

Langage C

ENSTA - TC 1ère année

François Pessaux

U2IS

2016-2017

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	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.
- $4 \rightarrow -4$:
 - $4 \rightarrow 0\ 1\ 0\ 0$ (*)
 - $\text{not } (*) \rightarrow 1\ 0\ 1\ 1$ (**)
 - $(**) + 1 \rightarrow 1\ 1\ 0\ 0$

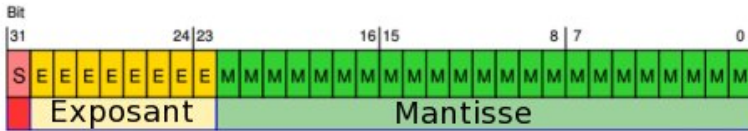
Débordement d'entiers

- 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 \Rightarrow 2 précisions.
- Ex : 1.0 3.14159 -6.14 +1.6e-15

	Taille (bits)	Valeur		Précision max
		Min	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 :
 - ★ \Rightarrow 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 : $100.0 + 4e+15 = \dots 4e+15$
 - Arrondis lors des calculs.
 - ★ Test d'égalité $==$ proscrit.
 - ★ Test « modulo un ϵ ».
 - ★ Attention, ϵ n'est pas absolu et dépend du problème !
 - Conversion réel \rightarrow entier : 0, débordement, troncature.

Des réels différents égaux...

thiskillsme.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
    float f11 = 48431.1231 ;
    float f12 = 48431.1239 ;
    float f13 = 48431.1250 ;

    printf ("f11: %f f12: %f f13: %f\n", f11, f12, f13) ;
    printf ("f11 == f12 ? %d\n", (f11 == f12)) ;
    printf ("f12 == f13 ? %d\n", (f12 == f13)) ;
    printf ("f11 == f13 ? %d\n", (f11 == f13)) ;
    f11 = f11 + 0.0001 ;
    printf ("f11 + 0.0001: %f\n", f11) ;
    return (0) ;
}

> ./thiskillsme
f11: 48431.125000 f12: 48431.125000 f13: 48431.125000
f11 == f12 ? 1
f12 == f13 ? 1
f11 == f13 ? 1
f11 + 0.0001: 48431.125000
```

... et des réels égaux différents

thiskillsmeagain.c

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

int main ()
{
    double f11 = 0.1 ;
    double f12 = 0.2 ;
    double f13 = 0.3 ;
    double f14 = f11 + f12 ;

    printf ("f11: %f f12: %f f13: %f f14: %f\n", f11, f12, f13, f14) ;
    printf ("f13 = f14 ? %d\n", (f13 == f14)) ;
    printf ("f13 ~ f14 ? %d\n", (fabs (f13 - f14) < EPSILON)) ;
    return (0) ;
}
```

```
> ./thiskillsmeagain
f11: 0.100000 f12: 0.200000 f13: 0.300000 f14: 0.300000
f13 = f14 ? 0
f13 ~ f14 ? 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\&

Plus de constructions

Faire n fois : la boucle `for`

- `for (instruction1 ; expression ; instruction2) { instruction3(s) }`
- ⚠ Des **points-virgules** ! Pas des virgules !
- Sémantique :
 - 1 Initialisation : exécuter *instruction₁*.
 - 2 Si *expression* s'évalue en true
 - 2.1 Exécuter *instruction₃(s)*.
 - 2.2 Exécuter *instruction₂* (« 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) ;  
}
```

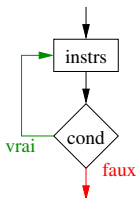
Faire « tant que » : la boucle `do-while`

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

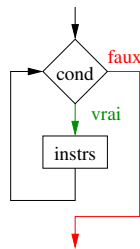
```
#include <stdio.h>  
  
int main ()  
{  
    char c ;  
    do {  
        printf ("Entrez un chiffre: ") ; // Lecture...  
        scanf ("%c", &c) ;  
    } while ((c < '0') || (c > '9')) ; // Jusqu'à succès.  
  
    return (0) ;  
}
```

En résumé des boucles

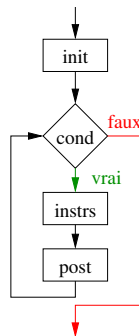
`do { instrs } while (cond);`



`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).
- \Rightarrow 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 de C

Entrée au clavier avec scanf (1)

- Nécessite : `#include <stdio.h>`
- Lecture au clavier selon le format spécifié (séquences `%\b`).
- Si saisie pas en accord avec ce qu'attend le format : imprévisible.
- Format avec **uniquement** des `%` (pas de « message »).

```
input.c                                     mymac:/tmp$ gcc input.c -o input
#include <stdio.h>                          mymac:/tmp$ ./input
                                           45 67
int main ()                                 i = 45, j = 67
{                                           mymac:/tmp$ ./input
  int i, j ;                                5
  scanf ("%d %d", &i, &j) ;                FHG
  printf ("i = %d, j = %d\n", i, j);       i = 5, j = 0
  return (0) ;                              mymac:/tmp$ ./input
}                                           DFG 6
                                           i = 0, j = 0
```

Entrée au clavier avec scanf (2)

- `scanf ("%d", &i) ;` 
- Pour le moment, `&` reste un peu « magique ».
- Sera approfondi ultérieurement.
- Idée : « à mettre devant une variable pour permettre sa modification par la fonction appelée (ici, `scanf`) ».
- Rem : la lecture de chaînes de caractères (`%s`) nécessite quelques explications ultérieures. On vivra sans pour le moment.

Constantes, macros et préprocesseur (1)

- Définir des constantes littérales dans le source : **pas maintenable !**
- Nécessité de changer **partout** la valeur.
- \Rightarrow 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 ;
```

► $\rightarrow i = 52$ 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.