LANGAGE OBJ. AV.(C++)
MASTER 1

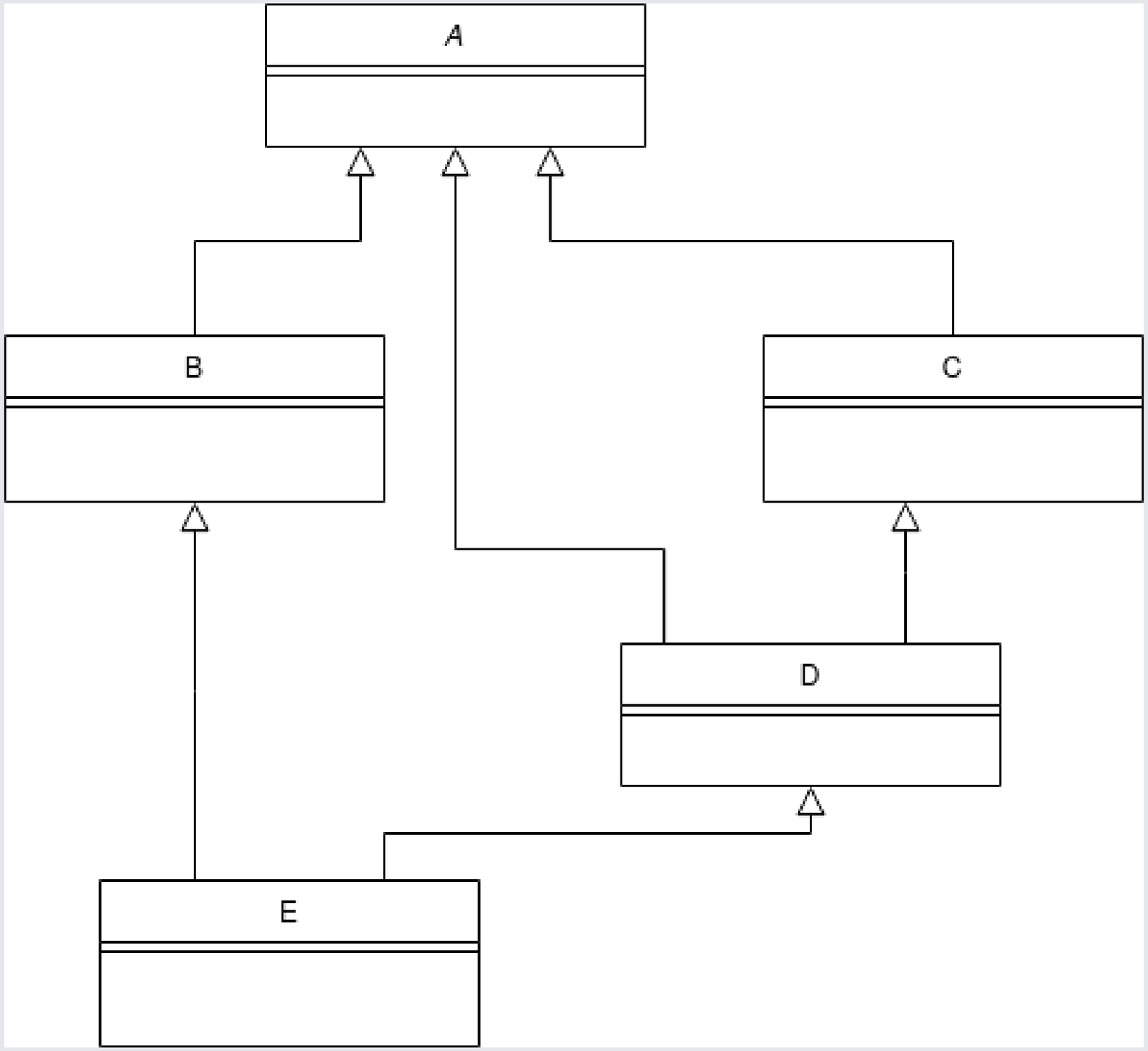
Yan Jurski

U.F.R. d'Informatique
Université de Paris Cité

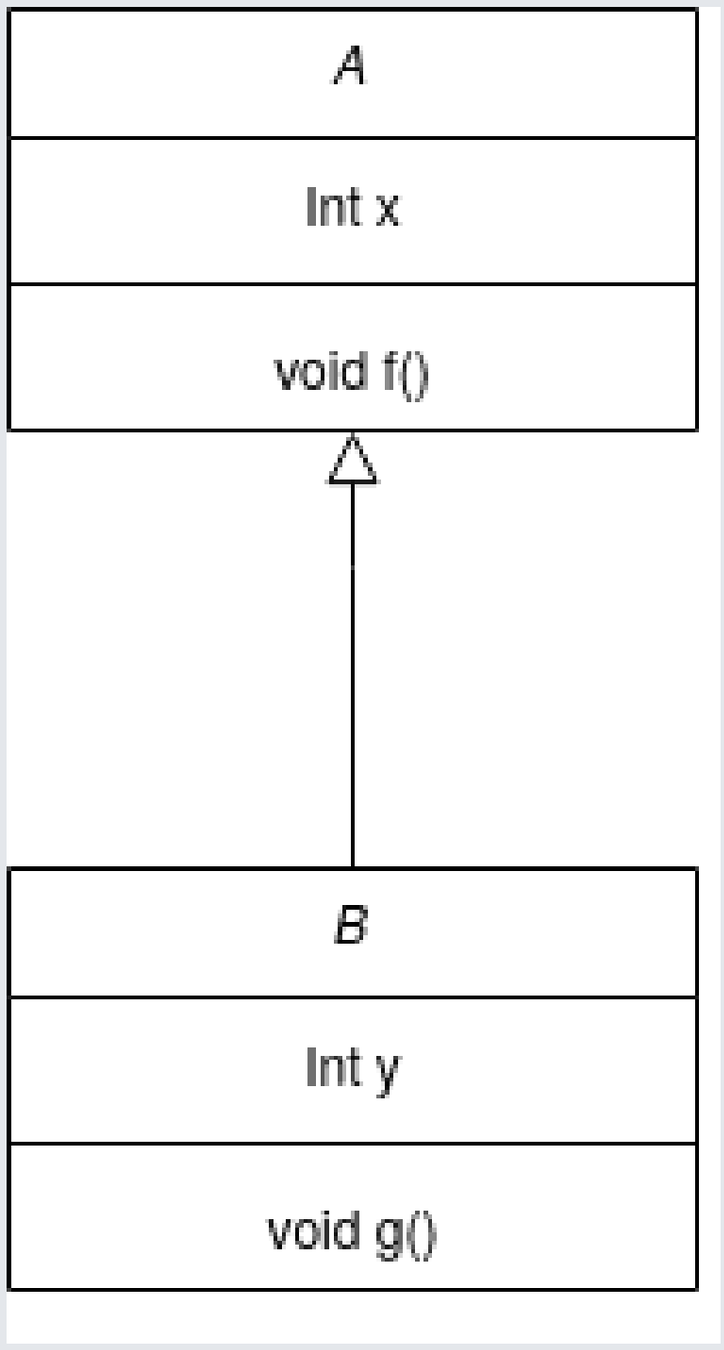
Cette semaine :

- Héritage multiple
- Correction du TP noté 23-24

L’HÉRITAGE MULTIPLE…



Revenons un peu sur l'héritage simple



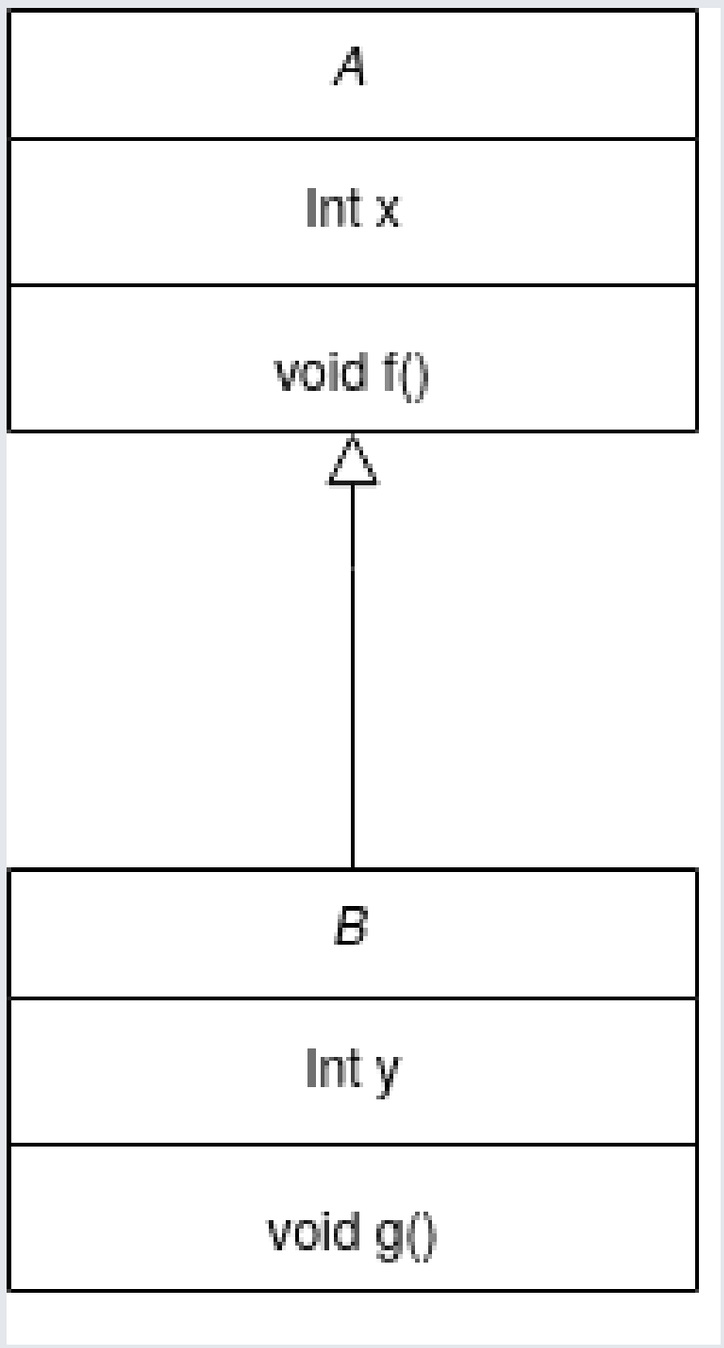

```
class A {
public :
   void f();
   int x;
   A(int =0);
};
```

```
class B : public A {
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

```
void A::f() {
 cout << "A::f "<< x;
}
A::A(int x):x{x}{}
```

```
void B::g() {
 cout << "B::g "<< y;
}
B::B(int y):A{},y{y}{}
```

Revenons un peu sur l'héritage simple

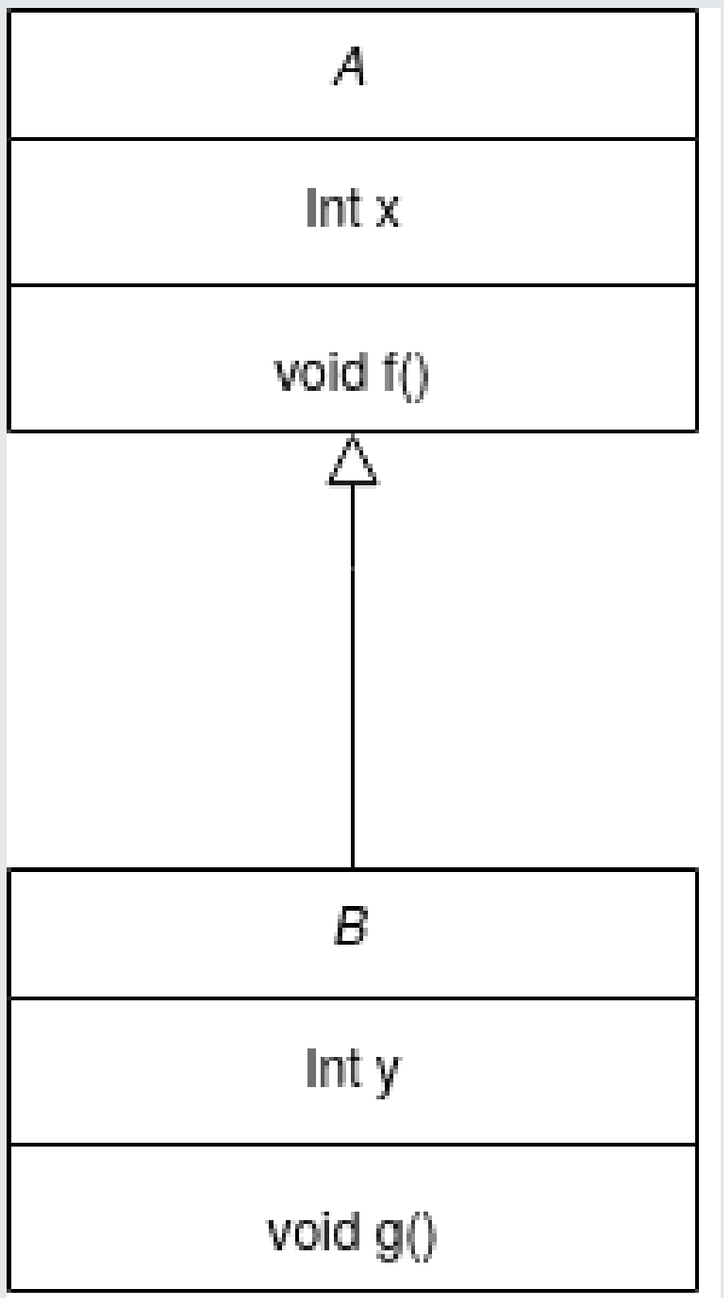


B hérite de A :

- un objet B b "est un" A
- il "possède" attributs et méthodes de A d'une certaine façon

b "possède toute une partie de type A"

Revenons un peu sur l'héritage simple



B hérite de A :

- un objet B b "est un" A
- il "possède" attributs et méthodes de A d'une certaine façon

b "possède toute une partie de type A"

pas très différent d'une composition avec en + du sous typage

D'ailleurs, si on cache le sous typage, il est difficile de distinguer :

```
class A {
public :
   void f();
   int x;
   A(int =0);
};
```

```
class B : private A {
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

Un héritage privé cache le sous typage

```
class B{
private :
   A a;
   void f();
   int &x;
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

```
void B::f() {a.f();}

B::B(int y) :
                y{y},
                x{a.x}{}
```

D'ailleurs, si on cache le sous typage, il est difficile de distinguer :

```
class A {
public :
   void f();
   int x;
   A(int =0);
};
```

```
class B : private A {
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

Un héritage privé cache le sous typage

On écrit que B se compose d'un A

```
class B{
private :
   A a;
   void f();
   int &x;
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

```
void B::f() {a.f();}

B::B(int y) :
                  y{y},
                  x{a.x}{}
```

D'ailleurs, si on cache le sous typage, il est difficile de distinguer :

```
class A {
public :
   void f();
   int x;
   A(int =0);
};
```

```
class B : private A {
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

Un héritage privé cache le sous typage

```
class B{
private :
   A a;
   void f();
   int &x;
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

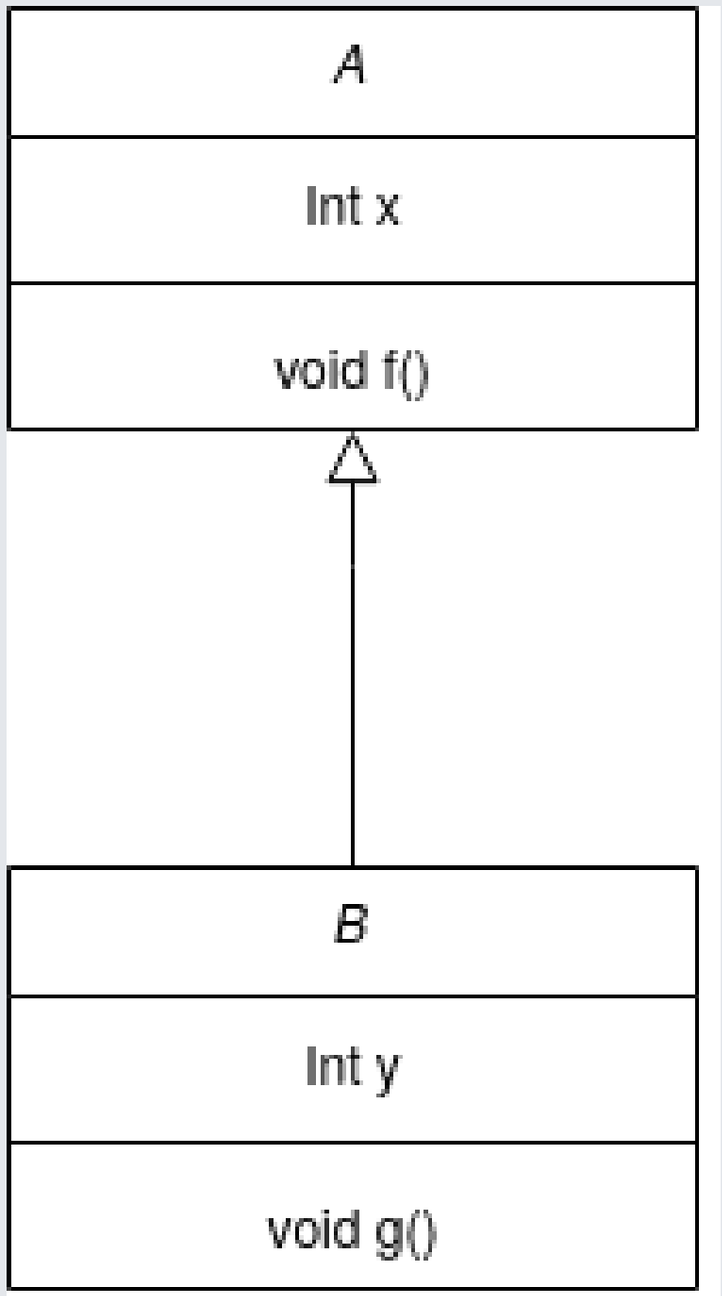
On écrit que B se compose d'un A

```
void B::f() {a.f();}

B::B(int y) :
                y{y},
                x{a.x}{}
```

et on fait en sorte de lui donner des accès équivalents aux méthodes + attributs

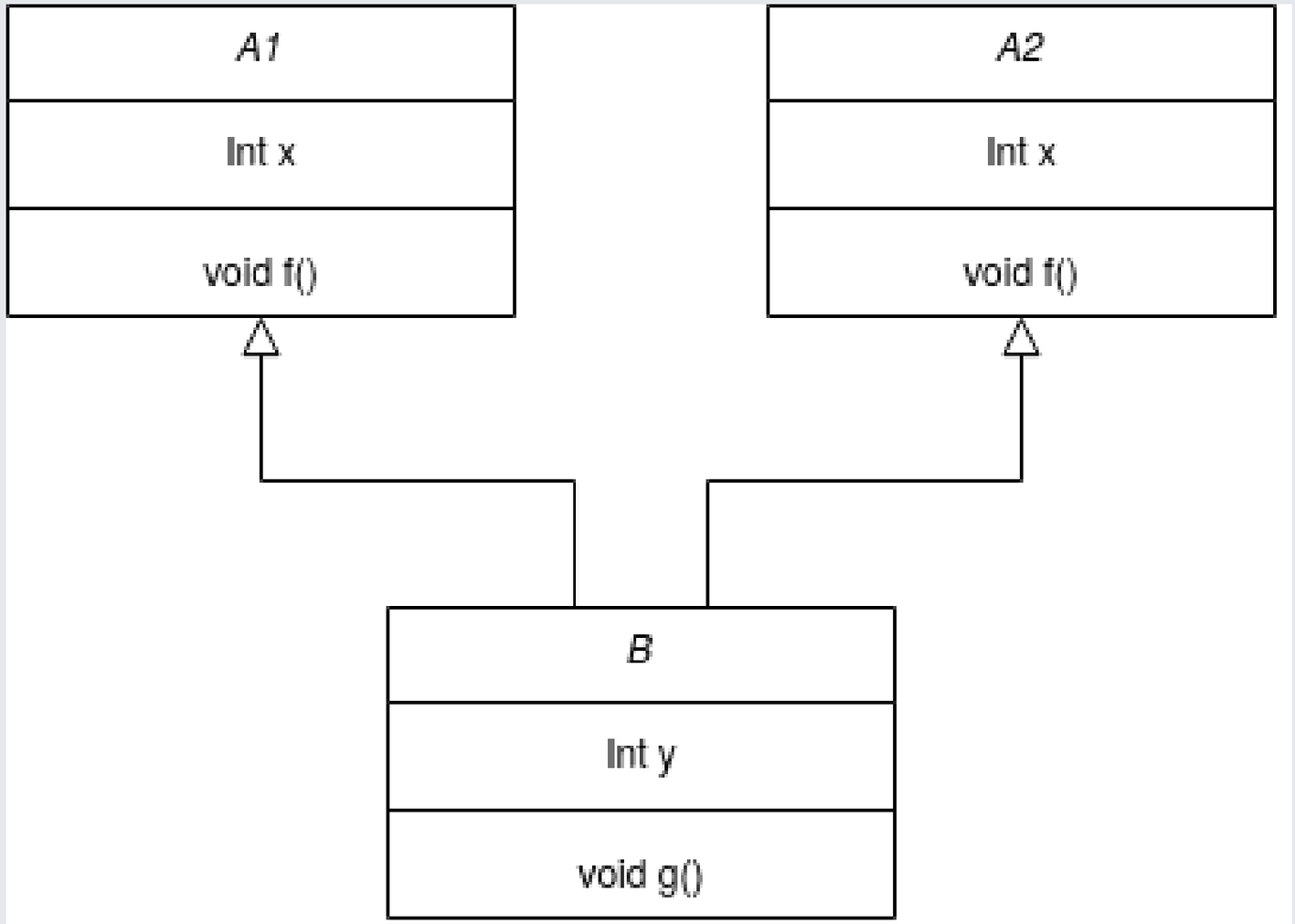
Retenons de cette discussion que :



d'une certaine façon

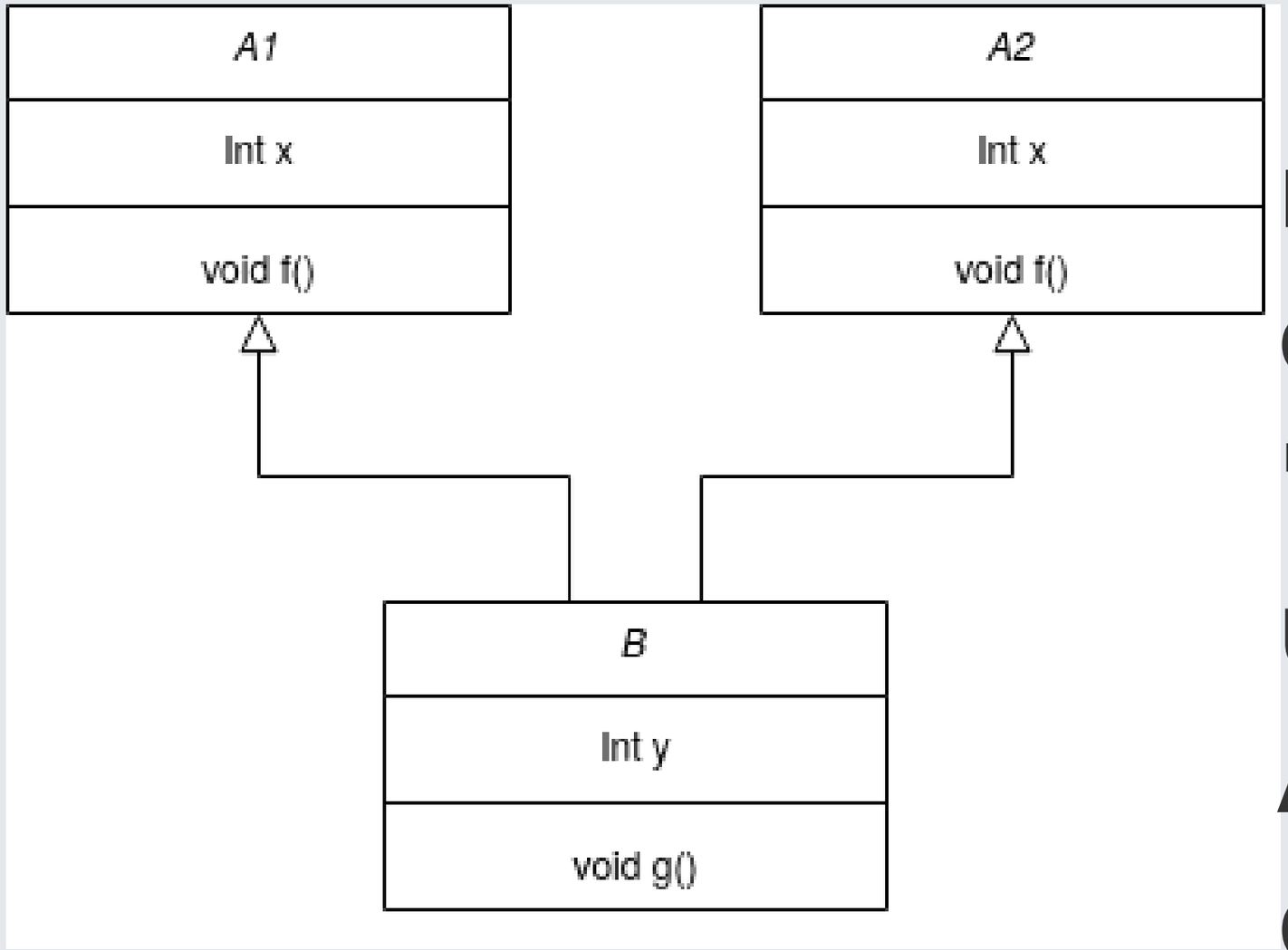
b "possède toute une partie de type A"

Cas de l'héritage multiple :



Cela peut conduire à des ambiguïtés :
B b doit pouvoir faire f(),
et aussi posséder un attribut x

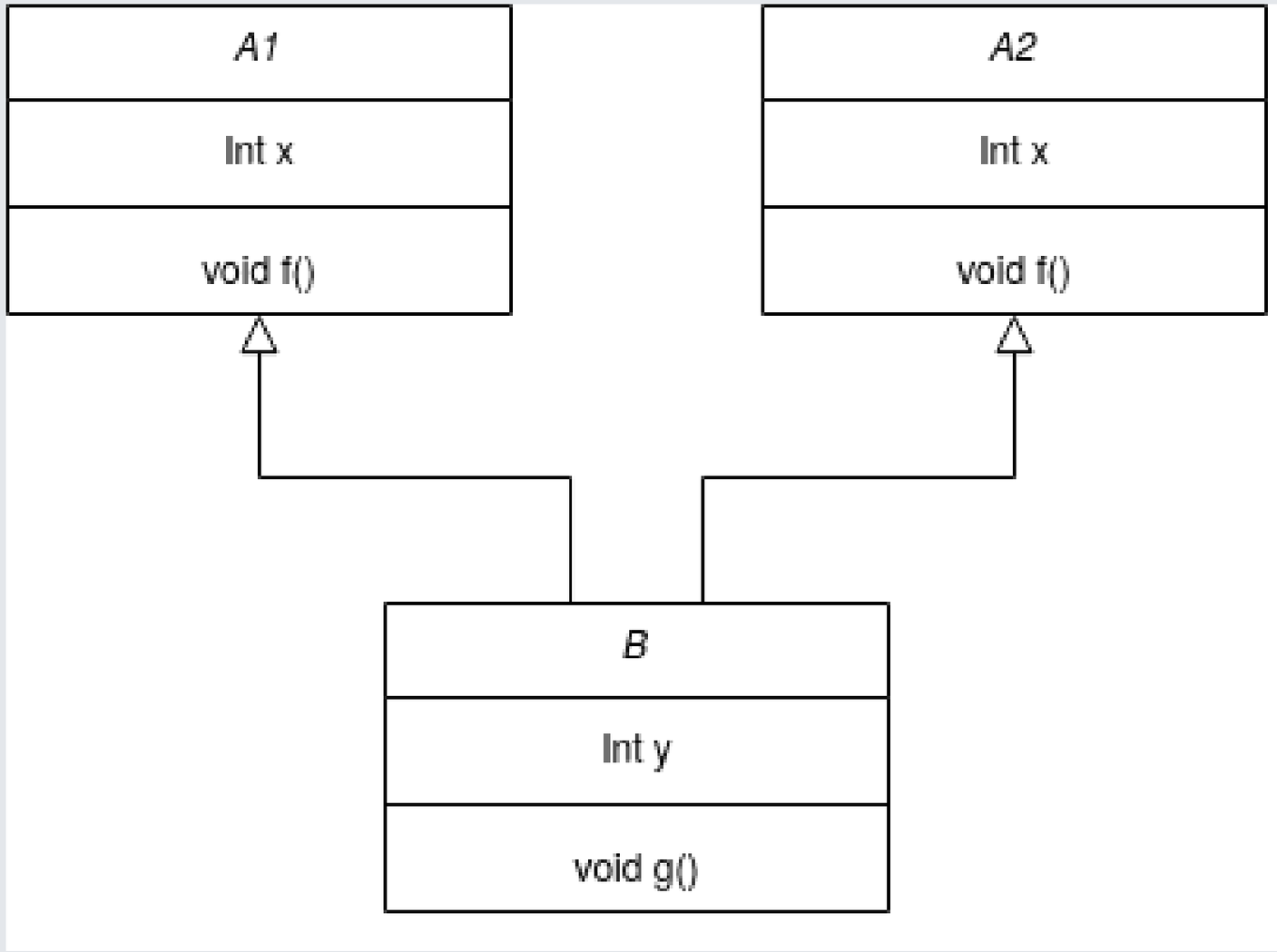
Cas de l'héritage multiple :



mais... d'une certaine façon b "possède toute une partie de type A1, et une partie de type A2"

Cela peut conduire à des ambiguïtés :
B b doit pouvoir faire f(),
et aussi posséder un attribut x

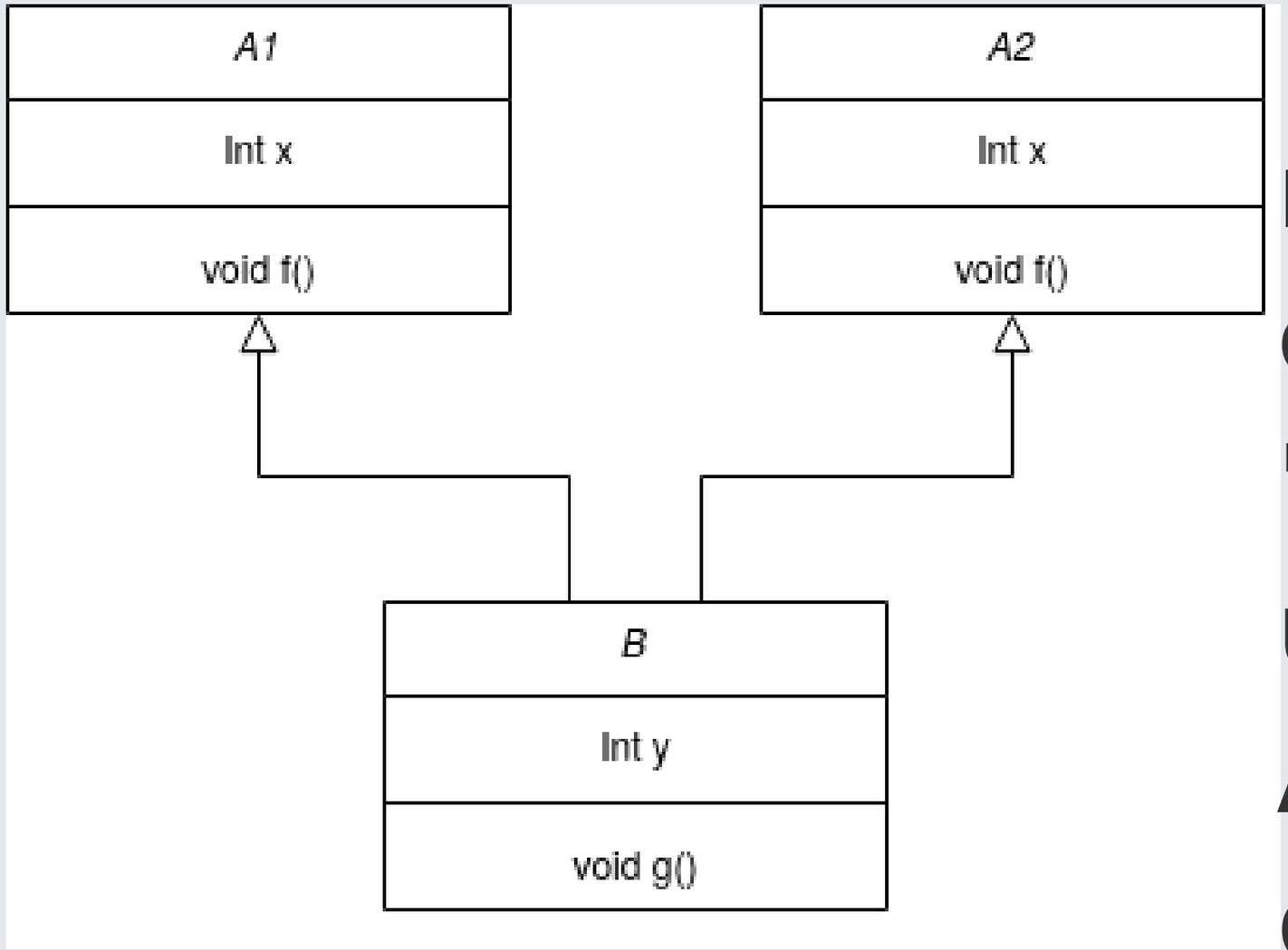
Cas de l'héritage multiple :



mais... d'une certaine façon b "possède toute une partie de type A1, et une partie de type A2"

```
void B::g() {
  // f(); // seul est ambigu
  // x; // seul est ambigu
  A1::f(); A2::f();
  y = A1::x + A2::x;
}
```

Cas de l'héritage multiple :



mais... d'une certaine façon b "possède toute une partie de type A1, et une partie de type A2"

Et il faut bien les construire toutes les deux

```
B::B(int y)::A1{y+1},A2{y-1},y{y} {}
```

Résumé de l'exemple précédent :

```
class A1 {
public :
   void f();
   int x;
   A1(int =0);
};
```

```
class A2 {
public :
   void f();
   int x;
   A2(int =0);
};
```

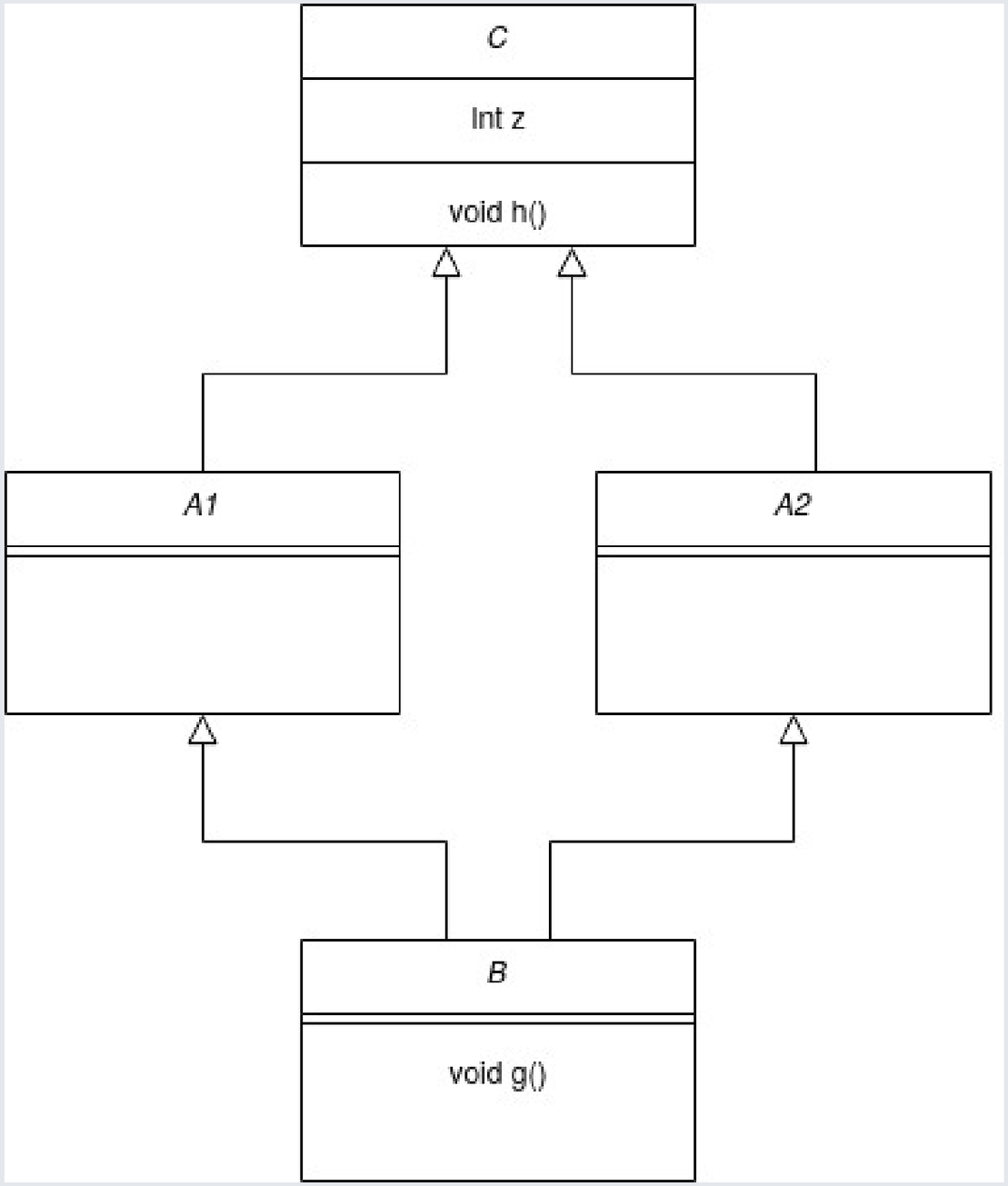
```
void A1::f() {
 cout << "A1::f "<< x;
}
A::A1(int x):x{x}{}
```

```
void A2::f() {
 cout << "A2::f "<< x;
}
A::A2(int x):x{-x}{}
```

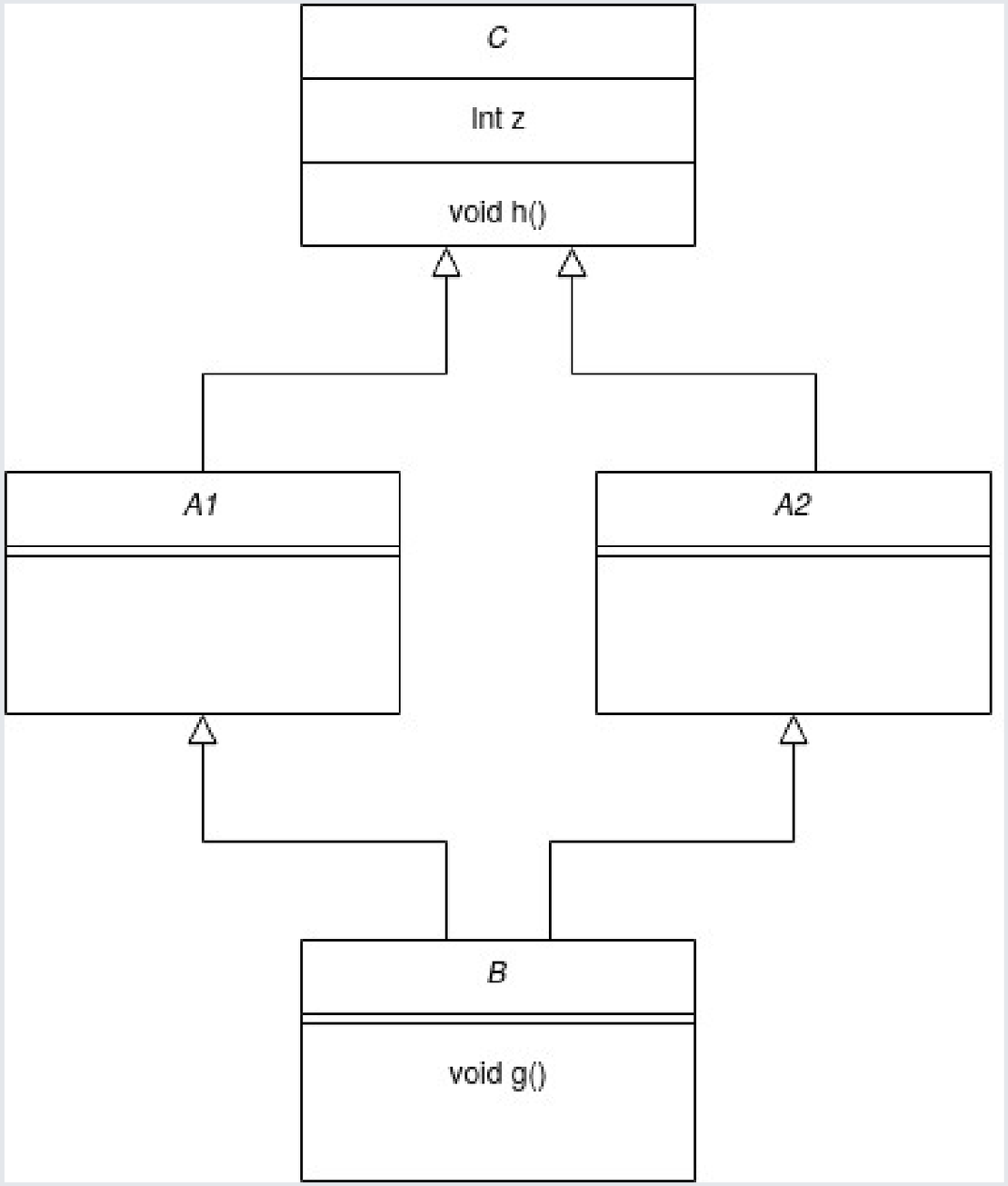
```
class B : public A1, public A2 {
public :
   void g();
   int y;
   B(int =1);
};
```

```
B::B(int y)::A1{y+1},A2{y-1},y{y} {}
void B::g() {
   A1::f(); A2::f();
   y = A1::x + A2::x;
}
```

Cas de l'héritage multiple ... "en diamant"

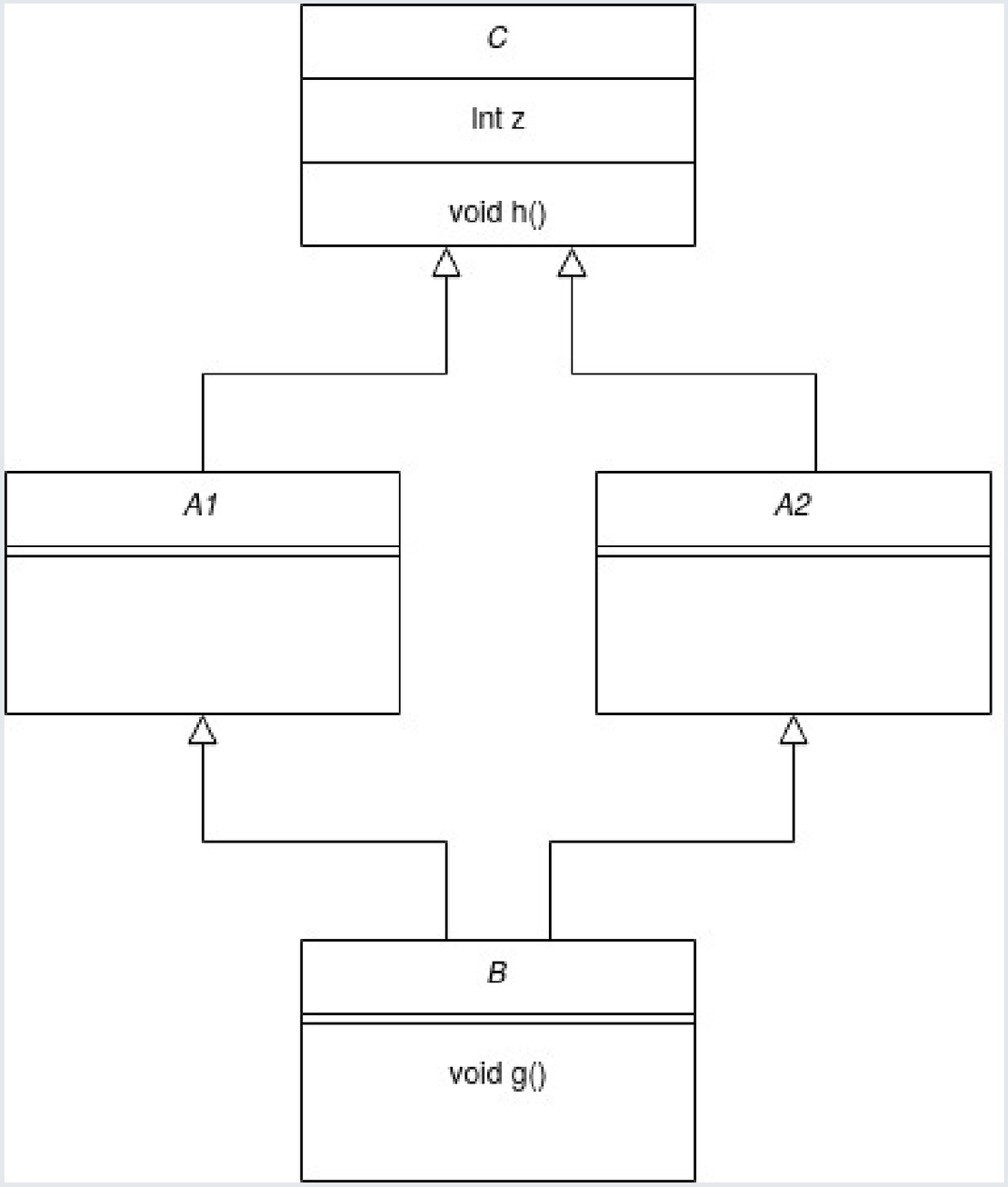


Cas de l'héritage multiple ... "en diamant"



Un B "possède une partie de type A1, et une partie de type A2"

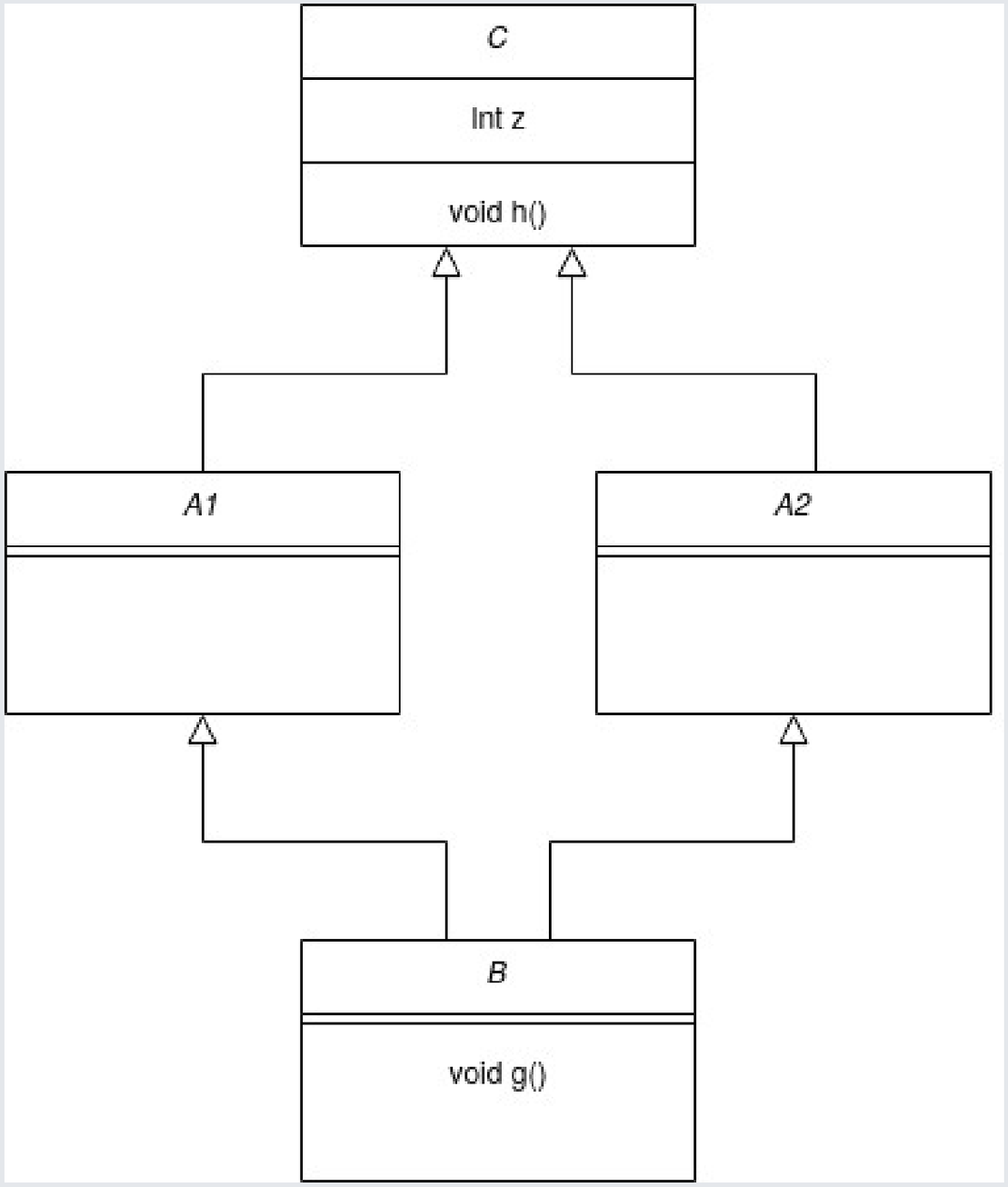
Cas de l'héritage multiple ... "en diamant"



Un B "possède une partie de type A1, et une partie de type A2"

Mais aussi : sa partie de type A1 possède une partie de type C et idem pour A2.

Cas de l'héritage multiple ... "en diamant"

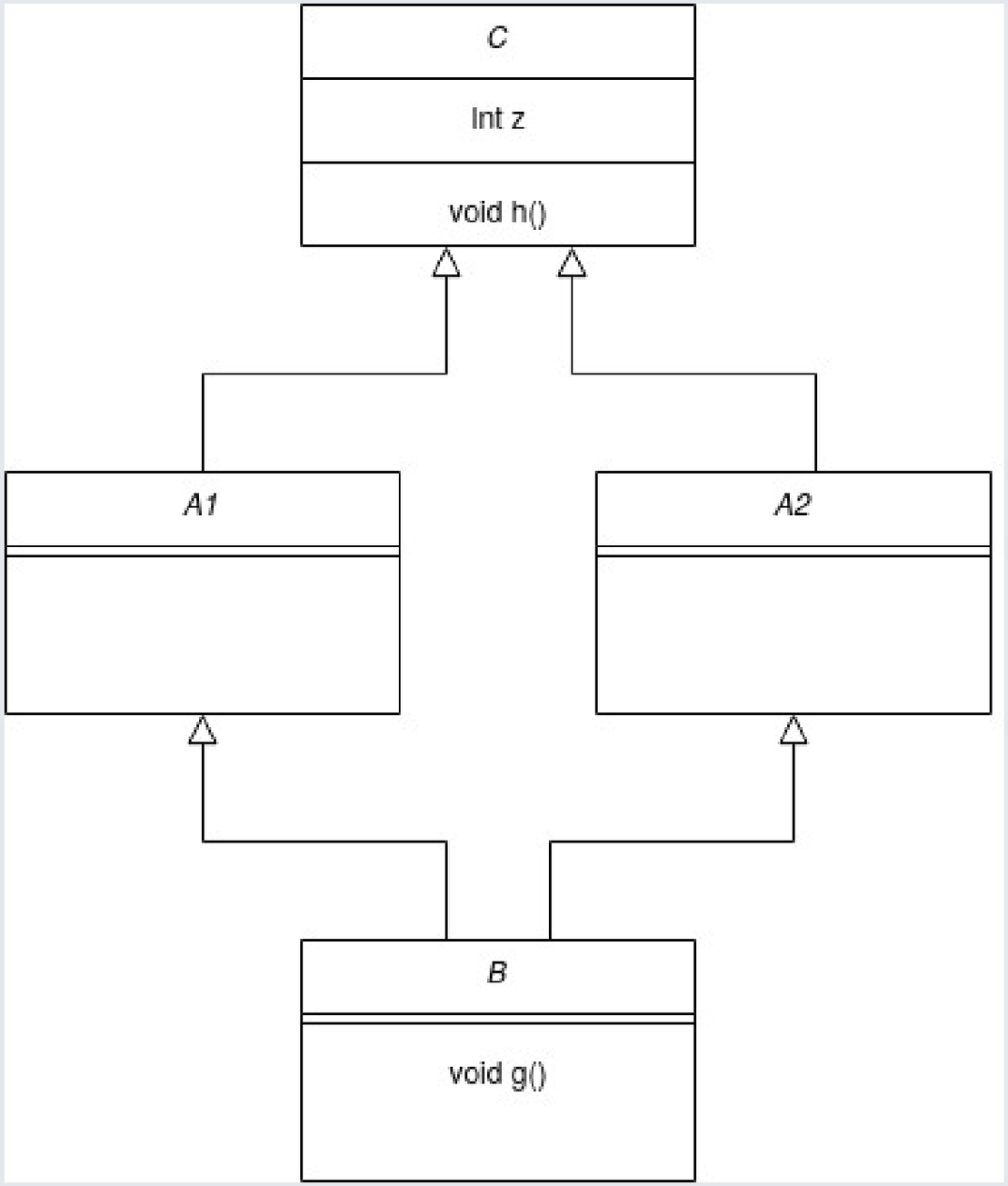


Un B "possède une partie de type A1, et une partie de type A2"

Mais aussi : sa partie de type A1 possède une partie de type C et idem pour A2.

Combien de C pour un B ?
Combien de z pour un B ?
pour un B, h() s'adresse à quel C ?

Cas de l'héritage multiple ... "en diamant"



Un B "possède une partie de type A1, et une partie de type A2"

Mais aussi : sa partie de type A1 est à l'intérieur de sa partie de type A2

1 ou 2, les deux réponses sont acceptables.
Il y aura une distinction syntaxique

Combien de C pour un B ?
Combien de z pour un B ?
pour un B, h() s'adresse à quel C ?

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

ok, c'est juste le constructeur par défaut, mais on le fait apparaître

Syntaxe où les ancêtres C sont distingués

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1 : public C {
public :
 A1();
};
```

```
class A2 : public C {
public :
 A2();
};
```

syntaxe "normale"

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
1 et 2
C h : 1
C h : 2
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12 et 12
C h : 12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z << " et "
      << z;
 h();
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12 et 12
C h : 12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

virtual exprime que la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel

```
 C(int
};
```

```
                                  z;
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

virtual exprime que la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel

c'est toujours le cas dans la classe qu'on déclare

```
 C(int
};
```

```
z
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

virtual exprime que la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel

```
 C(int
};
```

```
z;
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
```

C'est nouveau ici : l'ambiguïté potentielle sur les ancêtres est levée au plus près du type concerné

```
class B : public A1, publ
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12
C h : 12
```

Syntaxe où les ancêtres C sont fusionnés

virtual exprime que la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel

les appels à C{1} et C{2} induits par A1{} et A2{} sont neutralisés

```
 C(int
};
```

```
z
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2()      {}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A      virtual public C{
public
 A2(
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
12
C h : 12
```

Voyons si vous avez compris (1) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
```

Si jamais on n'écrit pas le constructeur de C ...

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
class B : public A1, publ
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

Voyons si vous avez compris (1) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
```

Si jamais on n'écrit pas le constructeur de C ...
C++ invoque le constructeur C()

```
class B : public A1, publ
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
error: no matching
function for call
to ‘C::C()’
```

Voyons si vous avez compris (2) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{12},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {

 A1 a;
 a.h();
}
```

??

Voyons si vous avez compris (2) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

Rien ne change pour A1, ce qui est normal : il construit son parent virtuel

```
int main()  {

 A1 a;
 a.h();
}
```

```
C h : 1
```

Voyons si vous avez compris (3) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class D : public A1 {
public :
 // constructeur par défaut
};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
??
```

Voyons si vous avez compris (3) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class D : public A1 {
public :
 // constructeur par défaut
};
```

Le constructeur par défaut est :
D::D():C{},A1{}{}

```
int main() {
 D d;
}
```

```
error: no matching
function for call to
‘C::C()’
```

Voyons si vous avez compris (3) :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class D : public A1 {
public :
 D();
};
```

```
D::D():C{3},A1{}{}
```

```
int main() {
 D d;
 d.h();
}
```

```
C h : 3
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

Branche non virtual

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
?
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

Branche non virtual en premier héritage

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
?
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
A2();
;
```

Branche non virtual
en premier héritage
C est-il construit ?

```
class B : pub   A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
?
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
);
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class B : pub 1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B(): A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
error: no matching
function for call
to ‘C::C()’
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
);
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class B : pub 1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{2},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
??
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
);
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class B : pub 1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{2},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << z;
 h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
error: reference to
‘z’ is ambiguous
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
);
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class B : pub 1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{2},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

```
int main() {
 B b;
 b.g();
}
```

```
1 et 2
C h : 1
C h : 2
```

Cas de figure plus ambigu :

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
C::C(int z):z{z} {}
void C::h() {
 cout << "C h : " << z;
}
```

```
A1::A1():C{1}{}
```

```
A2::A2():C{2}{}
```

```
class A1: public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A
};
```

A1 construit son "bloc",
A2 est construit en 2 fois

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
B::B():C{2},A1{},A2{} {}
void B::g() {
 cout << A1::z << " et "
      << A2::z;
 A1::h();
 A2::h();
}
```

```
main() {
 b;
 g();
```

```
1 et 2
C h : 1
C h : 2
```

Autre question : et au delà de B ?

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class D: public B{
public :
 D();
};
```

```
D::D():B{}{}
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
?
```

Autre question : et au delà de B ?

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1();
};
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class D: public B{
public :
 D();
};
```

```
D::D():B{}{}
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
error: no matching
function for call
to ‘C::C()’
```

Autre question : et au delà de B ?

```
class C {
public :
 int z;
 void h();
 C(int );
};
```

```
class B : public A1, public A2 {
public :
 B();
 void g();
};
```

```
class A1: virtual public C{
public :
 A1()
};
```

"la partie relative à C doit être construite au plus près du type réel"

```
class A2: virtual public C{
public :
 A2();
};
```

```
class D: public B{
public :
 D();
};
```

```
D::D():C{3},B{}{}
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
ok
```

Avez vous compris ? Les destructions (1)

```
class A{
 public :
  virtual ~A() {
   cout << "A";
  }
};
```

```
class B : public A {
 public :
  virtual ~B() {
   cout << "B";
  }

};
```

```
class C : public A {
 public :
  virtual ~C() {
   cout << "C";
  }

};
```

```
class D : public C, public B {
 public :
  virtual ~D() {
   cout << "D";
  }


};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
??
```

Avez vous compris ? Les destructions (1)

```
class A{
 public :
  virtual ~A() {
   cout << "A";
  }
};
```

```
class B : public A {
 public :
  virtual ~B() {
   cout << "B";
  }
  B():A{} {}
};
```

```
class C : public A {
 public :
  virtual ~C() {
   cout << "C";
  }
  C():A{} {}
};
```

```
class D : public C, public B {
 public :
  virtual ~D() {
   cout << "D";
  }
  D():C{},B{} {}
};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
DBACA
```

Avez vous compris ? Les destructions (2)

```
class A{
 public :
  virtual ~A() {
   cout << "A";
  }
};
```

```
class B : public virtual A{
 public :
  virtual ~B() {
   cout << "B";
  }

};
```

```
class C : public virtual A{
 public :
  virtual ~C() {
   cout << "C";
  }

};
```

```
class D : public C, public B {
 public :
  virtual ~D() {
   cout << "D";
  }


};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
??
```

Avez vous compris ? Les destructions (2)

```
class A{
 public :
  virtual ~A() {
   cout << "A";
  }
};
```

```
class B : public virtual A{
 public :
  virtual ~B() {
   cout << "B";
  }
  B():A{} {}
};
```

```
class C : public virtual A{
 public :
  virtual ~C() {
   cout << "C";
  }
  C():A{} {}
};
```

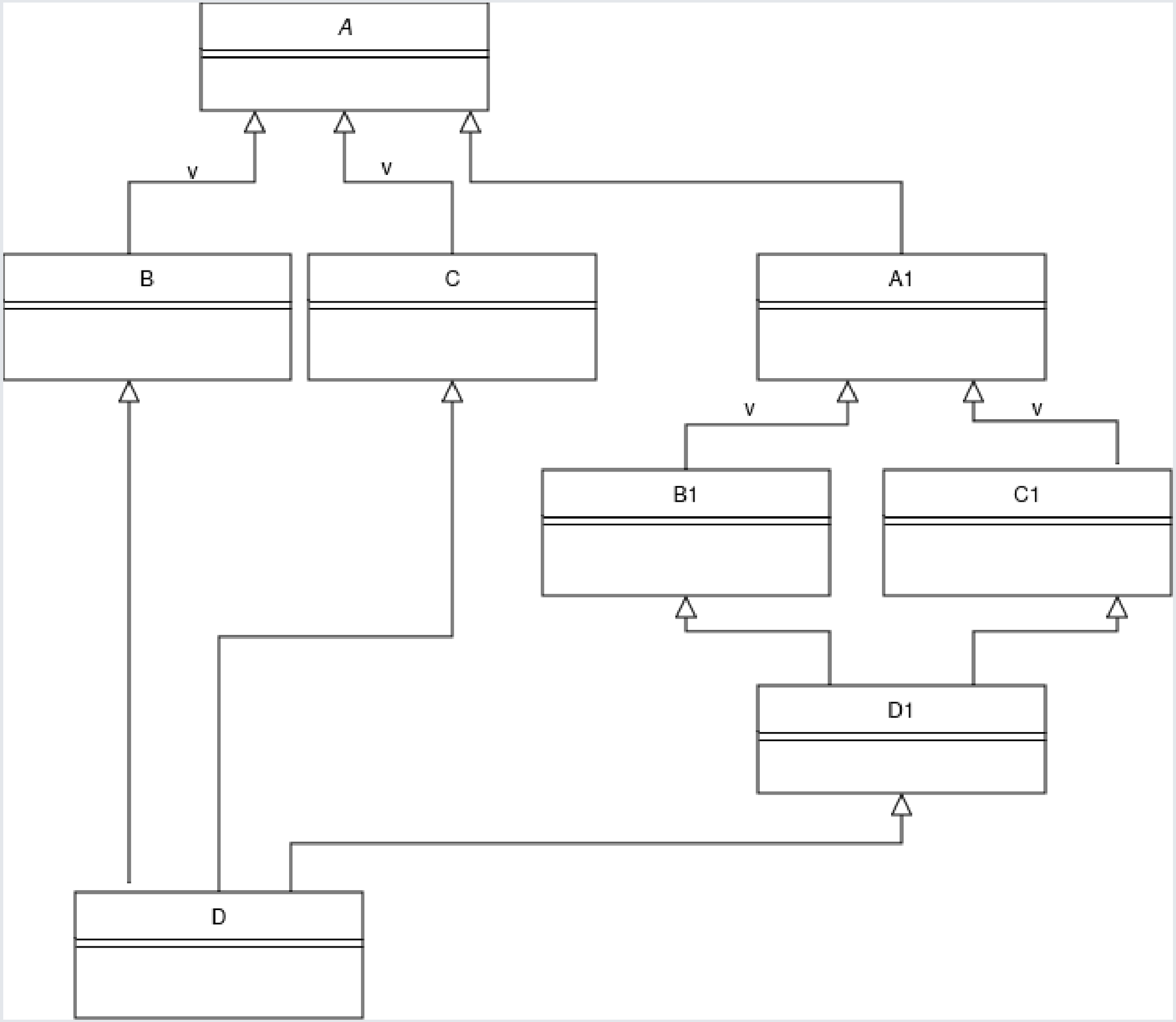
```
class D : public C, public B {
 public :
  virtual ~D() {
   cout << "D";
  }

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

```
int main() {
 D d;
}
```

```
DBCA
```

Avez vous compris ? Les destructions (3)



Avez vous compris ? Les destructions (3)

```
class A{};
```

```
class B : virtual A{
  ...

};
```

```
class C : virtual A{
  ...

};
```

```
class A1 :  A{};
```

```
class B1 : virtual A1{
  ...

};
```

```
class C1 : virtual A1{
  ...

};
```

```
class D1 : B1, C1 {
  ...

};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
class D : B, C, D1 {
  ...

};
```

??

(là encore, on regarde l'ordre des destructions)

Avez vous compris ? Les destructions (3)

```
class A{};
```

```
class B : virtual A{
 ...
 B():A{} {}
};
```

```
class C : virtual A{
 ...
 C():A{} {}
};
```

```
class A1 :  A{ A1():A{}{} };
```

```
class B1 : virtual A1{
 ...
 B1():A1{} {}
};
```

```
class C1 : virtual A1{
 ...
 C1():A1{} {}
};
```

```
class D1 : B1, C1 {
 ...
 D1():A1{},B1{},C1{} {}
};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
class D : B, C, D1 {
 ...
  ???
};
```

```
D D1 C1 B1 C B A1 A A
```

Avez vous compris ? Les destructions (3)

```
class A{};
```

```
class B : virtual A{
 ...
 B():A{} {}
};
```

```
class C : virtual A{
 ...
 C():A{} {}
};
```

```
class A1 :  A{ A1():A{}{} };
```

```
class B1 : virtual A1{
 ...
```

```
class C1 : virtual A1{
```

on remarque que le compilateur construit d'abord toute la partie virtuelle. Ca lui permet de s'y retrouver plus simplement

```
 .
 D1():A1{},B1{},C1{} {}
};
```

```
int main() {
 D d;
}
```

```
class D    , C, D1 {
 ...
 D():A{},A1{},B{},C{},D1{} {}
};
```

```
D D1 C1 B1 C B A1 A A
```

Rq : j'ai un tout petit peu triché sur les droits/visibilité car, lorsqu'on ne précise rien, l'héritage est privé
(et je ne voulais pas surcharger le transparent avec des public).

```
class A{};
```

```
class A1 : A{ A1():A{}{} };
```

```
class B1 : virtual A1{
 ...
 B1():A1{} {}
};
```

```
class C1 : virtual A1{
 ...
 C1():A1{} {}
};
```

```
class D1 : B1, C1 {
 ...
 D1():A1{},B1{},C1{} {}
};
```

Dans D1, c'est bien ce qui se passe, mais si l'héritage était privé le programmeur ne pourrait pas savoir que B1,C1 héritent de A1. Il n'aurait donc aucune raison d'écrire A1{} explicitement.
Le compilateur le refuserait d'ailleurs.

Ce qui est « amusant », c'est que si le programmeur n'écrit rien pour D1(), le constructeur par défaut fera bien ce boulot (et c'est vrai qu'il ne trahit rien)
Pour la même raison, si on n'écrit pas A1{} devant B1{},C1{}, sachant qu'il sera alors ajouté par défaut, cela passera aussi.

Remarques sur les choix de conceptions faits en java :

```
// code en java
public class B extends A implements I1,I2 {}
```

Remarques sur les choix de conception faits en java

un seul "héritage" entre classes

"héritages" qui concernent les interfaces

```
// code en java
public class B extends A implements I1,I2 {}
```

Remarques sur les choix de conception faits en java

un seul "héritage" entre classes

"héritage" qui concernent les interfaces

```
// code en java
public class B extends A implements I1,I2 {}
```

```
public interface I1 {
 void f();
 void g();
}
```

les interfaces en java ne sont que déclaratives. Elles ne contiennent pas d'attribut d'instance etc ...

L'idée derrière ces simplifications syntaxique est de permettre un héritage multiple simple, en évitant les questions que nous venons d'aborder puisque :

- pas d'ambiguïtés car les méthodes ne sont pas implémentées
- pas de pb pour dupliquer ou pas une classe de base (elle n'a pas de corps)

En c++ on écrirait la même chose ainsi :

```
class B : public A, public I1, public I2 {}
```

```
class I1 {
 virtual void f()=0;
 virtual void g()=0;
}
```

les interfaces de java sont, en c++, une forme de classe abstraite "pure" :

- sans attributs,
- sans méthodes définies

En c++ on écrirait la même chose ainsi :

```
class B : public A, public I1, public I2 {}
```

```
class I1 {
 virtual void f()=0;
 virtual void g()=0;
}
```

les interfaces de java sont, en c++, une forme de classe abstraite "pure" :
- sans attributs,
- sans méthodes définies

Tant qu'il y a un constructeur par défaut pour I1, c++ construira un B sans lourdeurs syntaxiques.

(si I1 contient des attributs, la question de l'héritage virtuel ou pas de I1 se posera)

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 {};
class Classe2 {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
int main() {
 T t;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;

 p1 = &t;
 p2 = &t;

 cout << "t " << (&t) << endl;
 cout << "p1 " << p1 << endl;
 cout << "p2 " << p2 << endl;

 p1 = (T *)(p2);
 cout << "p1 (from p2) " << p1 << endl;
}
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 {};
class Classe2 {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
int main() {
 T t;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;

 p1 = &t;
 p2 = &t;

 cout << "t " << (&t) << endl;
 cout << "p1 " << p1 << endl;
 cout << "p2 " << p2 << endl;

 p1 = (T *)(p2);
 cout << "p1 (from p2) " << p
}
```

ici aucune surprise

```
t   0xbff40dc3
p1  0xbff40dc3
p2  0xbff40dc3
p1 (from p2) 0xbff40dc3
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 : public virtual A{};
class Classe2 : public virtual A{};
```

```
class A {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
int main() {
 T t;
 A *pA;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;
 p1 = &t;
 pA = &t;
 p2 = &t;
 cout << "t " << (&t) << endl;
 cout << "p1 " << p1 << endl;
 cout << "pA " << pA << endl;
 cout << "p2 " << p2 << endl;
}
```

```
t  0xbfba75e4
p1 0xbfba75e4
pA 0xbfba75e4
p2 0xbfba75e8
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 : public virtual A{};
class Classe2 : public virtual A{};
```

```
class A {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
 T t;
 A *pA;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;
 p1 = &t;
 pA = &t;
 p2 = &t;
 cout << "t " << (&t) << endl;
 cout << "p1 " << p1 << endl;
 cout << "pa " << pA << endl;
 cout << "p2 " << p2 << endl;
 pA = p2;
 p1 = (Classe1*) p2;
 cout << "pA (from p2)" << pA
 cout << "p1 (from p2)" << p1
```

```
t   0xbfba75e4
p1  0xbfba75e4
pA  0xbfba75e4
p2  0xbfba75e8
??
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 : public virtual A{};
class Classe2 : public virtual A{};
```

```
class A {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
 T t;
 A *pA;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;
 p1 = &t;
 pA = &t;
 p2 = &t;
 cout << "t " << (&t) << endl;
 cout << "p1 " << p1 << endl;
 cout << "pa " << pA << endl;
 cout << "p2 " << p2 << endl;
 pA = p2;
 p1 = (Classe1*) p2;
 cout << "pA (from p2)" << pA
 cout << "p1 (from p2)" << p1
```

```
t   0xbfba75e4
p1  0xbfba75e4
pA  0xbfba75e4
p2  0xbfba75e8
pA  (from p2)0xbfba75e4
p1  (from p2)0xbfba75e8
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 : public virtual A{};
class Classe2 : public virtual A{};
```

```
class A {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
 T t;
 A *pA;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;
 p1 = &t;
 pA = &t;
 p2 = &t;
 pA = p2;
 p1 = (Classe1*) p2;
 if (pA==p1) cout << "egaux !"      << endl;
        else cout << "differents !" << endl;
```

```
t   0xbfba75e4
p1  0xbfba75e4
pA  0xbfba75e4
p2  0xbfba75e8
pA  (from p2)0xbfba75e4
p1  (from p2)0xbfba75e8
??
```

Rq : attention aux adresses !

```
class Classe1 : public virtual A{};
class Classe2 : public virtual A{};
```

```
class A {};
```

```
class T : public Classe1, public Classe2 {};
```

```
 T t;
 A *pA;
 Classe1 *p1;
 Classe2 *p2;
 p1 = &t;
 pA = &t;
 p2 = &t;
 pA = p2;
 p1 = (Classe1*) p2;
 if (pA==p1) cout << "egaux !"      << endl;
        else cout << "differents !" << endl;
```

```
t   0xbfba75e4
p1  0xbfba75e4
pA  0xbfba75e4
p2  0xbfba75e8
pA (from p2)0xbfba75e4
p1 (from p2)0xbfba75e8
egaux !
```

Heureusement

Mais à l'affichage vous pouvez être troublés :
C++ distingue (un peu) les pointeurs et les adresses des objets, mais cela devrait rester transparent

L'explication est que dans T il y a deux parties proches qui représentent Classe1, et Classe2.

Dans le premier exemple, ces classes ayant une taille nulle, une optimisation est faite pour ne pas occuper d'espace supplémentaire.

Dans le second, la table virtuelle occupe un espace, et ces 2 adresses ne sont pas "strictement" les mêmes.

Ca aurait donc aussi été le cas si on modifiait l'exemple 1 pour ajouter un attribut (int) par ex.

Si ca vous intéresse, voir : https://h-deb.clg.qc.ca/Sujets/TrucsScouts/Adresse-precise-objet.html

Correction du TP noté 23-24

ce sujet avait été donné en semaine 6, à un moment où l'héritage n'avait pas été abordé.

Les difficultés portaient donc sur :
- les constructions/destructions
- les copies/affectation
- la prise en main de c++/makefile
- une réalisation d'un algo classique de graphe (tri topologique)
- utilisation des choses standards (vector et stl)

Il s'agissait de représenter des dépendances entre tâches ...

Correction du TP noté 23-24

Tâche : un élément atomique à réaliser au sein d'un projet. Elle possède un **nom**, et vous proposerez une façon de les **numéroter automatiquement** de sorte qu'on puisse l'**identifier par ce numéro**.
Une tâche peut être **réalisée ou en attente**. Elle ne peut évoluer que dans un sens : il n'est pas possible de dé-réaliser une tâche. Une durée est prévue pour sa réalisation, on parle ici de sa **durée propre**. La tâche ne pourra être mise en oeuvre que si ses dépendances sont elles même réalisées. Ce qu'on appelle dépendances, ce sont d'autres tâches qui lui sont prioritaires. Une tâche a une **vision locale de ses dépendances**, vous utiliserez un vector pour la caractériser. Elle peut être incomplète : par exemple, si t1 dépend de t2 qui dépend de t3, la dépendance de t1 à t3 peut apparaître ou pas dans la vision locale qu'a t1.

Correction du TP noté 23-24

```
class Tache {
private :
   static int NB;
   bool faite; // politique de chgt particulière
   vector <Tache *> depend_de;

public :
   const string name;
   const int num;
   const int duree;

   Tache( string n, int d=0);
   virtual ~Tache();
...
};
```

Correction du TP noté 23-24

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :

- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction.

Correction du TP noté 23-24

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :

- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction.

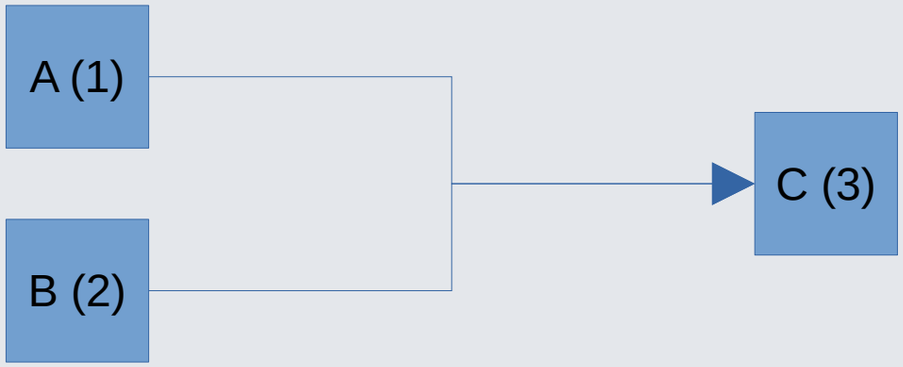
La copie, l'affectation contrediraient l'identification par num : on va les interdire

Correction du TP noté 23-24

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :

- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction.

Imaginons :



Les tâches ont connaissance de dépendances (qui doivent être réalisées auparavant)

Dans cette modélisation, il n’y a pas assez d’information pour que la destruction de C puisse être transmise à A et à B.

On en déduit que cette gestion est à faire « au dessus », au niveau de la gestion du projet : on ne s’en préoccupera donc pas dans le delete de Tâche.

```
class Tache {
  const Tache & operator=(const Tache &) = delete;
  Tache (const Tache &)=delete;
private :
  static int NB;
  bool faite;
  vector <Tache *> depend_de;

public :
  const string name;
  const int num;
  const int duree;

  Tache(const string n,const int d=0);
  virtual ~Tache();
};
```

```
#include "Tache.hpp"

Tache::~Tache() {}
// Projet sera responsable de la création/destruction
```

Correction du TP noté 23-24

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :
- en afficher une instance en surchargeant l’opérateur <<

```
class Tache {
  const Tache & operator=(const Tache &) = delete;
  Tache (const Tache &)=delete;
private :
  static int NB;
  bool faite;
  vector <Tache *> depend_de;

public :
  const string name;
  const int num;
  const int duree;

  Tache(const string n,const int d=0);
  virtual ~Tache();

friend ostream & operator<<(ostream &, const Tache &);
};
```

```
ostream & operator<<(ostream & o, const Tache & x) {
  o << x.name  <<"(" << x.num << ")" << endl;
  o << (x.faite?" FAITE":" NON FAITE");
  o << " duree : " << x.duree << endl;
  if (!x.depend_de.empty()) {
      o << "dépend de : " ;
      for (Tache *t : x.depend_de) o << t->num << " ";
      o << endl;
  }
  return o;
}
```

On choisi d'afficher des éléments privés.
Plutot que d'utiliser des getters disponibles pour tout le monde, on préfère que operator<< ait le privilège "friend"

Pour le constructeur, il faut utiliser la séquence d'initialisation !
D'autant plus que des attributs sont "const"

```
#include "Tache.hpp"

int Tache::NB=0;

Tache::Tache(string n, int d)
  : faite{false},name{n}, num{NB++},duree{d}  {}
```

remarquez qu'on n'a pas besoin de préciser qq chose pour le vecteur de dépendance : son constructeur par défaut convient, et on n'a rien à dire de plus d'utile.

En particulier il vous faudra écrire :

- **bool realise()** : déclenche la réalisation d'une tâche après avoir vérifié que c'est possible.

- **bool depends_from(const Tache & x)** : la tâche courante dépend-elle transitivement de x

- **bool ajouteDependance(Tache & x)** : ajoute la dépendance de this à x si celle- ci ne crée pas de cycle

- **int dureeParal()** : durée totale de réalisation d'une tâche et de toutes ses dépendances (au sens large) non encore réalisées. (avec un degré de parallélisme arbitraire)

```
class Tache {
   ...
public :
   bool realise();
   bool depends_from(const Tache &x) const;
   bool ajouteDependance(Tache &);
   int dureeParal() const;
   ...
};
```

```
bool Tache::realise() {
    for (Tache *t : depend_de)
      if (!(t->faite)) return false;
    faite=true;
    return true;
}
```

```
bool Tache::depends_from(const Tache &x) const {
    if (this==&x) return true;
    for (Tache *t :depend_de)
        if (t==&x || t->depends_from(x)) return true;
    return false;
}
```

```
bool Tache::ajouteDependance( Tache &x) {
    if (x.depends_from(*this)) return false; // cycle
    if (depends_from(x)) return false; // déjà là
    depend_de.push_back( &x);
    return true;
}
```

```
int Tache::dureeParal() const {
    if (faite) return 0;
    int d=0;
    for (const Tache * t:depend_de)
        d=max(d,t->dureeParal());
    return d+duree;
}
```

- Vous aurez besoin de **marquer** les sommets (les tâches) lors d'un parcours : ajoutez leur un attribut public booléen.

- écrivez une méthode de parcours en profondeur **void Tache::PP_postfixe** qui prenne en argument une **référence d'un vecteur de Tache**. Vous lui ajouterez une tache au moment **postfixe** de son parcours, ce qui vous permettra d'en garder la trace.

```
class Tache {
   ...

public :
   bool marquage;
   void PP_postfixe(vector<Tache*> &v);

   ...
};
```

```
void Tache::PP_postfixe(vector<Tache*> &v) {
    marquage=true;
    for (Tache * t :depend_de)
        if (!(t->marquage)) t->PP_postfixe(v);
    v.push_back(this);
}
```

Classe Projet :

conserve un **vector de l'ensemble de ses tâches**.
Nous **ferons en sorte** qu'il respecte un ordre topologique.
Fourni des méthodes utiles à ses sous-classes **uniquement** :

- **pick_2()** : retourne 2 d'id de tâches au hasard, telles que la 2ème ne dépende pas transitivement de la 1ère.

- **contains** : retourne un pointeur vers une tâche désignée par son identifiant, ou par son nom si possible ou nullptr sinon

- un **affichage** : parcours le vecteur de tâches.

- **consult_tasks()** : retourne une vue non modifiable des tâches

- **topologicalSort()** : réordonne le vector de tâches

Classe Projet :

d’autre part, on impose une hiérarchie particulière.
- Projet, classe mère, reste abstraite et a 2 fils
- RunProjet, des objets qui pourront exécuter des tâches, mais auxquels on ne peut plus rien ajouter
- ProtoProjet, des objets non exécutables, intermédiaires de construction, sur lesquels on défini les tâches

Pour info, c’est une architecture inspirée d’un pattern builder :
Le protoProjet sert d’entrée au constructeur de runProjet

```
class Projet {
protected : // on anticipe un peu sur la suite
    vector <Tache *> all_tasks;
    Projet();
    pair<int, int> pick_two_random_task();
    Tache * contains(int);
    Tache * contains(string);
    friend ostream & operator<<(ostream & , const
Projet &);
    virtual ~Projet();
public :
    vector <Tache const *> consult_Tache() const;
};
```

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :
- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction

On comprend (un peu plus loin) que ProtoProjet vont se charger de la création des tâches, et transférer cette charge aux RunProjet.

-> Projet (en général) est responsable des tâches.

autoriser affectations reviendrait à en partager la responsabilité
-> on interdira l'affectation ou on en fera une move affectation
Même raisonnement avec la copie

Des sémantiques "move" pourraient permettre de reprendre les tâches d'un RunProject dans un Proto, refaire des ajouts et revenir au Run, ce qui est plutôt contraire à l'esprit du sujet.

```
class Projet {
...
    const Projet & operator=(const Projet &) = delete;
    Projet ( const Projet &)= delete;
...
};
```

```
class Projet {
...
    const Projet & operator=(const Projet &) = delete;
    Projet ( const Projet &)= delete;
...
};
```

```
Projet::~Projet() {
   for (Tache * t:all_tasks) delete t;
}
```

```
class Projet {
...
    const Projet & operator=(const Projet &) = delete;
    Projet ( const Projet &)= delete;
...
};
```

```
Projet::~Projet() {
   for (Tache * t:all_tasks) delete t;
}
```

```
ostream & operator<<(ostream & o, const Projet &p) {
   for ( Tache * t: p.all_tasks) o << *t ;
   return o;
}
```

```
class Projet {
...
    const Projet & operator=(const Projet &) = delete;
    Projet ( const Projet &)= delete;
...
};
```

```
Projet::~Projet() {
   for (Tache * t:all_tasks) delete t;
}
```

```
ostream & operator<<(ostream & o, const Projet &p) {
   for ( Tache * t: p.all_tasks) o << *t ;
   return o;
}
```

```
Tache* Projet::contains(string n) {
   for (Tache * t:all_tasks) if (t->name==n) return t;
   return nullptr;
}
```

```
pair<int, int> Projet::pick_2() {
    int t1,t2;
    do {
       t1=rand()%all_tasks.size();
       t2=rand()%all_tasks.size();
    } while(
       (t1==t2) ||
       (all_tasks[t2]->depends_from(*all_tasks[t1]))
      );
    return {all_tasks[t1]->num,all_tasks[t2]->num};
}
```

Remarquez :

return {un int ,un int} + typage du retour se traduit par une construction de la « pair <int,int>» attendue

```
vector <Tache const *> Projet::consult_Tache() const {
    vector<Tache const *> rep;
    for (Tache *t : all_tasks) rep.push_back(t);
    return rep;
}
```

Remarquez bien que return all_tasks; ne convient pas :

car si B est un sous type de A il n'y a pas de garantie de conversion d'une collection de A vers une collection de B.

Tache * const est un sous type de Tache *

par contre lors du push_back la conversion individuelle est invoquée

Classe ProtoProjet :

est une classe qui sert uniquement à construire un projet.
Elle ne peut pas faire progresser l'execution d'un projet.

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :
- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction
- prévoir un affichage

Elle hérite de Projet :
- l'affichage de projet est suffisant
- la destruction de projet est suffisante
- copie/affectation sont interdites dans Projet, celles par défaut de protoprojet font appel à celles de Projet ... elles sont donc déjà interdites

-> rien à écrire à ce sujet, mais dans un exercice il faut le dire !

```
class ProtoProjet : public Projet {

public:
    ProtoProjet();
    bool ajoute(string n, int d);
    bool ajoute(string n, int d, int t);
    bool ajoute(string n, int d, int t1, int t2);
private :
    void cleanMarks();
    void topologicalSort();
    friend class RunProjet;
};
```

Rq 1 :
comme l'ajout de taches peut créer de nouvelles dépendances, l'ordre topologique peut être à reconstruire.

Rq 2 :
nous reviendrons sur le friend class au moment de RunProjet

```
ProtoProjet::ProtoProjet() {
    all_tasks.push_back(new Tache("Fin"));
    all_tasks.push_back(new Tache("Debut"));
    all_tasks[0]-> ajouteDependance(*all_tasks[1]);
}
```

```
bool ProtoProjet::ajoute (string n, int d) {
    pair<int, int> p =pick_2();
    return ajoute (n,d,p.first,p.second);
}
```

```
bool ProtoProjet::ajoute(string n, int d, int t) {
    return ajoute(n,d,all_tasks[0]->num, t);
}
```

```
bool ProtoProjet::ajoute(string n,int d,int t1,int t2)
{
... est la plus générale : réutilisez !
}
```

```
bool ProtoProjet::ajoute( string n, int d,
                          int t1, int t2) {
    Tache * task1= contains(t1), *task2 =contains(t2);
    if ( contains(n)!=nullptr  || !task1 || !task2
         || task2->depends_from(*task1)
        ) return false;
    Tache *t=new Tache(n,d);
    // mise à jour des dépendance
    task1->ajouteDependance(*t);
    t->ajouteDependance(*task2);
    all_tasks.push_back(t); // peut invalider le tri
    topologicalSort();
    return true;
}
```

```
void ProtoProjet::cleanMarks() {
    for (Tache * t :all_tasks) t->marquage=false;
}
```

```
void ProtoProjet::topologicalSort(){
    cleanMarks();
    vector<Tache*> tmp;

    all_tasks[0]->PP_postfixe(tmp);
    all_tasks.clear();
    for (int i=tmp.size()-1;i>=0;i--)
        all_tasks.push_back(tmp[i]);
}
```

Classe RunProjet :

Pour chaque classe vous devrez pouvoir :
- avoir une gestion satisfaisante des copies/affectation/destruction
- prévoir un affichage

Elle hérite de Projet qui nous convient -> rien à écrire !

```
class RunProjet : public Projet{

public:
    RunProjet(ProtoProjet &);
    bool run(int );
    bool run (vector<int>);
};
```

remarquez l'absence de const devant ProtoProjet & : il sera "vidé de sa substance" pour éviter qu'il serve deux fois par ex.

```
RunProjet::RunProjet(ProtoProjet &x) : Projet{} {
    all_tasks = x.all_tasks;
    x.all_tasks.clear();
}
```

Rq :

- la construction de Projet{} est facultative (implicite sinon)
- l'affectation entre vecteurs copie les pointeurs

Rq plus importante :
on a besoin d'accéder/modifier x.all_tasks.
Bien qu'il soit protected dans Projet, les classes RunProjet et ProtoProjet sont dans des branches différentes et n'ont donc pas accès à ce champs.
C'est pour cela que dans ProtoProjet on avait décider de déclaration friend class RunProjet

```
bool RunProjet::run(int n) {
    Tache * t {contains(n)};
    return (t != nullptr) && (t->realise());
}
```

```
bool RunProjet::run (vector<int> v) {
    for (int x:v)
        if (!run (x)) return false;
    return true;
}
```

Rq :certains se sont préoccupé de pouvoir faire un "rollback" dans le second run, au cas où l'une des tâches échouait.

C'était une bonne idée, mais le cadre n'était pas assez détaillé pour le faire facilement.

Classes Gestionnaire, Consultant, Expert :

On voulait voir une méthode virtuelle pure dans Gestionnaire

```
class Gestionnaire {
public:
  virtual pair<vector<int>, int>
                              avis(const RunProjet &p)=0;
};
```

```
class Consultant : public Gestionnaire {
public:
  virtual pair<vector<int>, int>
                              avis(const RunProjet &p);
};
```

```
class Expert : public Gestionnaire {
public:
  virtual pair<vector<int>, int>
                              avis(const RunProjet &p);
};
```

```
pair<vector<int>, int>
                Consultant::avis(const RunProjet &p) {
    // on parcours les tâches à partir de la fin
    // on ne compte que les taches non réalisées
    int duree=0;
    vector<int> rep;
    vector<const Tache *> tasks {p.consult_Tache()};
    for (int i=tasks.size()-1; i>=0 ; i--){
        const Tache & t {*(tasks[i])};
        if (!(t.isDone())) {
            rep.push_back(t.num);
            duree += t.duree;
        }
    }
    return {rep, duree};
}
```

```
pair<vector<int>, int>
                    Expert::avis(const RunProjet &p) {
    // j'ai utilisé un consultant pour récupérer la
trace qui est la même ...
    Consultant c;
    vector<int> rep {c.avis(p).first};

    vector <Tache const *> tasks {p.consult_Tache()};
    int duree= tasks[0]->dureeParal();
    return {rep,duree};
}
```