

Programmation « orientée système » LANGAGE C – INTRODUCTION (2/3)

Jean-Cédric Chappelier

Laboratoire d'Intelligence Artificielle
Faculté I&C

Objectifs du cours d'aujourd'hui

- ▶ structures de contrôle
- ▶ fonctions

Structures de contrôle

C (comme la plupart des langages de programmation) permet la représentation d'enchaînements d'instructions complexes grâce aux **structures de contrôle**

- ☞ permet de **modifier l'ordre linéaire d'exécution** d'un programme.
- ☞ faire exécuter à la machine des tâches de façon **répétitive**, ou **en fonction de certaines conditions** (ou les deux).

Les structures de contrôle

On distingue 3 types de structures de contrôle :

les **branchements conditionnels** : *si ... alors ...*

```

Si Δ = 0
  x ← -b/2
Sinon
  x ← (-b-√Δ)/2, y ← (-b+√Δ)/2

```

les **boucles conditionnelles** : *tant que ...*

```

Tant que réponse non valide
  poser la question

```

les **itérations** : *pour ... allant de ... à ...*

$$x = \sum_{i=1}^5 \frac{1}{i^2}$$

```

x ← 0
Pour i de 1 à 5
  x ← x + 1/i^2

```

Note : on peut toujours faire des itérations en utilisant des boucles, mais conceptuellement (et syntaxiquement aussi dans certains langages) il y a une différence.

Instructions composées : les blocs

En C, les instructions peuvent être **regroupées** en **blocs**.

Les blocs sont identifiés par des **délimiteurs explicites** de début et de fin de bloc : `{ }`

Exemple de bloc :

```
{  
  int i ;  
  double x ;  
  printf("Valeurs pour i et x :");  
  scanf("%d", &i);  
  scanf("%lf", &x);  
  printf("Vous avez entré : i=%d, x=%lf\n", i, x);  
}
```

presque comme en Java

Blocs et portée

En C, les blocs ont une grande autonomie.

Que ce soient des corps de fonctions ou non, ils peuvent contenir leurs propres déclarations / initialisations de variables :

```
if (fabs(x) > EPSILON) { // if (x != 0.0) à la précision EPSILON  
  double y = 0.0;  
  // ... on fait des choses avec y...  
  y = 5.0 / x;  
  // etc.  
}  
// À partir d'ici on NE peut PLUS utiliser cet y
```

(contrairement à Java) Un sous-bloc peut redéfinir une variable de même nom. Elle a pour portée ce bloc et masque la variable du bloc contenant.

Notion de portée : local/global

différent de Java !

- ▶ les variables déclarées à l'intérieur d'un bloc sont appelées **variables locales** (au bloc). Elles ne sont accessibles qu'à l'intérieur du bloc.
- ▶ les variables déclarées en dehors de tout bloc (même du bloc `main(void){}`) seront appelées **variables globales** (au programme). Elles sont accessibles dans l'ensemble du programme.

Conseil : Ne jamais utiliser de variables globales (sauf peut être pour certaines constantes).

☞ effets de bords, contrôle ingérable

différent de Java !

Portée

Les références à des objets externes au bloc courant sont autorisées.

En cas d'ambiguïté dans le nom, c'est-à-dire de plusieurs variables (de blocs différents) portant le même nom, les règles utilisées en C sont les suivantes (*résolution à la portée la plus proche*) :

l'objet interne est systématiquement choisi (portée locale), ou sinon celle du bloc le plus directement supérieur.

Conseil : **à éviter au maximum** d'utiliser plusieurs fois le même nom de variable (sauf peut être pour des variables locales aux boucles : `i`, `j`, etc..)

☞ confusion pour le lecteur humain et d'autres programmeurs potentiels, (ou même vous !) en cas de reprise future du code

Exemple (à ne pas suivre !)

```
#include <stdio.h>

int const MAX = 5;

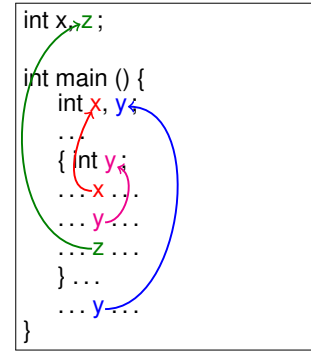
int main(void) {
    int i = 120;

    { int i = 1;
      for (; i < MAX; ++i) {
          printf("%d ", i);
      }
    }
    printf("%d\n", i);
    return 0;
}
```

donne en sortie ⇔



Portée



Branchement conditionnel

comme en Java

Le branchement conditionnel permet d'exécuter des traitements selon certaines conditions.

La syntaxe générale d'un branchement conditionnel est

```
if (condition)
    Instructions 1
else
    Instructions 2
```

La condition est tout d'abord évaluée puis, si le résultat de l'évaluation est vrai alors la séquence d'instructions 1 est exécutée, sinon la séquence d'instructions 2 est exécutée.

Instructions 1 et *Instructions 2* sont soit une **instruction élémentaire**, soit un **bloc d'instructions**.

Branchement conditionnel (Exemples)

instructions simples :

```
if (fabs(x) > EPSILON) // if (x != 0.0) à la précision EPSILON
    printf("%f\n", 1.0 / x);
else
    puts("erreur : x est nul.");
```

blocs d'instructions :

```
if (x > y) {
    min = y;
    max = x;
} else {
    min = x;
    max = y;
}
```

Toujours utiliser des blocs

Conseil : **utilisez toujours la syntaxe avec des blocs**, même si vous n'avez qu'une seule instruction.

```
if (fabs(x) > EPSILON) { // if (x != 0.0) à la précision EPSILON
    printf("%f\n", 1.0/x);
} else {
    puts("erreur : x est nul.");
}
```

- ▶ (cela vous évite de retenir 2 syntaxes différentes)
- ▶ c'est plus facile pour la maintenance : en cas d'ajout ultérieur d'instructions, le bloc est déjà présent
- ▶ et surtout ça peut vous éviter bien des soucis : cf grave faille de sécurité d'iOS (Apple) en février 2014

Toujours utiliser des blocs (2)

Le 21 février 2014, Apple sortait iOS 7.0.6 et 6.1.6 pour corriger un grave problème de sécurité des versions précédentes.

Ce problème était dû à l'erreur de programmation suivante :

```
static OSStatus SSLVerifySignedServerKeyExchange(SSLContext *ctx, bool isRsa,
    SLBuffer signedParams, uint8_t *signature, UInt16 signatureLen)
{
    // ...
    if ((err = SSLHashSHA1.update(&hashCtx, &serverRandom)) != 0)
        goto fail;
    if ((err = SSLHashSHA1.update(&hashCtx, &signedParams)) != 0)
        goto fail;
    if ((err = SSLHashSHA1.final(&hashCtx, &hashOut)) != 0)
        goto fail;
    // ...
}
```

Source : http://opensource.apple.com/source/Security/Security-55471/libsecurity_ssl/lib/sslKeyExchange.c

Branchement conditionnel (suite)

Le second bloc (**else**) est optionnel :

comme en Java

```
if (x < 0.0) {
    x = -x;
}
y = sqrt(x);
```

(calculer $y = \sqrt{|x|}$)

On peut également enchaîner plusieurs conditions :

```
if (condition 1)
    Instructions 1
else if (condition 2)
    Instructions 2
...
else if (condition N)
    instructions N
else
    instructions N+1
```

Choix multiples

comme en Java

En C on peut écrire de façon plus synthétique l'enchaînement de plusieurs conditions dans le cas où l'on teste différentes valeurs d'une expression

```
switch (i) {
    case 1:
        instructions1;
        break;

    case 12:
        instructions2;
        break;

    ...

    case 36:
        instructionsN;
        break;

    default:
        instructionsN+1;
}
```

Exemple plus complexe

comme en Java

Si on ne mets pas de `break`, l'exécution ne passe pas à la fin du `switch`, mais continue l'exécution des instructions du `case` suivant :

```
switch (a+b) {  
  case 0: instruction1; /* exécuté uniquement lorsque */  
    break;           /* (a+b) vaut 0           */  
  case 2:  
  case 3: instruction2; /* lorsque (a+b) vaut 2 ou 3 */  
  case 4:  
  case 8: instruction3; /* lorsque (a+b) vaut 2, 3, 4 ou 8 */  
    break;  
  default: instruction4; /* dans tous les autres cas */  
}
```

Boucles

comme en Java

Les boucles permettent la mise en œuvre **répétitive** d'un traitement. La répétition est **contrôlée** par une **condition de continuation**.

La syntaxe générale d'une boucle avec condition de continuation *a priori* (on veut **tester** la condition **avant d'exécuter** les instructions) est :

```
while (condition)  
  Instructions
```

Tant que la condition de continuation est vérifiée, les instructions sont exécutées.

Même remarque ici que pour `if` :

Instructions est soit une **instruction élémentaire** (suivie de son `;`), soit un **bloc d'instructions**.

Il est conseillé de toujours utiliser la syntaxe par bloc.

Boucles (2)

comme en Java

La syntaxe générale d'une boucle avec condition de continuation *a posteriori* (on veut **exécuter** les instructions au moins une fois **avant de tester** la condition) est :

```
do  
  Instructions  
while (condition);
```

Les instructions sont exécutées **jusqu'à ce que** la condition de continuation soit fausse (et au moins une fois au départ, indépendamment de la valeur de la condition).

[Et toujours même remarque :

Instructions est soit une **instruction élémentaire** (suivie de son `;`), soit un **bloc d'instructions**.

Il est conseillé de toujours utiliser la syntaxe par bloc.]

L'itération for

comme en Java

Les itérations permettent l'**application itérative** d'un traitement, contrôlée par une **initialisation**, une **condition de continuation**, et une opération de **mise à jour** de certaines variables.

Syntaxe :

```
for (initialisation; condition; mise_à_jour)  
  Instructions
```

Même remarque ici que pour `if` et `while` :

Instructions est soit une **instruction élémentaire** (suivie de son `;`), soit un **bloc d'instructions**.

Il est plutôt conseillé de toujours utiliser la syntaxe par bloc.

Note : Une boucle `for` (sans `continue` !) est équivalente à la boucle `while` suivante :

```
{ initialisation;  
  while (condition) {  
    Instructions  
    mise_à_jour;  
  } }
```

L'itération for : Exemple

Remarque : si plusieurs instructions d'initialisation ou de mise à jour sont nécessaires, elles sont séparées par des **virgules**. Elles sont **exécutées de la gauche vers la droite**.

Exemple :

```
for (int i = 0, s = 0; i < 5; s += i, ++i) {  
    printf("%d, %d\n", i, s);  
}
```

affichera

```
0, 0  
1, 0  
2, 1  
3, 3  
4, 6
```

comme en Java

Sauts : break et continue

C fournit deux instructions prédéfinies, **break** et **continue**, permettant de contrôler de façon plus fine le déroulement d'une boucle.

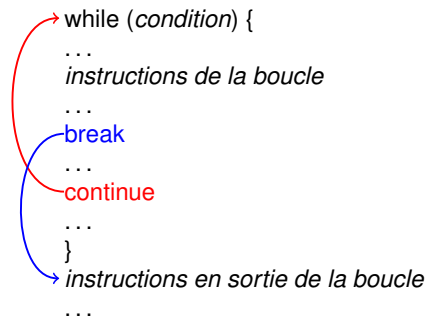
- ▶ Si l'instruction **break** est exécutée au sein du bloc intérieur de la boucle, l'exécution de la boucle est interrompue (quelque soit l'état de la condition de contrôle);
- ▶ Si l'instruction **continue** est exécutée au sein du bloc intérieur de la boucle, l'exécution du bloc est interrompue et la condition de continuation est évaluée pour déterminer si l'exécution de la boucle doit être poursuivie. Dans le cas d'un **for** la partie mise à jour est également effectuée (avant l'évaluation de la condition).

Conseil : En toute rigueur on n'aurait **pas besoin** de ces instructions, et **tout bon programmeur évite de les utiliser**.

Pour la petite histoire, un bug lié à une mauvaise utilisation de **break**; a conduit à l'effondrement du réseau téléphonique longue distance d'AT&T, le 15 janvier 1990. Plus de 16'000 usagers ont perdu l'usage de leur téléphone pendant près de 9 heures. 70'000'000 d'appels ont été perdus. [P. Van der Linden, *Expert C Programming*, 1994.]

Instructions break et continue

comme en Java



Instruction break : exemple

Exemple d'utilisation de **break**
Une **mauvaise** (!) façon de simuler une boucle avec condition d'arrêt

```
while (1) {  
    Instruction 1;  
    /* ... */  
    if (condition d'arrêt)  
        break;  
}  
autres instructions;
```

pas de variable locale

☞ Question : quelle est la bonne façon d'écrire le code ci-dessus ?

Instruction continue : exemple

Exemple d'utilisation de `continue`

```

int i;
...
i = 0;
while (i < 100) {
  ++i;
  if ((i % 2) == 0) continue;
  /* la suite n'est exécutée que
  pour les entiers ... */
  Instructions; } ← On suppose que i n'est pas modifié
...
}
suite;

```

Question : quelle est une meilleure façon d'écrire le code ci-dessus ?

Les structures de contrôle

les branchements conditionnels : *si ... alors ...*

```

if (condition) switch (expression) {
  instructions ..... case valeur:
  ..... instructions;
if (condition 1) break;
  instructions 1 .....
... default:
else if (condition N) instructions;
  instructions N }
else instructions N+1

```

les boucles conditionnelles : *tant que ...*

```

while (condition) do Instructions while
Instructions (condition);

```

les itérations : *pour ... allant de ... à ...*

```

for (initialisation ; condition ; increment)
  instructions

```

les sauts : `break`; et `continue`;

Note : `instructions` représente 1 instruction élémentaire ou un bloc.
`instructions`; représente une suite d'instructions élémentaires.

Réutilisabilité

Pour l'instant : programme = séquence d'instructions, simples ou composées

mais pas de `partage` des parties importantes ou utilisées plusieurs fois

- Conseil : Ne **jamais** faire **de copier/coller** en programmant.
- rend la **mise à jour** de ce programme plus **difficile** : reporter chaque modification de P dans chacune des copies de P
 - réduit** fortement la **compréhension** du programme résultant
 - augmente** inutilement la **taille du programme**

Ce que vous voudriez recopier doit en fait être mis dans une **fonction**

Fonction (en programmation)

presque comme en Java

fonction = portion de programme réutilisable
≈ méthode en Java (sauf que les fonctions ne sont pas encapsulées dans des objets)

- Plus précisément, une fonction est un objet logiciel caractérisé par :
- un **nom référence** à l'objet « *fonction* » lui-même, indiquée lors de sa création ;
 - un **corps le programme** à réutiliser qui a justifié la création de la fonction ;
 - des arguments** (les « *entrées* ») ensemble de références à des objets définis à l'extérieur de la fonction dont les valeurs sont potentiellement utilisées dans le corps de la fonction ;
 - un **type et une valeur de retour** (la « *sortie* »). Le type est indiqué dans le prototype et la valeur est indiquée dans le corps par la commande `return`.

Exemple de fonction

```
int diviseur(int nombre)
{
    if (0 == (nombre % 2)) return 2;

    const double borne_max = sqrt((double) nombre);
    for (int i = 3; i <= borne_max; i += 2) {
        if (0 == (nombre % i)) return i;
    }

    return nombre;
}
```

Définition des fonctions

comme en Java

La **définition** d'une fonction sert à définir (!!) ce que fait la fonction. C'est donc la spécification de son **corps**.

Contrairement au prototypage, il n'est pas nécessaire d'avoir défini une fonction avant de l'utiliser. La définition d'une fonction peut être faite n'importe où ailleurs (mais après son prototypage!).

Syntaxe :

```
type nom ( liste d'arguments )
{
    instructions du corps de la fonction;
    return expression;
}
```

Corps de fonction

comme en Java

Le corps de la fonction est donc un **bloc** (au sens vu dans le cours précédent).

En plus des variables qui lui sont propres, ce bloc peut également utiliser les variables arguments de la fonction :

les **arguments** d'une fonction constituent des **références internes au corps** de la fonction.

La valeur retournée par la fonction est indiquée par l'instruction :

```
return expression;
```

où **expression** est une expression du type retourné par la fonction (**type** dans l'exemple précédent), parfois réduite à une seule variable ou même une valeur littérale.

Prototypage

différent de Java !

Le **prototypage** est la **déclaration** de la fonction sans en définir le corps.

Il sert à définir pour le reste du programme quels sont le **nom**, les **arguments** et le **type** de la valeur de sortie de la fonction.

Toute fonction doit être **prototypée avant d'être utilisée**. (Mais la définition de la fonction peut servir de prototype.)

Syntaxe :

```
type nom ( liste d'arguments ) ;
```

où **type** est le type de la valeur renvoyée par la fonction, **nom** son nom et **liste d'arguments** la liste de ses arguments, de la forme :

```
type1 id_arg1, ..., typeN id_argN
```

Cette liste peut être vide si la fonction n'a pas besoin d'arguments.

Exemples de prototypes :

```
double moyenne(double x, double y);
int nb_au_hasard(void);
```


Prototypage (2)

Dans les prototypes des fonctions, *les identificateurs des arguments sont optionnels*. En fait, ils ne servent qu'à rendre le prototype plus lisible.

Dans l'exemple précédent, la fonction `moyenne()` peut donc également être prototypée par :

```
double moyenne(double, double);
```

Conseil : Écrivez cependant les noms des arguments dans le prototypage des fonctions et **choisissez des noms pertinents**. Cela augmente la lisibilité de votre code (et donc facilite sa maintenance).

Exemple complet

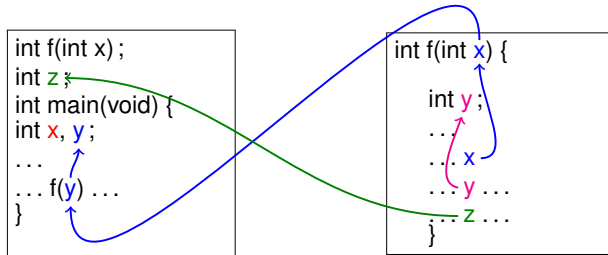
```
#include <stdio.h>

double moyenne (double nombre_1, double nombre_2);

int main(void) {
    double note1 = 0.0, note2 = 0.0;
    printf("Entrez vos deux notes :");
    scanf("%lf %lf", &note1, &note2);
    printf("Votre moyenne est : %f\n",
        moyenne(note1, note2));
    return 0;
}

double moyenne (double x, double y) {
    return (x + y) / 2.0;
}
```

Portée et fonctions



Fonctions sans argument

presque comme en Java

Il est bien sûr possible de définir des fonctions **sans argument**. Il suffit, dans le prototype et la définition, d'utiliser le mot clé « `void` » en place de la liste d'arguments.

Exemple :

```
int saisie_entier(void) {
    int i;
    printf("entrez un entier: ");
    scanf("%d", &i);
    return i;
}

int main(void) {
    int val = saisie_entier();
    printf("%d", val);
    return 0;
}
```

Fonctions sans argument

presque comme en Java

Remarque :

- ▶ en C,


```
Type f();
```

 est une « *deprecated feature* » indiquant un « pré-prototype » de `f`, pour lequel le nombre d'arguments n'est pas spécifié (notez bien la différence : cela ne veut pas dire qu'il soit 0 !)
- ▶ [HORS COURS] en C++,


```
Type f();
```

 signifie *exactement la même chose* que


```
Type f(void);
```

 (et les deux sont acceptés de façon égale).

Fonctions sans valeur de retour

comme en Java

Il est aussi possible de définir des fonctions **sans valeur de retour**, c'est-à-dire des fonctions qui ne renvoient rien. (on appelle de telles fonctions des « **procédures** »)

Il suffit, dans le prototype et la définition, d'utiliser le type prédéfini `void` comme type de retour.

Dans ce cas la commande de retour `return` est optionnelle. Si vous souhaitez néanmoins la mettre (par exemple pour forcer la sortie de la procédure), elle se met alors **sans** argument : `return`;

```
Exemple :
void affiche_entiers(int n) {
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        printf("%d\n", i);
    }

    int main(void) {
        affiche_entiers(10);
        return 0;
    }
}
```

[C11] Fonctions sans retour (du tout)

Depuis C11, on peut également qualifier les (rares) fonctions qui ne retournent pas du tout, à l'aide du qualificatif « `_Noreturn` ».

```
Exemple :
_Noreturn void exit_with_error_on_negative(int i)
{
    exit(i < 0 ? 1 : 0);
}
```

Liste des fonctions `_Noreturn` du standard C :

- `abort()`
- `exit()`
- `_Exit()`
- `quick_exit()`
- `thrd_exit()`
- `longjmp()`

Évaluation d'un appel de fonction

comme en Java

Pour une fonction définie par

```
int f(type1 x1, type2 x2, ..., typeN xN) { ... }
```

l'évaluation de l'appel

```
f(arg1, arg2, ..., argN)
```

s'effectue de la façon suivante :

- ① les expressions `arg1`, `arg2`, ..., `argN` sont évaluées (dans un ordre non spécifié !)
- ② les valeurs correspondantes sont **affectées** aux arguments `x1`, `x2`, ..., `xN` de la fonction `f` (variables locales au corps de `f`)
Concrètement, ces deux étapes reviennent à faire : `x1 = arg1`,
`x2 = arg2`, ..., `xN = argN`
- ③ le programme correspondant au corps de la fonction `f` est exécuté
- ④ l'expression suivant la première commande `return` est évaluée et retournée comme résultat de de l'appel.
- ⑤ cette valeur remplace l'expression de l'appel, i.e. l'expression `f(arg1, arg2, ..., argN)`

Exemple

```
double moyenne (double x, double y)
{
    return (x+y)/2.0 ;
}
```

pour la fonction `moyenne()` définie précédemment, considérons l'appel suivant :

```
z = moyenne(1.0 + sqrt(24.0), 12 % 5);
```

- ① évaluation des expressions passées en arguments :
 $12 \% 5 \Rightarrow 2$
 $1.0 + \text{sqrt}(24.0) \Rightarrow 5.89897948557$
- ② affectation des arguments :
 $x = 5.89897948557$
 $y = 2$
- ③ exécution du corps de la fonction : rien dans ce cas (le corps réduit au simple `return`)
- ④ évaluation de la valeur de retour
 $(x + y)/2.0 \Rightarrow 3.94948974278$
- ⑤ remplacement de l'expression de l'appel par sa valeur :
 $z = 3.94948974278;$

Le passage des arguments

différent de Java ?

On distingue en général *deux types de passage d'arguments* pour les fonctions :

passage par valeur

la variable locale associée à un argument passé par valeur correspond à une **copie** de l'argument (i.e. un objet **distinct** mais de même valeur littérale).

Les modifications effectuées à l'intérieur de la fonction ne sont donc pas répercutées à l'extérieur de la fonction.

passage par référence

la variable locale associée à un argument passé par référence correspond à une **référence** sur l'objet associé à l'argument lors de l'appel.

Une modification qui est effectuée à l'intérieur de la fonction peut alors se répercuter à l'extérieur de la fonction.

En Java, il n'y a (essentiellement) que des passages par ...

En C, il n'y a **exclusivement que des passages par valeur**.

La simulation du passage par référence se fait en C en passant la valeur d'un pointeur.

Exemple de passage par valeur

```
void f(int x) {
    x = x + 1;
    printf("x=%d", x);
}
int main(void) {
    int val = 1;
    f(val);
    printf(" val=%d\n", val);
    return 0;
}
```

L'exécution de ce programme produit l'affichage : `x=2 val=1`

Ce qui montre que les modifications effectuées à l'intérieur de la fonction `f()` ne se répercutent pas sur la variable `val` associée à l'argument `x` passé par valeur.

Exemple de passage par référence simulé par pointeurs



Le cours sur les **pointeurs** viendra dans trois semaines.

Il s'agit ici d'insister sur les effets (de la simulation) du passage par référence.

```
void f(int* x) { // passage par référence
    *x = *x + 1;
    printf("x=%d", *x);
}
int main(void) {
    int val = 1;
    f(&val);
    printf(" val=%d\n", val);
    return 0;
}
```

L'exécution de ce programme produit l'affichage : `x=2 val=2`

Ce qui montre que les modifications effectuées à l'intérieur de la fonction `f()` se répercutent sur la variable extérieure `val` associée à l'argument `*x` passé par référence.

La surcharge des fonctions

différent de Java !

Rappel : c'est quoi la surcharge ?

possibilité de définir **plusieurs fonctions de même nom** si ces fonctions *n'ont pas les mêmes listes d'arguments* : nombre ou types d'arguments différents.

en C, il n'y a pas de surcharge !



Cependant, la norme C11 introduit la notion de « macros génériques » qui permettent au compilateur de choisir la bonne fonction en fonction du type de son argument.



Exemple :

```
#define cbrt(x) _Generic((x), long double: cbrt1, \
                        default:      cbrt , \
                        float:        cbrtf)(x)
```

Ceci dit, les fonctions correspondantes doivent (exister et) avoir des noms différents.



Les fonctions



Prototype (à mettre **avant** toute utilisation de la fonction) :

```
type nom ( type1 arg1, ..., typeN argN );  
type est void si la fonction ne retourne aucune valeur.
```

Définition :

```
type nom ( type1 arg1, ..., typeN argN )  
{  
    corps  
    return value;  
}
```

Passage par **valeur** :

```
type f(type2 arg);  
f(x)
```

☞ x ne peut pas être modifié par f

Passage par **référence** (valeur de pointeur en fait) :

```
type f(type2* arg);  
f(&x)
```

☞ x peut être modifié par f

Ce que j'ai appris aujourd'hui

- ▶ Suite des bases du langage C :
 - ▶ structures de contrôle (if, while, do-while, for)
 - ▶ fonctions, passages par valeur/(référence)et leurs différences avec Java.

A NE PAS RATER cette semaine :
LE message de la semaine passée

- ▶ continuez à bien travailler les bases de C en dépit de leur apparente similitude avec Java !