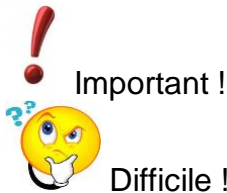


Programmation en C/C++

Série 8

Les pointeurs



Objectifs

Maîtriser les adresses des variables, utiliser les pointeurs.

Conseil

Ce chapitre est difficile et important ; il faut prendre le temps de le comprendre puis de l'assimiler. De plus, les notions abordées dans ce chapitre seront reprises par la suite.

Introduction

! Chaque variable est rangée à une adresse précise dans la mémoire vive de l'ordinateur. Une variable est donc caractérisée par son nom, son adresse et son contenu. Une adresse est généralement un entier long.

Un pointeur est une variable qui contient une adresse.

Quel est l'intérêt des pointeurs, à quoi peuvent-ils bien servir ? Les pointeurs vont permettre de travailler directement à une adresse mémoire donnée : on va pouvoir modifier ou lire directement le contenu à cette adresse. Les pointeurs vont permettre la modification du contenu des variables lors de l'appel de fonctions. Avec les fonctions, il n'est possible de renvoyer qu'une seule valeur ; grâce aux pointeurs on pourra contourner ce problème : il sera possible de modifier plusieurs valeurs auxquelles pourra ensuite accéder le programme appelant. Les pointeurs vont permettre également de gérer plus finement la mémoire. Par exemple, au lieu d'allouer de la mémoire pour un tableau de 100 entiers, même s'il n'est pas plein, on va pouvoir créer des structures dynamiques comme les listes chaînées qui vont permettre d'allouer de la mémoire en fonction des besoins, supprimer ou ajouter des éléments, ce qui n'était pas possible avec les tableaux. Les listes chaînées font faire l'objet d'un chapitre important et difficile qui s'appuiera complètement sur celui-ci mais également sur ceux traitant des fonctions et de la récursivité.

Définition d'un pointeur



Un pointeur est une variable qui contient une adresse.

Exemples

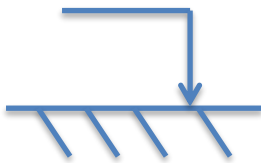
```
int *p;
```

On a défini un pointeur *p* qui aura en mémoire l'adresse d'un entier.

```
int *P1= NULL;
```

On a déclaré un pointeur *P1* qui aura en mémoire l'adresse d'un entier ; pour le moment le pointeur est "vide" : il ne stocke pas d'adresse : on dira qu'il ne pointe sur rien.

Pointeur NULL



Affichage d'une adresse mémoire



Pour afficher l'adresse d'une variable ou le contenu d'un pointeur (il contient une adresse !) on utilisera :

- le format entier long (%d) pour un affichage en base 10 (cela génère un warning) ou
- le format hexadécimal (%p) pour un affichage en base 16 (hexadécimal).



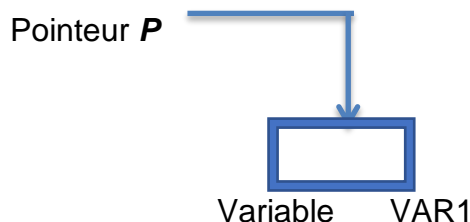
Faire pointer un pointeur sur une variable

Soit une variable *VAR1* stockant un entier. Créons un point *P* qui pointe sur cette variable :

```
int VAR1;
```

```
int *P = NULL;
```

```
P = &VAR1;
```



Explications

Pour que *P* pointe sur la variable *VAR1* il faut que *P* ait en mémoire l'adresse de *VAR1* !

int VAR1;

On a déclaré une variable *VAR1* qui contiendra un entier. En fait, on a réservé un espace mémoire suffisant pour stocker un entier, à une adresse donnée. La variable *VAR1* connaît l'entier rangé à cette adresse.

*int *P = NULL;*

On déclare un pointeur nommé *P*. En fait, on a réservé un espace mémoire suffisant pour stocker une adresse où est rangé un entier.

P = &VAR1;

L'affectation se lit, comme toujours de la droite vers la gauche : on recopie l'adresse de *VAR1* dans *P*. Autrement dit : à l'adresse de la variable *VAR1*, on fait pointer *P*. On dira que *P* pointe sur *VAR1*.

Conséquences

Toute modification du contenu de *VAR1* est vue par le pointeur *P*. Réciproquement, toute modification via le pointeur *P* affecte le contenu de *VAR1*.

Adresse d'une variable



Pour afficher l'adresse d'une variable on fait précéder son nom du symbole &.

Pour afficher une adresse on utilisera le format entier long (*%ld*) ou hexadécimal (*%p*).

Exemple

Soit une variable *VAR1* contenant un entier (*int VAR1*).

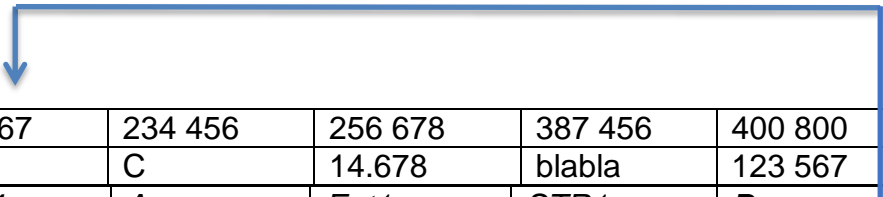
Pour afficher le contenu de *VAR1* : on écrit *printf("%d", VAR1)*

Pour afficher l'adresse de *VAR1* : on écrit *printf("%p", &VAR1)* (*%p* pour afficher l'adresse en hexadécimal ou *%ld* pour afficher l'adresse en entier long mais cela génère un warning).



Remarque sur l'instruction *scanf()*

Lorsqu'on a utilisé précédemment l'instruction *scanf()*, on a utilisé les adresses des variables, sans le savoir. En effet, une ligne du type *scanf("%d", &Var)* va écrire l'entier saisi au clavier à l'adresse où est stockée la variable nommée *Var* (*&Var*).



Adresse	123 567	234 456	256 678	387 456	400 800
Valeur	14	C	14.678	blabla	123 567
Nom de la variable	VAR1	A	Ent1	STR1	P
Type de la variable	int	char	float	char *	Int * Pointeur sur entier

Le pointeur *P* contient l'adresse 123567 où est rangée la variable *A*. Le contenu stocké à cette adresse est l'entier 14. On dira que *P* pointe sur *VAR1*.

Contenu stocké à une adresse donnée par un pointeur



Pour afficher le contenu stocké à une adresse mémorisée par un pointeur : on fait précéder le pointeur du symbole `*`.

Exemple

Soit un pointeur sur un entier *P1* (`int *P1`).

Pour afficher l'adresse pointée : on écrit `printf("%p", P1);`

Pour afficher le contenu stocké à cette adresse : on écrit `printf("%d", *P1);`



Passage de paramètres par adresse aux fonctions

Exemple 1

Jusqu'à présent, nous avons passé des paramètres par valeur, aux fonctions :

Reprenons le programme précédent :

```
// Fonction Somme
int Somme (int VAR1, int VAR2)
{
    return (VAR1+VAR2);
}

// programme principal
int main()
{
    int a,b;
    printf("Valeur de a ?");
    scanf("%d", &a);
    printf("Valeur de b ?");
    scanf("%d", &b);
    printf("La somme : %d", Somme(a,b));
    return 0;
}
```

```
}
```

Au niveau du programme principal, on appelle la fonction *Somme* en lui "envoyant le contenu des variables *a* et *b*". Au niveau de cette fonction, le contenu de *a* est recopié dans *VAR1* et le contenu de *b* est recopié dans *VAR2*. La fonction *Somme* n'accède pas aux variables *a* et *b* ; elle ne peut donc modifier leur contenu.

Exemple 2

Voyons maintenant le programme suivant qui permute les contenus de deux variables :

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
```

```
// Fonction Permut
void Permut (int* VAR1, int* VAR2)
{
    int tampon;

    tampon=*VAR1;
    *VAR1=*VAR2;
    *VAR2=tampon;
}
```

```
// programme principal
int main()
{
    int A,B;
    printf("Valeur de a ?");
    scanf("%d", &A);
    printf("Valeur de b ?");
    scanf("%d", &B);

    Permut(&A,&B);

    printf("A vaut : %d",A);
    printf("B vaut : %d",B);

    return 0;
}
```



Explications

Le programme principal appelle la fonction *Permut* et lui envoie, en paramètres, les adresses des variables *A* et *B*. Ces 2 adresses sont recopiées respectivement dans les pointeurs *VAR1* et *VAR2*. Ces deux pointeurs accèdent donc directement aux contenus des variables *A* et *B*, via ces adresses.

```
tampon=*VAR1;
```

On recopie dans *tampon* le contenu présent à l'adresse pointée par *VAR1*.

`*VAR1=*VAR2;`

On recopie, à l'adresse pointée par *VAR1*, le contenu présent à l'adresse pointée par *VAR2*.

`*VAR2=tampon;`

On recopie, à l'adresse pointée par *VAR2*, le contenu de tampon.

En revenant dans le programme principal, on affiche les contenus de *A* et *B* qui ont donc été modifiés.

Remarque

Le prototype de *Permut* est : `void Permut (int *, int *)`



Cas particulier des tableaux

Lorsque nous avons travaillé sur les fonctions, lorsque nous passions en paramètre un tableau nous écrivions : `int T [5]` cela signifiait que nous déclarions un tableau de 5 entiers. En fait, *T* est un pointeur sur le premier élément du tableau *T*. Donc *T* a en mémoire l'adresse de *T* [0] c'est-à-dire `&T [0]`, l'adresse où le début du tableau est stocké. C'est d'ailleurs pour cela que nous étions obligé d'envoyer en deuxième paramètre le nombre d'éléments du tableau aux fonctions manipulant des tableaux : On envoyait donc l'endroit où débute le tableau (adresse) et le nombre de cases qu'il comporte.

Exemple 1

On cherche, dans un premier temps, à afficher un tableau de 5 réels (1.1 , 1.2, 1.3 , 1.4, 1.5). Nous n'utiliserons pas directement les pointeurs.

Solution

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
```

```
int main() {
    int i;
    float T [5]={1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5};
    for(i=0 ; i<5 ; i++) {
        printf("%f\t", T[i]);
    }

    return 0;
}
```

Exemple 2

On cherche à réaliser la même chose mais en utilisant un pointeur *p* sur ce tableau...

Solution

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
```

```

int main() {
    int i;
    float *p;

    float T[5]={1.1,1.2,1.3,1.4,1.5};

    p=T;

    for(i=0 ; i<5 ; i++) {
        printf("%f\t",p[i]); }

    return 0;
}

```

Remarque

p est un pointeur sur un réel (*float*).

$p = T$ signifie que p pointe sur le tableau donc sur le premier élément du tableau.

Autre solution...

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

```

```

int main() {
    int i;
    float *p;

    float T[5]={1.1,1.2,1.3,1.4,1.5};
    p=T;
    for(i=0 ; i<5 ; i++) {
        printf("%f\t",*p);
        p++;
    }

    return 0;
}

```



Cas particulier des chaînes de caractères

En langage C, une chaîne de caractère (succession de lettres, chiffres ou symboles) est en fait un tableau de caractères dont le dernier élément est '\0' (fin de chaîne).

Les chaînes de caractères seront traitées dans le chapitre suivant.

Exemple 1

Nous allons chercher à afficher le contenu de la chaîne nommée *ch* et à laquelle on a affecté 'Salut !', soient 7 caractères. Nous n'utiliserons pas les pointeurs sauf pour déclarer la chaîne (*char * ch*). Nous traiterons la chaîne comme un tableau de caractères.

Solution

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

int main() {
    int i;

    //déclaration de la chaîne ch
    char *ch ;

    //on affecte les 7 caractères suivants à ch :
    ch = "Salut !";

    for(i=0 ; ch[i]!='\0' ; i++) {
        printf("%c",ch[i]);
    }

    return 0;
}
```

Remarque

On affiche le tableau, caractère après caractère (%c).

Exemple 2

On cherche à réaliser les mêmes choses avec les notations des pointeurs plutôt que celles des tableaux...

Solution

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

int main() {
    int i;
    char *ch ;

    //on affecte les 7 caractères suivants à ch :
    ch = "Salut !";

    for(i=0 ; i<7 ; i++) {
        printf("%c",*ch);
        ch++;
    }

    return 0;
}
```

Remarque

À chaque tour de boucle, on affiche le contenu vers lequel pointe *ch* et ensuite on incrémente *ch* (on passe au caractère suivant).

Intérêt des pointeurs

Les pointeurs permettent de réaliser des choses jusqu'à présent impossibles :

- Accès direct et donc plus rapide aux contenus à partir des adresses,
- Modification des contenus en utilisant des fonctions,
- Modification des contenus sans utiliser des variables globales,
- Possibilité d'avoir plusieurs résultats à partir d'une fonction,
- Supprimer ou ajouter des éléments dans des listes (interdit avec les tableaux)
- Créer de nouvelles structures (listes chaînées, arbres...)

En résumé

Pour une variable *A*

Supposons que la variable *A* soit rangée à l'adresse mémoire 150200

Supposons que le pointeur *P* soit rangé à l'adresse mémoire 250600

A : on parle du contenu de la variable *A* (ici 12)

&*A* : on parle de l'adresse de la variable *A* (ici 150200)

Pour un pointeur *P*

P : on parle de l'adresse où pointe *P* (ici 150200)

**P* : on parle du contenu présent là où pointe *P* (ici 12 : c'est aussi le contenu de la variable *A*)

&*P* : on parle de l'adresse du pointeur *P* (ici 250600)

Nous reviendrons sur les pointeurs lors des chapitres suivants, en particulier ceux sur les chaînes de caractères et les listes chaînées.

EXERCICES

Exercice 1

Énoncé

Créer une variable *a* qui stocke l'entier 44. Créer un pointeur *p* qui pointe sur la variable *a*. Écrire le programme qui affiche successivement :

- Le contenu de *a*,
- L'adresse de *a*,
- Le contenu du pointeur *p*,
- L'adresse du pointeur *p*,
- Le contenu présent à l'adresse que contient le pointeur *p*.

Corrigé

```
contenu de a : 44
adresse de a : 140734744370104
contenu du pointeur p : 140734744370104
adresse du pointeur p : 1550982064
le contenu present a l'adresse ou pointe le pointeur p est : 44
```

Affichage généré à l'exécution

Programme source

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

int main () {
    int a =44;

    // pointeur p qui a en memoire l'adresse de a
    int *p= &a;

    printf("Contenu de a :%d \n",a);
    printf ("Adresse de a : %ld \n", &a);
    printf("Contenu du pointeur p (adresse où il pointe) :%ld \n",p);
    printf ("Adresse du pointeur p : %ld \n", &p);
    printf ("Contenu present a l'adresse que contient le pointeur p : %d \n", *p);

    return 0;
}
```

Rq

Le contenu du pointeur est bien une adresse.
Le pointeur est stocké lui-même à une adresse.

Exercice 2

Énoncé

Créer une variable *a* qui stocke l'entier 44 puis dans l'ordre :

- Créer une variable *b* de type entier.
- Créer un pointeur *p* qui pointe sur la variable *a*.
- Affecter à la variable *b* le contenu présent à l'adresse pointée par *p*.
- Afficher le contenu de *b*, pour finir. Qu'affiche le programme ?

Corrigé

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
int main () {
    int a =44; int b;

    //pointeur p qui a en memoire l'adresse de a
    int *p= &a;

    // le contenu stocké à l'adresse pointé par p est stockée dans b
    b=*p;
    printf (" le contenu de la variable b vaut maintenant : %d\n ",b);
    return 0;
}
```

Le programme affiche 44.

Exercice 3

Énoncé

Qu'affiche le programme suivant ? Pourquoi ?

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
int main () {
    int a =44;
    int *P= NULL;

    P=&a;
    a=45;

    printf (" le contenu de a vaut maintenant : %d\n ",*P);
    return 0;
}
```

Corrigé

On affecte l'adresse de *a* au pointeur *P* ($P=&a$) donc *P* pointe sur *a*. On affecte ensuite la valeur 45 à la variable *a*. Donc, si on affiche le contenu à l'adresse où pointe *P*, il s'affichera 45.

Exercice 4

Énoncé

Qu'affiche le programme suivant ? Pourquoi ?

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
int main () {
    int a =44; int b;
    int *P= NULL;
```

```
    P=&a;
    a=45;
    *P=46;
```

```
    printf (" le contenu de a vaut maintenant : %d\n ",a);
    return 0;
}
```

Corrigé

On affecte l'adresse de *a* au pointeur *P* ($P=&a$) donc *P* pointe sur *a*. On affecte ensuite la valeur 45 à la variable *a* puis on affecte la valeur 46 à l'adresse où pointe *P*. Donc, le contenu de *a* est modifié puisqu'il s'agit du contenu à la même adresse que *P* ! Si on affiche le contenu de la variable *a*, il s'affichera 46.

Exercice 5

Énoncé

On reprendra l'exemple du cours où un programme faisait appel à une fonction *Somme* en lui passant 2 nombres entiers en paramètres. Cette fois, on enverra les adresses des deux nombres préalablement saisis au niveau du *main()* ; la fonction retournera le résultat de la somme de ces 2 nombres.

Contrainte : utilise une prototype pour la fonction.

Corrigé

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
```

```
int Somme(int *, int *);
```

```
int main() {
```

```

    int a, b;

    printf("Saisir a : ");
    scanf("%d", &a);
    printf("Saisir b : ");
    scanf("%d", &b);

    printf("%d + %d = %d\n", a, b, Somme(&a, &b));

}

int Somme(int *varA, int *varB) {
    return (*varA + *varB);
}

```



Exercice 6

Énoncé

On reprendra ici l'exemple de cours sans le regarder :

Écrire un programme principal qui demande de saisir 2 entiers dans des variables et appelle ensuite une fonction qui va permuter les contenus de ces 2 variables. On n'utilisera pas de variable globale mais des pointeurs.

Corrigé

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

// Fonction Permut
void Permut (int* VAR1, int* VAR2)
{
    int tampon;

    tampon=*VAR1;
    *VAR1=*VAR2;
    *VAR2=tampon;
}

// programme principal
int main()
{
    int A,B;
    printf("Valeur de a ?");
    scanf("%d", &A);

```

```

printf("Valeur de b ?");
scanf("%d", &B);
Permut(&A,&B);
printf("A vaut : %d\n ",A);
printf("B vaut : %d\n ",B);

return 0;
}

```



Exercice 7

Énoncé

Qu'affiche le programme suivant si on saisit successivement 1 et 5 ? Pourquoi ?

Faire un schéma pour comprendre les contenus des différents pointeurs ou variables.

Bien réfléchir, la réponse n'est pas celle que l'on croit !!

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

```

```

// Fonction Permut
void Permut (int* VAR1, int* VAR2)
{
    int* Tampon;

```

```

    Tampon=VAR1;
    VAR1=VAR2;
    VAR2=tampon;
}

```

```

// programme principal
int main()
{
    int A,B;
    printf("Valeur de A ?");
    scanf("%d", &A);
    printf("Valeur de B ?");
    scanf("%d", &B);
    Permut(&A,&B);
    printf("A vaut : %d\n ",A);
    printf("B vaut : %d\n ",B);

    return 0;
}

```

Corrigé

```
Valeur de a ?1
Valeur de b ?5
A vaut : 1
B vaut : 5
```

Il s'affichera encore 1 et 5 !!

On a tout simplement et uniquement permuté les adresses en mémoire des pointeurs VAR1 et VAR2.

Le contenu pointé par VAR1 vaut certes 5 et le contenu pointé par VAR2 vaut 1 mais on affiche les contenus de A et B : les contenus aux adresses des variables A et B n'ont pas été modifiés !!



Exercice 8

Énoncé

Écrire le programme qui affecte la valeur 10 à une variable x puis envoie l'adresse de x à une fonction nommée "maFonction" qui va modifier le contenu de x à la valeur 5. Le programme devra afficher les données comme suit :

```
L'adresse de x est : 140734726032312
Contenu de x avant l'appel de la fonction : 10
Valeur contenue a l'adresse ou pointe P2 avant modif dans la fonction : 10
Valeur contenue apres modif a l'adresse ou pointe P2 dans la fonction : 5
Valeur de x dans le main et apres l'appel de fonction : 5
L'adresse de x apres appel de la fonction : 140734726032312
```

Corrigé

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
```

```
// prototype de la fonction
void maFonction(int *);
```

```
int main() {
```

```
int x=10;
```

```
printf("L'adresse de x est : %ld\n", &x);
printf ("Contenu de x avant l'appel de la fonction : %d\n", x);
```

```
// Envoi de l'adresse de x à maFonction
maFonction(&x);
```

```
// Affichage de la valeur de x modifiée et qui vaut maintenant 5 !
printf("Valeur de x dans le main et apres l'appel de fonction : %d\n", x);
printf("L'adresse de x apres appel de la fonction : %ld\n", &x);
return 0;
```

```

}

void maFonction(int *P_2) {
printf("Valeur contenue a l'adresse ou pointe P2 avant modif dans la fonction : %d\n",
*P_2);

// Affectation de la valeur 5 à l'adresse pointée par P_2
*P_2 = 5;

printf("Valeur contenue apres modif a l'adresse ou pointe P2 dans la fonction : %d\n",
*P_2);
}

```

Exercice 9

Énoncé

Créer un tableau de 5 nombres réels. Écrire une fonction *Affiche* qui affichera les éléments du tableau grâce à un pointeur que l'on déplace d'élément en élément.

Corrigé

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

void Affiche (float T [] , int Taille_Tab) {
int i;
float * P = NULL; // on déclare un pointeur sur des réels

for(i=0; i<Taille_Tab; i++) {
    P = &T [i]; // on fait pointer P sur le contenu de T [i]

    // on affiche le contenu présent où pointe P :
    printf("Element %d : : %.2f \n", (i+1), *P);
}

return;
}

int main() {
int i;
float T [5];

for(i=0 ; i<5 ; i++) {
printf("Saisir le reel %d : \n ",(i+1));
scanf("%f",&T[i]); }
Affiche (T, 5);
return 0;
}

```




Exercice 10

Énoncé

Créer un tableau de 5 nombres réels. Écrire une fonction qui permet de calculer la valeur la plus petite et la valeur la plus grande de ce tableau.

Conseil : utiliser 2 pointeurs.

Corrigé

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
```

```
void Max_Min (float T [] , int Taille_Tab, float *Min, float *Max) {
    int i;
```

```
    for(i=0; i<Taille_Tab; i++) {
        if (T [i]>*Max)
            *Max = T [i];
        if (T [i]<*Min)
            *Min = T [i];
    }
    return;
}
```

```
int main() {
    int i;
    float Min; float Max;
    float T [5];
```

```
    for(i=0;i<5;i++) {
        printf("Saisir le reel %d : \n ",(i+1));
        scanf("%f",&T[i]);
    }
    Min = Max = T[0];
```

```
    Max_Min (T, 5, &Min, &Max);
```

```
    printf("Valeur mini : %f\n",Min);
    printf("Valeur max : %f\n",Max);
```

```
    return 0;
}
```

Remarque

On envoie les adresses de *Min* et *Max* à la fonction qui recherche les 2 valeurs extrêmes du tableau ; il s'agit d'un passage de paramètres par adresse. La fonction *Max_Min* peut donc modifier les contenus présents à ces 2 adresses. Au niveau du programme principal on récupérera donc les contenus présents à ces deux adresses. La fonction *Max_Min* reçoit 4 arguments : le tableau, le nombre d'éléments du tableau

et les adresses de *Min* et *Max*. On n'aurait pas pu traiter cet exercice avec un passage de paramètres par valeur : une seule valeur aurait pu être retournée !

Nous reviendrons sur les pointeurs et les utiliserons lors des séries suivantes.

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
int somme(int *varA, int *varB) {  
    return (*varA + *varB) ;  
}
```

```
int main() {  
    int a, b;  
    int *Resultat=NULL;  
  
    printf("Saisir a : ");  
    scanf("%d", &a);  
    printf("Saisir b : ");  
    scanf("%d", &b);  
  
    printf("%d + %d = %d\n", a, b, Somme(&a, &b));  
}
```