ;
  return (0) ;
}
```

```
> ./thiskillsme
fl1: 48431.125000  fl2: 48431.125000  fl3: 48431.125000
fl1 == fl2 ? 1
fl2 == fl3 ? 1
fl1 == fl3 ? 1
fl1 + 0.0001: 48431.125000
```

. . . et des réels égaux différents

thiskillsmeagain.c

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#define EPSILON (1e-6)  // Tout petit epsilon...

int main ()
{
  double fl1 = 0.1 ;
  double fl2 = 0.2 ;
  double fl3 = 0.3 ;
  double fl4 = fl1 + fl2 ;

  printf ("fl1: %f  fl2: %f  fl3: %f  fl4: %f\n", fl1, fl2, fl3, fl4) ;
  printf ("fl3 = fl4 ? %d\n", (fl3 == fl4)) ;
  printf ("fl3 ~ fl4 ? %d\n", (fabs (fl3 - fl4) < EPSILON)) ;
  return (0) ;
}
```

```
> ./thiskillsmeagain
fl1: 0.100000  fl2: 0.200000  fl3: 0.300000  fl4: 0.300000
fl3 = fl4 ? 0
fl3 ~ fl4 ? 1
```


Les chaînes de caractères

- Caractère : type prédéfini `char` = entiers sur 8 bits.
  - Par ex : `'a'` = 97 (= 01100001 en binaire).
- Chaîne = tableau de caractères terminé par le caractère '\0'.
- Fichier d'en-tête requis : `#include <string.h>`
- Peuvent être copiées : fonction `strcpy` (*dest*, *source*).
- Longueur d'une chaîne : fonction `strlen` (*str*).
  - ⚠ Ne compte pas le '\0' final !
  - `strlen ("Damned")` ⟶ 6.
  - Pourtant :

D	*a*	*m*	*n*	*e*	*d*	\0

Quelques formes particulières de caractères

- Utilisables en tant que caractères individuels ou dans des chaînes.
  - `'\n'` : Retour à la ligne.
  - `'\\'` : Le caractère \.
  - `'\''` : Le caractère '.
  - `'\"'` : Le caractère ".
  - `'\t'` : La tabulation.
  - `'\x'` •• : Le caractère dont le code en hexadécimal suit.
  - `'\'` ••• : Le caractère dont le code en octal suit.
  - . . . et quelques autres que l'on passe sous silence.
- Ex : `printf ("foo\n\"\'bar\\\x65\046");` ⟶

```
foo
"'bar\e&
```

Plus de constructions

Faire *n* fois : la boucle `for`

- `for` (*instruction*$_1$; *expression* ; *instruction*$_2$) { *instruction*$_3(s)$ }
- ⚠ Des points-virgules ! Pas des virgules !
- Sémantique :
  1. Initialisation : exécuter *instruction*$_1$.
  2. Si *expression* s'évalue en `true`
     - 2.1 Exécuter *instruction*$_3(s)$.
     - 2.2 Exécuter *instruction*$_2$ (« post-traitement »).
     - 2.3 Retourner en 2.

```
#include <stdio.h>
int main ()
{
  int i ;
  for (i = 0; i < 10; i++) {
    printf ("%d ", i) ;
  }
  printf ("\n") ;
  return (0) ;
}
```

```
mymac:/tmp$ gcc enumerate.c -o enumerate
mymac:/tmp$ ./enumerate
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
```


La boucle `for` dégénérée

- Possibilité d'omettre des parties de la construction.
- Initialisation, condition, post-traitement, voire corps !
- Poussé à l'extrême : formes étranges voire illisibles ☹. À éviter !

```
i = 0 ; j = 0 ;
for (/**/; i < 10; i++) {
  j += i ;
}

j = 0 ;
for (i = 0; i < 10;/**/) {
  j += i ;
  i++ ;
}
```

```
i = 0 ; j = 0 ;
for (/**/;i < 10;/**/) {
  j += i ;
  i++ ;
}

i = 0 ; j = 0 ;
for (/**/;/**/;/**/) {
  j += i ;
  if (i == 9) break ;
  i++ ;
}
```

Équivalence entre boucles `for` et `while`

- Remplacement de `for` en `while` :

```
for (init; test; postlude) {
  instruction(s) ;
}
```

```
init ;
while (test) {
  instruction(s) ;
  postlude ;
}
```

- Remplacement de `while` en `for` :

```
while (test) {
  instruction(s) ;
}
```

```
for ( ; test; ) {
  instruction(s) ;
}
```

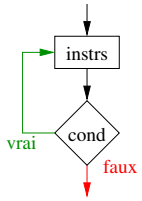

Faire « tant que » : la boucle `do-while`

- Boucle `while` avec le test à la fin du traitement.
- ⇒ Traitement toujours exécuté au moins 1 fois.
- do { *instruction*(*s*) } `while` (*expression*) ;
- ⚠ Syntaxe : n'oubliez pas le " ;" final !

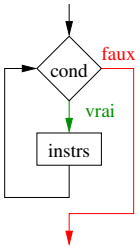
```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  char c ;
  do {
    printf ("Entrez un chiffe: ") ;     // Lecture...
    scanf ("%c", &c) ;
  } while ((c < '0') ||  (c > '9')) ; // Jusqu'à succès.

  return (0) ;
}
```


En résumé des boucles

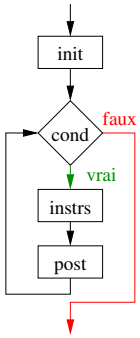
do { instrs } while (cond) ;



while (cond) { instrs }



for (init; cond; post) { instrs }



Construction conditionnelle « généralisée » (1)

- Besoin de tester une valeur contre plusieurs cas mutuellement exclusifs.
- Ex : $x == 0$ ou $x == 1$ ou $x == 4$ ou ... ou « sinon ».
- On peut cascader des `if-else`

```
if (x == 0) printf ("x: 0\n") ;
else {
  if (x == 1) printf ("x: 1\n") ;
  else {
    if (x == 4) printf ("x: 4\n") ;
    else {
      if ... else ... if ... else ...
                              ...      printf ("Autre cas\n") ;
    } } ... }
  }
}
```

- Ni pratique ni lisible ☹

Construction conditionnelle « généralisée » (2)

- Discrimination par cas (sur constantes se « réduisant » à des entiers).
- ⇒ Cas doivent être mutuellement exclusifs.
- Construction `switch` (*expression*) { ... }
- Suite de `case` *constante* : *instructions*
- Les *instructions* exécutées : celles correspondant au cas où *constante* est égal à la valeur de *expression*.
- Fin de chaque cas par `break ;`
- Cas « *autre* », par défaut : `default`.

```
...
switch (x) {
  case 0: printf ("x: 0\n") ; break ;
  case 1: printf ("x: 1\n") ; break ;
  case 4: printf ("x: 4\n") ; break ;
  default: printf ("Autre cas\n") ; break ;
}
```


Quelques utilitaires (autour) de C

Constantes, macros et préprocesseur (1)

- Définir des constantes littérales dans le source : pas maintenable !
- Nécessité de changer partout la valeur.
- ⇒ Utilisation de macros.

```
#define SIZE (42)
...
int i = SIZE ;
if (j < SIZE) ...
```

- Remplacement textuel avant compilation par le préprocesseur C (cpp).
- Mieux vaut parenthéser :

```
#define SIZE 42 + 1
...
int i = SIZE * 10 ;
```

  - → i = 52 et non 430 !

Constantes, macros et préprocesseur (2)

- Possibilité de macros « paramétrées » :
  `#define TWICE(x)((x)* (x))`
- Remplacement textuel en substituant `x` par le texte argument lors de l'utilisation.
- `Bla TWICE(ah bon ?)` ⟶
  `Bla ((ah bon ?) * (ah bon ?))`
- ⚠ Syntaxe : pas d'espace entre le nom de la macro et la parenthèse ouvrante (définition et utilisation).
- Possibilité d'arguments multiples : `#define MUL(a,b)((a)* (b))`
- Bli MUL(((15)) , autre truc) ⟶
  `Bli ((((15 ))) * ( autre truc))`

Alias de types

- Vous en avez assez de taper `unsigned long int` ?
- Vous devez changer partout `int` en "unsigned int" ?
- ⇒ Définissez un alias.
- `typedef unsigned long int uli_t ;`
  - `uli_t` : nom, abréviation de `unsigned long int`.
  - Utilisable ensuite comme nom de type : `uli_t i = 42 ;`
- Ne définit pas un nouveau type !
- De manière générale : `typedef` *<type existant> <nom>*
- Fonctionnera avec les types que nous verrons plus tard.

Contrainte de type (transtypage, cast)

- Parfois besoin de changer le type selon lequel une donnée est *« vue »*.
- `float` → `int`, `unsigned int` → `long int`, ...

⇒ Utilisation d'un cast : (nom-type) expression.

```
float v = 3.14159 ;
int i ;
unsigned long j = 3000000 ;

i = (int) v ;
j = 15 * ((unsigned long) (i + 1)) + j ;
```

- ⚠ Possibilité de perte / corruption d'information ! (c.f. sides 5 et 7).
- ⚠ *« Conversion »* entier ↔ flottant : change la représentation interne.
- Autres *« conversions »* : ne changent pas la représentation, juste la façon de considérer cette représentation.