Initiation au C
cours n°8

Antoine Miné

École normale supérieure

12 avril 2007

Plan du cours

- Conversions de types : l'opérateur `(type)`.
- Allocation dynamique de mémoire : `malloc`, `realloc`, `free`.

Conversions de types

Rappels sur les types entiers

Types entiers sur un Intel 32-bit

type	`sizeof`	ensemble représenté
`char`, `signed char`	1	$[-128, 127]$
`unsigned char`	1	$[0, 255]$
`short`	2	$[-32768, 32767]$
`unsigned short`	2	$[0, 65535]$
`int`, `long`	4	$[-2^{31}, 2^{31} - 1]$
`unsigned`, `unsigned long`	4	$[0, 2^{32} - 1]$
`long long`	8	$[-2^{63}, 2^{63} - 1]$
`unsigned long long`	8	$[0, 2^{64} - 1]$

Calculs dans les entiers :

- non-signés : calcul modulo $2^{8 \times \texttt{sizeof}}$,
- signés : résultat aléatoire en cas de dépassement de capacité,
- erreur à l'exécution en cas de division par 0 (/ ou %).

Rappels sur les types flottants

Types flottants sur un Intel 32-bit

type	sizeof	min	max	précision
`float`	4	10^{-45}	3×10^{38}	10^{-7}
`double`	8	5×10^{-324}	10^{308}	10^{-16}
`long double`	12	10^{-4933}	10^{4912}	10^{-19}

Calculs dans les flottants :

- calculs arrondis à la précision du type,
- nombres spéciaux : $+\infty$, $-\infty$, *NaN*.

Choix d'un type arithmétique

Le type donne un compromis entre l'expressivité et le coût (mémoire et temps).

Le type définit la sémantique des opérations.

Exemple

```
int a,b,c;
double x,y,z;

c = a / b;  /* division entière (troncature) */
z = x / y;  /* division flottante */

c = a % b;  /* modulo entier */
z = x % y;  /* ERREUR */
```

La sémantique est donnée par le type des arguments de l'opérateur.

Conversions explicites de types

Opérateur de conversion de type (*cast* en anglais).

Syntaxe

`(type)` *expr*

Effet : convertit la valeur de *expr* dans le type précisé.

Exemple

```
int x,y;
double d;
d = (double)x / (double)y;  /* division flottante */
```

Attention à la forte priorité de l'opérateur `(type)` :

Exemple : `(int)x+y` signifie `((int) x)+y` et non `(int)(x+y)`.

Effet sur les valeurs

Règles de conversion :

- si la valeur est représentable exactement dans `type`,
  $\Longrightarrow$ la valeur est inchangée,
- en cas de conversion flottant $\longrightarrow$ entier,
  $\Longrightarrow$ la valeur est tronquée,
- en cas de dépassement de capacité :
  - si `type` est flottant : le résultat est $+\infty$ ou $-\infty$,
  - si `type` est non signé : le résultat est pris modulo $2^{8\times\texttt{sizeof}}$,
  - si `type` est signé : le résultat dépend de la machine.

Exemples

```
(int) (1.5 + 0.5)      /* donne 2 */
(int) (1.0 + 0.5)      /* donne 1 */
(unsigned char) (-1)   /* donne 255 */
```

Conversions implicites de types

Conversions implicites : ajoutées par le C.

- lors des affectations, initialisations : vers le type de la *lvalue*,

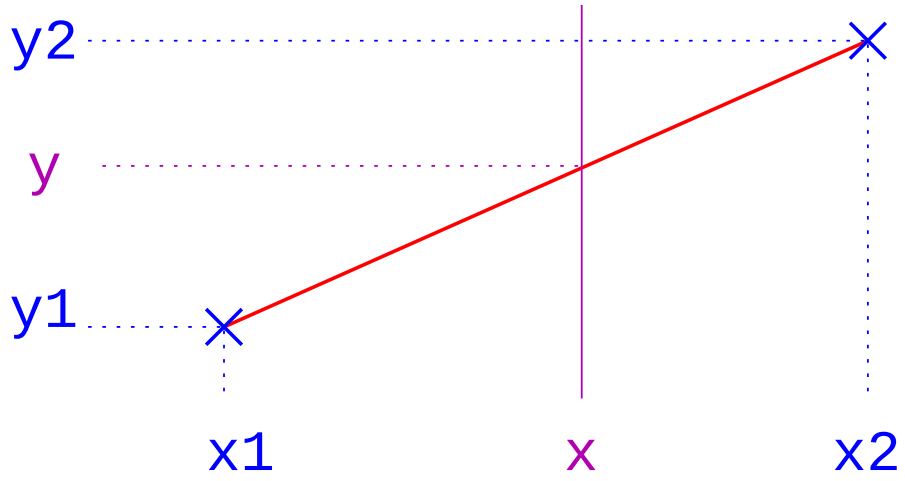
Exemple

```
double d = 1 ;    conversion de 1 de int vers double
int x = d+0.5 ;   troncature de d+0.5 de double vers int
```

- lors des appels de fonctions : vers le type des arguments,
  Exemple : `fputf(2.5, f) ;` (exception : `printf`)

- lors des opérations binaires : promotion vers un type commun,
  `int` < `long` < `long long` < `float` < `double` < `long double`
  Exemple : `int x=6 ; x=x*0.5 ;` multiplication en `double`.

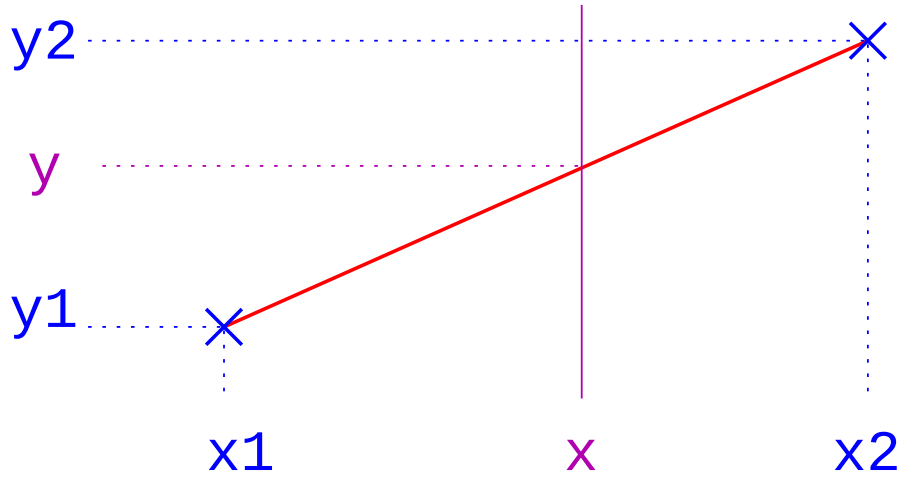
Exemple : interpolation linéaire



Calculs en entiers

```
int interpol(int x1, int y1, int x2, int y2, int x)
{
  return y1 + ((y2-y1) / (x2-x1)) * x ;
}
```

Exemple : interpolation linéaire



Calculs en flottants

```
int interpol(int x1, int y1, int x2, int y2, int x)
{
  return y1 + ( (double) (y2-y1) / (x2-x1)) * x ;
}
```

Conversions de types pointeurs

On peut convertir d'un type pointeur en un autre type pointeur, avec la même syntaxe :

Syntaxe

`(type)` *expr*

Effet :

- ne change pas l'adresse pointée,
- change l'interprétation des opérateurs :
  - `+`, `-`, etc. décalent par unité de `sizeof(type)` octets,
  - `*` extrait un objet de type `type`.

Applications des conversions de types pointeurs

Deux applications principales :

- conversion avec le type générique `void*`,
  Exemple : allocation de mémoire dynamique,

- conversion avec le type `unsigned char*`,
  $\Longrightarrow$ permet l'accès à la représentation mémoire en octets.

Exemple

```
int x = 386, i;
unsigned char* p = (unsigned char*) &x;
for ( i=0; i<sizeof(x); i++ ) printf("%i ", p[i]);
```

donne sur un Intel 32-bit : 130 1 0 0.

Allocation dynamique de mémoire

Rappels sur la gestion de la mémoire

Variables : méthode la plus simple de réservation de mémoire.

Caractéristiques :

- variables globales : accessibles par tout le programme,
  variables locales : détruites en fin de bloc,
- la taille est fixée à la déclaration (par le type),
- tableaux globaux : la taille est une constante fixée "en dur",
  tableaux locaux : la taille peut être une expression.

$\Longrightarrow$ pas toujours suffisamment flexible !

Exemple : comment avoir un tableau

- dont la taille est calculée dans une fonction,
- dont la durée de vie dépasse celle de la fonction,
- dont la taille peut être changée *a posteriori* ?

Les blocs de mémoire dynamique

Solution : **mémoire dynamique**.

- blocs de mémoire de taille arbitraire,
- alloués et libérés explicitement par l'utilisateur,
- redimensionnables (explicitement),
- accessibles par pointeur.

Tas (*heap*) = zone mémoire où est allouée la mémoire dynamique.

Allocation d'un bloc avec `malloc`

Syntaxe

```
#include <stdlib.h>
void * malloc(size_t size);
```

Effet :

- alloue un nouveau bloc de mémoire de `size` octets,
- renvoie un pointeur sur le début (1ère octet) du bloc,
- renvoie `NULL` en cas d'erreur (mémoire insuffisante).

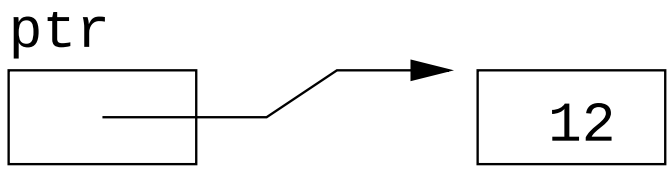
Comment utiliser `malloc` :

- calculer la taille à allouer grâce à `sizeof()`,
- vérifier que la valeur de retour n'est pas `NULL`,
- stocker le pointeur dans une variable pointeur du bon type,
- accéder au bloc grâce au pointeur : `*`, `[ ]`.

Exemple d'allocation

Exemple

```
double* ptr = malloc( sizeof( double ) );
assert( ptr!=NULL );
*ptr = 12.0;
*ptr += 2.0;
```



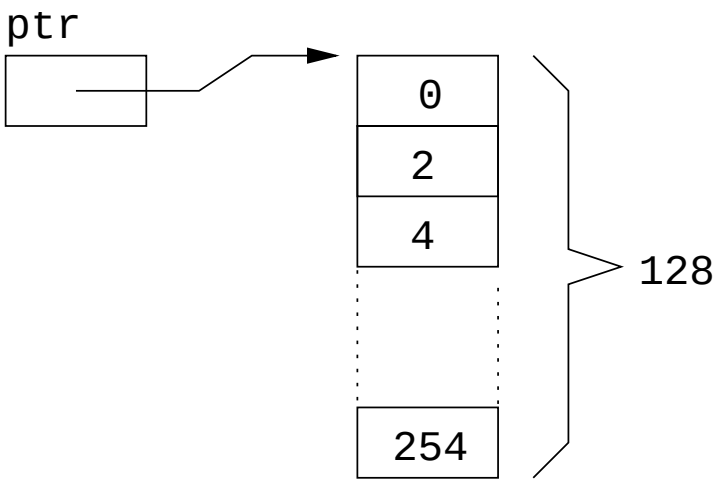
Notes :

- la conversion `void*` $\longrightarrow$ `double*` est implicite,
- on utilise `assert` pour vérifier que `ptr` n'est pas `NULL`.

Exemple d'allocation de tableau

Exemple

```
int i;
double* ptr = malloc( sizeof( double ) * 128 );
assert(ptr);
for ( i=0; i<128; i++ ) ptr[i] = i * 2.0;
```



Attention

Ne pas dépasser de la taille allouée !

Durée de vie d'un bloc

Le bloc reste alloué en mémoire jusqu'à être libéré explicitement.

Tableau local

```
int* truc(int n)
{
  int x[n];
  ...
  return &x[0];
}
```

FAUX !

Tableau dynamique

```
int* truc(int n)
{
  int* y = malloc(sizeof(int)*n);
  ...
  return y;
}
```

Correct.

Ne pas confondre

Durée de vie du bloc et durée de vie du pointeur `y`.

Allocation dynamique de chaînes

Fonction

```
#include <string.h>
char* strdup(const char* s);
```

Effet : renvoie une copie de `s` dans un bloc alloué dynamiquement, ou `NULL` (mémoire insuffisante).

Fonction équivalente à `strdup`

```
char* mon_strdup(const char* s)
{
  char* x = ???
  ???
  return x;
}
```

Allocation dynamique de chaînes

Fonction

```
#include <string.h>
char* strdup(const char* s);
```

Effet : renvoie une copie de `s` dans un bloc alloué dynamiquement, ou `NULL` (mémoire insuffisante).

Fonction équivalente à `strdup`

```
char* mon_strdup(const char* s)
{
  char* x = malloc( strlen(s) + 1 );
  if (x) strcpy( x, s );
  return x;
}
```

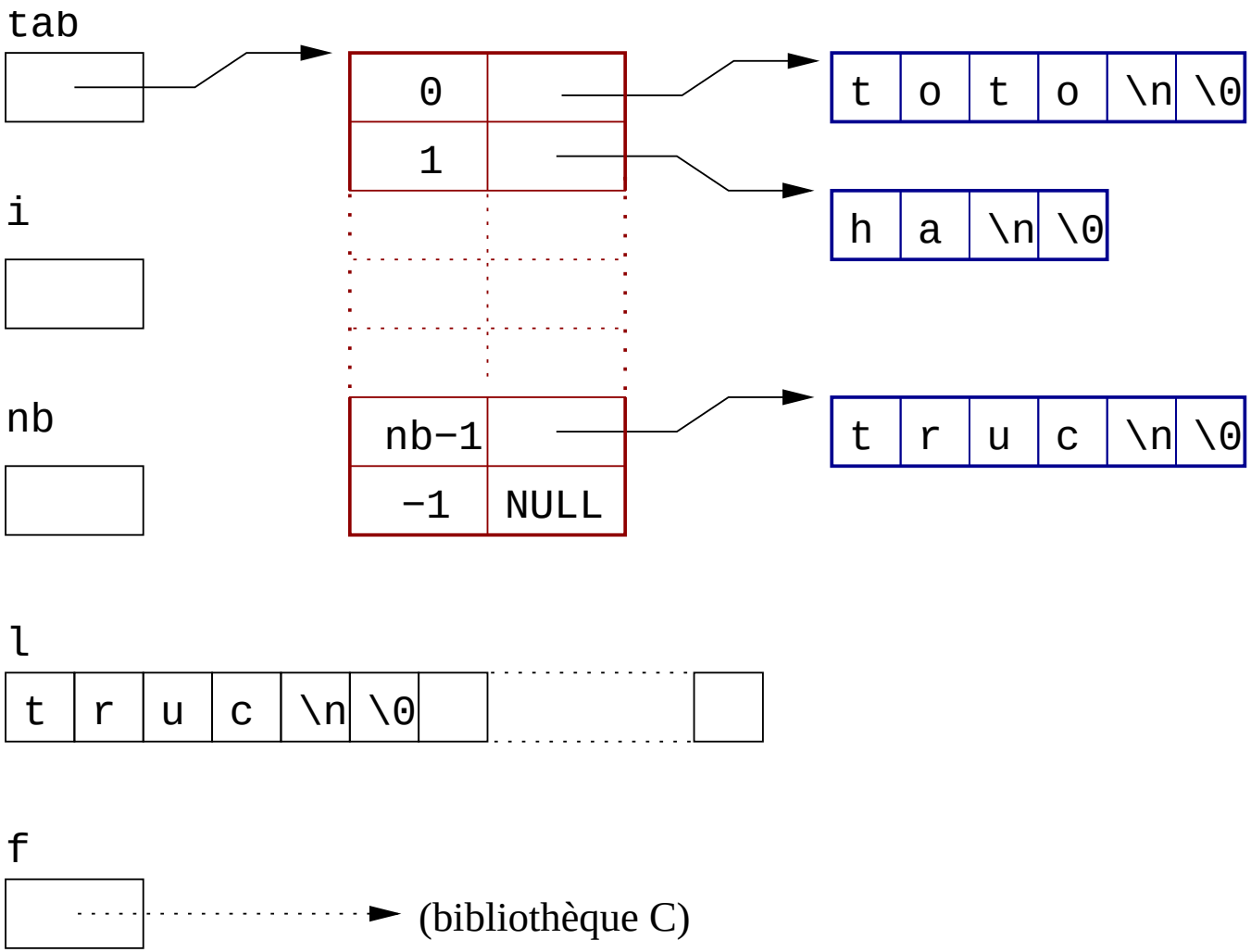
Exemple complexe

Exemple

```
typedef struct { int n; char* s; } ligne;

ligne* lit( FILE* f )
{
  char l[256];
  int i, nb;
  ligne* tab;
  fscanf( f, "%i", &nb );
  tab = malloc( sizeof(ligne) * (nb+1) );
  for ( i=0; i<nb; i++ ) {
    fgets( l, 256, f );
    tab[i].n = i; tab[i].s = strdup( l );
  }
  tab[i].n = -1; tab[i].s = NULL;
  return tab;
}
```

Illustration de l'exemple complexe



Libération d'un bloc avec `free`

La mémoire est libérée automatiquement en fin du programme.

On peut toutefois libérer un bloc manuellement :

Syntaxe

```
void free(void *ptr) ;
```

Effet :

- `ptr` doit pointer sur un bloc créé par `malloc`,
- après `free`, le bloc n'est plus utilisable,
- la mémoire libérée est recyclée et réutilisable par `malloc`.

Exemple d'utilisation de `free`

Exemple

```
typedef struct { int n; char* s; } ligne;

void libere_tab( ligne* tab )
{
  int i;
  for ( i=0; tab[i].nb > -1; i++ ) free( tab[i].s );
  free( tab );
}
```

Si on oublie de libérer `tab[i].s`, on a des fuites de mémoire !

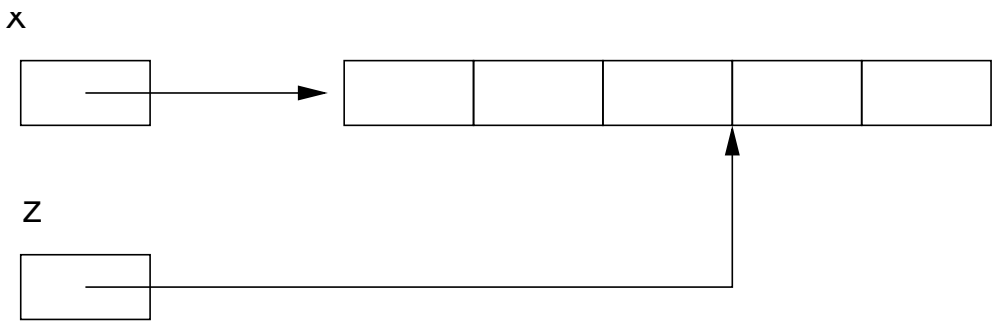
Notion d'*aliasing*

Aliasing

Pointeurs qui pointent dans le même bloc.

Exemple

```
int* x = malloc( sizeof(int) * 5 );
int* z = x+3;
free(x);
*z = 12;  /* erreur */
```



Redimensionnement de bloc avec `realloc`

Syntaxe

```
void* realloc(void *ptr, size_t size);
```

Effet :

- `ptr` doit pointer sur un bloc créé par `malloc`, (ou retournée par `realloc`),
- change la taille du bloc en `size`,
- renvoie la nouvelle adresse du bloc (ou `NULL`), $\Longrightarrow$ l'ancienne adresse `ptr` ne doit plus être utilisée,
- le contenu du bloc n'est pas changé.

Exemple d'utilisation de `realloc`

Exemple

```
int  taille = 128;
int* tab = malloc( sizeof(int) * taille );
...
if ( i>=taille ) {
  taille = i+1;
  tab = realloc( tab, sizeof(int) * taille );
}
tab[i] = 12;
```

Note : il n'y a aucun moyen de connaître la taille d'un bloc,
$\Longrightarrow$ on s'en souvient dans une variable annexe `taille`.

L'outil `valgrind`

`valgrind` = détecte (entres autres) les erreurs de mémoire :

- les accès en dehors des bornes d'un bloc dynamique,
- les `free` et `realloc` incorrects,
- les fuites de mémoire.

Utilisation

```
$ gcc toto.c -Wall -Wextra -g
$ valgrind ./a.out
```

Notes :

- comme pour gdb, l'option de compilation -g est conseillée,
- contrairement à gdb, `valgrind` est non interactif.