

1 Les fonctions

Abstraction d'un calcul **vis-à-vis de paramètres** (variables).

Une fonction est **définie** sur un domaine A et à valeurs dans B :

- ⇒ elle prend un ou plusieurs **arguments**,
- ⇒ elle retourne **UNE valeur**.

Quatre éléments de finition, dans l'ordre :

1. le **type** de la valeur qu'elle **retourne**,
2. son **nom**,
3. les **types** des **paramètres** qu'elle **attend**,
4. et son **corps**.

```
#include <stdio.h>

int add (int i, int j)
{
    return (i + j) ;    // Corps: retourne bien un int.
}

int main ()
{
    int n = 5 ;

    printf ("%d    %d\n", add (n, 1), add (2, add (n, 3))) ;
    return (0) ;
}
```

Paramètre **formel** : nom donné dans la définition de la fonction.

Paramètre **effectif** : expression donnée à un paramètre formel lors de l'appel.

2 Appel de fonction

Écrire une fonction **ne l'appelle pas** ! Pour qu'elle « *travaille* » ... il faut **l'appeler**.

La fonction **main** est la seule exception : c'est le **point d'entrée du programme** et elle est « *automatiquement* » appelée.

Principe d'un appel de fonction, dans l'ordre :

1. Évaluation (calcul) des expressions **arguments effectifs** \rightsquigarrow **valeurs**.
2. « Association » de chaque **paramètre formel** avec sa **valeur**.
3. Calcul du **corps** de la fonction (sous ces hypothèses d'association).
4. Transmission à **l'appelant** de la **valeur retournée** par ce **corps**.

3 Déclaration/prototype

Même principe que pour les variables : les fonctions doivent être **déclarées**.

Primordial si votre fonction est appelée dans un **autre fichier source**.

Prototype : type de retour + nom + types des arguments + ;

```
int add (int, int) ;
```

Un prototype de fonction se met dans un fichier **.h** qui est **#include-é** par les fichiers source **utilisant** (appelant) cette fonction.

4 Déroulement d'appel

La **transmission des arguments** et le **retour de valeur** se font via la **pile d'exécution**.

Pour chaque paramètre, on transmet toujours, lors de l'appel, une **copie** de la valeur calculée.

Lors de l'appel, les variables **locales** d'une fonction sont créées. Elles disparaissent à la **fin de l'appel**.

Si une fonction est déclarée comme **retournant** une valeur d'un type *t*, elle doit obligatoirement **finir toutes ses exécutions** par un **return** d'une valeur de type *t*.

```
float add (float i, float j)
{
    return (i + j) ;    // Correct: retourne bien un float.
}
```

```
int is_zero (int i)
{
    if (i == 0) return (1) ;
    // Incorrect: si i différent de 0, ne retourne de défini.
}
```

```
float one_instead_of_zero (int i)
{
    if (i == 0) return (1.0) ;
    else return (i) // Incorrect: i est un int, pas un float.
}
```

Certaines fonctions *« n'ont rien (de pertinent) à retourner »* : elles sont de type de retour **void**. Leur **return** est optionnel en fin de corps.

```
void print_hello ()
{
    printf ("Hello\n") ;
    return ; // Optionnel car on est a la fin du corps.
}
```

5 Fonction récursive

Une fonction **récursive** est une fonction qui s'appelle **elle-même**.

L'idée est de **diviser** un problème *P* en **sous-problèmes** (certains de la **même forme**), de résoudre ces sous-problèmes de manière directe si c'est possible sinon de la **même manière** que *P* (le problème initial), puis de **combiner** le résultat de ces sous-problèmes pour résoudre le problème initial *P*.

Autrement dit, on traite le problème *P* en le ramenant à un problème de la **même forme** mais plus **petit** ...

Il faut nécessairement un (des) **cas d'arrêt** sinon la fonction ne **terminerait pas**.

Une fonction peut avoir **plusieurs** appels récursifs.

Le déroulement des appel se passe **exactement** comme pour les fonctions non récursives.

On empile les arguments, l'adresse de retour, etc . . . On appelle la fonction. Lorsqu'elle a terminé d'exécuter son corps (qui procédera de la **même façon** pour les appels **récursifs**) elle transmet son résultat et on revient dans la fonction appelante.

5.1 La somme des n premiers entiers

```
unsigned int sum (unsigned int n)
{
    if (n == 0) return (0) ;
    else return (n + sum (n - 1)) ;
}
```

La somme des entiers de n à 0 est égale à n + la somme des entiers de $n - 1$ à 0. Donc on divise le problème en « *la valeur n* », un sous-problème de même forme sur $n - 1$, on combine les solutions par une addition et on s'arrête si $n = 0$.

5.2 Fonctions mutuellement récursives

Des fonctions peuvent s'appeler mutuellement : elles sont **mutuellement récursives**.

```
#include <stdbool.h>

bool natural_even (unsigned int n)
{
    if (n == 0) return (true) ;
    else return (natural_odd (n - 1)) ;
}

bool natural_odd (unsigned int n)
{
    if (n == 0) return (false) ;
    else return (natural_even (n - 1)) ;
}
```

Un entier n est pair s'il est égal à 0 ou si $n - 1$ est impair. Si un entier n est égal à 0 alors il n'est pas impair, sinon il est impair si $n - 1$ est pair. Dans les deux cas, on s'arrête si $n = 0$. Ici l'opération de combinaison est triviale (rien à faire) puisque le résultat de l'appel récursif est directement le résultat du problème.