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

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

On a vu la semaine dernière :

Type référence : avec &

Constructeur par copie : A (const A &)

Destructeur : virtual ~A()

qqs petites choses :

x->m équivalent à (*x).m

this est un pointeur

const pour méthodes (exemption avec mutable)

redéfinition de << :

ostream & operator<<(ostream &, const A &)

Nous allons faire 3 petites études de cas

et discuter un peu copies/destructions

Nous allons faire 3 petites études de cas

et discuter un peu copies/destructions

Cas 1 : destructions problématiques

```
class Segment {
public:
 Segment(Point *, Point *);
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(Point *x, Point *y):p1{x},p2{y} {}
```

```
class Point {
public:
    Point(int x=0,int y=0);
    virtual ~Point();
    int abs, ord;
};
ostream & operator<<(ostream &,
                     const Point &);
```

```
Point::Point(int x, int y):abs{x}, ord{y} {
 cout << "creation de " << *this << endl;
}
Point::~Point() {
 cout << "destruction de " << *this << endl;
}
ostream & operator<<(ostream & out,
                     const Point & p) {
  out << "(" << p.abs << ","<< p.ord<< ")";
  return out;
}
```

```
int main() {
  Segment *s;
  { // un bloc (ou résultat d'une fonction)
   Point p0, p1{1,1};
   s=new Segment(&p0,&p1);
  }
// attention ici s contient 2 liens morts
  cout << *(s->p1) << endl;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
(0,0)
```

erreur du programmeur, l'exécution se poursuit ... pour l'instant ...

```
class Segment {
public:
 Segment(Point *, Point *);
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(Point *x, Point *y):p1{x},p2{y} {}
```

```
class Point {
public:
    Point(int x=0,int y=0);
    virtual ~Point();
    int abs, ord;
};
ostream & operator<<(ostream &,
                     const Point &);
```

il faut quand même le faire exprès ..

```
Point::Point(int x, int y):abs{x}, ord{y} {
                          < *this << endl;


                          " << *this << endl;
}
ostream & operator<<(ostream & out,
                           const Point & p) {
  out << "(" << p.abs << ","<< p.ord<< ")";
  return out;
}
```

```
int main() {
  Segment *s;
  {// un bloc (ou résultat d'une fonction)
   Point p0, p1{1,1};
   s=new Segment(&p0,&p1);
  }
// attention ici s contient 2 liens morts
  cout << *(s->p1) << endl;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
(0,0)
```

erreur du programmeur, l'exécution se poursuit ... pour l'instant ...

```
class Segment {
public:
 Segment(Point , Point );
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(Point x, Point y):p1{&x},p2{&y} {}
```

petits changements :
- on limite l'usage des pointeurs
- on fait attention à ne pas écrire de bloc ...

```
int main() {
  Point p0, p1{1,1};
  Segment s {p0,p1};
// ok ??
  cout << *(s.p1) << endl;
}
```

```
class Segment {
public:
 Segment(Point , Point );
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(Point x, Point y):p1{&x},p2{&y} {}
```

les arguments sont de nouveaux objets (obtenus par copie)

détruits ici

```
int main() {
  Point p0, p1{1,1};
  Segment s {p0,p1};
// attention ici s contient 2 liens morts
  cout << *(s.p1) << endl;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
(0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

même erreur, on affiche un fantôme ...

```
class Segment {
public:
 Segment(const Point & , const Point &  );
 virtual ~Segment();
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(const Point & x, const Point &y)
    :p1{new Point{x.abs,x.ord}},
     p2{new Point{y.abs,y.ord}} {}
Segment::~Segment() {
    delete p1;
    delete p2;
}
```

```
int main() {
  Point p0, p1{1,1};
  Segment s {p0,p1};
  cout << *(s.p1) << endl;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (0,0)
creation de (1,1)
(0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

... on décide de contrôler les copies pour être tranquille.
et on assume la destruction du pointeur dont on est propriétaire
ici plus de pbs ...

```
class Segment {
public:
 Segment(const Point & , const Point &  );
 virtual ~Segment();
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(const Point & x, const Point &y)
    :p1{new Point{x.abs,x.ord}},
     p2{new Point{y.abs,y.ord}} {}
Segment::~Segment() {
    delete p1;
    delete p2;
}
```

```
void f(Segment z) {}

int main() {
  Point p0, p1{1,1};
  Segment s {p0,p1};
  cout << *(s.p1) << endl;
  f(s);
}
```

... on décide de contrôler les copies pour être tranquille.
et on assume la destruction du pointeur dont on est propriétaire
ici plus de pbs ... ??

```
class Segment {
public:
 Segment(const Point & , const Point &  );
 virtual ~Segment();
private:
 Point *p1,*p2;
};
```

```
Segment::Segment(const Point
    :p1{new Point{x.abs,x.or
     p2{new Point{y.abs,y.or
Segment::~Segment() {
    delete p1;
    delete p2;
}
```

le constructeur par copie reprend les même pointeurs
Puis il les détruit qd z est détruit ...
Puis il affiche un fantôme
Puis il cherche à les détruire à nouveau, c'est trop ...

```
void f(Segment z) {}

int main() {
  Point p0, p1{1,1};
  Segment s {p0,p1};
  cout << *(s.p1) << endl;
  f(s);
}
```

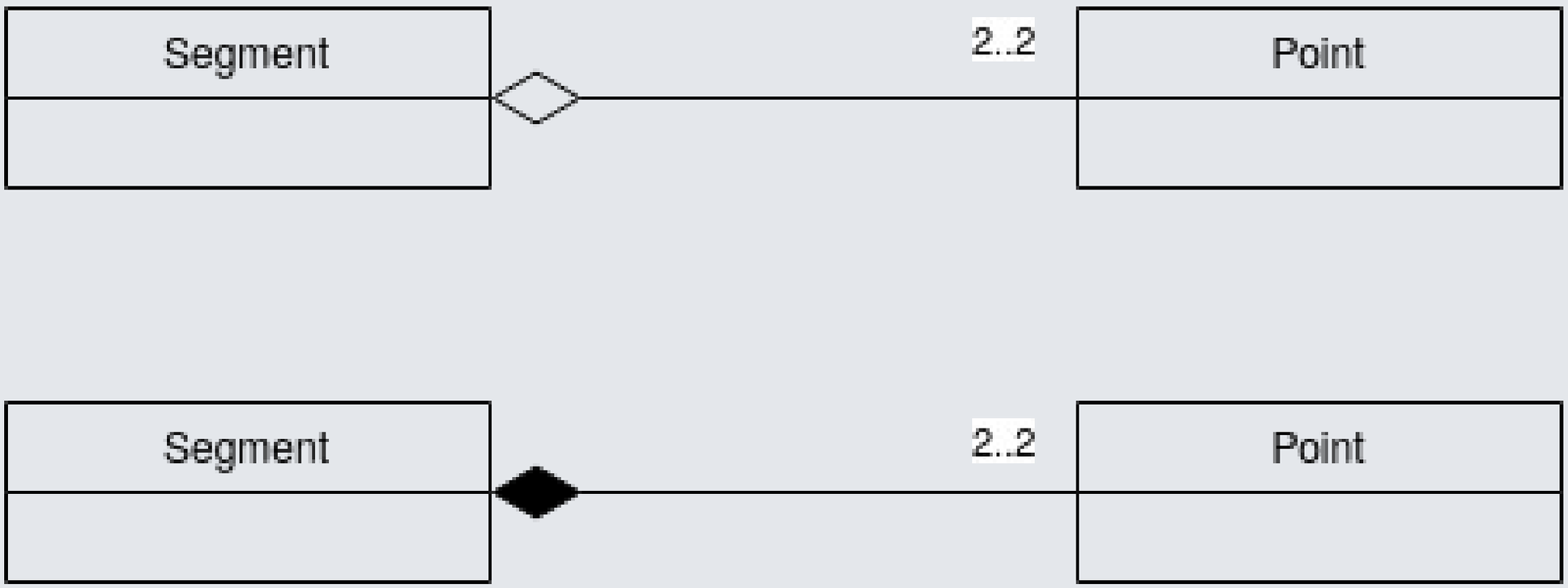
```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (0,0)
creation de (1,1)
(0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)

RUN FINISHED; Segmentation fault;
```

... on décide de contrôler les copies pour être tranquille.
et on assume la destruction du pointeur dont on est propriétaire
ici plus de pbs ... jusqu'à une faute d'inattention.

Moralité :
Dès qu'il y a des pointeurs :
  - le concepteur est-il sûr que l'objet est vivant
  - qui a la charge de le détruire ?
(fuite de mémoire si jamais détruit,
core dumped immédiat si double destruction,
core dumped plus tard si l'espace est réutilisé)

Si on n'utilise pas les pointeurs, de nombreuses copies sont faites (et en profondeurs)

c'est une question indirectement soulevée ici :



Cas 2 : copies liées à vector

avec vector ?

```
class Point {
public:
    Point(int x=0,int y=0);

    virtual ~Point();
    int abs, ord;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Point &);
```

```
int main() {
    Point p0;
    vector<Point> v;
    v.push_back(p0);
    return 0;
}
```

```
Point::Point(int x, int y):abs{x}, ord{y} {
    cout << "creation de " << *this << endl;
}



Point::~Point() {
    cout << "destruction de " << *this << endl;
}
ostream & operator<<(ostream & out, const Point & p) {
    out << "(" << p.abs << ","<< p.ord<< ")";
    return out;
}
```

```
creation de (0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (0,0)
```

2 destructions, c'est donc qu'il y a copie

avec vector ?

```
class Point {
public:
    Point(int x=0,int y=0);
    Point(const Point& orig);
    virtual ~Point();
    int abs, ord;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Point &);
```

```
int main() {
    Point p0;
    vector<Point> v;
    v.push_back(p0);
    return 0;
}
```

```
Point::Point(int x, int y):abs{x}, ord{y} {
    cout << "creation de " << *this << endl;
}
Point::Point(const Point& orig): abs{orig.abs},ord{orig.ord} {
    cout << "copie de " << orig << endl;
}
Point::~Point() {
    cout << "destruction de " << *this << endl;
}
ostream & operator<<(ostream & out, const Point & p) {
    out << "(" << p.abs << ","<< p.ord<< ")";
    return out;
}
```

vector stocke des copies

```
creation de (0,0)
copie de (0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (0,0)
```

Il faut réfléchir à ce que l'on veut ...

```
int main() {
 Point p0;
 vector<Point> v;
 v.push_back(p0);
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
copie de (0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (0,0)
```

```
int main() {
 vector<Point> v;
 v.emplace_back(0,0);
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
destruction de (0,0)
```

```
int main() {
 Point *p0{0,0};
 vector<Point*> v;
 v.push_back(p0);
 delete p0; // ?!
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
destruction de (0,0)
```

Il faut réfléchir à ce que l'on veut ...

```
int main() {
 Point p0;
 vector<Point> v;
 v.push_back(p0);
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
copie de (0,0)
destruction de (0,0)
destruction de (0,0)
```

```
int main() {
 vector<Point> v;
 v.emplace_back(0,0);
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
destruction de (0,0)
```

```
int main() {
 Point *p0{0,0};
 vector<Point*> v;
 v.push_back(p0);
 v.clear();// prudent
 delete p0;
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
destruction de (0,0)
```

Cas 3 : copies dans un exemple plus long

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

donnez une estimation du nb copie/destruction ...

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

4 créations de points + 24 copies

28 destructions

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
(0,0)
destruction de (0,0)
copie de (1,1)
(1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
(2,2)
destruction de (2,2)
copie de (3,3)
(3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
(0,0)
destruction de (0,0)
copie de (1,1)
(1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
(2,2)
destruction de (2,2)
copie de (3,3)
(3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

utilisons une référence dans les for pour éviter qqs copies

elle pose pb dans le 1er cas, voyez vous pourquoi ?

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

le const de l'argument exprime que les constituants doivent être invariants -> il faut le dire dans le type de p

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point const &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point const &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

4 créations de points + 16 copies
(au lieu de 4+24)

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
(0,0)
(1,1)
(2,2)
(3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point const &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
(0,0)
(1,1)
(2,2)
(3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

faire mieux ?

l'écriture des listes d'initialisations engendre une copie intermédiaire inutile, en plus celles qui sont naturelles à vector

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}

ostream & operator<<(ostream &out, const Polygone &q) {
 for (Point const &p:q.allPoints) out << p << endl;
 return out;
}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 Polygone segm2{p2,p3};
 vector<Polygone> vp {segm1,segm2};
 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
(0,0)
(1,1)
(2,2)
(3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

ces copies sont intrinsèques à l'utilisation des listes d'initialisations
(discussions hors programme c++ initializer_list always copy)

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{p0,p1};
 ...
}
```

on remplace les listes d'initialisation pour éviter des copies

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
};
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{};
 segm1.add(p0).add(p1);  // à écrire
 ...
}
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
 Polygone& add(Point &);
};
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}
Polygone& Polygone::add(Point &x){ allPoints.push_back(x); return *this;}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{};
 segm1.add(p0).add(p1);
 ...
}
```

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
 Polygone& add(Point &);
};
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}
Polygone& Polygone::add(Point &x){ allPoints.push_back(x); return *this;}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{};
 segm1.add(p0).add(p1);
 ...
}
```

```
... création des 4 points
... effet de l'ajout à segm1 :
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
destruction de (0,0)
... suite du programme
```

on obtient cela ... qui ne sont que conséquence des ajouts au vector ...?!

```
class Polygone {
public:
 Polygone(initializer_list<Point> );
 vector<Point> allPoints;
 Polygone& add(Point &);
};
```

```
Polygone::Polygone(initializer_list<Point> l):allPoints{l} {}
Polygone& Polygone::add(Point &x){ allPoints.push_back(x); return *this;}
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1{};
 segm1.add(p0).add(p1);
 ...
}
```

```
... création des 4 points
... effet de l'ajout à segm1 :
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (0,0)
destruction de (0,0)
... suite du programme
```

on comprend alors que la capacité du vector est dépassée au second ajout
Le premier vector contenant p0 est donc recopié dans un vector +grand
Ce qui explique la nouvelle copie de p0, et la destruction de l'ancien p0

```
class Polygone {
public:
 ...
 Polygone(int );
 ...
};
ostream & operator<<(ostream &, const Polygone &);
```

```
Polygone::Polygone(int x){allPoints.reserve(x);}  // reserve fixe la capacité
```

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1(2);
 segm1.add(p0).add(p1);
 ...
}
```

```
... création des 4 points
... effet de l'ajout à segm1 :
copie de (0,0)
copie de (1,1)

... suite du programme
```

on peut fixer une capacité initiale suffisante
(et faire idem pour la suite du main)

```
int main() {
 Point p0, p1{1,1}, p2{2,2}, p3{3,3};
 Polygone segm1(2);
 segm1.add(p0).add(p1);

 Polygone segm2(2);
 segm2.add(p2).add(p3);

 vector<Polygone> vp;
 vp.reserve(2);
 vp.push_back(segm1);
 vp.push_back(segm2);

 for (Polygone &q:vp) cout << q ;
 return 0;
}
```

```
creation de (0,0)
creation de (1,1)
creation de (2,2)
creation de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
copie de (0,0)
copie de (1,1)
copie de (2,2)
copie de (3,3)
(0,0)
(1,1)
(2,2)
(3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (3,3)
destruction de (0,0)
destruction de (1,1)
destruction de (3,3)
destruction de (2,2)
destruction de (1,1)
destruction de (0,0)
```

4 créations de points + 8 copies
(au lieu de 4+24) - Conforme à ce qu'on voulait

Cas 3, conclusion :

de nombreuses copies sont apparues de manière inattendues :
- dans le parcours à l'affichage
- dans les listes d'initialisation
- dans les dépassements de capacité de vector

Les copies pour vector, elles, étaient attendues, elles correspondent au choix de conception. (Sinon on aurait utilisé un vecteur de pointeurs vers des points)

Nous avons fait 3 petites études de cas

et discuté pas mal de copies/destructions

Cas 1 : destructions problématiques

Cas 2 : copies liées à vector

Cas 3 : copies dans un exemple plus long

il nous reste encore un morceau :

L’affectation

Si on a :

```
class A{
 B *my_b;
 public : A();
}
```

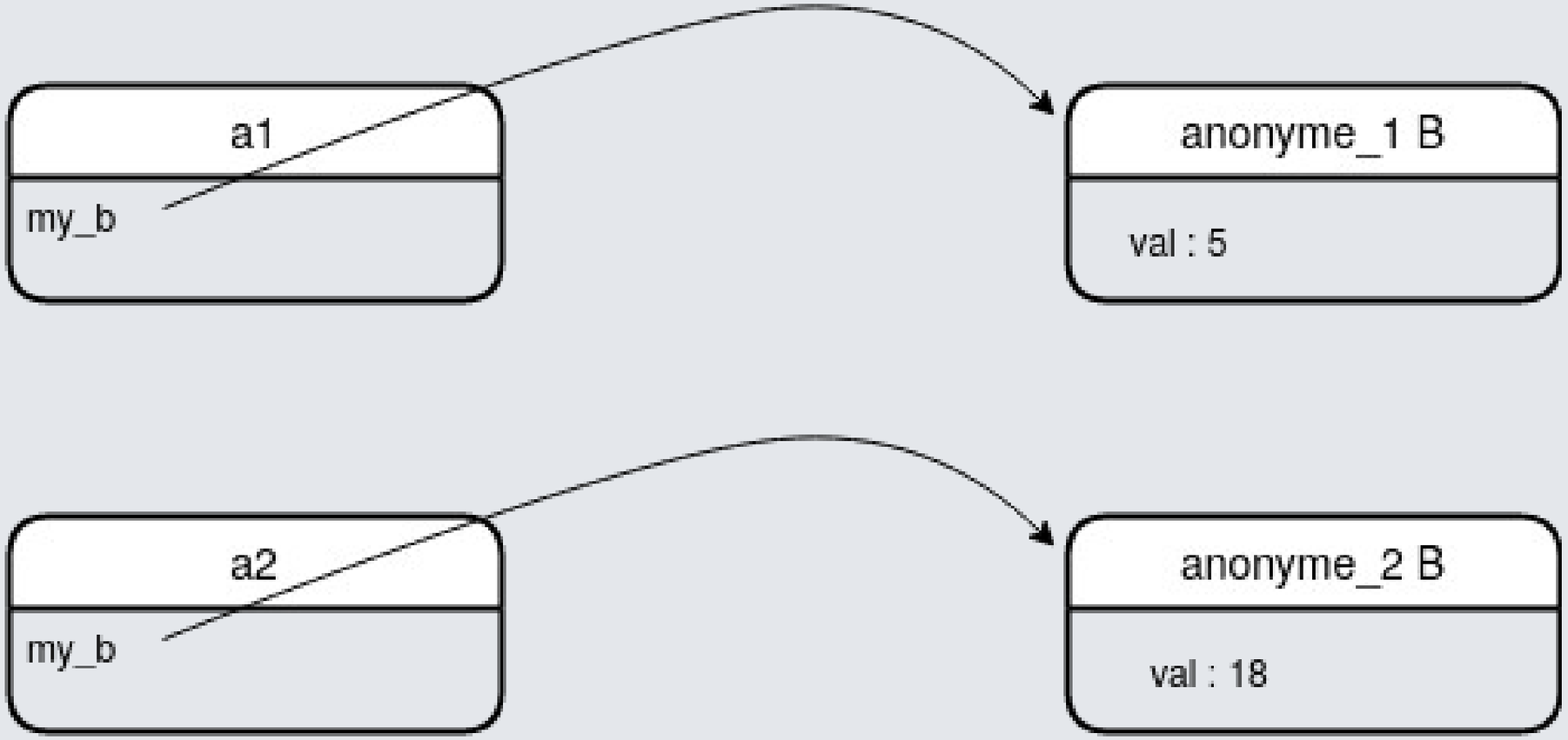
```
class B{
 int val;
 public : B();
}
```

```
int main() {
 A a1,a2;
 a2 = a1;
}
```

```
A::A():my_b{new B()} {}
```

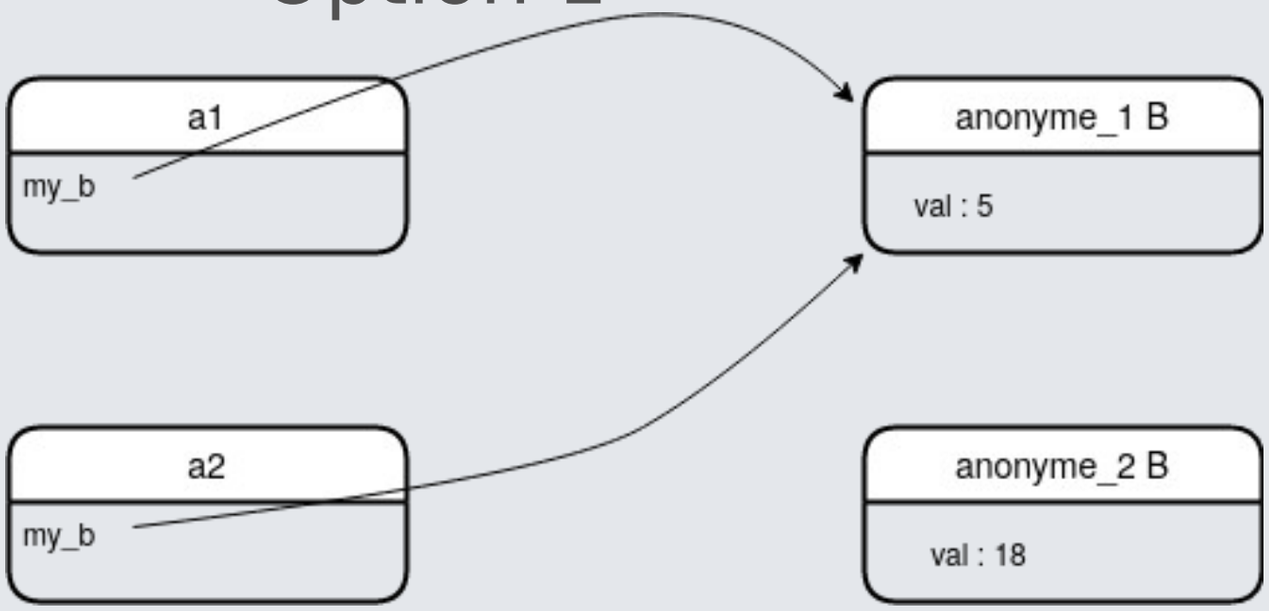
```
B::B():val{rand()} {}
```

Quel effet attend-on ?

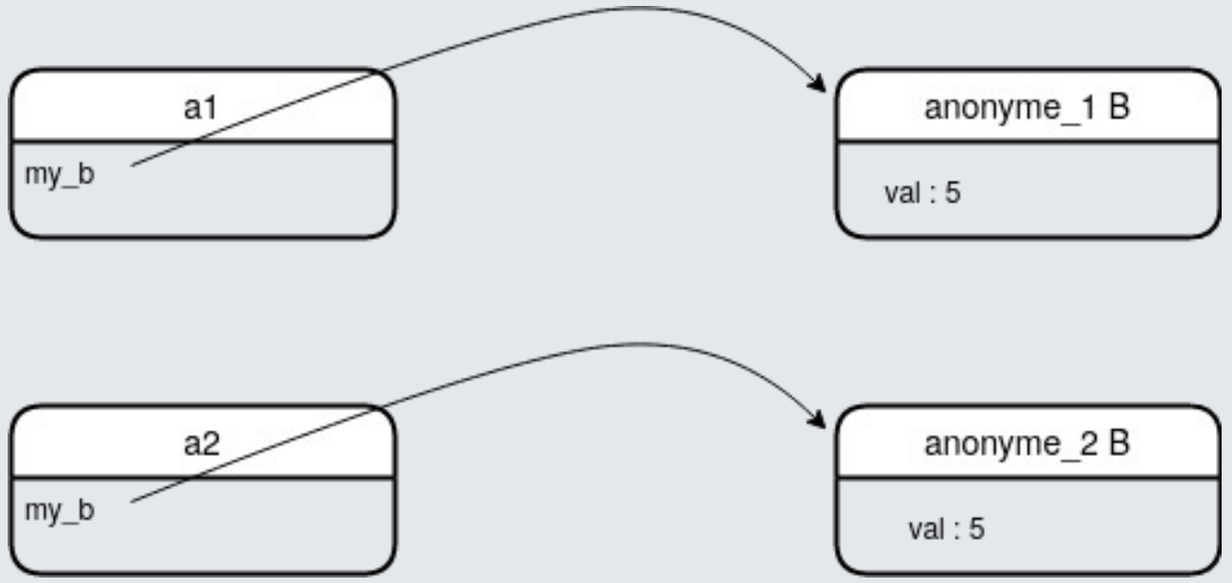


Plusieurs possibilités ...

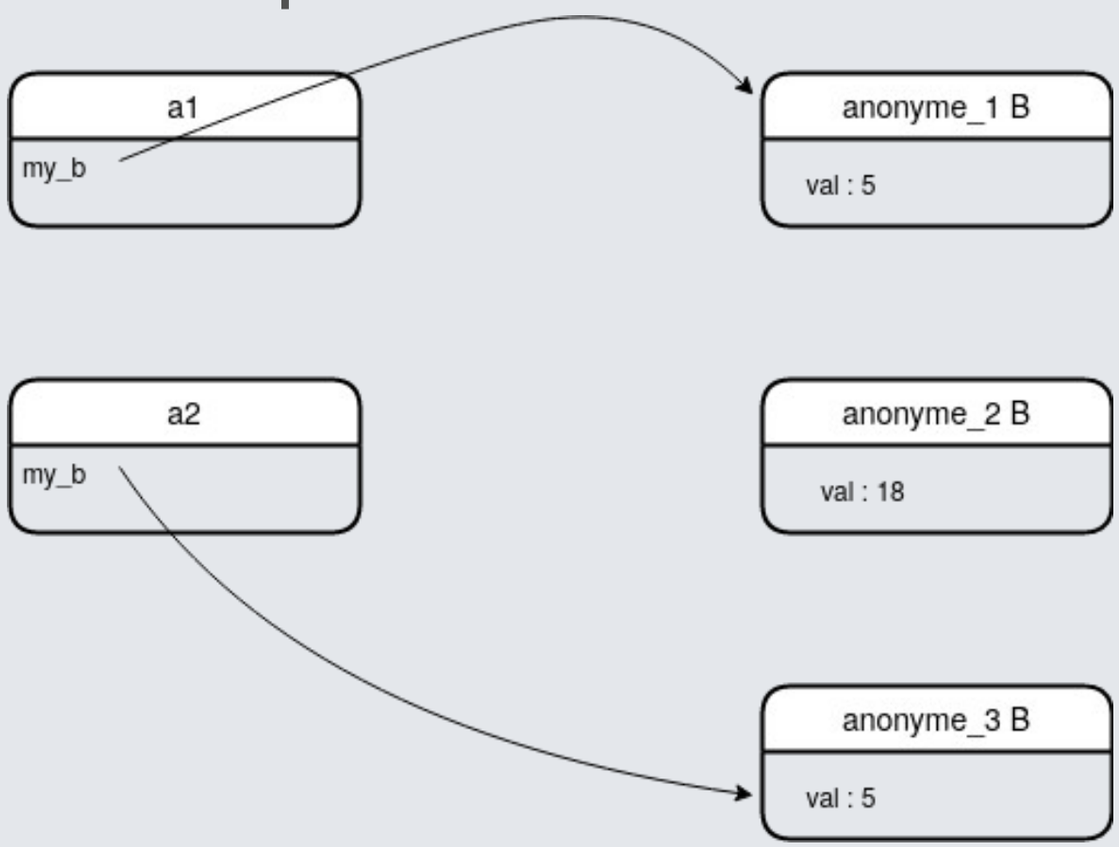
Option 1



Option 2



Option 3



C'est un problème proche de celui de la construction d'une copie.

Avec en plus celui de la gestion des anciens constituants de a2

il est donc nécessaire de redéfinir l’opérateur d’affectation pour clarifier.

Celui présent par défaut fait l'affectation membre à membre etc ...

Dans notre exemple : il s'agit du cas 1, sans rendre au système la mémoire d'anonyme_2

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

Quelques remarques :

- l'affectation est vue comme une opération membre (c'est syntaxiquement contraint par c++)
- a1=a2 est strictement équivalent à a1.operator=(a2)
  c'est a1 qui réalise l'affectation à partir de l'argument a2
- on peut assez naturellement considérer x constant
- le passage par référence permet d'éviter une copie locale de a2
- la nature du type retour est liée à des usages de programmeur (voir slide suivant)
- la visibilité public/private, le type retour et du paramètre sont très librement modifiables ...

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la nature du type retour est liée à des usages de programmeur ...

Probablement que vous ne l'avez jamais essayé, mais ceci compile :

```
int a{0},b{1},c{2};
a=b=c;
cout << a << b << c << endl;
```

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la nature du type retour est liée à des usages de programmeur ...

Probablement que vous ne l'avez jamais essayé, mais ceci compile :

```
int a{0},b{1},c{2};
a=b=c;
cout << a << b << c << endl;
```

```
222
```

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la nature du type retour est liée à des usages de programmeur ...

Probablement que vous ne l'avez jamais essayé, mais ceci compile :

```
int a{0},b{1},c{2};
a=(b=c);
cout << a << b << c << endl;
```

(écriture équivalente)

```
222
```

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la nature du type retour est liée à des usages de programmeur ...

Probablement que vous ne l'avez jamais essayé, mais ceci compile :

```
int a{0},b{1},c{2};
a=(b=c);
cout << a << b << c << endl;
```

(écriture équivalente)

c.a.d : associativité à droite
et "propagation" des affectations

```
222
```

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la nature du type retour est liée à des usages de programmeur ...

On a donc tendance à généraliser pour permettre :

```
A a,b,c;
a=(b=c);
```

L'idée est de "reprendre" le terme le plus à droite au fur et à mesure de la résolution de l'associativité.
C'est pourquoi le type retour suggéré est celui de l'argument (avec une référence pour éviter une copie)

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la visibilité public/private, le type retour et du paramètre sont très librement modifiables ...

Ce sont des choses qu'on a déjà illustré sur le constructeur de copie :
- le déclarer private complique les usages
- déclarer l'argument non const peut permettre un "move-assignement"
- que le type retour soit const ou pas n'a pas de grande importance : dans a=b=c un non const peut être considéré const
- si le type retour est void on interdit a=b=c;

Signature habituelle de sa déclaration :

```
class A {
    const A & operator=(const A &x);
};
```

la visibilité public/private, le type retour et du paramètre sont très librement modifiables ...

On pourrait aussi imaginer écrire

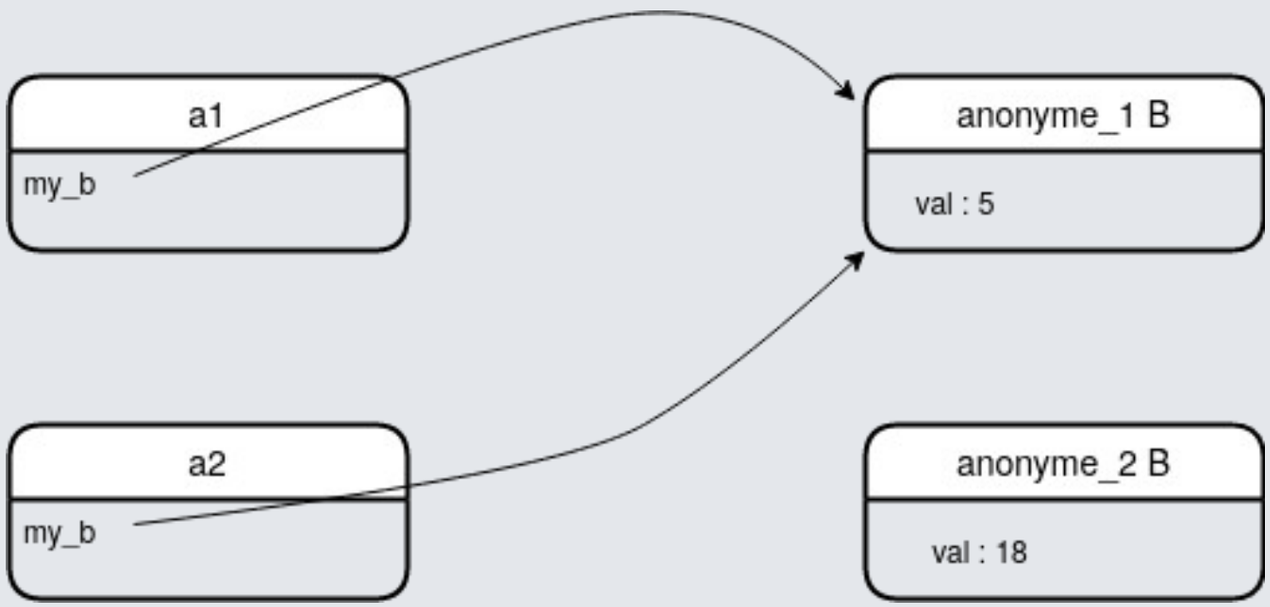
```
class A {
    A & operator=(A &x) const;
};
```

Ce const appliqué à la méthode signifiant que dans a=b a serait inchangé ...

Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
   ...
}
```

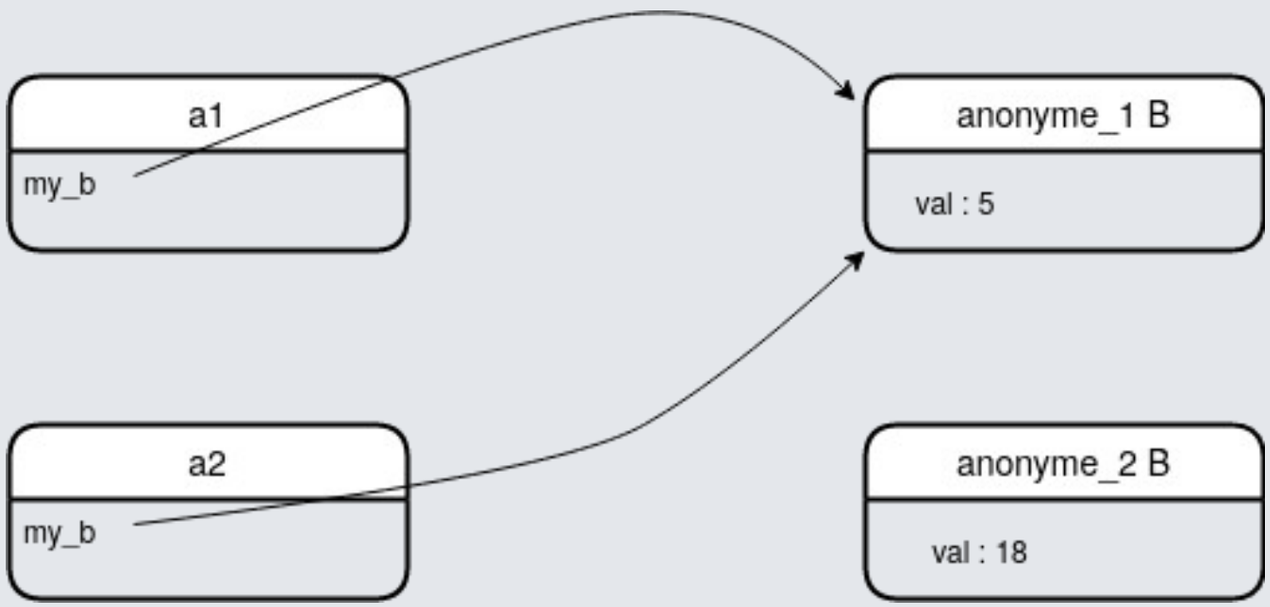
```
a2=a1;
```



Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  delete(my_b);  // libère anonyme_2
  my_b = x.my_b; // =entre pointeurs
  ... // retourne qq chose
}
```

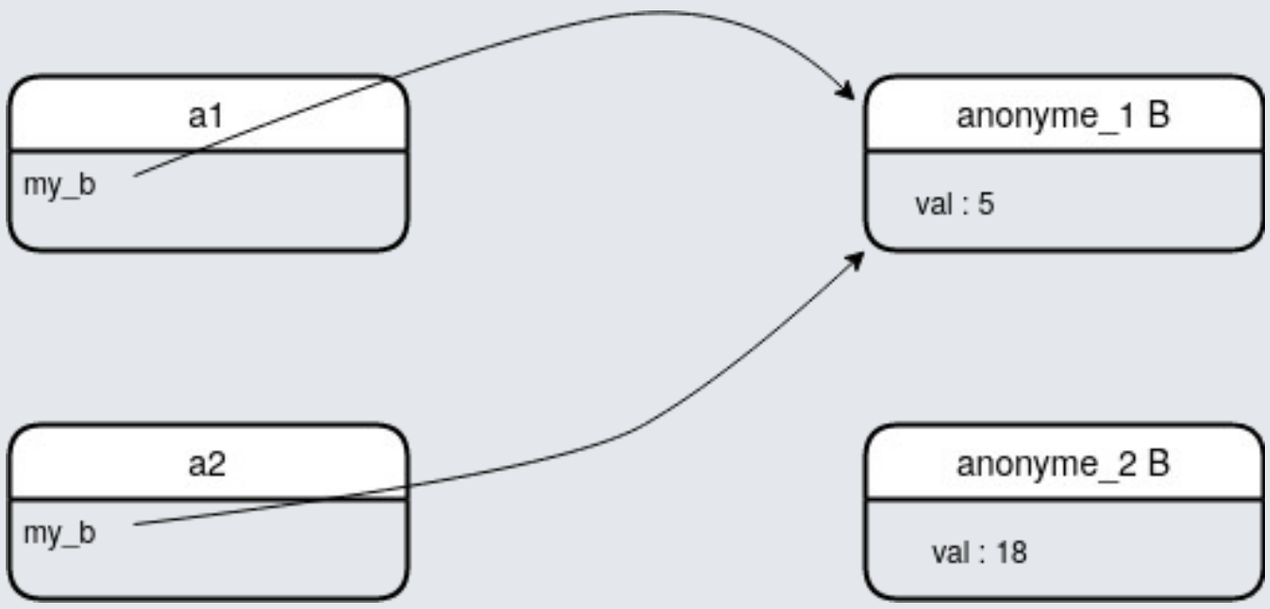
```
a2=a1;
```



Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  delete(my_b);  // libère anonyme_2
  my_b = x.my_b; // =entre pointeurs
  return x; // par exemple
  ...
}
```

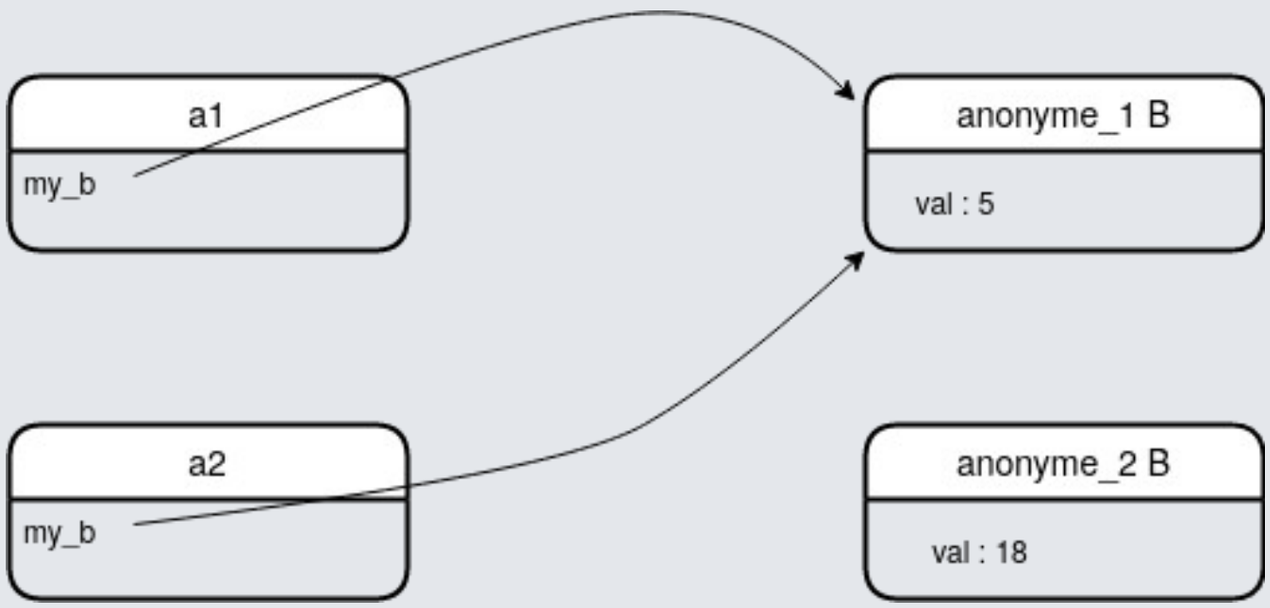
```
a2=a1;
```



Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  delete(my_b);  // libère anonyme_2
  my_b = x.my_b; // =entre pointeurs
  return *this; // aussi bien
  ...
}
```

```
a2=a1;
```



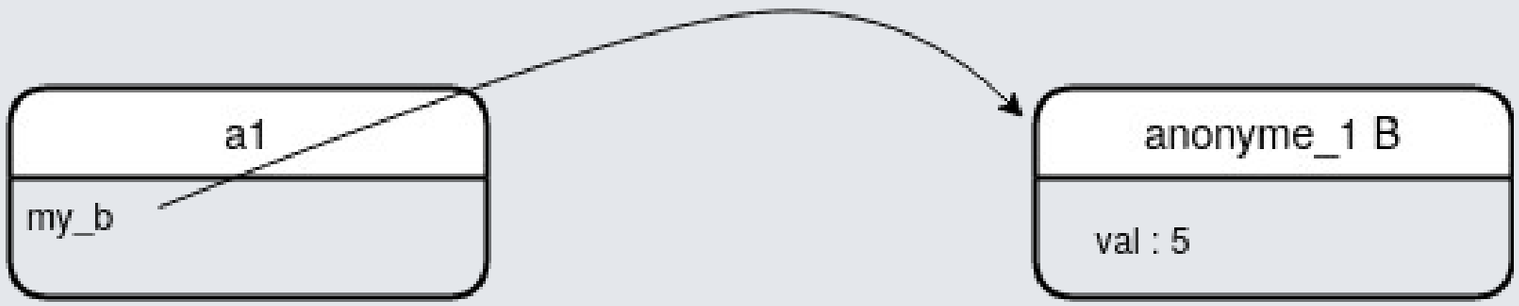
Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  delete(my_b);  // libère anonyme_2
  my_b = x.my_b; // =entre pointeurs
  return *this; // aussi bien
  ...
}
```

pas mal, mais encore imprudent ...

quid si le programmeur écrit

```
a1=a1;
```



Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  if (*this==x) return *this;
  delete(my_b);
  my_b = x.my_b;
  return *this;
  ...
    . . .
}
```

Son implémentation (objectif option 1) :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  if (*this==x) return *this;
  delete(my_b);
  my_b = x.my_b;
  return *this;
  ...
    ...
}
```

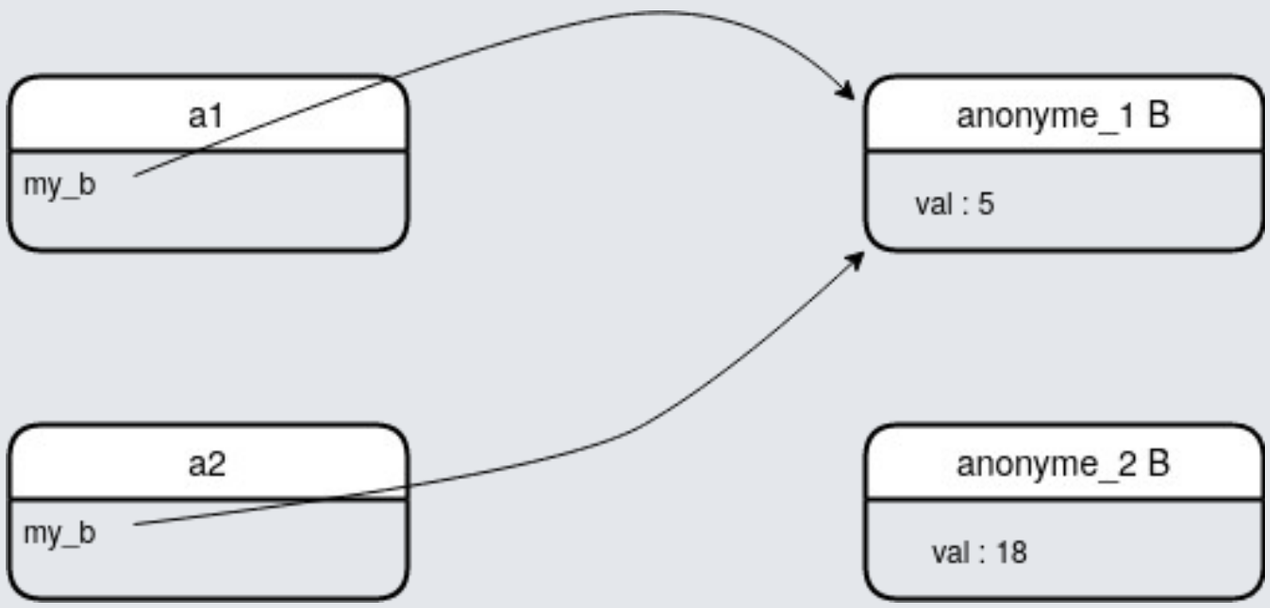
acceptable à 99,99 % ...

en effet == est aussi redéfinissable ...

autant utiliser == entre pointeurs plutôt qu'entre objets

Son implémentation (objectif option 1) :

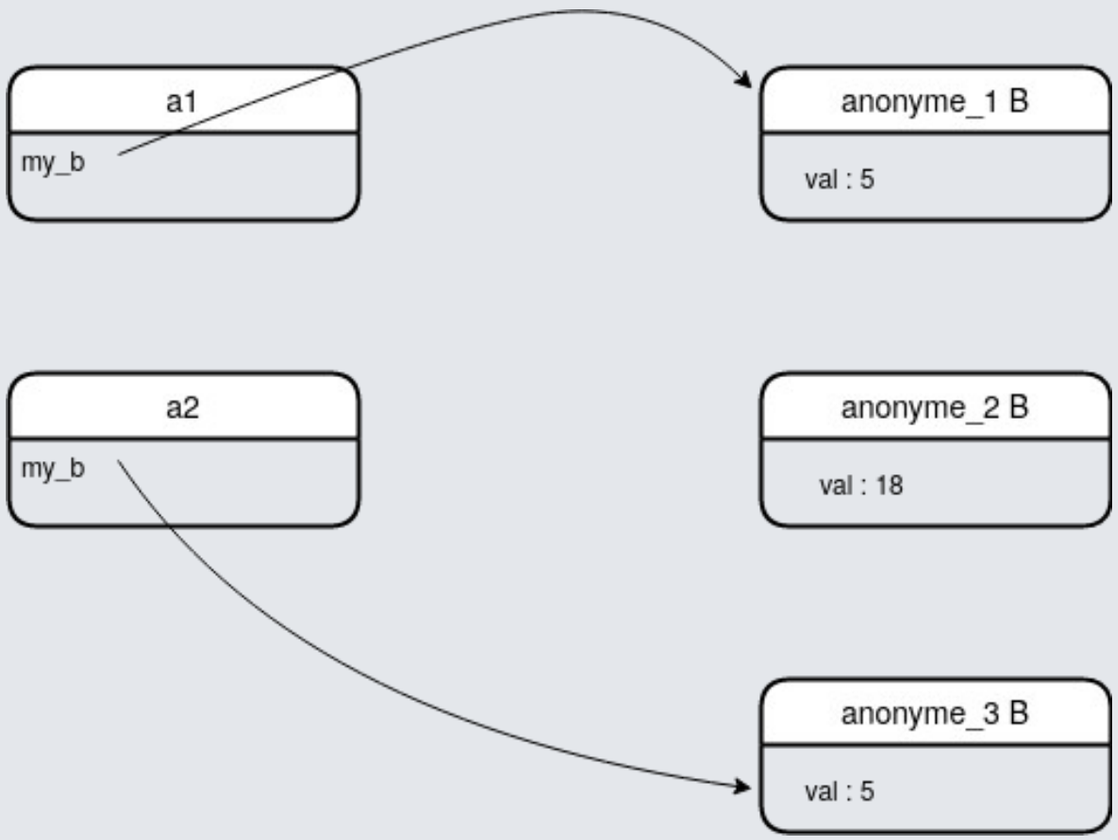
```
const A & A::operator=(const A &x){
  if (this == &x) return *this;
  delete(my_b);
  my_b = x.my_b;
  return *this;
}
```



Exercice - objectif option 3 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
   ...
}
```

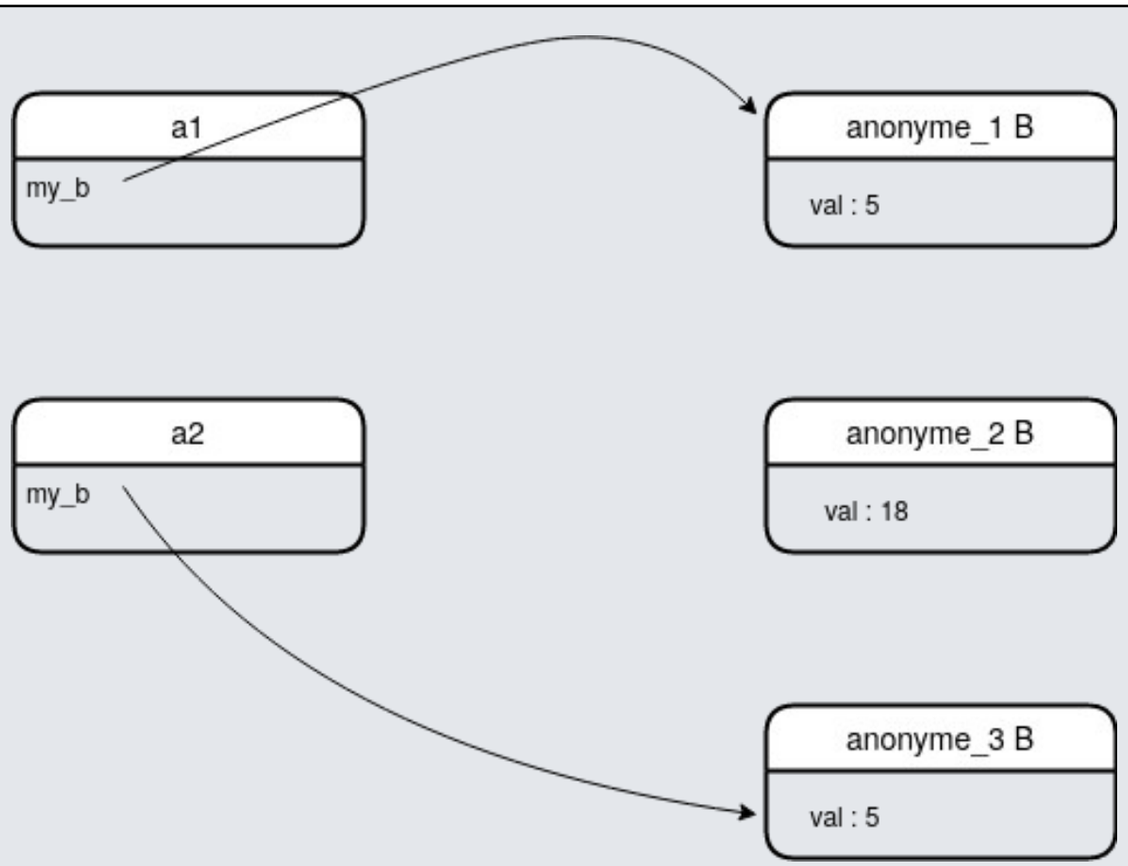
```
a2=a1;
```



Exercice - objectif option 3 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  if (this == &x) return *this; // quoique ...
  delete(my_b);
  my_b = new B{*(x.my_b)}; // copie par défaut..
  return *this;
}
```

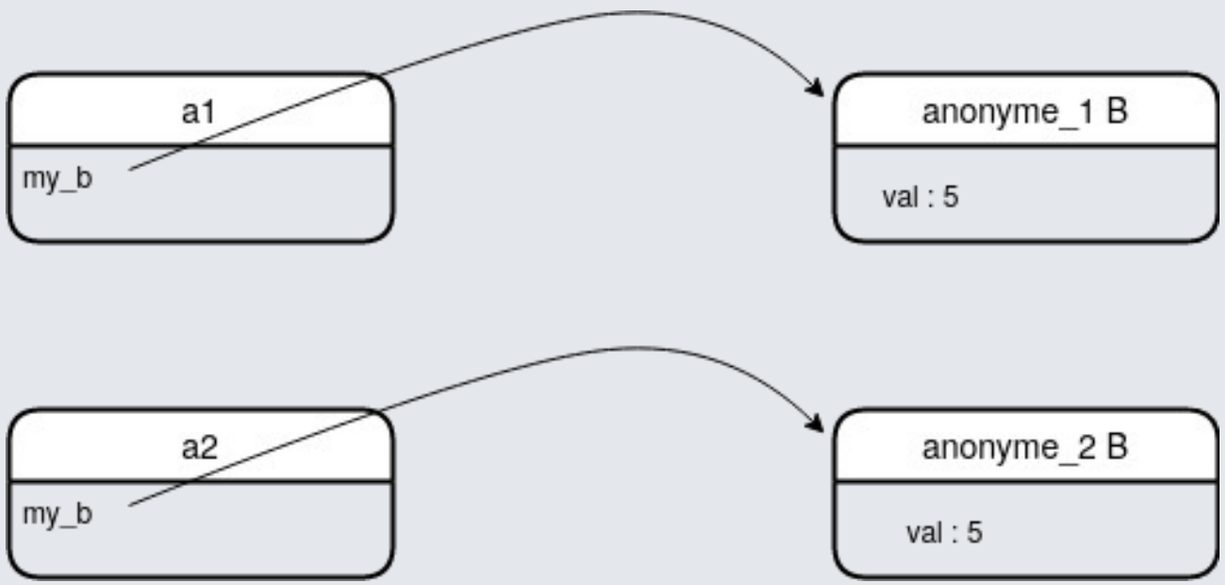
```
a2=a1;
```



Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
   ...
}
```

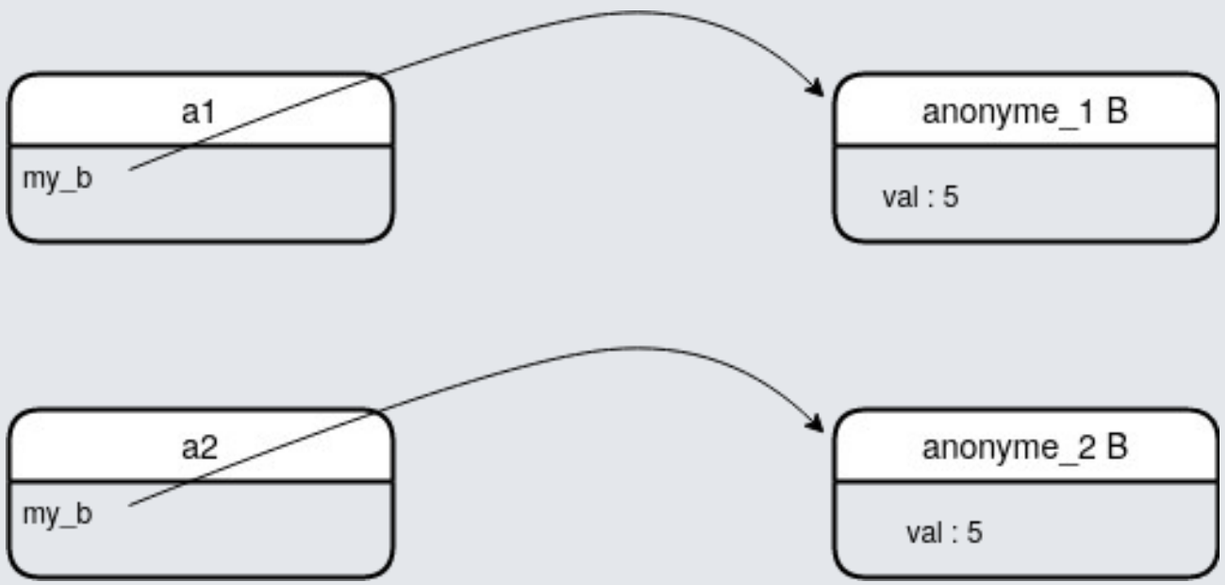
```
a2=a1;
```



Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  *my_b = *(x.my_b); // affectation entre Bs ...
  return *this;
}
```

```
a2=a1;
```



Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  *my_b = *(x.my_b); // affectation entre Bs ...
  return *this;
}
```

```
class A{
 B *my_b;
 public : A();
 const A & operator=(const A &x);
}
```

```
class B{
 int val;
 public : B();
}
```

Mais on n'a pas redéfini cette affectation entre Bs !

Peut-on écrire ça ? ...

Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  *my_b = *(x.my_b); // affectation entre Bs ...
  return *this;
}
```

```
class A{
 B *my_b;
 public : A();
 const A & operator=(const A &x);
}
```

```
class B{
 int val;
 public : B();
}
```

Mais on n'a pas redéfini cette affectation entre Bs !

Peut-on écrire ça ? ...

oui, par défaut l'affectation est publique, et affecte membre à membre

c'est ce qu'on veut obtenir ici

Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  *my_b = *(x.my_b); // affectation entre Bs ...
  return *this;
}
```

```
class A{
 B *my_b;
 public : A();
 const A & operator=(const A &x);
}
```

```
class B{
 int val;
 public : B();
}
```

Mais val est private, c'est sûrement qu'on ne voulait pas pouvoir écrire : my_b->val=(x.my_b)->val ... ?

Exercice - objectif option 2 :

```
const A & A::operator=(const A &x){
  *my_b = *(x.my_b); // affectation entre Bs ...
  return *this;
}
```

```
class A{
 B *my_b;
 public : A();
 const A & operator=(const A &x);
}
```

```
class B{
 int val;
 public : B();
}
```

Mais val est private, c'est sûrement qu'on ne voulait pas pouvoir écrire : my_b->val=(x.my_b)->val ... ?

On ne le fait pas directement. On passe bien par une méthode publique, tout est "légal". Elle donne implicitement des droits en modification !
Il faut donc faire attention !

Rule of three

Il vous faut penser aux :

Constructeurs par copie

Destructeurs

Opérateurs d’affectation

DÉFINITION CANONIQUE D’UNE CLASSE

(VOUS POUVEZ Y DÉROGER,
MAIS IL VOUS FAUT SAVOIR POURQUOI)

pour les copies

pour les tableaux

pour les destructions

```
class ClasseCanon {
public:
 ClasseCanon();
 ClasseCanon(const ClassCanon &);
 virtual ~ClasseCanon();
 ClasseCanon &operator=(const ClasseCanon &);
friend ostream
  &operator<<(ostream &,const ClasseCanon &);
};
```

pour les affichages

pour les affectations

Rq : c++11 définit une Rule of Five
qui intègre, en plus, des échanges
d'emplacements mémoire (move semantic)
avec encore une notation dédiée etc ...
mais nous ne nous en occuperons pas cette
année.