

Ch. 4 - Types structurés

Langage C / C++

R. Absil

Haute École Bruxelles-Brabant
École supérieure d'Informatique



14 octobre 2020

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Types structurés en C
 - Structures
 - Unions
 - Champs de bits
- 3 Énumérations
- 4 Classes
- 5 Constructeurs et destructeurs
 - Constructeur par défaut
 - Constructeur de copie
 - Liste d'initialisation
 - Destructeur
- 6 Déclaration, définition et inclusion

Introduction

Les différents types

- En C / C++, « tout » a un type
 - Objets, références, fonctions et expressions
- Il existe deux grandes catégories de types
 - 1 Types de base
 - `void`, `nullptr_t`, arithmétiques, `bool`
 - 2 Types structurés
 - Références, pointeurs, tableaux, fonctions, énumérations et classes
- On n'a pas abordé les classes (et « variantes ») et énumérations
- Énumération : stocke un ensemble fini de valeurs constantes

Paradigme orienté objet (1/2)

- Modélisation des composants d'un programme sous forme d'objets
- Les objets sont instanciés à partir d'un modèle conceptuel : la classe
- Les objets ont tous des caractéristiques communes

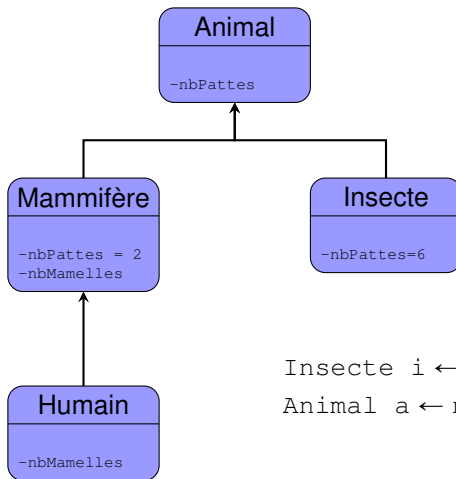
Exemple

- Tous les animaux ont des pattes
 - Tous les mammifères ont 4 pattes et des mamelles
 - Les humains sont des mammifères avec 2 mamelles et un nom
-
- Un objet est donc une instance d'une classe aux caractéristiques particulières
 - `abs` est un humain (nom : "Romain")

Paradigme orienté objet (2/2)

- Chaque objet possède des données qui lui sont propres
 - Attributs
- Chaque objet peut réaliser plusieurs fonctionnalités, dépendant de ses attributs
 - Fonctions membres
- Les attributs ne sont pas « visibles » en dehors de la classe
 - Encapsulation
- Un objet peut posséder plusieurs types « hiérarchiques »
 - Héritage
- Conversion implicite entre types « hiérarchiques » compatibles
 - Polymorphisme
- Chaque objet est typé
 - En l'absence des relations ci-dessus, impossible de substituer un objet de type A par un objet de type B

Exemple



```
Insecte i ← nouvel Insecte
Animal a ← nouvel Insecte
```

Types structurés en c

Limitations

- Pas de classes, pas d'héritage
 - Mais on a quand même une manière de structurer le code
- Les `struct` et `union` permettent de déclarer des « paquets » de données
- On peut définir des fonctions *indépendantes* prenant en paramètres des `struct` ou `union`
 - Pas de fonctions membres
 - On ne peut pas écrire `maFraction.add(f2)`
- On peut effectuer une certaine généricité avec la conversion implicite des pointeurs vers `void*`
- Définir une `struct` ou `union` ne définit pas d'alias de type associé
 - Il faut explicitement faire un `typedef`

Illustration

■ Fichier typedef.c

```
1 struct A {};  
2 typedef struct A A; //comment  
3  
4 union B {};  
5 typedef union B B; //comment  
6  
7 //void print_addr1(struct A* a)  
8 void print_addr1(A * a)  
9 {  
10     printf("%p\n", a);  
11 }  
12  
13 //void print_addr2(union B* b)  
14 void print_addr2(B * b)  
15 {  
16     printf("%p\n", b);  
17 }  
18  
19 int main()  
20 {  
21     A a; B b;  
22     // struct A a; union B b;  
23     print_addr1(&a);  
24     print_addr2(&b);  
25 }
```

Structure

- Structure de donnée de champs non contigus.
 - Pas de possibilité de parcours mémoire.
- Déclaration via le mot-clé `struct`.
- Pas d'initialisation de champs à la déclaration d'une variable.
 - Pas de constructeur : valeurs indéterminées.
- Transmission par valeur : pas de constructeur de copie.
 - Attention aux pointeurs !
- Affectation possible entre structures de même type uniquement.
 - Même si les deux structures ont les mêmes champs, pas de cast possible.

Initialisation

- Pas de constructeur

Initialisation implicite

- Les valeurs des attributs dépendent de la classe d'allocation (cf. Ch. 5)
- `point p;`

Initialisation explicite

- Affectation avec `= { ... }`
- Les attributs manquants sont mis à zéro
- On peut assigner des valeurs par affectation des attributs
 - `p.x = 2; p.y = 3;`

Exemple

■ Fichier point.c

```
1  struct point
2  {
3      double x, y;
4  };
5
6  struct point2
7  {
8      double x, y;
9  };
10
11 typedef struct point point;
12 typedef struct point2 point2;
13
14 double dist(point p1, point p2)
15 {
16     return sqrt((p1.x - p2.x) * (p1.x - p2.x) + (p1.y - p2.y) * (p1.y - p2.y));
17 }
```

Exemple

■ Fichier point.c

```
1 int main()
2 {
3     point p;
4
5     printf("%f_%f\n", p.x, p.y); // undefined
6
7     p.x = p.y = 0;
8
9     point p2 = {1, 1}; // try with = {1}
10    printf("%f_%f\n", p2.x, p2.y);
11
12    printf("%f\n", dist(p, p2));
13
14    point2 brol;
15    //point p3 = (point)brol;
16    //dist(p1, brol); //no conversion
17 }
```

Union

- Déclaration et utilisation similaire aux structures
- Différence majeure : la mémoire est partagée entre *tous* les champs
- Déclaration via le mot-clé `union`.
- Idée : si une union possède un champ X et un champ Y, elle stocke *soit* un X, *soit* un Y.
- La taille d'une union est d'au moins la taille du plus grand champ.
- Si on affecte une valeur à un champ, la zone de mémoire partagée est modifiée

Hygiène de programmation

- Éviter

Exemple (1/2)

■ Fichier `union.c`

```
1  union Data
2  {
3      int i;
4      float f;
5      char str[20];
6  };
7
8  int main( )
9  {
10     union Data data;
11
12     data.i = 10;
13     printf( "data.i: %d\n", data.i);
14     printf( "data.f: %f\n", data.f);
15     printf( "data.str: %s\n", data.str);
16
17     data.f = 220.5;
18     printf( "data.i: %d\n", data.i);
19     printf( "data.f: %f\n", data.f);
20     printf( "data.str: %s\n", data.str);
21
22     strcpy( data.str, "C_Programming");
23     printf( "data.i: %d\n", data.i);
24     printf( "data.f: %f\n", data.f);
25     printf( "data.str: %s\n", data.str);
26 }
```


Champs de bits

- Le C possède des opérateurs permettant de travailler sur les motifs binaires (C++aussi).
 - `|`, `&`, `<<`, `>>`
- Le langage permet de définir, au sein des structures, des variables occupant un nombre défini de bits.
 - Les champs de bits
- Seul cas d'un type de taille non multiple d'un byte
- Utiles pour :
 - Compacter l'information : $0 \leq i \leq 15$ tient sur 4 bits au lieu de 16
 - Parcourir un motif binaire en mémoire
- Syntaxe des structures
 - `T t : s;` : le champ `t` de type `T` occupe `s` bits.
 - `T : s;` : On saute `s` bits.

Types autorisés

■ Trois uniques types d'attributs autorisés

- 1 Avec `unsigned int`, `unsigned int` `b:3; ∈ [0, 7]`
- 2 Avec `signed int`, `signed int` `b:3; ∈ [-4, 3]`
- 3 Avec `int`, `int` `b:3; ∈ [0, 7]` ou `∈ [-4, 3]`
- 4 Avec `bool`, `int` `b:1; ∈ [0, 1]` (`true` et `false`)

■ Unique cas où `int` \neq `signed int`

■ On ne peut pas

- créer de pointeurs de champs de bits
- utiliser `sizeof` avec les champs de bits

Hygiène de programmation

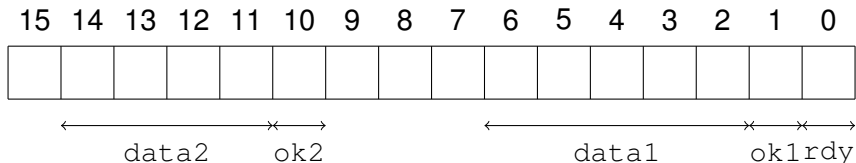
■ Éviter

Exemple

```

1 struct state
2 {
3     unsigned rdy : 1;
4     unsigned ok1 : 1;
5     int data1    : 5;
6     int          : 3;
7     unsigned ok2 : 1;
8     int data2    : 4;
9 };

```



Énumérations

Énumération

- Définit un type initialisable sur un nombre fini non vide de valeurs
 - Les énumérateurs ne sont pas des `lvalue`
 - On ne peut pas les réaffecter
- Les énumérateurs sont définis globalement
- Associe une valeur `int` à chacun des énumérateurs
- Possibilité de spécifier explicitement ces valeurs.
 - Possibilité d'affecter une même valeur à plusieurs énumérateurs.
- Possibilité d'affecter une valeur entière hors des valeurs possibles.
 - Résultat dépendant du compilateur.
- Possibilité de tests avec `switch`
- Maintenez un code *lisible*

Exemple

■ Fichier enum.c

```
1 enum couleur { rouge, vert, bleu };
2 enum boolean { vrai = 1, faux = 0};
3
4 main()
5 {
6     enum couleur c1 = rouge;
7     enum couleur c2 = c1;
8
9     printf("%i\n", c1);
10    printf("%i\n", c2);
11
12    int n = bleu;
13    int p = vert * n + 2;
14
15    printf("%i\n",n);
16    printf("%i\n",p);
17    // vert = n;
18
19    enum couleur c3 = faux;
20    enum boolean brol = 3 * c2 + 4;
21
22    printf("%i\n",c3);
23    printf("%i\n",brol);
24 }
```

Exemple

■ Fichier enum2.c

```
1 typedef enum color { RED, GREEN, BLUE} color;  
2  
3 enum Foo { A, B, C=10, D, E=1, F, G=F+C}; //don't try this at home  
4 //A=0, B=1, C=10, D=11, E=1, F=2, G=12  
5  
6 int main()  
7 {  
8     color c = RED;  
9  
10    switch(c)  
11    {  
12        case RED    : printf("red\n"); break;  
13        case GREEN   : printf("green\n"); break;  
14        case BLUE    : printf("blue\n"); break;  
15    }  
16 }
```

En C++

- Possibilité de définir des énumérations fortement typées
- Déclaration avec `enum class NAME ... ;`
- Possibilité de choisir le type sous-jacent des énumérateurs avec `enum class NAME : TYPE ... ;`
 - Doit posséder une conversion implicite vers `int`
- Dans tous les cas, pas de conversion implicites vers les entiers
 - On peut obtenir la valeur de l'énumérateur avec `static_cast`
- Accès aux énumérateurs avec l'opérateur de résolution de portée
- Possibilité de surcharge d'opérateur (cf. Ch. 8)

Hygiène de programmation

- Éviter les énumérations non fortement typées en C++

Exemple

■ Fichier `enum.cpp`

```

1  enum class Color { red, green = 20, blue };
2
3  enum class altitude : char
4  {
5      high='h',
6      low='l',
7  };
8
9  int main()
10 {
11     Color r = Color::blue;
12     switch(r)
13     {
14         case Color::red : cout << "red" << endl; break;
15         case Color::green: cout << "green" << endl; break;
16         case Color::blue : cout << "blue" << endl; break;
17     }
18
19     // int n = r;
20     int n = static_cast<int>(r); // OK, n = 21
21 }

```

Classes

C++ : les classes

- Les classes permettent de définir un ensemble variables de différents types regroupées sous un même nom
 - Mot-clé `struct` et `class`
- En C++, on peut définir des fonctions membres dans des classes
 - Méthodes en Java
- Accès aux membres / attributs avec `.`
 - Avec `->` via un pointeur (p. ex., `this`)

Différences entre classes et structures

- En l'absence de spécificateur d'accès,
 - 1 les membres d'une `class` sont privés, ceux d'une `struct` sont publics
 - 2 les membres d'une mère au sein d'une fille sont privés dans une `class`, publics dans une `struct`

Exemple classe

■ Fichier point-class.cpp

```
1  class point
2  {
3      double x, y;
4
5      public:
6          point(int x, int y)
7          {
8              this->x = x;
9              this->y = y;
10         }
11
12         inline double getX()
13         {
14             return x;
15         }
16
17         inline double getY()
18         {
19             return y;
20         }
21
22         double dist(point p)
23         {
24             return sqrt((x - p.x)*(x - p.x)+(y - p.y)*(y - p.y));
25         }
26     };
```

Exemple classe

■ Fichier point-struct.cpp

```
1 struct point
2 {
3     point(int x, int y)
4     {
5         this->x = x;
6         this->y = y;
7     }
8
9     inline double getX()
10    {
11        return x;
12    }
13
14    inline double getY()
15    {
16        return y;
17    }
18
19    double dist(point p)
20    {
21        return sqrt((x - p.x)*(x - p.x) + (y - p.y)*(y - p.y));
22    }
23
24    private:
25        double x, y;
26};
```

Utilisation

■ Fichiers `point-class.cpp` et `point-struct.cpp`

```
1 int main()
2 {
3     point p1(1,1);
4     //cout << p1.x << " " << p1.y << endl; //ko
5     cout << p1.getX() << " " << p1.getY() << endl;
6     point p2(2,2);
7     cout << p2.getX() << " " << p2.getY() << endl;
8     cout << "dist=" << p1.dist(p2) << endl;
9 }
```

Remarque

- Ne pas oublier le `;` après la déclaration d'une classe ou d'une structure

Implémentation et déclarations

- Souvent, on sépare la déclaration et l'implémentation d'une classe
- Déclaration dans les headers `.h`, implémentation dans les sources `.cpp`
 - Fichiers `.hpp` : headers et sources
- On définit l'implémentation à l'aide de `::`
 - `double point::dist(point p) { ... }`

Fonctions `inline`

- Doivent être implémentés dans la même unité de traduction
 - « Même fichier »
- Si défini complètement au sein d'une classe, union ou structure : implicitement `inline`

Exemple (1/2)

■ Fichier `point-decl-impl.h`

```
1 //no include, no using namespace std;
2
3 class point
4 {
5     double x, y;
6
7     public:
8         point(int x, int y);
9         inline double getX();
10        inline double getY();
11        double dist(point p);
12 };
13
14 double point::getX()
15 {
16     return x;
17 }
18
19 double point::getY()
20 {
21     return y;
22 }
```


Exemple (2/2)

■ Fichier point-decl-impl.cpp

```

1  #include "point-decl-impl.h"
2
3  point::point(int x, int y) {
4      this->x = x;
5      this->y = y;
6  }
7
8  double point::dist(point p) {
9      return sqrt((x - p.x)*(x - p.x) + (y - p.y)*(y - p.y));
10 }

```

■ Fichier point-decl-impl-main.cpp

```

1  #include <iostream>
2  #include "point-decl-impl.h"
3
4  using namespace std;
5
6  int main() {
7      point p1(1,1); point p2(2,2);
8      cout << p1.getX() << " " << p1.getY() << endl;
9      cout << p2.getX() << " " << p2.getY() << endl;
10     cout << "dist=" << p1.dist(p2) << endl;
11 }

```

Fonctions membres constantes

- Rend une fonction *membre* constante
- Ajoute le CV-qualifier `const` sur la fonction concernée
- Ne modifie pas `this`
 - Impossible de modifier un attribut
 - Impossible d'appeler une fonction non constante
- Usage du mot-clé `const` à la fin du prototype
- Souvent utilisé pour les getters
- Si définition de deux prototypes (un `const` et pas l'autre),
 - les objets `const` appellent le prototype `const`
 - les autres appellent l'autre
- Compilatoirement, offre certaines optimisations
- Surtout utile pour le programmeur

Exemple

■ Fichier const-class.cpp

```

1  class A
2  {
3      int i;
4
5      public:
6          A(int i) { this->i = i; }
7          void set(int i) { this->i = i; }
8          int& get() { cout << "g_"; return i; }
9          const int& get() const { cout << "cg_"; return i; }
10 };
11
12 int main()
13 {
14     A a(2);
15
16     a.set(3);
17     cout << a.get() << endl;
18     a.get() = 5;
19     cout << a.get() << endl;
20
21     const A ca(42);
22     //ca.set(5);
23     cout << ca.get() << endl;
24 }

```

Constructeurs et destructeurs

Introduction

- Constructeur : appelé à l'instanciation d'un objet
 - Allocation de mémoire
 - Assignment des attributs, pré-traitement, etc.
- Destructeur : appelé à la destruction de l'objet
 - Désallocation de mémoire
 - Post-traitement, désallocations explicites

Exemple : écriture dans un fichier

- Création : initialisation avec le chemin vers le fichier, test d'existence, ouverture du fichier
- Destruction : vidage des tampons, fermeture du fichier
- Pas de type de retour, même nom que la classe
 - Destructeur préfixé de ~

Constructeur particuliers

- On utilise un constructeur à
 - l'initialisation(implicite ou non),
 - la copie (implicite ou non),
 - la réallocation
- Pas à l'affectation
- Possibilité de plusieurs constructeurs
 - Constructeur par défaut
 - Constructeur de recopie
 - Constructeur de déplacement (cf. Ch. 10)
 - Constructeur « personnalisé »
- Règles d'appel particulières en cas d'héritage (cf. Ch. 12)

Exemple

■ Fichier point-cstr.cpp

```

1  class point {
2      double x, y;
3      bool copie;
4
5  public:
6      point(int x, int y) {
7          this->x = x; this->y = y;
8          copie = false;
9
10         cout << "Construction_de_" << x << "_" << y << endl;
11     }
12
13     point(const point& p) {
14         this->x = p.x; this->y = p.y;
15         copie = true;
16
17         cout << "Copie_de_" << x << "_" << y << endl;
18     }
19
20     ~point() {
21         cout << "Destruction_de_" << x << "_" << y;
22         if(copie)
23             cout << "_(" << copie << ")";
24         cout << endl;
25     }
26 }
```

Exemple (2/2)

Fichier point-cstr.cpp

```

1  void sayHello(point p) { // fct indep, try with &, *
2      cout << "Hello_Mr_point_" << p.getX() << "_" << p.getY() << endl;
3  }
4
5  int main() {
6      point p1(0,0); point p2(1,1);
7      cout << p1.getX() << "_" << p1.getY() << endl;
8      sayHello(p1);
9      cout << p2.getX() << "_" << p2.getY() << endl;
10     cout << "dist_=" << p1.dist(p2) << endl;
11
12     point p3(p1); // explicit copy
13     p3 = p2;
14 }

```

Remarques

- Copies implicites effectuées
- Destructions implicites effectuées
- Affectation muette

Constructeur par défaut

- Constructeur sans paramètres
 - Possibilité avec valeurs par défaut
- Appelé à l'instanciation (cf. Ch. 5)
 - Implicitement à la déclaration sans paramètres
- Si aucun constructeur (quel que soit son « type ») n'est défini par l'utilisateur, un constructeur par défaut est ajouté à la compilation
 - Public, et inline
 - Instanciation toujours possible
- Si un constructeur avec paramètres est présent et pas de constructeur par défaut, appeler le constructeur par défaut provoque une erreur de compilation
- On peut forcer la génération d'un constructeur par défaut avec
 - = `default`;
 - Même effet qu'un constructeur vide

Suppression de constructeur par défaut

- On peut empêcher la génération d'un constructeur par défaut avec `= delete;`
 - Permet de s'assurer que des objets sans constructeurs sont dans des états cohérents
- On peut également empêcher implicitement la génération dans une classe `T` si
 - `T` possède un membre de type référence ou constant non initialisé
 - `T` possède un membre non initialisé avec un constructeur par défaut `delete`
 - `T` hérite d'une classe ayant un constructeur par défaut `delete`
 - `T` hérite d'une classe ayant un destructeur `delete`

Utilité

■ Fichier delete-cstr.cpp

```
1 struct A { int i; };
2 struct AD
3 {
4     int i;
5     AD() = delete;
6 };
7
8 int main()
9 {
10     A a1;      //i not init
11     A a2{};    //i = 0
12     A a3{42}; //i = 42
13
14     //AD ad;
15     AD ad{};
16     AD ad2{42};
17 }
```

Appels (1/2)

■ Fichier call-cstr.cpp

```

1  struct A {
2      int x;
3      A(int x = 1): x(x) {} // user-defined default constructor
4  };
5
6  struct B : A {}; // B::B() implicitly-defined, calls A::A()
7
8  struct C {
9      A a;
10     }; // C::C() implicitly-defined, calls A::A()
11
12     struct D: A {
13         D(int y): A(y) {}
14     }; // D::D() not declared
15
16     struct E: A {
17         E(int y): A(y) {}
18         E() = default; // explicitly defaulted, calls A::A()
19     };
20
21     struct F {
22         int& ref;
23         const int c;
24     }; // F::F() is implicitly defined as deleted

```

Appels (2/2)

■ Fichier `call-cstr.cpp`

```
1  int main()  
2  {  
3      A a;  
4      B b;  
5      C c;  
6      // D d;  
7      E e;  
8      // F f;  
9  }
```

Constructeur de recopie

- Appelé quand un paramètre est passé par valeur
 - `T a(b) ;` (appel explicite)
 - `f(a) ;`, où `f` est `B f(A a)`
 - `return a;` dans une fonction `A f(B b)`
- Constructeur avec un paramètre constant passé par référence
 - `MaClasse::MaClasse(const MaClasse& c)`
- Si aucun constructeur de recopie n'est présent, un constructeur de recopie par défaut est ajouté à la compilation
 - Public et inline
- Si un constructeur de recopie avec paramètres est présent et pas de constructeur de recopie par défaut, appeler le constructeur de recopie par défaut provoque une erreur de compilation
- On peut forcer la génération d'un constructeur de recopie avec `= default;`
 - Même effet qu'un constructeur vide

Suppression de constructeur de recopie

- On peut empêcher la génération d'un constructeur de recopie avec `= delete` ;
 - Permet de s'assurer que des objets ne peuvent être copiés
 - Performance
- On peut également empêcher implicitement la génération dans une classe `T` si
 - `T` possède un membre non copiable
 - `T` possède un constructeur de déplacement ou opérateur d'assignation-déplacement (cf. Ch. 10)
 - `T` hérite d'une classe ayant un constructeur de recopie `delete`

Exemple (1/2)

■ Fichier `call-copy.cpp`

```
1  struct A {  
2      int n;  
3      A(int n = 1) : n(n) { }  
4      A(const A& a) : n(a.n) { }  
5  };  
6  
7  void f1(A a) {}  
8  void f2(A& a) {}  
9  
10 A f3 ()  
11 {  
12     A a;  
13     return a;  
14 }  
15  
16 int main()  
17 {  
18     A a1(7);  
19     A a2(a1); // copy  
20     A a3 = a2; //copy  
21  
22     f1(a1); //copy  
23     f2(a1);  
24     A a4 = f3 ();  
25 }
```


Exemple (2/2)

■ Fichier `call-copy.cpp`

```
1  struct B
2  {
3      B();
4      B(const B&) = delete;
5  };
6
7  void f4(B b) {}
8  void f5(B& b) {}
9
10 /*
11 B f6()
12 {
13     B b;
14     return b;
15 } */
16
17 int main()
18 {
19     B b;
20     // f4(b);
21     f5(b);
22
23     // B b2 = f6();
24 }
```

Principe

- Permet d'initialiser « à la volée » les attributs dans un constructeur
- Plus efficace (moins de copies temporaires) que dans les accolades

Remarque importante

- Indispensable pour
 - 1 initialiser les attributs constants
 - 2 initialiser des attributs non initialisables par défaut
 - 3 initialiser les références
 - 4 effectuer de la délégation de constructeurs

- Initialisation avec `:`, sous la forme d'une liste séparée par des `,`

Exemple

■ Fichier `point_init.cpp`

```
1  class point
2  {
3      double x, y;
4
5      public:
6          point(int x = 0, int y = 0) : x(x), y(y) {}
7
8          double getX() const
9          {
10             return x;
11          }
12
13          double getY() const
14          {
15             return y;
16          }
17
18          double dist(point p)
19          {
20             return sqrt((x - p.x)*(x - p.x)+(y - p.y)*(y - p.y));
21          }
22  };
```

Délégation

■ Fichier deleg.cpp

```
1  class A
2  {
3      int i;
4      const int k;
5
6      private:
7          A() : k(5)
8          {
9              cout << "Init_" << endl;
10             //k = 5;
11         }
12
13     public:
14         A(int x) : A() /*, i(x) */
15         {
16             i = x;
17         }
18
19         void print() { cout << "A:_:" << i << endl;}
20     };
```

■ Utilisé aussi pour l'appel de superconstructeurs

Absence de constructeur par défaut

■ Fichier no-ctr.cpp

```
1 struct A
2 {
3     int i;
4     A(int i) : i(i) {}
5 };
6
7 struct B
8 {
9     A a;
10    B(A a) : a(a) {}; //ok
11
12    //B(A a) //ko
13    //{
14    //    this->a = a;
15    //}
16 };
17
18 int main()
19 {
20     A a(2);
21     B b(a);
22 }
```

Header `initializer_list.h`

- Permet d'avoir des arguments « variables en nombre » dans les constructeurs
 - Aussi dans les fonctions (membres ou non)
- Instanciation avec les accolades
 - `vector<int> v = {1, 2, 3};`
 - `bro1.append({1,2,3});`
- Se comporte comme une liste
 - Itérateurs, `size()`, etc.

Remarque

- `objet.fonction(2);` \neq `objet.fonction({2});`

Exemple

■ Fichier dataset.cpp

```
1 class DataSet
2 {
3     double sum;
4     int count;
5
6     public:
7         DataSet() : sum(0), count(0) {}
8         DataSet(const initializer_list<double>& data) : DataSet() { update(data); }
9
10        void update(const initializer_list<double>& data)
11        {
12            for(double d : data)
13            {
14                update(d);
15            }
16        }
17
18        inline void update(double d)
19        {
20            sum += d;
21            count++;
22        }
23
24        inline double mean() const { return sum / count; }
25    };
```

Initialisation explicite : résumé

- `A a; B b;`
- `A a(b);` : appel explicite au constructeur
- `A a = b;` : « conversion »
 - 1 Opérateur d'affectation surchargé (cf. Ch. 8)
 - 2 Appel constructeur avec conversion implicite autorisée (cf. Ch. 9)
- `A a {b};` : appel explicite au constructeur, sans conversion implicite
- `A a = {b};`
 - Si pas de constructeur `std::initializer_list`, équivalent à `A a b;`
 - Sinon, appelle le constructeur `std::initializer_list`

Destructeur

- Fonction particulière appelée à la désallocation de l'objet
 - Désallocation implicite ou explicite (cf. Ch. 5)
 - Règles d'appel particulières en cas d'héritage (cf. Ch. 12)
- Pas de type de retour, pas de paramètres
- Même nom que la classe, précédé de ~
- Si aucun destructeur n'est présent, un constructeur par défaut est ajouté à la compilation
 - Public et inline
- Unique (si plusieurs : erreur)
- On peut forcer la génération d'un constructeur de copie avec
= `default`;
 - Même effet qu'un constructeur vide

Suppression de destructeur

- On peut empêcher la génération d'un destructeur avec
= `delete`;
 - Permet de s'assurer que des objets ne peuvent être détruits
 - Performance
- On peut également empêcher implicitement la génération dans une classe `T` si
 - `T` possède un membre non destructible
 - `T` hérite d'une classe ayant un destructeur `delete`

Exemple

■ Fichier destr.cpp

```

1 void open_f(const string& path) { cout << "Opening_" << path << endl; }
2
3 void flush_f(const string& path) { cout << "Flushing_" << path << endl; }
4
5 void close_f(const string& path) { cout << "Closing_" << path << endl; }
6
7 class InputFileStream {
8     const string& path;
9     public:
10         InputFileStream(const string& path) : path(path) {
11             open_f(path);
12         }
13
14         ~InputFileStream() {
15             flush_f(path);
16             close_f(path);
17         }
18 };
19
20 int main() {
21     InputFileStream("brol.txt");
22 } //désallocation implicite

```

■ Autres exemples au chapitre 5

Déclaration, définition et inclusion

Séparation déclaration / définition

Rappel

- Souvent, les déclarations sont séparées des définitions
 - Déclarations dans des fichiers `.h`
 - Définitions dans des fichiers `.c` / `.cpp`
 - Pas les fonctions `inline`
- Permet, entre autres, d'éviter les problèmes
 - liés à l'ordre des déclarations
 - liés aux inclusions multiples de fichiers
- Implémentation des fonctions membres à l'aide de l'opérateur de résolution de portée (C++)

Exemple avec fonctions indépendantes

■ Fichiers `fct-decl.h`

```
1 void print_str(const char*);
```

■ Fichier `fct-decl.c`

```
1 #include "stdio.h"
2 #include "fct-decl.h"
3
4 void print_str(const char* s)
5 {
6     printf("%s\n", s);
7 }
```

■ Fichier `fct-decl-main.c`

```
1 #include "fct-decl.h"
2
3 int main()
4 {
5     print_str("Hello_World!");
6 }
```

Exemple C++

- Fichiers `point_decl.h`, `point_decl.cpp` et `point_decl-main.cpp`

```

1  class point
2  {
3      double x, y;
4
5      public:
6          point(double x, double y);
7          inline double getX() const;
8          inline double getY() const;
9          double dist(point p) const;
10 };

```

```

1  int main()
2  {
3      point p1(1,1);
4      //cout << p1.x << " " << p1.y << endl; //ko
5      cout << p1.getX() << " " << p1.getY() << endl;
6      point p2(2,2);
7      cout << p2.getX() << " " << p2.getY() << endl;
8      cout << "dist=" << p1.dist(p2) << endl;
9  }

```

Exemple

- Fichiers `point_decl.h`, `point_decl.cpp` et `point_decl-main.cpp`

```
1 double point::getX() const
2 {
3     return x;
4 }
5
6 double point::getY() const
7 {
8     return y;
9 }
```

```
1 #include "point_decl.h"
2
3 point::point(double x, double y)
4 {
5     this->x = x;
6     this->y = y;
7 }
8
9 double point::dist(point p) const
10 {
11     return sqrt((x - p.x)*(x - p.x)+(y - p.y)*(y - p.y));
12 }
```


Inclusions multiples

- Parfois, des inclusions multiples de fichiers sont nécessaires
 - Un maillon de liste chaînée a un attribut maillon (élément suivant de la liste)
 - Un département est dirigé par un manager, un manager dirige un département

Un problème de taille

- Si un cycle d'attributs apparaît, les objets sont de taille infinie
- Solution : utiliser une adresse et `#ifndef` / `#define`

Exemple

■ Fichier `mag-dep-pourri.cpp`

```
1 struct Manager
2 {
3     Departement& dpt;
4     string nom;
5
6     Manager(string nom, Departement& dpt) : nom(nom), dpt(dpt) {}
7 };
8
9 struct Departement
10 {
11     Manager mgr;
12     string nom;
13
14     Departement(string nom) : nom(nom) {}
15 };
16
17 int main()
18 {
19     Departement esi("ESI");
20     Manager mwi("Willemse", esi);
21     esi.mgr = mwi;
22 }
```

Exemple

■ Fichiers `manager.*`, `departement.*` et `mag-dep-main.cpp`

```

1  #ifndef DEP
2  #define DEP
3
4  #include <string>
5
6  struct Manager;
7
8  struct Departement
9  {
10     Manager* mgr; // not allocated here
11     std::string nom;
12
13     Departement(std::string nom, Manager* mgr = nullptr);
14 };
15
16 #endif

```

```

1  #include "departement.h"
2
3  Departement::Departement(std::string nom, Manager* mgr) : nom(nom), mgr(mgr) {}

```

Exemple

■ Fichiers `manager.*`, `departement.*` et `mag-dep-main.cpp`

```
1  #ifndef MAG
2  #define MAG
3
4  #include <string>
5  #include "departement.h"
6
7  struct Manager
8  {
9      Departement& dpt;
10     std::string nom;
11
12     Manager(std::string nom, Departement& dpt);
13 };
14
15 #endif
```

```
1  #include "manager.h"
2
3  Manager::Manager(std::string nom, Departement& dpt) : nom(nom), dpt(dpt) {}
```