

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	$2^{64} - 1$

- 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 :

$$4 \rightarrow 0 \ 1 \ 0 \ 0 \quad (*)$$

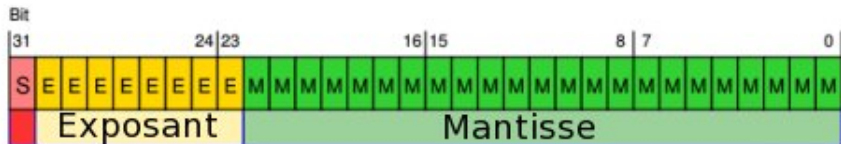
$$\text{not } (*) \rightarrow 1 \ 0 \ 1 \ 1 \quad (**)$$

$$(**) + 1 \rightarrow 1 \ 1 \ 0 \ 0$$

- 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, $/ 4, \rightarrow 1$

- 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}



- 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
```

- 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);`
-  Syntaxe : n'oubliez pas le ";" final!

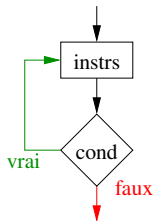
```
#include <stdio.h>

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

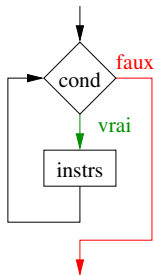
    return (0) ;
}
```

En résumé des boucles

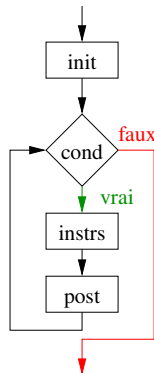
do { instrs } while (cond) ;



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).
- ⇒ 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 `%l`).
- Si saisie pas en accord avec ce qu'attend le format : imprévisible.
- Format avec **uniquement** des `%` (pas de « *message* »).


input.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
    int i, j ;
    scanf ("%d %d", &i, &j) ;
    printf ("i = %d, j = %d\n", i, j);
    return (0) ;
}
```

```
mymac:/tmp$ gcc input.c -o input
mymac:/tmp$ ./input
45 67
i = 45, j = 67
mymac:/tmp$ ./input
5
FHG
i = 5, j = 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))`



- 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.