Allocation Dynamique

L. Mounier

UGA - M2 CCI - PL1

8 novembre 2023

Rappels sur les principaux points abordés en C

- Types
  - types prédéfinis : entiers (dont booléens et caractères), réels
  - constructeurs de types :
    types énumérés, structures (produit de types)
    tableaux (statiques), **pointeurs**
- Fonctions et “procédures”
  - paramètres (donnée et résultat)
  - **portée et durée de vie des données**

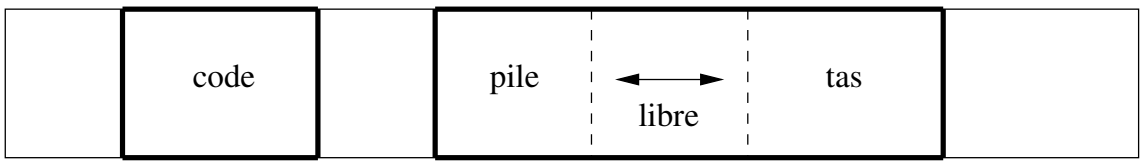
→ Utilisation de données **statiques** :
↪ taille, adresse mémoire et durée de vie **fixées à la compilation**

Allocation dynamique :

↪ gestion *à l'exécution* de la mémoire utilisée . . .

Organisation (simplifiée) de la mémoire

Programme à l'exécution $\Rightarrow$ 3 zones mémoires distinctes



- le code : inst. du programme (en langage machine), taille fixe
- la pile (*stack*) : variables locales et paramètres
  $\hookrightarrow$ varie à chaque appels/retours de fonctions
- le tas (*heap*) : dédié aux allocations dynamiques
  $\hookrightarrow$ varie sur appels (implicite/explicite) de primitives systèmes

Bref rappel sur les pointeurs en C ...

Constructeur de type "pointeur sur un type T" (noté `T*`)

- représente l'**adresse (mémoire)** d'un élément de type T
- deux opérateurs associés :
  - déréférencement (*) = accès à l'élément "pointé"
    p pointeur sur T ⇒ *p est une valeur de type T
  - addresse (&) = accès à l'adresse d'une variable
    x variable de type T ⇒ &x est de type pointeur sur T

```
int a, b ;  // variables entieres
int *p, *q ; // variables de type pointeur sur entier
int T[10] ; // tableau de 10 entiers
    p = &a ; // p pointe sur la variable a
    *p = 5 ; // affecte la valeur 5 a la variable a
    q = p ;  // p pointe egalement sur la variable a
    b = *q   // affecte 5 à la variable b
    p = T ;  // p pointe sur T[0]
```

Bref rappel sur les pointeurs en C ...

Constructeur de type "pointeur sur un type T" (noté T*)

- représente l'**adresse (mémoire)** d'un élément de type T
- deux opérateurs associés :
  - déréférencement (*) = accès à l'élément "pointé"
    p pointeur sur T ⇒ *p est une valeur de type T
  - addresse (&) = accès à l'adresse d'une variable
    x variable de type T ⇒ &x est de type pointeur sur T

```
int a, b ;  // variables entieres
int *p, *q ; // variables de type pointeur sur entier
int T[10] ; // tableau de 10 entiers
    p = &a ; // p pointe sur la variable a
    *p = 5 ; // affecte la valeur 5 a la variable a
    q = p ;  // p pointe egalement sur la variable a
    b = *q   // affecte 5 à la variable b
    p = T ;  // p pointe sur T[0]
```

Primitives d'allocation dynamique en C

Allocation d'une zone en mémoire

`(void *) malloc (int t)`

- alloue (dans le tas) un bloc mémoire de taille `t` et renvoie un pointeur sur ce bloc ; renvoie `NULL` si l'allocation échoue
- la fonction `sizeof()` renvoie la taille (en octet) d'un type ou d'une variable

Libération d'une zone en mémoire

`void free (void *p)`

- libère le bloc mémoire pointée par `p`
- comportement indéfini si `p` ne pointe pas sur un bloc alloué

Ces primitives sont fournies par la librairie `<stdlib.h>`
(voir également `man malloc`).

Primitives d'allocation dynamique en C

Allocation d'une zone en mémoire

`(void *) malloc (int t)`

- alloue (dans le tas) un bloc mémoire de taille `t` et renvoie un pointeur sur ce bloc ; renvoie `NULL` si l'allocation échoue
- la fonction `sizeof()` renvoie la taille (en octet) d'un type ou d'une variable

Libération d'une zone en mémoire

`void free (void *p)`

- libère le bloc mémoire pointée par `p`
- comportement indéfini si `p` ne pointe pas sur un bloc alloué

Ces primitives sont fournies par la librairie `<stdlib.h>`
(voir également `man malloc`).

Exemple 1

```
void f(){
  int *p, *q ;
  *p = 12 ; // ERREUR : p contient pas une @ memoire valide
  p = (int *) malloc(sizeof (int)) ; // conversion de type
  *p = 12 ;    // OK
  q = p ;      // p et q pointent sur le meme bloc
  free (q) ;  // liberation du bloc pointe par p et q
}

int main(){
  f() ;
  return 0 ;
}
```

Exemple 2

Durée de vie d'un bloc alloué dans le tas

```
(char *) g() {  // renvoie un pointeur sur char
  char *p ;
  p = (char *) malloc(sizeof (char)) ; // conversion de type
  return p ;  // le bloc pointe par p RESTE ALLOUE
}

int main(){
  int *q ;
  q = g() ;
  *q = 'A' ; // q contient une @ memoire valide
  free (q) ; // liberation du bloc alloue par g()
  return 0 ;
}
```

Exemple 3

Durée de vie des variables locales

```
(char *) g() {  // renvoie un pointeur sur char
  char *p ;
  char c ; // variable locale
  p = &c ; // OK, p contient l'adresse de c
  return p ;  // PB, renvoie une @ qui va etre INVALIDE
}

int main(){
  int *q ;
  q = g() ;
  *q = 'A' ; // q contient une @ memoire INVALIDE
  return 0 ;
}
```

Application 1 : tableaux dynamique

La fonction `malloc()` permet de choisir la **taille** du bloc à allouer
→ **tableaux dynamiques** ...

Exemple

```
int *t ;

/* allocation d'un bloc de taille 10 entiers
t = (int *) malloc (10*sizeof(int)) ;

/* acces indexe possible */
t[0] = 4 ;
t[8] = 5 ;
free(t) ;
```

Variante : fonction `calloc()`

```
t = (int *) calloc (10,sizeof(int)); // alloue un bloc de 10 int
```

Application 2 : séquences chaînées

Représentation d'une séquence S en langage C ?

1. tableaux statiques :
   - taille mémoire et durée de vie S fixée à la compilation
   - aucun surcoût à l'exécution
2. tableaux dynamique :
   - taille mémoire maximale de S fixée à l'allocation
   - durée de vie de S peut varier à l'exécution
   - (léger) surcoût à l'exécution (1 appel à allouer/libérer)

comment adapter **dynamiquement** la taille mémoire de S ?
(en fonction des insertions/suppressions d'éléments)

$\rightarrow$ **séquences chaînées !**

Séquences chaînées en C

Notation algorithmique

```
Cellule : un type
Cellule : le type <elem: un entier, suiv: pointeur sur Cellule>
Seq : le type pointeur sur Cellule
```

Implémentation en C

```
typedef struct cellule {
            int elem ;
            struct cellule *suiv ;
        } Cellule ;

typedef Cellule *Seq ;
```

Le pointeur NULL représente la séquence vide

Séquences chaînées en C

Notation algorithmique

```
Cellule : un type
Cellule : le type <elem: un entier, suiv: pointeur sur Cellule>
Seq : le type pointeur sur Cellule
```

Implémentation en C

```
typedef struct cellule {
            int elem ;
            struct cellule *suiv ;
        } Cellule ;

typedef Cellule *Seq ;
```

Le pointeur `NULL` représente la séquence vide

Parcours d'une séquence chaînée

Incrémenter tous les éléments de la séquence S ?

```
void IncElements (Seq S) {
   Seq elemC ; // element courant pour le parcours

   elemC = S ;
   while (elemC != NULL) { // tant qu'il existe encore un element
      elemC->elem = elemC->elem + 1 ; // on l'incremente
      elemC = elemC->suiv ;  // on passe au suivant
   }
}
```

Le paramètre S est ici de type Seq car il n'est pas modifié (passage par donnée)
Par contre chaque élément de S est modifié ...

Insertion en tête dans une séquence chaînée (1)

Version 1 : fonction

`Seq InsTete (Seq S, int x)`
ajoute le nouvel élément `x` en tête de `S` et renvoie la nouvelle séquence

```
Seq InsTete (Seq S, int x) {
   Seq tmp ; // temporaire pour le nouvel element

   // allocation d'un nouvel element x
   tmp = (Seq) malloc (sizeof(Cellule)) ;
   tmp->elem = x ;
   tmp->suiv = S ; // chainage en tete de S
   return tmp ; // renvoie la nouvelle sequence
}
```

Insertion en tête dans une séquence chaînée (2)

Version 2 : action avec paramètre résultat

`void InsTete (Seq *S, int x)`
modifie `S` en lui ajoutant en tête un nouvel élément `x`

```
void InsTete (Seq *S, int x) {
    Seq tmp ; // temporaire pour le nouvel element

   // allocation d'un nouvel element x
    tmp = (Seq) malloc (sizeof(Cellule)) ;
    tmp->elem = x ;
    tmp->suiv = *S ; // chainage en tete de S
    *S = tmp ; // affecte a S ce nouveau (premier) element
}
```

Le paramètre `S` est ici de type `Seq *` car il va être `modifié` (passage par donnée-résultat)

Et dans d'autres langages ?

Allocation dynamique présente dans la plupart des langage de programmation, mais sous différentes formes ...

- C, C++
  - gestion mémoire entièrement à la charge du programmeur
  - risque important d'erreurs
  - surcoût réduit (en temps d'exécution, en mémoire utilisée)
- Java
  - gestion mémoire partiellement à la charge du programmeur libération "automatique" (*ramasse-miettes*)
  - peu de risque d'erreurs
  - surcoût possible (en temps d'exécution, en mémoire utilisée)
- JavaScript, Python
  - gestion mémoire implicite (allocation, libération)
  - peu de risque d'erreurs
  - surcoût (en temps d'exécution, en mémoire utilisée)