Master MIDO - 2ème année

Spécialité ID/MIAGE-IF/MIAGE-SITN

Le langage C++ (partie I)

Maude Manouvrier

- Qu'est ce que le C++ ?
- Rappels sur la gestion de la mémoire
- Premiers pas en C++ : typage, compilation, structure de contrôle, …
- Classes et objets : définitions et 1er exemple de classe
- Notions de constructeurs et destructeur
- Propriétés des méthodes
- Surcharge des opérateurs
- Objet membre

http://www.lamsade.dauphine.fr/~manouvri/C++/CoursC++_MM.html

Bibliographie

- ***Le Langage C++ (The C++ Programming Language)***, de Bjarne Stroustrup, Addisson-Wesley – dernière édition 2003

- ***How to program – C and introducing C++ and Java*,** de H.M. Deitel et P.J. Deitel, Prentice Hall, 2001 – dernière édition *C++ How To Program* de février 2005

- ***Programmer en langage C++*,** 6ème Édition de Claude Delannoy, Eyrolles, 2004

- ***Exercices en langage C++*,** de Claude Delannoy, Eyrolles, 1999

Merci à
Béatrice Bérard, Bernard Hugueney, Frédéric Darguesse, Olivier Carles et Julien Saunier pour leurs documents!!

Documents en ligne

- *Petit manuel de survie pour C++* de François Laroussinie, 2004-2005,
  http://www.lsv.ens-cachan.fr/~fl/Cours/docCpp.pdf

- *Introduction à C++* de Etienne Alard, revu par Christian Bac, Philippe Lalevée et Chantal Taconet, 2000
  http://www-inf.int-evry.fr/COURS/C++/CoursEA/

- ***Thinking in C++* de Bruce Eckel, 2003**
  http://mindview.net/Books/TICPP/ThinkingInCPP2e.html

- *+ voir sur* ***http://www.librecours.org*** *et* ***http://www.freetechbooks.com/***

- ***Aide en ligne : http://www.cplusplus.com/***

Historique du Langage C++

- Première version développée par Bjarne Stroustrup de Bell Labs AT&T en 1980
- Appelé à l'origine « Langage C avec classes »
- Devenu une norme ANSI/ISO C++ en juillet 1998 (ISO/IEC 14882)

  ANSI : American National Standard Institute

  ISO : International Standard Organization

Qu'est-ce que le C++ ?

- D'après Bjarne Stroustrup, conception du langage C++ pour :
  - Être meilleur en C,
  - Permettre les abstractions de données
  - Permettre la programmation orientée-objet
- Compatibilité C/C++ [Alard, 2000] :
  - *C*++ = sur-ensemble de C,
  - C++ ⇒ ajout en particulier de l'orienté-objet (classes, héritage, polymorphisme),
  - Cohabitation possible du procédural et de l'orienté-objet en C++
- Différences C++/Java [Alard, 2000] :
  - C++ : langage compilé / Java : langage interprété par la JVM
  - C/C++ : passif de code existant / Java : JNI (*Java Native Interface*)
  - C++ : pas de machine virtuelle et pas de classe de base / *java.lang.object*
  - C++ : "plus proche de la machine" (gestion de la mémoire)

Différences Java et C++

Gestion de la mémoire [Alard, 2000] :

- Java
  - Création des objets par allocation dynamique (*new*)
  - Accès aux objets par références
  - Destruction automatique des objets par le ramasse miettes
- **C++**
  - Allocation des objets en mémoire statique (variables globales), dans la **pile** (variables automatiques) ou dans le **tas** (allocation dynamique),
  - Accès direct aux objets ou par pointeur ou par référence
  - **Libération de la mémoire à la charge du programmeur** dans le cas de l'allocation dynamique
- Autres possibilités offertes par le C++ :

  Variables globales, compilation conditionnelle (préprocesseur), pointeurs, surcharge des opérateurs, patrons de classe *template* et héritage multiple

Rappel : Pile et Tas (1/6)

Mémoire Allouée Dynamiquement

Tas

Mémoire allouée de manière statique

Variables globales
Arguments
Valeurs de retour

Pile

Rappel : Pile et Tas (2/6)

Exemple de programme en C :

```c
/* liste.h */
struct Cell
{
   int valeur;
   struct Cell * suivant;
}

typedef struct Cell Cell;

Cell * ConstruireListe(int taille);
```

Rappel : Pile et Tas (3/6)

Exemple de programme en C :

```
Cell * ConstruireListe(int taille)
{
   int i;
   Cell *cour, *tete;

   tete = NULL;
   for (i=taille; i >= 0; i--)
   {
        cour = (Cell*) malloc (sizeof(Cell));
        cour->valeur = i;
        cour->suivant = tete;
        /* Point d'arrêt 2 - cf transparent 11 */
        tete = cour;
   }
   return tete;
}
```

Rappel : Pile et Tas (4/6)

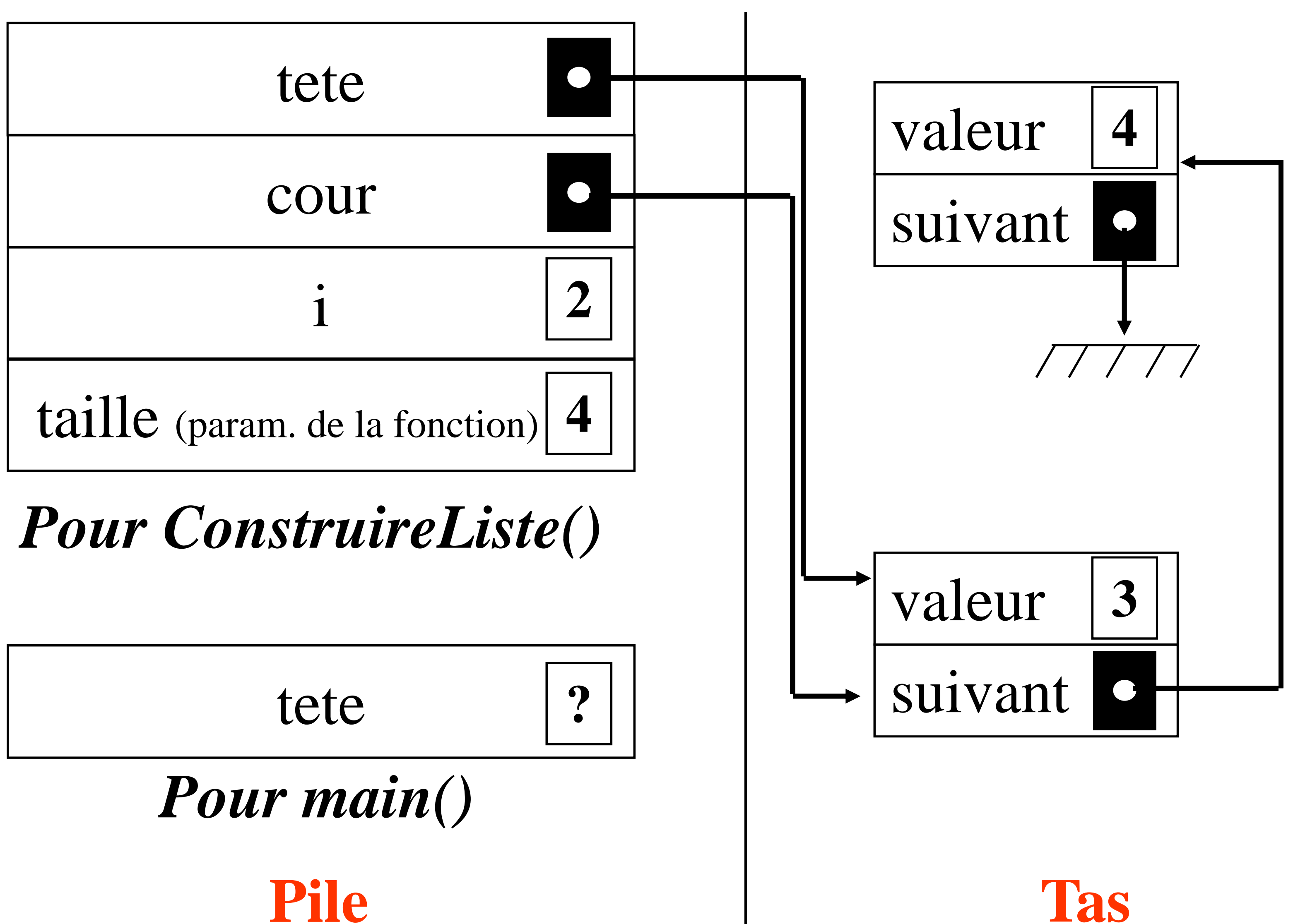
Exemple de programme en C :

```
#include <stdlib.h>
#include <malloc.h>
#include <stdio.h>
#include "liste.h"

int main ()
{
   Cell * tete ;
   tete = ConstruireListe(4);
   /* Point d'arrêt 1 - cf transparent 12 */
   …
   return 1;
}
```

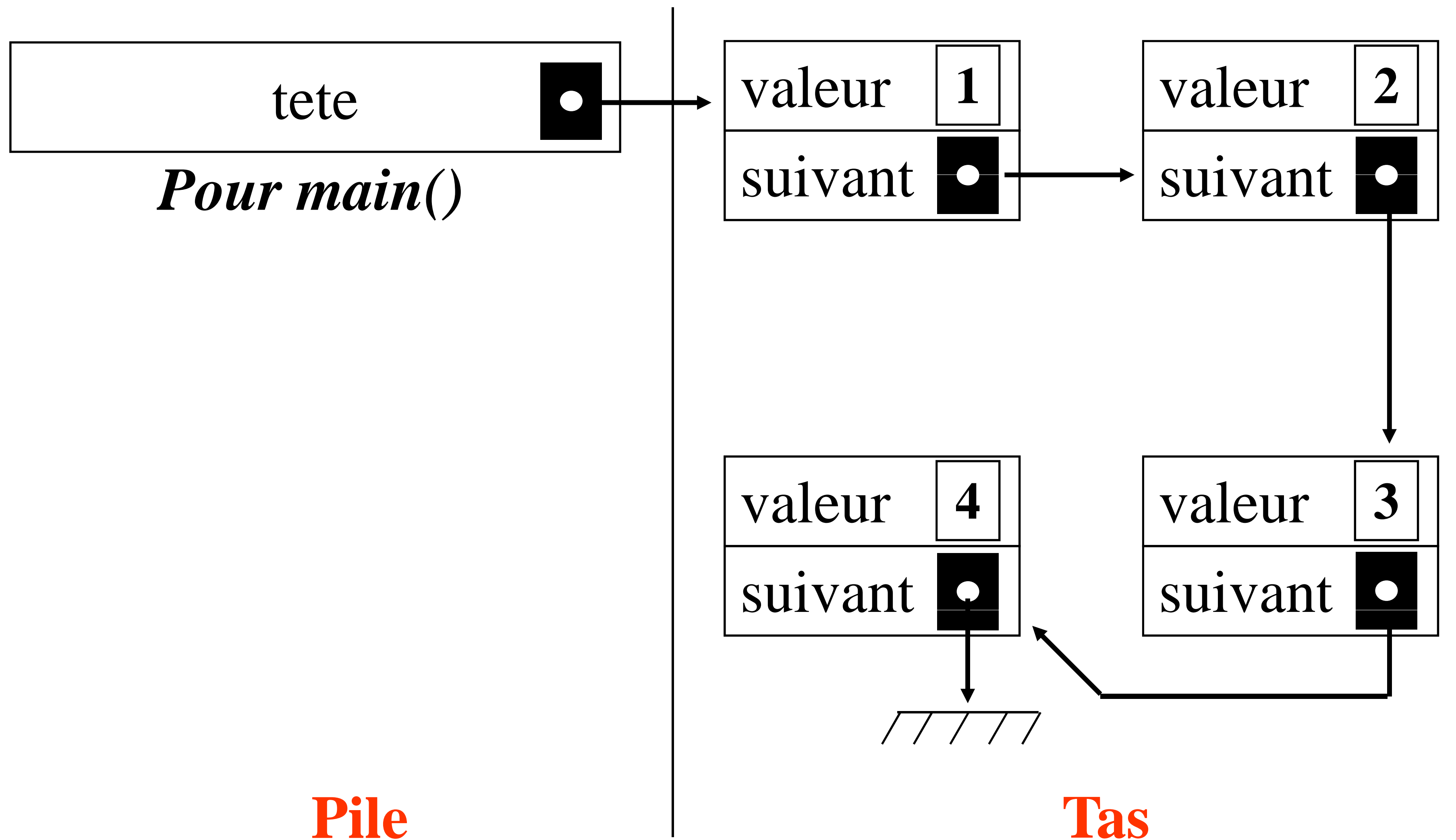
Rappel : Pile et Tas (5/6)

État de la mémoire au point d'arrêt 2 après un 2ème passage dans la boucle



Rappel : Pile et Tas (6/6)

État de la mémoire au point d'arrêt 1



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *adapté des transparents d'Olivier Carles*

Exemple de programme C++

```
/* Exemple repris du bouquin "How To Program" de Deitel et
Deitel -  page 538 */

// Programme additionnant deux nombres entiers

#include <iostream>

int main()
{
    int iEntier1;
    cout << "Saisir un entier : " << endl; // Affiche à l'écran
    cin >> iEntier1; // Lit un entier

    int iEntier2, iSomme;
    cout << "Saisir un autre entier : " << endl;
    cin >> iEntier2;

    iSomme = iEntier1 + iEntier2;
    cout << "La somme de " << iEntier1 << " et de " << iEntier2
    << " vaut : " << iSomme << endl; // endl = saut de ligne

    return 0;
}
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

`cout` et `cin` (1/2)

Entrées/sorties fournies à travers la librairie *iostream*

- `cout << expr`$_1$ `<< … << expr`$_n$
  - Instruction affichant $expr_1$ puis $expr_2$, *etc.*
  - `cout` : « flot de sortie » associé à la sortie standard (*stdout*)
  - `<<` : opérateur binaire associatif à gauche, de première opérande `cout` et de 2ème l'expression à afficher, et de résultat le flot de sortie
  - `<<` : opérateur surchargé (ou sur-défini) ⇒ utilisé aussi bien pour les chaînes de caractères, que les entiers, les réels etc.
- `cin >> var`$_1$ `>> … >> var`$_n$
  - Instruction affectant aux variables var_1, var_2, *etc.* les valeurs lues (au clavier)
  - `cin` : « flot d'entrée » associée à l'entrée standard (*stdin)*
  - `>>` : opérateur similaire à `<<`

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

cout et cin (2/2)

Possibilité de modifier la façon dont les éléments sont lus ou écrits dans le flot :

`dec`	**lecture/écriture d'un entier en décimal**
`oct`	**lecture/écriture d'un entier en octal**
`hex`	**lecture/écriture d'un entier en hexadécimal**
`endl`	**insère un saut de ligne et vide les tampons**
`setw(int n)`	**affichage de *n* caractères**
`setprecision(int n)`	**affichage de la valeur avec *n* chiffres avec éventuellement un arrondi de la valeur**
`setfill(char)`	**définit le caractère de remplissage**
`flush`	**vide les tampons après écriture**

```
#include <iostream.h>
#include <iomanip.h>  // attention a bien inclure cette librairie

int main() {
  int i=1234;
  float p=12.3456;
  cout << "|" << setw(8) << setfill('*')
       << hex << i << "|" << endl << "|"
       << setw(6) << setprecision(4)
       << p << "|" << endl;
}
```

```
|*****4d2|
|*12.35|
```

Organisation d'un programme C++

- Programme C++ généralement constitué de plusieurs modules, compilés séparément
- Fichier entête – d'extension .h (ou .hh ou .hpp)
  - Contenant les déclarations de types, fonctions, variables et constantes, etc.
  - Inclus via la commande `#include`
- Fichier source – d'extension .cpp ou .C

MonFichierEnTete.h

```
#include <iostream>
extern char* MaChaine;
extern void MaFonction();
```

MonFichier.cpp

```
#include "MonFichierEnTete.h"
void MaFonction()
{
 cout << MaChaine << " \n " ;
}
```

MonProgPirncipal.cpp

```
#include "MonFichierEnTete.h"
char *MaChaine="Chaîne à afficher";
int main()
{
  MaFonction();
}
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Compilation

- Langage C++ : langage compilé => fichier exécutable produit à partir de **fichiers sources** par **un compilateur**
- Compilation en 3 phases :
  - *Preprocessing* : Suppression des commentaires et traitement des directives de compilation commençant par `#` => code source brut
  - **Compilation** en fichier objet : compilation du source brut => fichier objet (portant souvent l'extension .obj ou .o sans `main`)
  - **Edition de liens** : Combinaison du fichier objet de l'application avec ceux des bibliothèques qu'elle utilise =>fichier exécutable binaire ou une librairie dynamique (.dll sous Windows)
- Compilation => vérification de la syntaxe mais **pas de vérification de la gestion de la mémoire** (erreur d'exécution *segmentation fault*)

Erreurs générées

- Erreurs de compilation

  Erreur de syntaxe, déclaration manquante, parenthèse manquante,...

- Erreur de liens

  Appel a des fonctions dont les bibliothèques sont manquantes

- Erreur d'exécution

  Segmentation fault, *overflow*, division par zéro

- Erreur logique

Compilateur C++

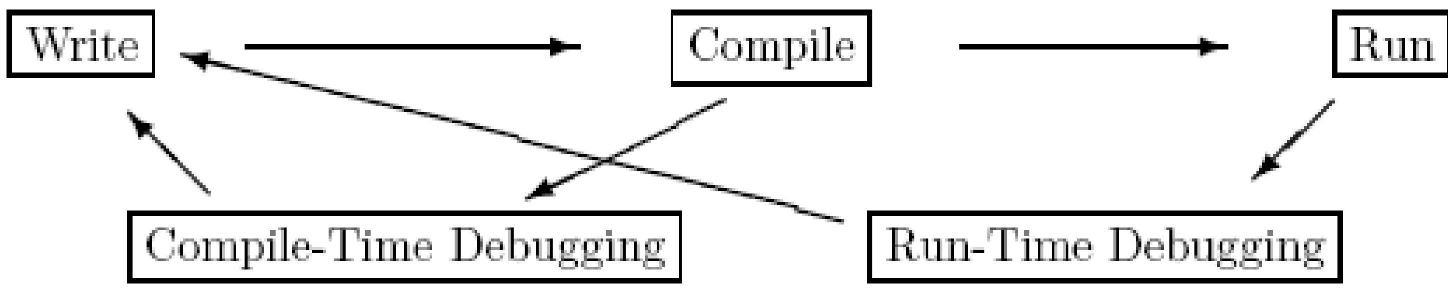
- Compilateurs gratuits (*open-source*) :
  - **Plugin C++ pour Eclipse**
    `http://www.eclipse.org/cdt/`
    Télécharger `http://www.eclipselabs.org/p/wascana` pour développer sous Windows
    Dernière version Juin 2010
  - **Dev-C++ 5**
    `http://www.bloodshed.net/devcpp.html`

Apparemment pas de mise à jour depuis 2005

- Compilateurs propriétaires :
  - Visual C++ (Microsoft – disponible au CRIO INTER-UFR-version gratuite disponible Visual Express mais nécessité de s'inscrire sur le site de Windows : `http://msdn.microsoft.com/fr-fr/express/`)
  - Borland C++ (version libre téléchargeable à l'adresse : `http://www.codegear.com/downloads/free/cppbuilder`)

Quelques règles de programmation

1. Définir les classes, inclure les librairies etc. dans un fichier d'extension .h
2. Définir le corps des méthodes et des fonctions, le programme **`main`** etc. dans un fichier d'extension .cpp (incluant le fichier .h)
3. Compiler régulièrement
4. Pour déboguer :
   - Penser à utiliser les commentaires et les **`cout`**
   - Utiliser le débogueur



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – ***figure reprise de*** `http://www.maths.manchester.ac.uk/~ahazel/EXCEL_C++.pdf`

Espaces de noms

- Utilisation d'**espaces de noms** (*namespace*) lors de l'utilisation de nombreuses bibliothèques pour éviter les conflits de noms

- **Espace de noms** : association d'un nom à un ensemble de variable, types ou fonctions

  Ex. Si la fonction *MaFonction()* est définie dans l'espace de noms *MonEspace*, l'appel de la fonction se fait par *MonEspace::MaFonction()*

- Pour être parfaitement correct :

```
std::cin
std::cout
std::endl
```

  :: *opérateur de résolution de portée*

- **Pour éviter l'appel explicite à un espace de noms :** `using`

```
using std::cout ; // pour une fonction spécifique
using namespace std; // pour toutes les fonctions
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Types de base (1/5)

- Héritage des mécanismes de bases du C (pointeurs inclus)

Attention : typage fort en C++!!

- Déclaration et initialisation de variables :

```
bool this_is_true = true; // variable boléenne
int i = 0; // entier
long j = 123456789; // entier long
float f = 3.1; // réel
// réel à double précision
double pi = 3.141592653589793238462643;
char c='a'; // caractère
```

- « Initialisation à la mode objet » :

```
int i(0) ;
long  j(123456789);
…
```

Types de base (2/5)

Le type d'une donnée détermine :

- La place mémoire (**`sizeof()`**)
- Les opérations légales
- Les bornes

Name	Description	Size*	Range*
`char`	Character or small integer.	1byte	signed: -128 to 127 unsigned: 0 to 255
`short int` (`short`)	Short Integer.	2bytes	signed: -32768 to 32767 unsigned: 0 to 65535
`int`	Integer.	4bytes	signed: -2147483648 to 2147483647 unsigned: 0 to 4294967295
`long int` (`long`)	Long integer.	4bytes	signed: -2147483648 to 2147483647 unsigned: 0 to 4294967295
`bool`	Boolean value. It can take one of two values: true or false.	1byte	true or false
`float`	Floating point number.	4bytes	+/- 3.4e +/- 38 (~7 digits)
`double`	Double precision floating point number.	8bytes	+/- 1.7e +/- 308 (~15 digits)
`long double`	Long double precision floating point number.	8bytes	+/- 1.7e +/- 308 (~15 digits)
`wchar_t`	Wide character.	2 *or* 4 bytes	1 wide character

Types de base (3/5) : réel

- Représenté par un nombre à virgule flottante :
  - Position de la virgule repérée par une partie de ses bits (exposant)
  - Reste des bits permettant de coder le nombre sans virgule (mantisse)
- Nombre de bits pour le type **`float`** (32 bits) : 23 bits pour la mantisse, 8 bits pour l'exposant, 1 bit pour le signe
- Nombre de bits pour le type **`double`** (64 bits) : 52 bits pour la mantisse, 11 bits pour l'exposant, 1 bit pour le signe
- Nombre de bits pour le type **`long double`** (80 bits) : 64 bits pour la mantisse, 15 bits pour l'exposant, 1 bit pour le signe
- Précision des nombres réels approchée, dépendant du nombre de positions décimales, d'au moins :
  - 6 chiffres après la virgule pour le type **`float`**
  - 15 chiffres après la virgule pour le type **`double`**
  - 17 chiffres après la virgule pour le type **`long double`**

Types de base (4/5) : caractère

- Deux types pour les caractères, codés sur 8 bits/1octets
  - **`char`** (-128 à 127)
  - **`unsigned char`** (0 à 255)

  Exemple: **`'a' 'c' '$' '\n' '\t'`**

- Les caractères imprimables sont toujours positifs

- Caractères spéciaux :

  `\n` (nouvelle ligne)
  `\t` (tabulation horizontale)
  `\f` (nouvelle page)
  `\b` (*backspace*)
  `EOF`, …

Types de base (5/5) : Tableau

```
int tab1[5] ; // Déclaration d'un tableau de 5 entiers

// Déclaration et initialisation d'un tableau de 3
entiers
int tab2 [] = {1,2,3} ; // Les indices commencent à zéro

int tab_a_2dim[3][5];
```

	0	1	2	3	4
0					
1				↑	
2					

tab_a_2dim[1][3]

```
char chaine[]= "Ceci est une chaîne de caractères";
// Attention, le dernier caractère d'une chaîne est '\0'
char ch[]= "abc" ; // ⇔ char ch[]= {'a','b','c', '\0'};
```

Déclaration, règles d'identification et portée des variables

- Toute variable doit être déclarée avant d'être utilisée
- Constante symbolique : `const int taille = 1000;`

```
// Impossible de modifier taille dans la suite du programme
```

- La portée (visibilité) d'une variable commence à la fin de sa déclaration jusqu'à la fin du bloc de sa déclaration

```
// une fonction nommée f de paramètre i
void f (int i) {  int j; // variable locale
                  j=i;
                }
```

- Toute double déclaration de variable est interdite dans le même bloc

```
int i,j,m; // variable globale
void f(int i) {
                 int j,k; // variable locale
                 char k;  // erreur de compilation
                 j=i;
                 m=0;
               }
```

Opérations mathématiques de base

```
int i = 100 + 50;
int j = 100 - 50;
int n = 100 * 2;
int m = 100 / 2; // division entière
int k= 100 % 2; // modulo – reste de la division entière

i = i+1;
i = i-1;

j++; // équivalent à j = j+1;
j--; // équivalent à j = j-1;

n += m; // équivalent à n = n+m;
m -= 5; // équivalent à m = m-5;
j /= i; // équivalent à j = j/i;
j *= i+1; // équivalent à j = j*(i+1);

int a, b=3, c, d=3;
a=++b; // équivalent à b++; puis a=b; => a=b=4
c=d++; // équivalent à c=d; puis d++; => c=3 et d=4
```

A utiliser avec parcimonie – car code vite illisible!!

Opérateurs de comparaison

```
int i,j;
…
if(i==j) // évalué à vrai (true ou !=0) si i égal j
{
  … // instructions exécutées si la condition est vraie
}

if(i!=j) // évalué à vrai (true ou !=0) si i est différent de j

if(i>j) // ou (i<j) ou (i<=j) ou (i>=j)


if(i) // toujours évalué à faux si i==0 et vrai si i!=0
if(false) // toujours évalué à faux
if(true) // toujours évalué à vrai
```

Ne pas confondre = (affectation) et == (test d'égalité)

```
if (i=1) // toujours vrai et i vaut 1 après
```

Opérations sur les chaînes de caractères

- Sur les tableaux de caractères : fonctions de la librairie C **`string.h`**

  Voir documentation :
  `http://www.cplusplus.com/reference/clibrary/cstring/`

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
int main ()
{
  char source[]="chaîne exemple",destination[20];
  strcpy (destination,source); // copie la chaîne source dans la
                                  chaîne destination
}
```

- Sur la classe **`string`** : méthodes appliquées aux objets de la classe `string`

  Voir documentation : **`http://www.cplusplus.com/reference/string/string/`**

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
int main ()
{
    string str ("chaîne test");
    cout << " str contient " << str.length() << " caractères s.\n";
    return 0;
}
```

On reviendra sur les notions de fonctions et de méthodes!!

Structures de contrôles (1/4)

```
x = 10;
y = x > 9 ? 100 : 200; // équivalent à
                       // if(x>9) y=100;
                       // else y=200;

int main()
{
   float a;

   cout << "Entrer un réel :";
   cin >> a;

   if(a > 0) cout << a << " est positif\n";
   else
    if(a == 0) cout << a << " est nul\n";
    else cout << a << " est négatif\n";
}

// Mettre des {} pour les blocs d'instructions des if/else pour
// éviter les ambiguïtés et lorsqu'il y a plusieurs instructions
```

Structures de contrôles (2/4)

```
for(initialisation; condition; incrémentation)
   instruction; // entre {} si plusieurs instructions
```

Exemples :

```
for(int i=1; i <= 10; i++)
  cout << i << " " << i*i << "\n"; // Affiche les entiers de
                                   // 1 à 10  et leur carré

int main()
{
  int i,j;
  for(i=1, j=20; i < j; i++, j-=5)
   {
     cout << i << " " << j << "\n";
   }
}
```

Résultat affiché :

```
1 20
2 15
3 10
4 5
```

Structures de contrôles (3/4)

```
int main()
{ char ch;
  double x=5.0, y=10.0;
  cout << " 1. Afficher la valeur de x\n";
  cout << " 2. Afficher la valeur de y\n";
  cout << " 3. Afficher la valeur de xy\n";
  cin >> ch;

  switch(ch)
  {
    case '1': cout << x << "\n";
              break; // pour sortir du switch
                     // et ne pas exécuter les commandes suivantes
    case '2': cout << y << "\n";
              break;
    case '3': cout << x*y << "\n";
              break;
    default: cout << « Option non reconnue \n";

  } \\ Fin du switch

} \\ Fin du main
```

Structures de contrôles (4/4)

```
int main ()
{
   int n=8;
   while (n>0)
   { cout << n << " ";
      --n;
   }
    return 0;
 }
```

Instructions exécutées **tant que *n* est supérieur à zéro**

Résultat affiché :
8 7 6 5 4 3 2 1

```
int main ()
{
   int n=0;
   do
   { cout << n << " ";
      --n;
   }
   while (n>0);
   return 0;
 }
```

Instructions exécutées une fois puis une tant que *n* est supérieur à zéro

Résultat affiché :
0

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Type référence (&)
et déréférencement automatique

- **Possibilité de définir une variable de type *référence***

```
int i = 5;
int & j = i; // j reçoit i
   // i et j désignent le même emplacement mémoire
```

Impossible de définir une référence sans l'initialiser

- **Déréférencement automatique** :
Application automatique de l'opérateur d'indirection * à chaque utilisation de la référence

```
int i = 5;
int & j = i;    // j reçoit i
int k = j;      // k reçoit 5
j += 2;  // i reçoit i+2 (=7)
j = k;   // i reçoit k (=5)
```

Une fois initialisée, une référence ne peut plus être modifiée – elle correspond au même emplacement mémoire

Pointeurs (1/8)

Mémoire décomposée en "cases" (1 octet) consécutives numérotées (ayant une adresse) que l'on peut manipuler individuellement ou par groupe de cases contigües

		10 (en binaire)			
0000 0000 0000 0001	0000 0000 0000 0010	0000 0000 0000 0011 ... 0000 0000 0001 0001	0000 0000 0001 0010	0000 0000 0001 0011	0000 0000 0001 0100

`i: 0000 0000 0000 0011`

```
int i=10 ;
```

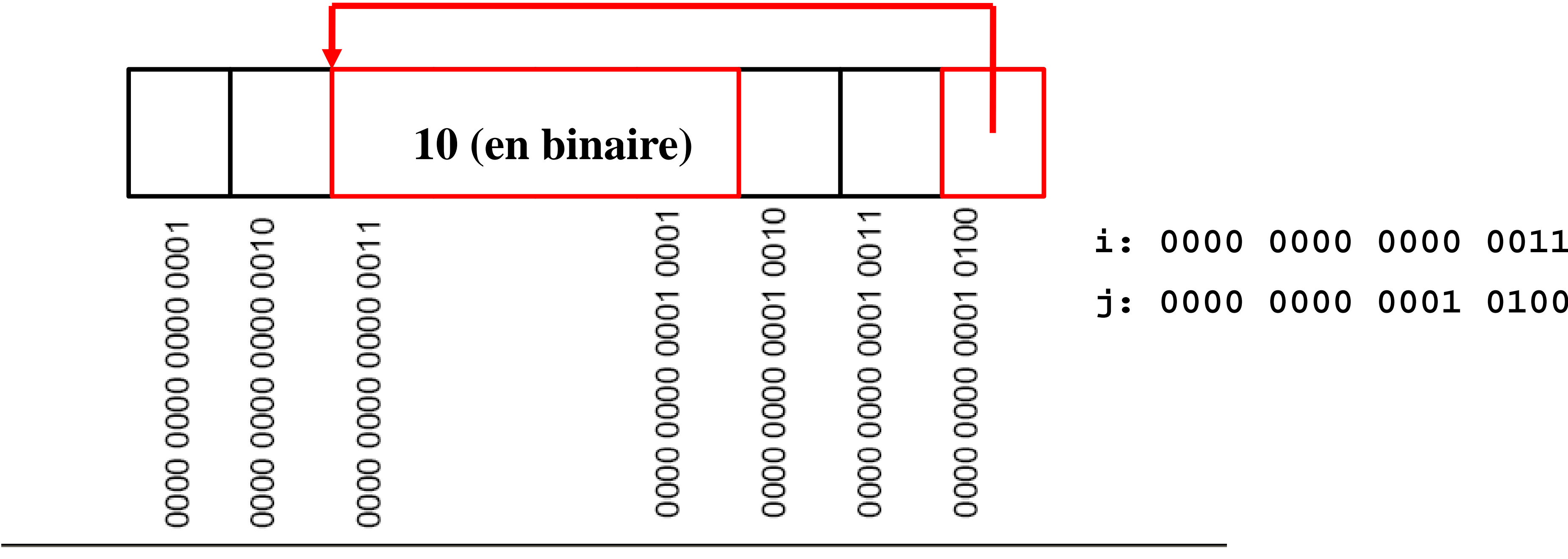
1. Réservation d'une zone mémoire de 4 octets (la 1ère libre)
2. Association du nom i à l'adresse du début de la zone
3. Copie de la valeur en binaire dans la zone mémoire

`&i` correspond à l'adresse du début de la zone mémoire où est stockée la valeur de `i`

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Pointeurs (2/8)

Pointeur = variable contenant une adresse en mémoire




```
int i=10;
int *j=&i;
```

Pointeurs (3/8)

- 2 opérateurs : **`new`** et **`delete`**

```
float *PointeurSurReel = new float;
// Équivalent en C :
//    PointeurSurReel = (float *) malloc(sizeof(float));
int *PointeurSurEntier = new int[20];
// Équivalent en C :
// PointeurSurEntier = (int *) malloc(20 * sizeof(int));
delete PointeurSurReel; // Équivalent en C : free(pf);
delete [] PointeurSurEntier; // Équivalent en C :  free(pi);
```

- **`new type`** : définition et allocation d'un pointeur de type *`type*`*
- **`new type [n]`** : définition d'un pointeur de type *`type*`* sur un tableau de *n* éléments de type *`type`*
- En cas d'échec de l'allocation, `new` déclenche une exception du type `bad_alloc`
- Possibilité d'utiliser `new (nothrow)` ou `set_new_handler`

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

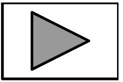
Pointeurs (4/8)

```
// Programme repris de [Delannoy,2004, Page 52]
#include <cstdlib>     //  ancien <stdlib.h> pour exit
#include <iostream>
using namespace std ;
int main()
{  long taille ;
   int * adr ;
   int nbloc ;
   cout << "Taille souhaitee ? " ;
   cin >> taille ;
   for (nbloc=1 ; ; nbloc++)
   { adr = new (nothrow) int [taille] ;
     if (adr==0) { cout << "**** manque de memoire ****\n" ;
                   exit (-1) ;
                 }
     cout << "Allocation bloc numero : " << nbloc << "\n" ;
   }
   return 0;
}
```

/ Pour que* **new** *retourne un pointeur nul en cas d'échec */*

new (nothrow)non reconnu par certaines versions du compilateur GNU g++

Pointeurs (5/8)



```
#include <iostream>   // Programme repris de [Delannoy,2004, Page 53]
#include <cstdlib>    // ancien <stdlib.h> pour exit
#include <new>        // pour set_new_handler (parfois <new.h>)
using namespace std ;
void deborde () ; // prototype - déclaration de la fonction
                  // fonction appelée en cas de manque de mémoire
int main()
{
   set_new_handler (deborde) ;
   long taille ;
   int * adr, nbloc ;
   cout << "Taille de bloc souhaitee (en entiers) ? " ; cin >> taille ;
   for (nbloc=1 ; ; nbloc++)
      { adr = new int [taille] ;
        cout << "Allocation bloc numero : " << nbloc << "\n" ;
      }
   return 0;
}
void deborde ()        // fonction appelée en cas de manque de mémoire
{  cout << "Memoire insuffisante\n" ;
   cout << "Abandon de l'execution\n" ; exit (-1) ;
}
```

set_new_handler non reconnu par le compilateur Visual C++

Pointeurs (6/8)

- Manipulation de la valeur pointée :

```
int *p = new int; // p est de type int*
(*p)=3; // (*p) est de type int
int *tab = new int [20]; // tab est de type int*
// tab correspond à l'adresse du début de la zone mémoire
// allouée pour contenir 20 entiers
(*tab)=3; // équivalent à tab[0]=3
```

- Manipulation de pointeur :

```
tab++; // décalage de tab d'une zone mémoire de taille sizeof(int)
       // tab pointe sur la zone mémoire devant contenir le 2ème
       // élément du tableau
(*tab)=4; // équivalent à tab[1]=4
          // car on a décalé tab à l'instruction précédente
*(tab+1)=5; // équivalent à tab[2]=5 sans décaler tab
tab-=2 ; // tab est repositionné au début de la zone mémoire
         // allouée par new
```

- Libération de la mémoire allouée :

```
delete p;
delete [] tab;
```

Ne pas oublier de libérer la mémoire allouée!!

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Pointeurs (7/8)

Manipulation des pointeurs et des valeurs pointées (suite)

```
int *p1 = new int;
int *p2 = p1 ; // p2 pointe sur la même zone mémoire que p1
*p2=11; //=> *p1=11; car p1 et p2 pointe sur la même zone mémoire
int *tab = new int [20];

*tab++=3; // équivalent à *(tab++)=tab[1]=3
          // car ++ a une priorité plus forte que *
          // ⇔ tab++; *tab=3;
(*tab)++; // => tab[1]=4

int i=12;
p2=&i; // p2 pointe sur la zone mémoire où est stockée i
*p2=13; // => i=13
p2=tab; // p2 pointe comme tab sur le 2ème élément du tableau
p2++; // p2 pointe sur le 3ème élément (d'indice 2)
*p2=5; // => tab[2]=5 mais tab pointe toujours sur le 2ème élément
p1=p2; // => p1 pointe sur la même zone que p2
       // ATTENTION : l'adresse de la zone allouée par new pour p1
       //             est perdue!!
```

Pointeurs (8/8)

- Pointeurs de pointeur :

```
char c='w';
char *p1=&c; // p1 a pour valeur l'adresse de c
             // (*p1) est de type char
char **p2=&p1; // p2 a pour valeur l'adresse de p1
               // *p2 est de type char*
               // **p2 est de type char
```

c p2 'w' p1

```
cout << c ;
cout << *p1;    // 3 instructions équivalentes qui affiche 'w'
cout << **p2;
```

- Précautions à prendre lors de la manipulation des pointeurs :
  - Allouer de la mémoire (**new**) ou affecter l'adresse d'une zone mémoire utilisée (**&**) avant de manipuler la valeur pointée
  - Libérer (**delete**) la mémoire allouée par **new**
  - Ne pas perdre l'adresse d'une zone allouée par **new**

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Fonctions

- Appel de fonction toujours précédé de la déclaration de la fonction sous la forme de prototype (signature) ◁
- Une et une seule définition d'une fonction donnée mais autant de déclaration que nécessaire
- **Passage des paramètres par valeur** (comme en C) ou **par référence**
- **Possibilité de surcharger ou sur-définir une fonction**

```
int racine_carree (int x) {return x * x;}
double racine_carree  (double y) {return y * y;}
```

- **Possibilité d'attribuer des valeurs par défaut aux arguments**

```
void MaFonction(int i=3, int j=5); // Déclaration
int x =10, y=20;
MaFonction(x,y);
MaFonction(x);
MaFonction();
```

Les arguments concernés doivent obligatoirement être les derniers de la liste

A fixer dans la déclaration de la fonction pas dans sa définition

Passage des paramètres par valeur (1/2)

```
#include <iostream>
void echange(int,int); // Déclaration (prototype) de la fonction
                       // A mettre avant tout appel de la fonction

int main()
{   int n=10, p=20;
    cout << "avant appel: " << n << " " << p << endl;
    echange(n,p); // Appel de la fonction
    cout << "apres appel: " << n << " " << p << endl;
}

void echange(int a, int b) // Définition de la fonction
{   int c;
    cout << "debut echange : " << a << " " << b << endl;
    c=a; a=b; b=c;
    cout << "fin echange : " << a << " " << b << endl;
}
```

Lors de l'appel **`echange(n,p)`**: **`a`** prend la valeur de **`n`** et **`b`** prend la valeur de **`p`**
Mais après l'appel (à la sortie de la fonction), les valeurs de **`n`** et **`p`** restent inchangées

```
avant appel: 10 20
debut echange: 10 20
fin echange: 20 10
apres appel: 10 20
```

Passage des paramètres par valeur (2/2)

```
#include <iostream>

void echange(int*,int*); // Modification de la signature
                         // Utilisation de pointeurs

int main()
{   int n=10, p=20;
    cout << "avant appel: " << n << " " << p << endl;
    echange(&n,&p);
    cout << "apres appel: " << n << " " << p << endl;
}

void echange(int* a, int* b)
{   int c;
    cout << "debut echange : " << *a << " " << *b << endl;
    c=*a; *a=*b; *b=c;
    cout << "fin echange : " << *a << " " << *b << endl;
}
```

Lors de l'appel **echange(&n,&p)**: **a** pointe sur **n** et **b** pointe sur **p**

Donc après l'appel (à la sortie de la fonction), les valeurs de **n** et **p** ont été modifiées

```
avant appel: 10 20        fin echange: 20 10
debut echange: 10 20      apres appel: 20 10
```

Passage des paramètres par référence

Si on surcharge la fonction en incluant la fonction prenant en paramètre des entiers => ambigüité pour le compilateur lors de l'appel de la fonction!!

```
#include <iostream>
void echange(int&,int&);
int main()
{   int n=10, p=20;
    cout << "avant appel: " << n << " " << p << endl;
    echange(n,p);    // attention, ici pas de &n et &p
    cout << "apres appel: " << n << " " << p << endl;
}
void echange(int& a, int& b)
{   int c;
    cout << "debut echange : " << a << " " << b << endl;
    c=a; a=b; b=c;
    cout << "fin echange : " << a << " " << b << endl;
}
```

Lors de l'appel `echange(n,p)`: `a` et `n` correspondent au même emplacement mémoire, de même pour `b` et `p`

Donc après l'appel (à la sortie de la fonction), les valeurs de `n` et `p` sont modifiées

```
avant appel: 10 20           fin echange: 20 10
debut echange: 10 20         apres appel: 20 10
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de [Delannoy,2004]*

`const` (1/2)

- Constante symbolique : `const int taille =  1000;`
  `// Impossible de modifier taille dans la suite du programme`

  `const` définit une expression constante = calculée à la compilation

- Utilisation de `const` avec des pointeurs

  - Donnée pointée constante :
    ```
    const char* ptr1 = "QWERTY" ;
    ptr1++; // OK
    *ptr1= 'A'; // KO - assignment to const type
    ```
  - Pointeur constant :
    ```
    char* const ptr1 = "QWERTY" ;
    ptr1++; // KO - increment of const type
    *ptr1= 'A'; // OK
    ```
  - Pointeur et donnée pointée constants :
    ```
    const char* const ptr1 = "QWERTY" ;
    ptr1++; // KO - increment of const type
    *ptr1= 'A'; // KO - assignment to const type
    ```

const (2/2)

```
void f (int* p2)
{
   *p2=7; // si p1==p2, alors on change également *p1
}

int main ()
{
   int x=0;
   const int *p1= &x;
   int y=*p1;
   f(&x);
   if (*p1!=y) cout << "La valeur de *p1 a été modifiée";
   return 0;
}
```

`const int* p1` indique que **la donnée pointée par p1 ne pourra par être modifiée par l'intermédiaire de p1**, **pas qu'elle ne pourra jamais être modifiée**

STL

Librairie STL (***Standard Template Library***) : incluse dans la norme C++ ISO/IEC 14882 et développée à Hewlett Packard (Alexander Stepanov et Meng Lee) - définition de conteneurs (liste, vecteur, file etc.)

- ```
  #include <string> // Pour utiliser les chaînes de caractères
  #include <iostream>

  using namespace std ;
  int main()
  { string MaChaine="ceci est une chaine";
    cout << "La Chaine de caractères \""<< MaChaine
         << "\" a pour taille " << MaChaine.size() << "."
         << endl;
    string AutreChaine("!!");
    cout << "Concaténation des deux chaines : \""
         << MaChaine + AutreChaine<<"\".«  << endl ;
    return 0;
  }
  ```
- ```
  #include <vector> // patron de classes vecteur
  #include <list> // patron de classes liste

  vector<int> v1(4, 99) ; // vecteur de 4 entiers égaux à 99
  vector<int> v2(7) ;    // vecteur de 7 entiers
  list<char> lc2 ; // Liste de caractères
  ```

Classes et objets (1/6) : définitions

- **Classe** :
  - Regroupement de données (attributs ou champs) et de méthodes (fonctions membres)
  - Extension des structures (`struct`) avec différents niveaux de visibilité (*`protected`*, *`private`* et *`public`*)
- En programmation orientée-objet pure : encapsulation des données et accès unique des données à travers les méthodes
- **Objet** : instance de classe
  - Attributs et méthodes communs à tous les objets d'une classe
  - Valeurs des attributs propres à chaque objet
- **Encapsulation**
  - Caractérisation d'un objet par les spécifications de ses méthodes : interface
  - Indépendance vis à vis de l'implémentation

Classes et objets (2/6) : 1er exemple de classe

```
// Exemple de classe repris de [Deitel et Deitel, 2001]
class Horaire{

  private: // déclaration des membres privés
           // private: est optionnel (privé par défaut)
     int heure;        // de 0 à 24
     int minute;       // de 0 à 59
     int seconde;      // de 0 à 59

  public: // déclaration des membres publics
     Horaire(); // Constructeur
     void SetHoraire(int, int, int);
     void AfficherMode12h();
     void AfficherMode24h();
};
```

Interface de la classe

Classes et objets (3/6) : 1er exemple de classe

Constructeur : Méthode appelée automatiquement à la création d'un objet

```
Horaire::Horaire() {heure = minute = seconde = 0;}
```

Définition d'un constructeur ⇒ Création d'un objet en passant le nombre de paramètres requis par le constructeur

```
int main()
{ Horaire h;  // Appel du constructeur qui n'a pas de paramètre
  …
}
```

Si on avait indiqué dans la définition de la classe :

```
Horaire (int = 0, int = 0, int = 0);
```

- **Définition du constructeur :**

```
Horaire:: Horaire (int h, int m, int s)
 { SetHoraire(h,m,s);}
```

- **Déclaration des objets :**

```
Horaire h1, h2(8), h3 (8,30), h4 (8,30,45);
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Classes et objets (4/6) : 1er exemple de classe

```
// Exemple repris de [Deitel et Deitel, 2001]
void Horaire::SetHoraire(int h, int m, int s)
{
   heure = (h >= 0 && h < 24) ? h : 0 ;
   minute = (m >= 0 && m < 59) ? m : 0 ;
   seconde = (s >= 0 && s < 59) ? s : 0 ;
}
void Horaire::AfficherMode12h()
{
   cout << (heure < 10 ? "0"  : "" ) << heure << ":"
    << (minute < 10 ? "0"  : "" ) << minute;
}
void Horaire::AfficherMode24h()
{
   cout << ((heure == 0 || heure == 12) ? 12 : heure %12)
     << ":"  << (minute < 10 ? "0"  : "" << minute
    << ":"  << (seconde < 10 ? "0"  : "" << seconde
    <<  (heure < 12 ? " AM"  : " PM"  );
}
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Classes et objets (5/6) : 1er exemple de classe

```
// Exemple repris de [Deitel et Deitel, 2001]
#include "Horaire.h"
int main()
{
   Horaire MonHoraire;
   // Erreur : l'attribut Horaire::heure est privé
   MonHoraire.heure = 7;
   // Erreur : l'attribut Horaire::minute est privé
   cout << "Minute = " << MonHoraire.minute ;
   return 0;
}
```

Résultat de la compilation avec g++ sous Linux

```
g++ -o Horaire Horaire.cpp Horaire_main.cpp
Horaire_main.cpp: In function `int main()':
Horaire.h:9: `int Horaire::heure' is private
Horaire_main.cpp:9: within this context
Horaire.h:10: `int Horaire::minute' is private
Horaire_main.cpp:11: within this context
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Classes et objets (6/6) : 1er exemple de classe

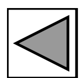
```
// Exemple de classe repris de [Deitel et Deitel, 2001]
class Horaire{
   private : // déclaration des membres privés
        int heure;      // de 0 à 24
        int minute;     // de 0 à 59
        int seconde;    // de 0 à 59
   public : // déclaration des membres publics
        Horaire();        // Constructeur
        void SetHoraire(int, int, int);
        void SetHeure(int);
        void SetMinute(int);
        void SetSeconde(int);
        int GetHeure();
        int GetMinute();
        int GetSeconde();
        void AfficherMode12h();
        void AfficherMode24h();
};

void Horaire::SetHeure(int h)
  {heure = ((h >=0) && (h<24)) ? h : 0;}

int Horaire:: GetHeure() {return heure;}
```

Pour affecter des valeurs aux attributs privés (SetHeure, SetMinute, SetSeconde)

Pour accéder aux valeurs des attributs privés (GetHeure, GetMinute, GetSeconde)



Quelques règles de programmation

1. **Définir les classes, inclure les librairies etc. dans un fichier d'extension .h**
2. **Définir le corps des méthodes, le programme main etc. dans un fichier d'extension .cpp (incluant le fichier .h)**
3. **Compiler régulièrement**
4. **Pour déboguer :**
   - **Penser à utiliser les commentaires et les `cout`**
   - **Utiliser le débogueur**

Utilisation des constantes (1/4)

```
const int MAX = 10;
...
int tableau[MAX];
cout << MAX ;
...
class MaClasse
{
  int tableau[MAX];
}
```

En C++ : on peut utiliser une constante n'importe où après sa définition

Par convention : les constantes sont notées en majuscules

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Utilisation des constantes (2/4)

Attention au nom des constantes

```
#include <iostream>
using namespace std ;

// déclaration d'une constante
const int max=10;

class MaClasse
{
  int tableau[max]; // Utilisation de la constante dans une classe
  public:
    MaClasse() { cout << "constructeur" << endl ;
                 for(int i=0; i<max; i++) tableau[i]=i;
               }
    void afficher()
     { for(int i=0; i<max; i++)
       cout << "tableau[" << i << "]=" << tableau[i] << endl;
     }
};

int main()
{ cout << "constante : " << max << endl;
  MaClasse c;
  c.afficher();
}
```

Il existe une fonction `max` :

`/usr/include/c++/3.2.2/bits/stl_algobase.h:207: also declared as `std::max'` (de gcc 3.2.2)

Compile sans problème avec g++ 1.1.2 (sous linux) ou sous Visual C++ 6.0 (sous windows)

Erreur de compilation sous Eclipse 3;1.0 et gcc 3.2.2!!

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Utilisation des constantes (3/4)

```
#include <iostream>
using namespace std ;

// déclaration d'une constante dans un espace de nom
namespace MonEspace{const int max=10;}

class MaClasse
{
  int tableau[MonEspace::max];
  public:
    MaClasse() { cout << "constructeur" << endl ;
                 for(int i=0; i< MonEspace::max; i++)
                     tableau[i]=i;
               }
    void afficher()
     { for(int i=0; i< MonEspace::max; i++)
        cout << "tableau[" << i << "]="
         << tableau[i] << endl;
     }
};

int main()
{ cout << "constante : " << MonEspace:: max << endl;
  MaClasse c;
  c.afficher();
}
```

Possibilité de déclarer la constante `max` dans un espace de noms => pas de bug de compil. sous Eclipse 3.1.0

Utilisation des constantes (4/4)

Par convention : les constantes sont notées en majuscules

```
#include <iostream>
using namespace std ;

// déclaration d'une constante
const int MAX=10;

class MaClasse
{
  int tableau[MAX];
  public:
    MaClasse() { cout << "constructeur" << endl ;
                 for(int i=0; i< MAX; i++)
                     tableau[i]=i;
               }
    void afficher()
     { for(int i=0; i< MAX; i++)
        cout << "tableau[" << i << "]="
          << tableau[i] << endl;
     }
};

int main()
{ cout << "constante : " << MAX << endl;
  MaClasse c;
  c.afficher();
  cout << max(10,15);
}
```

Notions de constructeurs et destructeur (1/7)

- **Constructeurs**
  - De même nom que le nom de la classe
  - Définition de l'initialisation d'une instance de la classe
  - Appelé implicitement à toute création d'instance de la classe
  - Méthode non typée, pouvant être surchargée
- **Destructeur**
  - De même nom que la classe mais précédé d'un tilde (~)
  - Définition de la désinitialisation d'une instance de la classe
  - Appelé implicitement à toute disparition d'instance de la classe
  - Méthode non typée et sans paramètre
  - Ne pouvant pas être surchargé

Notions de constructeurs et destructeur (2/7)

```
// Programme repris de [Delannoy, 2004] - pour montrer
   les appels du constructeur et du destructeur

class Exemple
{
    public :
      int attribut;
      Exemple(int); // Déclaration du constructeur
      ~Exemple();   // Déclaration du destructeur
} ;

Exemple::Exemple (int i)  // Définition du constructeur
{ attribut = i;
  cout << "** Appel du constructeur - valeur de
   l'attribut = " << attribut << "\n";
}

Exemple::~Exemple()  // Définition du destructeur
{ cout << "** Appel du destructeur - valeur de l'attribut
   = " << attribut << "\n";
}
```

Notions de constructeurs et destructeur (3/7)

```
void MaFonction(int); // Déclaration d'une fonction

int main()
{
   Exemple e(1); // Déclaration d'un objet Exemple

   for(int i=1;i<=2;i++) MaFonction(i);

   return 0;
}

void MaFonction (int i) // Définition d'une fonction
{
   Exemple e2(2*i);
}
```

Résultat de l'exécution du programme :

```
** Appel du constructeur - valeur de l'attribut = 1
** Appel du constructeur - valeur de l'attribut = 2
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 2
** Appel du constructeur - valeur de l'attribut = 4
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 4
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 1
```

Notions de constructeurs et destructeur (4/7)

```
// Exemple de constructeur effectuant une allocation
// dynamique - repris de [Delannoy, 2004]
class TableauDEntiers
{
        int nbElements;
        int * pointeurSurTableau;
   public:
        TableauDEntiers(int, int);   // Constructeur
        ~ TableauDEntiers();         // Destructeur
        …
}

// Constructeur allouant dynamiquement de la mémoire pour nb entiers
TableauDEntiers::TableauDEntiers (int nb, int max)
{ pointeurSurTableau = new int [nbElements=nb] ;
  for (int i=0; i<nb; i++) // nb entiers tirés au hasard
    pointeurSurTableau[i]= double(rand())/ RAND_MAX*max;
} // rand() fournit un entier entre 0 et RAND_MAX

TableauDEntiers::~TableauDEntiers ()
{ delete pointeurSurTableau ; // désallocation de la mémoire
}
```

Notions de constructeurs et destructeur (5/7)

Constructeur par recopie (*copy constructor*) :

- Constructeur créé par défaut mais pouvant être redéfini
- Appelé lors de l'**initialisation d'un objet par recopie** d'un autre objet, lors du **passage par valeur d'un objet** en argument de fonction ou en **retour d'un objet** comme retour de fonction

```
MaClasse c1;
MaClasse c2=c1; // Appel du constructeur par recopie
```

- Possibilité de définir explicitement un constructeur par copie si nécessaire :
  - Un seul argument de type de la classe
  - Transmission de l'argument par référence

```
MaClasse(MaClasse &);
MaClasse(const MaClasse &) ;
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Notions de constructeurs et destructeur (6/7)

```
// Reprise de la classe Exemple
class Exemple
{
    public :
       int attribut;
       Exemple(int); // Déclaration du constructeur
       ~Exemple();   // Déclaration du destructeur
} ;
int main()
{   Exemple e(1); // Déclaration d'un objet Exemple
    Exemple e2=e; // Initialisation d'un objet par recopie
   return 0;
}
```

Résultat de l'exécution du programme avant la définition explicite du constructeur par recopie :

```
** Appel du constructeur - valeur de l'attribut = 1
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 1
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 1
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Notions de constructeurs et destructeur (7/7)

```
// Reprise de la classe Exemple
class Exemple
{ public :
        int attribut;
        Exemple(int);
       // Déclaration du constructeur par recopie
       Exemple(const Exemple &);
      ~Exemple();
} ;

// Définition du constructeur par recopie
Exemple::Exemple (const Exemple & e)
{ cout << "** Appel du constructeur par recopie ";
  attribut = e.attribut;  ←——  // Recopie champ à champ
  cout << " - valeur de l'attribut après recopie = " << attribut <<
endl;
}
```

Résultat de l'exécution du programme avant la définition explicite du constructeur par recopie :

```
** Appel du constructeur - valeur de l'attribut = 1
** Appel du constructeur par recopie  - valeur de l'attribut après recopie= 1
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 1
** Appel du destructeur - valeur de l'attribut = 1
```

Méthodes de base d'une classe

- **Constructeur**
- **Destructeur**
- **Constructeur par copie**
- **Opérateur d'affectation (=)**

Attention aux implémentations par défaut fournies par le compilateur

Si une fonctionnalité ne doit pas être utilisée alors en interdire son accès en la déclarant `private`

Propriétés des méthodes (1/4)

- **Surcharge des méthodes**

```
MaClasse();                Afficher();
MaClasse(int);             Afficher(char* message);
```

- Possibilité de définir des **arguments par défaut**

```
MaClasse(int = 0);         Afficher(char* = "" );
```

- Possibilité de définir des **méthodes en ligne**

```
inline MaClasse::MaClasse() {corps court};
```

```
class MaClasse
{ …
 MaClasse() {corps court};
}
```

Définition de la méthode dans la déclaration même de la classe

Incorporation des instructions correspondantes (en langage machine) dans le programme ⇒ plus de gestion d'appel

Propriétés des méthodes (2/4)

Passage des paramètres objets

- **Transmission par valeur**

```
bool Horaire::Egal(Horaire h)
  { return ((heure == h.heure) && (minute == h.minute)
   && (seconde == h.seconde)) ;
  }  // NB : Pas de violation du principe d'encapsulation

int main()
{ Horaire h1, h2;
   …
   if (h1.Egal(h2)==true)
        // h2 est recopié dans un emplacement
        // local à Egal nommé h
        // Appel du constructeur par recopie
}
```

- **Transmission par référence**

```
bool Egal(const Horaire & h)
```

Propriétés des méthodes (3/4)

Méthode retournant un objet

- **Transmission par valeur**

```
Horaire Horaire::HeureSuivante()
 { Horaire h;
   if (heure<24) h.SetHeure(heure+1);
     else h.SetHeure(0);
   h.SetMinute(minute); h.SetSeconde(seconde);
   return h; // Appel du constructeur par recopie
 }
```

- **Transmission par référence**

```
Horaire & Horaire::HeureSuivante()
```

La variable locale à la méthode est détruite à la sortie de la méthode – Appel automatique du destructeur!

Propriétés des méthodes (4/4)

Méthode constante

- Utilisable pour un objet déclaré constant
- Pour les méthodes ne modifiant pas la valeur des objets

```
class Horaire
{ …
  void Afficher() const ;
  void AfficherMode12h();
}
```

NB : Possibilité de surcharger la méthode et d'ajouter à la classe :

```
Afficher();
```

Fonction main

```
const Horaire h;
h.Afficher(); // OK
h.AfficherMode12h() // KO
         // h est const mais pas la méthode!!
Horaire h2;
h2.Afficher(); //OK
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Auto-référence

Auto-référence : pointeur this

- Pointeur sur l'objet (i.e. l'adresse de l'objet) ayant appelé
- Uniquement utilisable au sein des méthodes de la classe

```
Horaire::AfficheAdresse()
{ cout << "Adresse : " << this ;
}
```

Qualificatif statique : `static` (1/2)

- Applicable aux attributs et aux méthodes
- Définition de propriété indépendante de tout objet de la classe ⇔ **propriété de la classe**

```
class ClasseTestStatic
{
 static int NbObjets; // Attribut statique
 public:
   // constructeur inline
   ClasseTestStatic() {NbObjets++;};
   // Affichage du membre statique inline
   void AfficherNbObjets ()
   { cout << "Le nombre d'objets instances de la
              classe  est : " << NbObjets << endl;
   };
   static int GetNbObjets() {return NbObjets;};
};
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Qualificatif statique : static (2/2)

```
// initialisation de membre statique
int ClasseTestStatic::NbObjets=0;

int main ()
{
→ cout << "Nombre d'objets de la classe :"
         << ClasseTestStatic ::GetNbObjets() << endl;

   ClasseTestStatic a; a.AfficherNbObjets();
   ClasseTestStatic b, c;
   b.AfficherNbObjets(); c.AfficherNbObjets();
   ClasseTestStatic d;
   d.AfficherNbObjets(); a.AfficherNbObjets();
};
```

```
Nombre d'objets de la classe : 0 ←
Le nombre d'objets instances de la classe est : 1 ←
Le nombre d'objets instances de la classe est : 3 ←
Le nombre d'objets instances de la classe est : 3 ←
Le nombre d'objets instances de la classe est : 4 ←
Le nombre d'objets instances de la classe est : 4 ←
```

Surcharge d'opérateurs (1/5)

Notions de **méthode amie** : `friend`

- Fonction extérieure à la classe ayant accès aux données privées de la classes
- Contraire à la P.O.O. mais utile dans certain cas
- Plusieurs situations d'« amitié » [Delannoy, 2001] :
  - Une fonction indépendante, amie d'une classe
  - Une méthode d'une classe, amie d'une autre classe
  - Une fonction amie de plusieurs classes
  - Toutes les méthodes d'une classe amies d'une autre classe

```
friend type_retour NomFonction (arguments) ;
// A déclarer dans la classe amie
```

Surcharge d'opérateurs (2/5)

Possibilité en C++ de redéfinir n'importe quel opérateur unaire ou binaire : =, ==, +, -, *, \, [], (), <<, >>, ++, -- , +=, -=, *=, /= , & etc.

```
class Horaire
{ …
  bool operator== (const Horaire &);
}

bool Horaire::operator==(const Horaire& h)
{
  return((heure==h.heure) && (minute ==
  h.minute) && (seconde == h.seconde));
}
```

Fonction main

```
Horaire h1, h2;
…
if (h1==h2) …
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Surcharge d'opérateurs (3/5)

```
class Horaire
{ …
  friend bool operator== (const Horaire &, const
  Horaire &); // fonction amie
}

bool operator==(const Horaire& h1, const
  Horaire& h2)
{
  return((h1.heure==h2.heure) && (h1.minute ==
  h2.minute) && (h1.seconde == h2.seconde));
}
```

Fonction main

```
Horaire h1, h2;
…
if (h1==h2) …
```

Un opérateur binaire peut être défini comme :

- **une méthode à un argument**
- **une fonction `friend` à 2 arguments**
- **jamais les deux à la fois**

Surcharge d'opérateurs (4/5)

```
class Horaire
{ … // Pas de fonction friend ici pour l'opérateur ==
}

// Fonction extérieure à la classe
bool operator==(const Horaire& h1, const Horaire& h2)
{
  return((h1.GetHeure()==h2.GetHeure()) &&
  (h1.GetMinute() == h2.GetMinute()) &&
  (h1.GetSeconde() == h2.GetSeconde()) );
}
```

Fonction main

```
Horaire h1, h2;
…
if (h1==h2) …
```

Surcharge d'opérateurs (5/5)

```
class Horaire
{ …
  const Horaire& operator= (const Horaire &);
}

const Horaire& Horaire::operator=(const Horaire& h)
{
  heure=h.heure;
  minute = h.minute;
  seconde= h.seconde;
  return *this;
}
```

Fonction main

```
Horaire h1(23,16,56),h2;
…
h2=h1; …
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Copy constructeur vs. Opérateur d'affectation

```
MaClasse c;
MaClasse c1=c; // Appel au copy constructeur!
MaClasse c2;
c2=c1; // Appel de l'opérateur d'affectation!

// Si la méthode Egal a été définie par :
// bool Egal(MaClasse c);
if(c1.Egal(c2)) …; // Appel du copy constructeur!
                   // c2 est recopié dans c

// Si l'opérateur == a été surchargé par :
// bool operator==(MaClasse c);
if(c1==c2) …; // Appel du copy constructeur!
              // ⇔ c1.operator==(c2)
              // c2 est recopié dans c
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Objet membre (1/4)

Possibilité de créer une classe avec un membre de type objet d'une classe

```
// exemple repris de [Delannoy, 2004]
class point
 {
   int abs, ord ;
   public :
    point(int,int);
 };

 class cercle
 {
   point centre; // membre instance de la classe point
   int rayon;
   public :
    cercle (int, int, int);
 };
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Objet membre (2/4)

```
#include "ObjetMembre.h"

point::point(int x=0, int y=0)
{
   abs=x; ord=y;
   cout << "Constr. point " << x << " " << y << endl;
}

cercle::cercle(int abs, int ord, int ray) : centre(abs,ord)
{
   rayon=ray;
   cout << "Constr. cercle " << rayon << endl;
}

int main()
{
   point p;
   cercle c (3,5,7);
}
```

Affichage :

```
Constr. point 0 0
Constr. point 3 5
Constr. cercle 7
```

Objet membre (3/4)

```
// Autre manière d'écrire le constructeur de la classe cercle
cercle::cercle(int abs, int ord, int ray)
{
    rayon=ray;
    // Attention : Création d'un objet temporaire point
    // et Appel de l'opérateur =
    centre = point(abs,ord);
    cout << "Constr. cercle " << rayon << endl;
}
int main()
{
    point p = point(3,4); // ⇔ point p (3,4);
    // ici pas de création d'objet temporaire
    cercle c (3,5,7);
}
```

Affichage :

```
Constr. point 3 4
Constr. point 0 0
Constr. point 3 5
Constr. cercle 7
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *adapté de [Delannoy, 2004]*

Objet membre (4/4)

- Possibilité d'utiliser la même syntaxe de transmission des arguments à un objet membre pour n'importe quel membre (ex. des attributs de type entier) :

```
class point
{   int abs, ord ;
    public :
     // Initialisation des membres abs et ord avec
     // les valeurs de x et y
     point (int x=0, int y=0) : abs(x), ord(y) {};
};
```

- Syntaxe indispensable en cas de membre donnée constant ou de membre donnée de type référence :

```
class Exemple
{   const int n;
    public :
     Exemple();
};
// Impossible de faire n=3; dans le corps du constructeur
// n est un membre (attribut) constant!!
Exemple::Exemple() : n(3) {…}
```