

Cours Programmation I (chapitre 6)

Licence Fondamentale SMI (semestre 3)

Pr. Mouad BEN MAMOUN

m.benmamoun@um5r.ac.ma

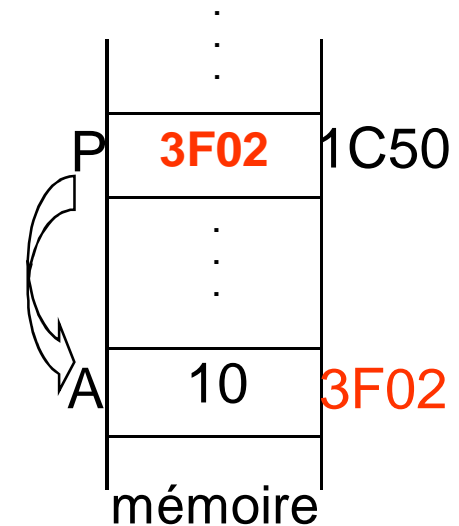
Année universitaire 2020/2021

Chapitre 6

Les pointeurs

Pointeurs : définition

- Un pointeur est une variable spéciale qui peut contenir l'adresse d'une autre variable.
- Exemple : Soit A une variable contenant la valeur 10 et P un pointeur qui contient l'adresse de A (on dit que P pointe sur A).
- Remarques :
 - Le nom d'une variable permet d'accéder *directement* à sa valeur
 - Un pointeur qui contient l'adresse de la variable, permet d'accéder *indirectement* à sa valeur
 - Le nom d'une variable est lié à la même adresse, alors qu'un pointeur peut pointer sur différentes adresses



Intérêts des pointeurs

- Les pointeurs présentent de nombreux avantages :
 - Ils sont indispensables pour permettre le passage par référence pour les paramètres des fonctions
 - Ils permettent de créer des structures de données (listes et arbres) dont le nombre d'éléments peut évoluer dynamiquement. Ces structures sont très utilisées en programmation.
 - Ils permettent d'écrire des programmes plus compacts et efficaces

Déclaration d'un pointeur

- En C, chaque pointeur est limité à un type de donnée (même si la valeur d'un pointeur, qui est une adresse, est toujours un entier).
- Le type d'un pointeur dépend du type de la variable pointée. Ceci est important pour connaître la taille de la valeur pointée.
- On déclare un pointeur par l'instruction : **type *nom-du-pointeur ;**
 - type est le type de la variable pointée
 - * est l'opérateur qui indiquera au compilateur que c'est un pointeur
 - Exemple :
int *pi; //pi est un pointeur vers une variable de type int
float *pf; //pf est un pointeur vers une variable de type float
- Rq: la valeur d'un pointeur donne l'adresse du premier octet parmi les n octets où la variable est stockée

Opérateurs de manipulation des pointeurs

- Lors du travail avec des pointeurs, nous utilisons :
 - un **opérateur 'adresse de'**: **&** pour obtenir l'adresse d'une variable
 - un **opérateur 'contenu de'**: ***** pour accéder au contenu d'une adresse
- Exemple1 :
 - **int * p;** //on déclare un pointeur vers une variable de type int
 - **int i=10, j=30;** // deux variables de type int
 - **p=&i;** // on met dans p, l'adresse de i (p pointe sur i)
 - **printf("*p = %d \n",*p);** //affiche : *p = 10
 - ***p=20;** // met la valeur 20 dans la case mémoire pointée par p (i vaut 20 après cette instruction)
 - **p=&j;** // p pointe sur j
 - **i=*p;** // on affecte le contenu de p à i (i vaut 30 après cette instruction)

Opérateurs de manipulation des pointeurs

- Exemple2 : `float a, *p;`
`p=&a;`
`printf("Entrez une valeur : \n");`
`scanf("%f ",p);` //supposons qu'on saisit la valeur 1.5
`printf("Adresse de a= %x, contenu de a= %f\n" , p,*p);`
`*p+=0.5;`
`printf ("a= %f\n" , a);` //affiche a=2.0
- **Remarque** : si un pointeur P pointe sur une variable X, alors *P peut être utilisé partout où on peut écrire X
 - `X+=2` équivaut à `*P+=2`
 - `++X` équivaut à `++ *P`
 - `X++` équivaut à `(*P)++` // les parenthèses ici sont obligatoires car l'associativité des opérateurs unaires * et ++ est de droite à gauche

Initialisation d'un pointeur

- A la déclaration d'un pointeur p, on ne sait pas sur quelle zone mémoire il pointe. Ceci peut générer des problèmes :
 - `int *p;`
`*p = 10;` //provoque un problème mémoire car le pointeur p n'a pas été initialisé
- **Conseil :** Toute utilisation d'un pointeur doit être précédée par une initialisation.
- On peut initialiser un pointeur en lui affectant :
 - l'adresse d'une variable (Ex: `int a, *p1; p1=&a;`)
 - un autre pointeur déjà initialisé (Ex: `int *p2; p2=p1;`)
 - la valeur 0 désignée par le symbole NULL, défini dans `<stddef.h>`.
Ex: `int *p; p=0;ou p=NULL;` (on dit que p pointe 'nulle part': aucune adresse mémoire ne lui est associé)
- Rq: un pointeur peut aussi être initialisé par une allocation dynamique (voir fin du chapitre)

Pointeurs : exercice

```
main()
{ int A = 1, B = 2, C = 3, *P1, *P2;
  P1=&A;
  P2=&C;
  *P1=(*P2)++;
  P1=P2;
  P2=&B;
  *P1-=*P2;
  ++*P2;
  *P1*=*P2;
  A=++*P2**P1;
  P1=&A;
  *P2=*P1/=*P2;
}
```

Donnez les valeurs de A, B,C,P1 et P2 après chaque instruction

Opérations arithmétiques avec les pointeurs

- La valeur d'un pointeur étant un entier, certaines opérations arithmétiques sont possibles : ajouter ou soustraire un entier à un pointeur ou faire la différence de deux pointeurs
- Pour un entier i et des pointeurs p , $p1$ et $p2$ sur une variable de type T
 - **$p+i$ (resp $p-i$)** : désigne un pointeur sur une variable de type T . Sa valeur est égale à celle de p incrémentée (resp décrétementée) de $i*\text{sizeof}(T)$.
 - **$p1-p2$** : Le résultat est un entier dont la valeur est égale à (différence des adresses)/ $\text{sizeof}(T)$.
- Remarque:
 - on peut également utiliser les opérateurs $++$ et $--$ avec les pointeurs
 - la somme de deux pointeurs n'est pas autorisée

Opérations arithmétiques avec les pointeurs

Exemple :

```
float *p1, *p2;  
float z =1.5;  
p1=&z;  
printf("Adresse p1 = %x \n",p1);  
p1++;  
p2=p1+1;  
printf("Adresse p1 = %x \t Adresse p2 = %x\n",p1,p2);  
printf("p2-p1 = %d \n",p2-p1);
```

Affichage :

Adresse p1 = 22ff44

Adresse p1 = 22ff48 Adresse p2 = 22ff4c

p2-p1=1

Pointeurs et tableaux

- Comme on l'a déjà vu au chapitre 5, le nom d'un tableau T représente l'adresse de son premier élément ($T = \&T[0]$). Avec le formalisme pointeur, on peut dire que T est un **pointeur constant** sur le premier élément du tableau.
- En déclarant un tableau T et un pointeur P du même type, l'instruction $P = T$ fait pointer P sur le premier élément de T ($P = \&T[0]$). On peut parcourir le tableau T en utilisant le pointeur P, en effet :
 - P pointe sur T[0] et *P désigne T[0]
 - P+1 pointe sur T[1] et *(P+1) désigne T[1]
 -
 - P+i pointe sur T[i] et *(P+i) désigne T[i]

Pointeurs et tableaux : exemple

- Exemple: `short x, A[7]={5,0,9,2,1,3,8};`
`short *P;`
`P=A;`
`x=*(P+5);`
- Le compilateur obtient l'adresse $P+5$ en ajoutant $5 * \text{sizeof}(\text{short}) = 10$ octets à l'adresse dans P
- D'autre part, les composantes du tableau sont stockées à des emplacements contigus et $\&A[5] = \&A[0] + \text{sizeof}(\text{short}) * 5 = A + 10$
- Ainsi, x est égale à la valeur de $A[5]$ ($x = A[5]$)

Pointeurs : saisie et affichage d'un tableau

Version 1:

```
main()
{ float T[100] , *pt;
  int i,n;
  do {printf("Entrez n \n " );
      scanf(" %d" ,&n);
      }while(n<0 ||n>100);

  pt=T;
  for(i=0;i<n;i++)
      { printf ("Entrez T[%d] \n ",i );
        scanf(" %f" , pt+i);
      }

  for(i=0;i<n;i++)
      printf (" %f \t",*(pt+i));
}
```

Version 2: sans utiliser i

```
main()
{ float T[100] , *pt;
  int n;
  do {printf("Entrez n \n " );
      scanf(" %d" ,&n);
      }while(n<0 ||n>100);

  for(pt=T;pt<T+n;pt++)
      { printf ("Entrez T[%d] \n ",pt-T );
        scanf(" %f" , pt);
      }

  for(pt=T;pt<T+n;pt++)
      printf (" %f \t",*pt);
}
```

Pointeurs et tableaux : exercice

- Soit P un pointeur qui 'pointe' sur un tableau A:
int A[] = {12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 89, 90};
int *P; P = A;
- Quelles valeurs ou adresses fournissent ces expressions:
 - a) ***P+2**
 - b) ***(P+2)**
 - c) **&A[4]-3**
 - d) **A+3**
 - e) **&A[7]-P**
 - f) **P+(*P-10)**
 - g) ***(P+*(P+8)-A[7])**

Pointeurs et tableaux : exercice

- Soit P un pointeur qui 'pointe' sur un tableau A:
int A[] = {12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 89, 90};
int *P; P = A;
- Quelles valeurs ou adresses fournissent ces expressions:
 - **a) *P+2** => la valeur 14
 - **b) *(P+2)** => la valeur 34
 - **c) &A[4]-3** => l'adresse de la composante A[1]
 - **d) A+3** => l'adresse de la composante A[3]
 - **e) &A[7]-P** => la valeur (indice) 7
 - **f) P+(*P-10)** => l'adresse de la composante A[2]
 - **g) *(P+*(P+8)-A[7])** => la valeur 23

Pointeurs et tableaux à deux dimensions

- Le nom d'un tableau A à deux dimensions est un pointeur constant sur le premier élément du tableau càd ($A = \&A[0][0]$),
- Pour une matrice $A[n][m]$ de n lignes et m colonnes :
 - **A** pointe sur $A[0][0]$ et ***A** désigne $A[0][0]$
 - **A+1** pointe sur $A[0][1]$ et ***(A+1)** désigne $A[0][1]$
 -
 - **A+m** pointe sur $A[1][0]$ et ***(A+m)** désigne $A[1][0]$
 -
 - **A+i*m** pointe sur $A[i][0]$ et ***(A+i*m)** désigne $A[i][0]$
 -
 - **A+i*m+j** pointe sur $A[i][j]$ et ***(A+i*m+j)** désigne $A[i][j]$

Pointeurs : saisie et affichage d'une matrice

Version 1:

```
#define N 10
#define M 20
main( )
{ int i, j, A[N][M];

    for(i=0;i<N;i++)
        for(j=0;j<M;j++)
            { printf ("Entrez A[%d][%d]\n ",i,j );
              scanf(" %d" , A+i*M+j);
            }

    for(i=0;i<N;i++)
        { for(j=0;j<M;j++)
            printf (" %d \t",*(A+i*M+j));
          printf ("\n");
        }
}
```

Version 2: sans utiliser d'indices

```
#define N 10
#define M 20
main( )
{ int i, A[N][M], *p,*q;
  for(p=A;p<A+N*M;p+=M)
    for (q=p;q<p+M;q++)
        { i=(p-A)/M;
          printf("entrez A[%d][%d]\n",i,q-p);
          scanf("%d",q);
        }

  for(p=A;p<A+N*M;p+=M)
    { for (q=p;q<p+M;q++)
        printf (" %d \t",*q);
      printf ("\n");
    }
}
```

Pointeurs et tableaux : remarques

En C, on peut définir :

- **Un tableau de pointeurs :**

Ex : `int *T[10];` //déclaration d'un tableau de 10 pointeurs d'entiers

- **Un pointeur de tableaux :**

Ex : `int (*pt)[20];` //déclaration d'un pointeur sur des tableaux de 20 éléments

- **Un pointeur de pointeurs :**

Ex : `int **pt;` //déclaration d'un pointeur pt qui pointe sur des pointeurs d'entiers

Allocation dynamique de mémoire

- Quand on déclare une variable dans un programme, on lui réserve implicitement un certain nombre d'octets en mémoire. Ce nombre est connu avant l'exécution du programme
- Or, il arrive souvent qu'on ne connaît pas la taille des données au moment de la programmation. On réserve alors l'espace maximal prévisible, ce qui conduit à un gaspillage de la mémoire
- Il serait souhaitable d'allouer la mémoire en fonction des données à saisir (par exemple la dimension d'un tableau)
- Il faut donc un moyen pour allouer la mémoire lors de l'exécution du programme : c'est l'allocation dynamique de mémoire

La fonction malloc

- La fonction **malloc** de la bibliothèque `<stdlib>` permet de localiser et de réserver de la mémoire, sa syntaxe est : **malloc(N)**
- Cette fonction retourne un pointeur de type `char *` pointant vers le premier octet d'une zone mémoire libre de N octets ou le pointeur `NULL` s'il n'y a pas assez de mémoire libre à allouer.
- Exemple : Si on veut réserver la mémoire pour un texte de 1000 caractères, on peut déclarer un pointeur p sur **char** (**char *p**).
 - L'instruction: **p = malloc(1000);** fournit l'adresse d'un bloc de 1000 octets libres et l'affecte à p. S'il n'y a pas assez de mémoire, p obtient la valeur zéro (`NULL`).
- Remarque : Il existe d'autres fonctions d'allocation dynamique de mémoire dans la bibliothèque `<stdlib>`

La fonction malloc et free

- Si on veut réserver de la mémoire pour des données qui ne sont pas de type char, il faut convertir le type de la sortie de la fonction malloc à l'aide d'un cast.
- Exemple : on peut réserver la mémoire pour 2 variables contiguës de type int avec l'instruction : `p = (int*)malloc(2 * sizeof(int));` où p est un pointeur sur **int** (**int *p**).
- Si on n'a plus besoin d'un bloc de mémoire réservé par **malloc**, alors on peut le libérer à l'aide de la fonction **free**, dont la syntaxe est : **free(pointeur)**;
- Si on ne libère pas explicitement la mémoire à l'aide de **free**, alors elle est libérée automatiquement à la fin du programme.

malloc et free : exemple

Saisie et affichage d'un tableau

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
main()
{ float *p,*T;
  int n;
  printf("Entrez la taille du tableau \n" );
  scanf(" %d" ,&n);

  T=(float*) malloc(n*sizeof(float));
  if (T==Null)
  {
    printf( " pas assez de mémoire \n" );
    system(" pause " );
  }
}
```

```
printf(" Saisie du tableau \n " );
for(p=T;p<T+n;p++)
{ printf (" Entrez T[%d]\n ",p-T);
  scanf(" %f" , p);
}

printf(" Affichage du tableau \n " );
for(p=T;p<T+n;p++)
  printf (" %f \t",*p);
free(p);
}
```

Exercice

- Ecrire un programme qui permet d'allouer la mémoire dynamiquement à un tableau T de n réels, de saisir le tableau T et une valeur donnée x. Ensuite, le programme affiche si cette valeur se trouve dans le tableau ou non. Utilisez uniquement le formalisme pointeur.