ISIMA

PARTIE II

Rappels de C++

Christophe Duhamel

Bruno Bachelet

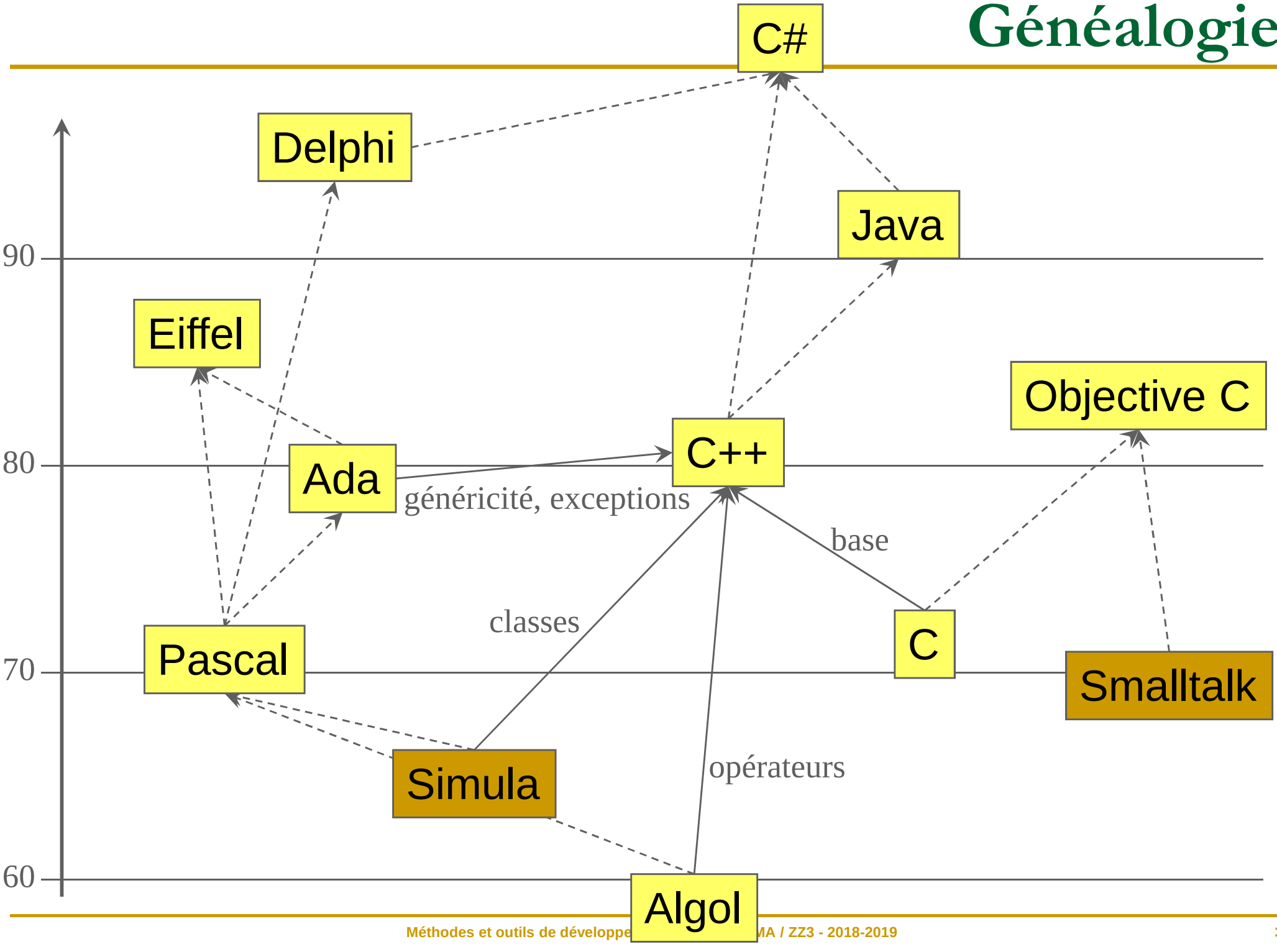
Langage C++

- Caractéristiques générales
  - Historique
  - Héritage des autres langages
- POO en C++
  - Définition d'une classe
  - Cycle de vie des objets
  - Relations entre classes
- Autres concepts
  - Généricité
  - Exceptions
  - Surcharge d'opérateurs

Caractéristiques générales

- Origines
  - Travaux de Bjarne Stroustrup (AT&T Bell)
  - *«C with classes»* (80) → C++ (83)
  - Normalisation en 98 (ISO/IEC 98-14882), norme C++ 98
  - Depuis 2003, norme C++ 03
  - Mi-2011, nouvelle norme C++ 11
  - Mi-2014, nouvelle norme C++ 14
- Langage orienté objet (← SIMULA 67)
  - Typage fort
  - Maintien des types primitifs et des fonctions
- Support de la généricité et des exceptions (← ADA 79)
- Surcharge des opérateurs (← ALGOL 68)

Généalogie


C#
Delphi
Java
90
Eiffel
Objective C
80
Ada
C++
généricité, exceptions
base
classes
C
Pascal
70
Smalltalk
Simula
opérateurs
60
Algol

Type référence *(1/4)*

- En C, paramètres uniquement passés par valeur
  - Passage en mode *in/out* ⇒ «passage par adresse»
    - Passe (par valeur) l'adresse de la variable
  - Conséquences
    - Code peu lisible, passage de pointeurs, source d'erreurs

- En C++, utilisation de références (**&**)
  - Référence = nouvel alias d'une variable
  - Utilisation identique à une variable
  - Pointeur masqué, simulant le passage par référence
  - Pour les méthodes *inline*, vrai passage par référence

Type référence *(2/4)*

- A la mode C

```
void swap (int * a, int * b)
{
  int c = *b;
  *b = *a;
  *a = c;
}

int main (int, char **)
{
  int i = 5, j = 6;
  swap (&i, &j);
  return 0;
}
```

- A la mode C++

```
void swap (int & a, int & b)
{
  int c = b;
  b = a;
  a = c;
}

int main (int, char **)
{
  int i = 5, j = 6;
  swap (i, j);
  return 0;
}
```

Type référence *(3/4)*

- Avantages
  - Code plus lisible
  - Appel plus simple
  - Moins d'erreurs
  - Efficace

- Inconvénients
  - Syntaxe ambiguë à cause de «**&**»
  - Peu évident à comprendre au départ

Type référence *(4/4)*

- Déclaration d'une référence
  - Se déclare «comme» un pointeur
  - Se comporte comme un alias sur l'objet
  - Nécessite un objet référencé à la déclaration
  - Ne peut changer d'objet par la suite

```
int i = 5;
int & j = i;
j = 4; // maintenant i=4 !
```

- Référencer quoi ?
  - Une référence non constante est toujours liée à une variable
  - Une référence constante peut être liée à une constante
    - `const int & j = 4;`
  - La référence nulle n'existe pas !

Règles d'usage des types: *const*, référence ?

Passage d'arguments

	Type primitif T	Classe C
Argument variable	`T & arg`	`C & arg`

Argument constant	`T arg`
	ou
	`const T & arg`
		`const C & arg`

Retour de variable

	Type primitif T	Classe C

Retour (mode lecture) d'un attribut	`T m(…) const;`
	ou
	`const T & m(…) const;`
		`const C & m(…) const;`

Retour (mode lecture/écriture) d'un attribut	`T & m(…);`	`C & m(…);`
Retour d'un résultat produit par une méthode	`T m(…) const;`	`C m(…) const;`

Allocation dynamique

- En C, couple **malloc** / **free**
- En C++, couple **new** / **delete**
- Pour allouer une donnée

```
int * iptr = new int;
…
delete iptr;
```

- Pour allouer un tableau

```
int * iptr = new int[10];
…
delete[] iptr;
```

- Réalisent aussi la construction / destruction
  - **new** = allocation mémoire + appel constructeur
  - **delete** = appel destructeur + libération mémoire
- Plus de **malloc** / **free** !

Entrées / sorties

- En C, couple **`printf`** / **`scanf`** (et consorts)

- En C++, mécanisme de flux
  - Bibliothèque standard (namespace «**`std`**»)
  - Flux standard **`std::cin`**, **`std::cout`** et **`std::cerr`**
  - Inclusion de **`<iostream>`**
    - Pour éviter de rappeler le namespace: **`using namespace std;`**
  - Pour lire depuis le flux en entrée

```
double x; int j;
cin >> x >> j;
```

  - Pour envoyer dans le flux en sortie

```
double x; int j;
cout << x << " + " << j << " = " << x + j << endl;
```

  - Pour les fichiers: **`<fstream>`**

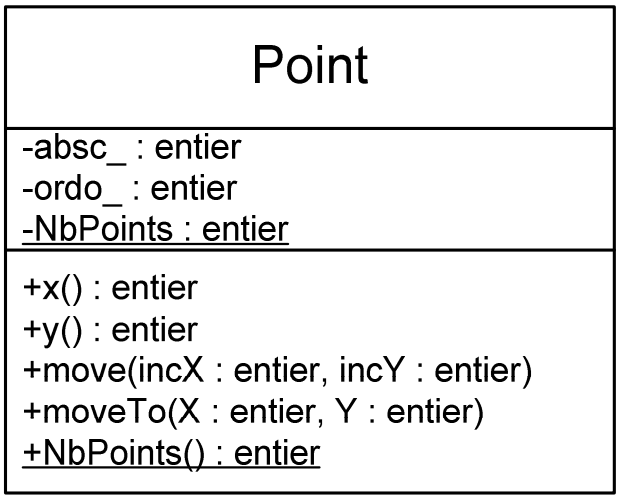
La POO en C++

- Les classes en C++
  - Déclaration / définition
  - Cycle de vie des objets
- Les relations entre classes
  - Agrégation
  - Héritage
  - Association
- La généricité
  - Fonctions
  - Classes
- Les exceptions
- Les opérateurs

Déclaration d'une classe *(1/2)*

- Mot-clé «`class`»
- Contient les attributs et les prototypes des méthodes
- Modificateurs d'accès
  - `public`: membre accessible par tous
    - Réservé exclusivement aux méthodes de l'interface
  - `private`: membre accessible aux méthodes de la classe
    - Pour les attributs
    - Pour les méthodes non destinées à l'utilisateur
  - `protected`: membre accessible aux méthodes de la classe et de ses sous-classes
    - Assouplit l'accès privé à des fins de redéfinition dans les sous-classes
- Modificateur «`static`»
  - Définit un membre de classe

Déclaration d'une classe *(2/2)*




```
class Point
{
  private:
    int absc;
    int ordo;
    static int nb_points;

  public:
    Point(int x, int y);
    int x(void) const;
    int y(void) const;
    void move(int,int);
    void moveTo(int,int);
    static int nbPoints(void);
};
```

Attention !

Définition d'une classe

```
Point::Point(int x, int y) {
  absc = x;
  ordo = y;
  nb_points++;
}

int Point::x(void) const { return absc; }

void Point::move(int incX, int incY) {
  absc += incX;
  ordo += incY;
}

int Point::nbPoints(void) { return nb_points; }

int Point::nb_points = 0; // Attribut de classe
```

Méthodes *«inline» (1/2)*

- Appel méthode $\Rightarrow$ coût d'exécution
- Parfois, dommage d'utiliser un appel de méthode
  - Pour récupérer la valeur d'un attribut
  - Pour un traitement simple
- Méthode *«inline»*: développée «comme» une macro
  - S'applique aussi aux fonctions
- Avantage
  - Rapidité d'exécution (coût appel + optimisation supplémentaire)

Méthodes «inline» (2/2)

- Inconvénients
  - Augmentation taille exécutable
    - A utiliser donc sur des méthodes courtes
  - Implémentation dans la partie déclaration de la classe
    - Ou dans un fichier d'entête

- Implémentation
  - Définition avec la déclaration

```
class Point {
 …
 int x(void) const { return absc; }
 …
};
```

  - Utilisation du mot-clé «`inline`» (indication au compilo)

```
inline int Point::x(void) const { return absc; }
```

Structure du code source

- Fichier entête
  - Déclaration de la classe
  - Définition méthodes *«inline»*

```
#ifndef __CLASSE_H__
#define __CLASSE_H__

// includes
// déclarations anticipées

class Classe
{
  // attributs
  // proto méthodes
  // méthodes inline
};
#endif
```

- Fichier implémentation
  - Définition variables de classe
  - Définitions méthodes

```
#include "classe.h"

// init. des variables
// de classe

// définition des méthodes
// externalisées
```

Cycle de vie des objets

① Construction
- Réservation mémoire
- Appel d'un constructeur

② Vie
- Appel des méthodes

③ Destruction
- Appel du destructeur
- Libération mémoire

Constructeurs

- Rôle: initialiser les objets

- Syntaxe
  - Même nom que la classe
  - Pas de type de retour
  - Surcharge à volonté
  - Une particularité: la liste d'initialisation

- Exemples

```
Point::Point() {…}
Point::Point(int x, int y) {…}
Point::Point(const Point & p) {…}
```

Liste d'initialisation *(1/2)*

- Syntaxe
  - *nom_classe*`(…)` `:` *liste_initialisation* `{…}`
  - Liste = *nom_attribut*`(`*valeur*`)`,*nom_attribut*`(`*valeur*`)`…
  - Les valeurs peuvent être des expressions
    - Calcul, appel de fonction…
- Rôle: initialisation des attributs d'un objet
  - Même sans liste, initialisation avant le bloc de code
- Construction de chacun des attributs
  - Dans l'ordre de déclaration
  - Donc, il faut lister les attributs dans l'ordre de déclaration
  - Si un attribut est omis dans la liste $\Rightarrow$ construction par défaut
  - Les attributs de type référence obligatoirement dans la liste

Liste d'initialisation *(2/2)*

- Respecter l'ordre des attributs

```
class Rationnel
{
  private:
    int num;
    int den;

  public:
    Rationnel(int n=0, int d=1)
    : den(d), num(n)
    {}
};
```

Solution

```
Rationnel::Rationnel(int n=0,
                     int d=1)
: num(n), den(d)
{}
```

- Initialisation plus complexe
  - Ajout d'un attribut *distance*
  - Distance du point à l'origine

avec code

```
Point::Point(int x, int y) :
  absc(x), ordo(y)
{
  dist = sqrt(x*x+y*y);
}
```

ou tout dans la liste

```
Point::Point(int x, int y) :
  absc(x), ordo(y),
  dist(sqrt(x*x+y*y))
{}
```

Création d'objets *(1/2)*

- Trois types d'allocation (comme en C)
  - Statique: variable globale, variable locale statique
  - Automatique: variable locale sur la pile
  - Dynamique: variable allouée sur le tas
    - `new` = allocation mémoire + appel constructeur
    - `delete` = appel destructeur + libération mémoire
- Gestion mémoire
  - Statique et automatique: par le système
  - Dynamique: par le programmeur

Création d'objets *(2/2)*

- Moment de la construction
  - Variables globales: avant l'exécution du «**`main`**»
  - Variables locales: à l'entrée dans le bloc
    - Variables locales statiques: à la 1ère entrée
  - Variables dynamiques: à l'exécution de «**`new`**»

- Moment de la destruction
  - Variables statiques: après la sortie du «**`main`**»
    - Même chose pour les variables locales statiques
  - Variables locales sur la pile: à la sortie du bloc
  - Variables dynamiques: à l'exécution de «**`delete`**»

Méthodes constantes *(1/3)*

- Utilisation du mot-clé «`const`» en fin de prototype
- Indique les méthodes ne modifiant pas l'objet
  - Qui ne modifient pas les attributs
- Limité aux méthodes d'instance
- Avantages
  - Seules méthodes utilisables sur un objet constant
    - Une méthode «non constante» ne peut pas être exécutée
  - La méthode ne peut pas modifier les attributs
  - Contrôlé à la compilation
- Signification plus subtile
  - «`const`» fait partie de la signature
  - Possibilité de définir deux versions

Méthodes constantes *(2/3)*

- Définition d'accesseurs (version 1 – recommandée)

```
class Exemple {
 protected: string s;

 public:
  const string & getS(void) const { return s; }
  void setS(const string & x) { s=x; }
};
```

- Utilisation d'accesseurs

```
Exemple e1;
const Exemple e2;

e1.setS("nawouak");
e2.setS("nawouak");
std::cout << e1.getS() << std::endl;
std::cout << e2.getS() << std::endl;
```

$\Rightarrow$ ok
$\Rightarrow$ problème
$\Rightarrow$ ok
$\Rightarrow$ ok

Méthodes constantes *(3/3)*

- Définition d'accesseurs (version 2 – non recommandée)

```
class Exemple {
 protected: string s;

 public:
  const string & getS(void) const { return s; }
  string & getS(void) { return s; }
};
```

- Utilisation d'accesseurs

```
Exemple e1;
const Exemple e2;

e1.getS() = "nawouak";
e2.getS() = "nawouak";
std::cout << e1.getS() << std::endl;
std::cout << e2.getS() << std::endl;
```

$\Rightarrow$ ok
$\Rightarrow$ problème
$\Rightarrow$ ok
$\Rightarrow$ ok

Agrégation

- Regrouper un ou plusieurs objets dans un autre = les attributs
- Trois manières d'agréger / trois types d'attributs
  - Attribut objet: construit en même temps que l'objet
  - Attribut référence: initialisation obligatoire dans le constructeur
    - Pas de changement par la suite
  - Attribut pointeur: peut être initialisé n'importe quand
    - Attention à la forme normale de Coplien
    - Si la mémoire de l'attribut est gérée par la classe
- Vie de l'objet agrégé
  - Objet construit par l'agrégeant
    - Attribut objet ou pointeur
  - Objet en provenance de l'extérieur
    - Recopie: attribut objet
    - Référence: attribut pointeur ou référence

Héritage *(1/2)*

- Une classe peut hériter d'une ou plusieurs autres
  - `class` *derivee* `:` *modificateur mere1*`,` *modificateur mere2*…
  - Modificateur ⇒ limitation de visibilité

- Visibilité de l'héritage : qui voit l'héritage ?
  - `public` ⇒ tout le monde
  - `protected` ⇒ classes filles uniquement
  - `private` ⇒ classe mère uniquement
  - Perte du lien de parenté ⇒ plus de conversion ascendante

- Visibilité des membres de la classe mère

Visibilité dans classe mère	Visibilité dans classe fille		
	Héritage «`public`»	Héritage «`protected`»	Héritage «`private`»
`public`	`public`	`protected`	`private`
`protected`	`protected`	`protected`	`private`
`private`	`private`	`private`	`private`

Héritage *(2/2)*

- Modificateur d'accès **`protected`**
  - Visible des classes fille mais pas de l'extérieur
- Utilisation classique de l'héritage
  - Attributs **`protected`** + héritage **`public`**
- Passer les attributs **`private`** en **`protected`** ?
  - Avantage: accessibles directement
  - Inconvénient: violation de l'encapsulation
    - Problèmes de maintenabilité si héritage en cascade
    - Solution: méthodes protégées pour l'accès aux attributs

Héritage privé ?

- Héritage privé $\Rightarrow$ perte de l'interface
- Utilisation 1: s'approprier l'implémentation
  - Mais l'héritage n'a pas forcément de sens
  - L'agrégation peut être utilisée à la place
  - A éviter donc dans ce but
- Utilisation 2: proposer une nouvelle interface
  - Modéliser un *«wrapper»*
  - Solution possible: l'agrégation
  - Héritage privé $\Rightarrow$ solution sans agrégation

Héritage et polymorphisme *(1/2)*

- Rendre une méthode polymorphe (virtuelle): **`virtual`**
  - Virtuelle un jour, virtuelle toujours !
    - Mot-clé «**`virtual`**» pas nécessaire dans les sous-classes
  - Peut être redéfinie dans les sous-classes

- Classe abstraite en C++
  - Pas de mot-clé
  - Classe abstraite ⇒ au moins une méthode abstraite
  - Méthode abstraite = méthode virtuelle pure
    - Pas de code
    - **`virtual`** *type_retour nom_méthode*`(`*arguments*`) = 0;`
  - Redéfinir impérativement dans les sous-classes
    - Car tant qu'une méthode est abstraite ⇒ pas d'instanciation

Héritage et polymorphisme *(2/2)*

- Appeler l'implémentation de la classe mère
  - *classe_mère*`::`*nom_méthode*`(`*arguments*`)`

- Exemple : compléter l'implémentation de la classe mère

```
class Personne {
 …
 virtual void afficher(void) const
 { cout << nom << " " << prenom; }
 …
};

class Etudiant : public Personne {
 …
 void afficher(void) const {
  Personne::afficher();
  cout << " " << ecole;
 }
 …
};
```

Héritage et constructeur

- Les constructeurs ne peuvent pas être virtuels
  - Pas d'héritage des constructeurs
  - Mais séquence de construction prédéfinie

- Exemple: B hérite de A
  - Construction B = Construction A, puis construction attributs de B
  - ```
    class A {
     protected: string s;

     public:
      A() { s=…; } ⇔ A() : s() { s=…; }
      A(const string & ss) : s(ss) {}
    };

    class B : public A {
     protected: string t;

     public:
      B() { s=…; t=…; } ⇔ B() : A(),t() { s=…; t=…; }

      B(const string & ss, const string & tt)
      : A(ss),t(tt) {}
    };
    ```
    ```

Héritage et destructeur

- Méthode virtuelle ⇒ destructeur virtuel
  - Destruction impérativement polymorphe
  - Exemple

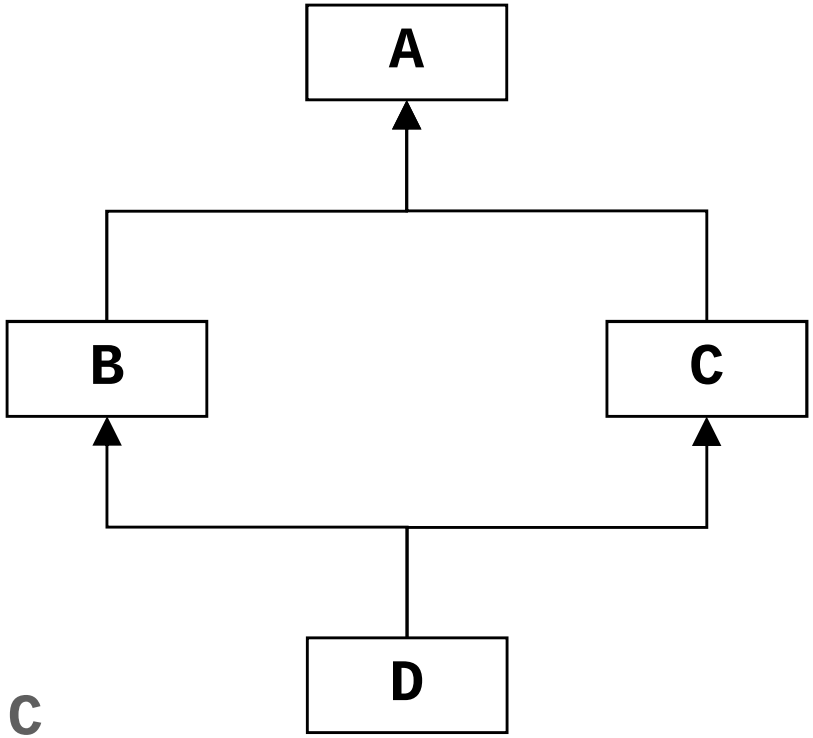
```
vector<Point *> v;
…
for (int i=0; i<v.size(); ++i) delete v[i];
```

- Si destructeur polymorphe
  - Appel destructeur sous-classe
  - Puis appel destructeur super-classe

- Si destructeur non-polymorphe
  - Appel destructeur super-classe ⇒ incohérent !

Héritage virtuel *(1/2)*

- Héritage en diamant



- Duplication des attributs
  - ```
    class A
    { A(…) {} };

    class B : public A
    { B(…) : A(…) {} };

    class C : public A
    { C(…) : A(…) {} };

    class D : public B, public C
    { D(…) : B(…), C(…) {} };
    ```
  - 2 appels au constructeur de A dans D
    ⇒ attributs de A dupliqués dans D

- Collision des noms de méthode (ou attribut)
  - Exemple: méthode `A::x()`
  - `D::x()` signifie appel sur l'objet A issu de B ou de C ?
    - Distinction possible via `B::x()` ou `C::x()` ou conversion vers `B &` ou `C &`
    ```

Héritage virtuel *(2/2)*

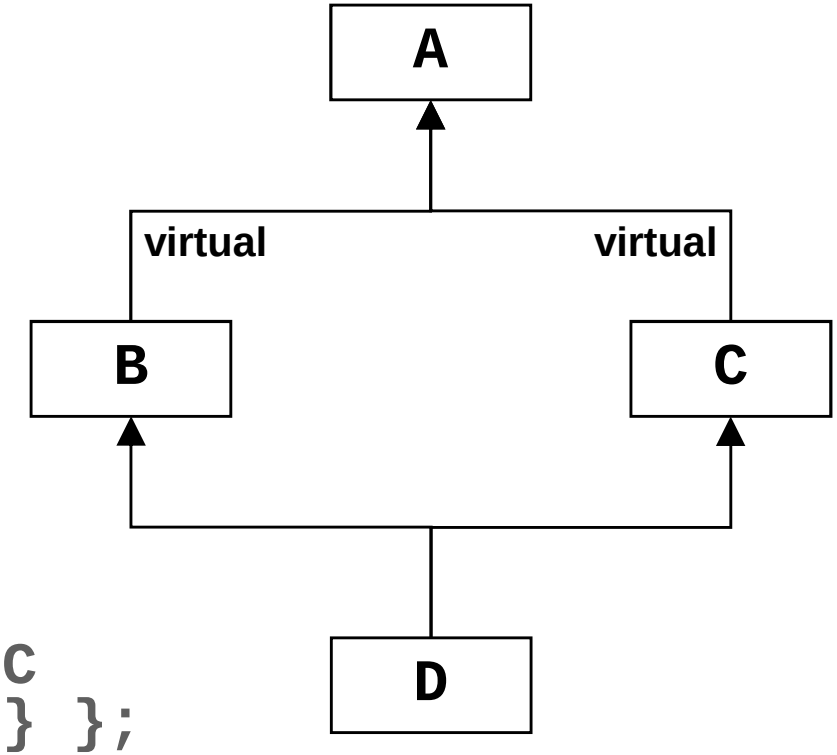
- Solution: héritage «virtuel»

```
class A
{ A(…) {} };

class B : virtual public A
{ B(…) : A(…) {} };

class C : virtual public A
{ C(…) : A(…) {} };

class D : public B, public C
{ D(…) : A(…), B(…), C(…) {} };
```



  - Une seule copie de A
  - Appel explicite au constructeur de A dans D
  - Paramètres destinés à A ignorés dans les constructeurs de B et C

- Autres solutions: héritage d'interfaces ou délégation

Surcharge opérateurs *(1/3)*

- Constructeurs
  - Constructeur par défaut
    - `A(void);`
  - Constructeur de copie
    - `A(const A &);`

- Affectation (méthode)
  - ```
    A & operator = (const A & x) {
      … // Recopie de x dans «this»
      return (*this);
    }
    ```
  - Retour de l'objet pour chaînage: `a = b = c;`

- Opérations arithmétiques / logiques binaires (fonctions)
  - ```
    A operator + (const A & x, const A & y) {
      A resultat;
      … // Calcul de x+y
      return resultat;
    }
    ```
  - `bool operator == (const A & x, const A & y);`

Surcharge opérateurs *(2/3)*

- Opérations arithmétiques unaires (méthodes)
  - Préfixé
    - ```
      A & operator ++ () {
       … // Incrémentation de «this»
       return *this;
      }
      ```
    - Retour de l'objet: `a = ++b;`
  - Postfixé
    - ```
      A operator ++ (int) {
       A copie = *this;
       … // Incrémentation de «this»
       return copie;
      }
      ```
    - Retour d'une copie avant incrément: `a = b++;`

Surcharge opérateurs *(3/3)*

- Opérateurs de flux (fonctions)
  - Ecriture
    - ```
      ostream & operator << (ostream & flux,const A & x)
      {
       … // Ecriture de x dans le flux
       return flux;
      }
      ```
    - Retour du flux: `f << a << b;`
  - Lecture
    - ```
      istream & operator >> (istream & flux, A & x) {
       … // Lecture du flux dans x
       return flux;
      }
      ```
  - Ne jamais passer un flux par copie !

- Autres symboles
  - `()`, `[]`, `*`, `,` …