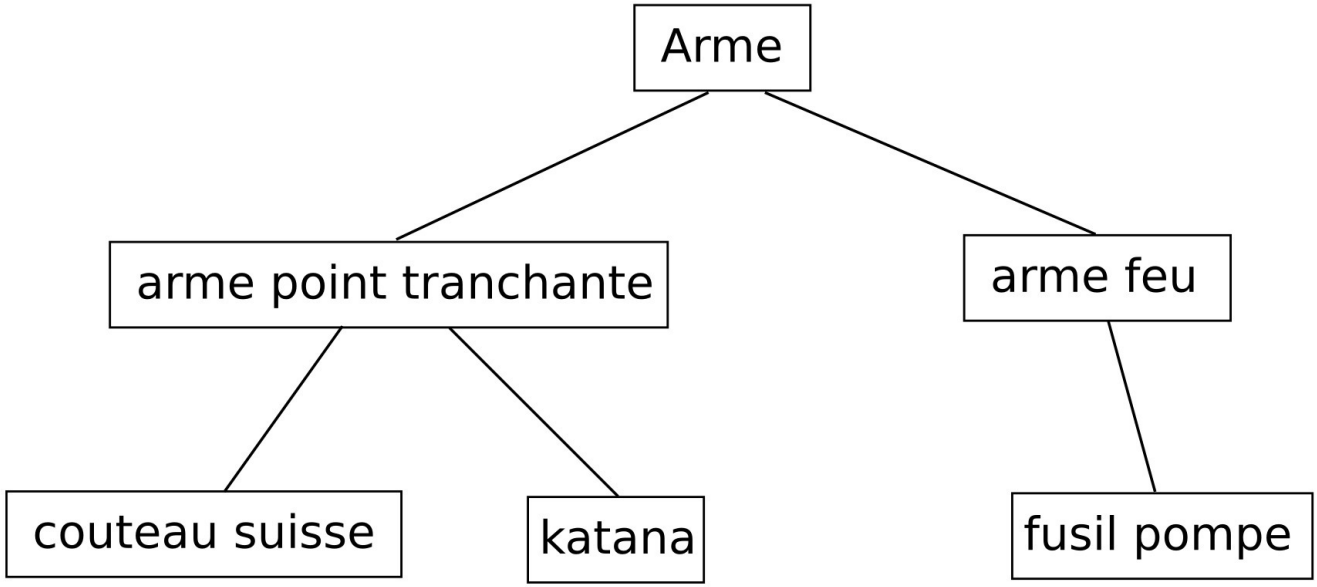
C++

Programmation Objet:
Heritage, polymorphisme

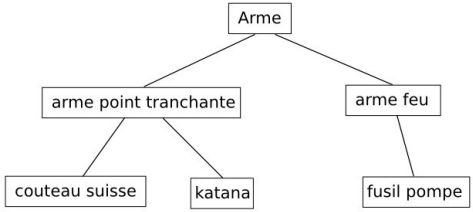
virtual void function() = 0;

dynamic_cast<T>();

Héritage

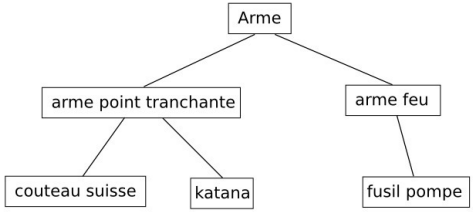

Arme
arme point tranchante
arme feu
couteau suisse
katana
fusil pompe

Héritage




```
class arme
{
public:
     void set_nom(std::string const& n) {nom=n;}
     std::string const& get_nom() const {return nom;}
private:
     std::string nom;
};
```

Héritage

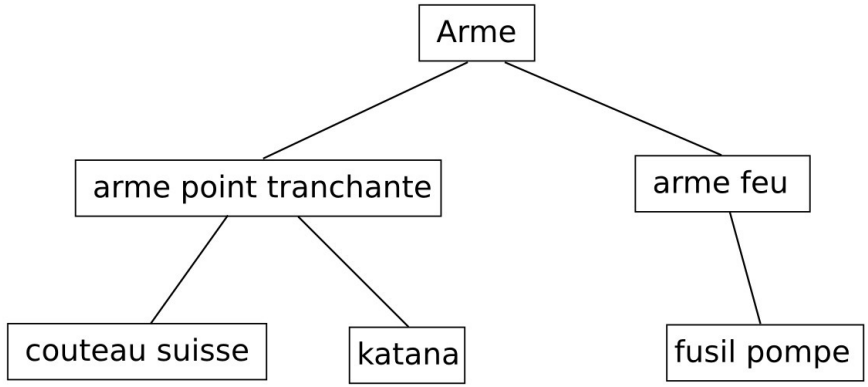



```
class arme
{
public:
    void set_nom(std::string const& n) {nom=n;}
    std::string const& get_nom() const {return nom;}
private:
    std::string nom;
};
```

```
class arme_point_tranchante : public arme
{
public:

private:
    float finesse_lame;
    float longueur_lame;
};

class katana : public arme_point_tranchante
{
public:
private:
    int age;
};

class couteau_suisse : public arme_point_tranchante
{
public:
private:
    int nombre_ustensil;
};
```

```
class arme_feu : public arme
{
public:
    void tire() {munition--;}
private:
    int munition;
    int calibre;
};

class fusil_pompe : public arme_feu
{
public:
private:
    int nombre_coup_minute;
};
```

Intérêt Héritage

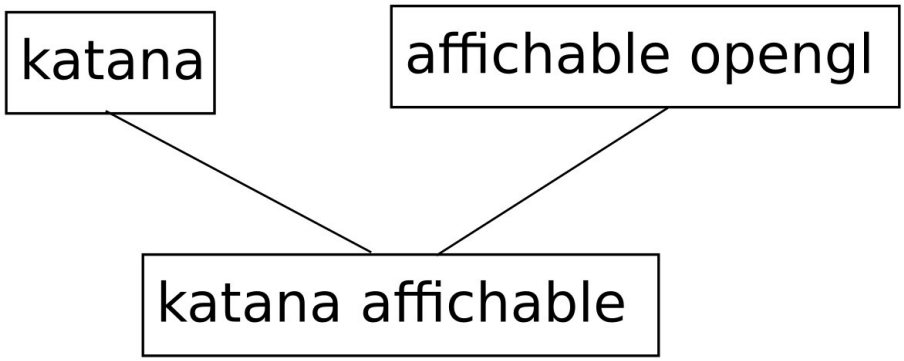


- Evite la réécriture de code

  Toutes armes peuvent gérer un nom
  Toutes les armes à feu peuvent tirer
  ...

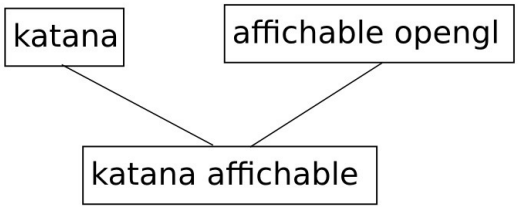
- Structure les objets entre eux

Héritage multiple



Héritage multiple non limité en C++

Héritage multiple




```
class katana : public arme_point_tranchante
{
public:
private:
    int age;
};
```

```
class affichable_opengl
{
    GLuint vbo;
    GLuint vboi;
    int nbr_triangle;

public:
    void affiche() const
    {
        glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER,vbo);
        glVertexPointer(3, GL_FLOAT, 0, 0);
        glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER,vboi);
        glDrawElements(GL_TRIANGLES, 3*nbr_triangle, GL_UNSIGNED_INT, 0);
    }
};
```

```
class katana_affichable : public katana,affichable_opengl
{

};
```

Limite de l'héritage

- Ne pas abuser de l'héritage

Bonnes pratiques

- L'héritage doit toujours répondre à la question

  <classe fille> est un type de <classe parente>

  Sinon ce n'est pas une relation d'héritage

  ↳ aggrégation

  (A contient B)

Limite de l'héritage

Exemple d'heritage incorrect

```
class guerrier : public katana
{
public:
    float points_attaque() const
    {
        return 2.0*longueur_lame;
    }
};
```

A ne pas faire

Un guerrier n'est pas un type de katana
(même si le code semble convenir)

Ici: guerrier.nom retourne le nom
du katana

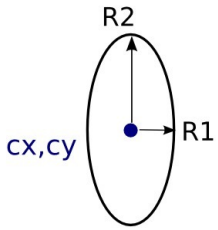
Version correcte

```
class guerrier
{                    Relation d'aggrégation
    katana arme;

public:
    float points_attaque() const
    {
        return 2.0f*arme.longueur_lame;
    }
};
```

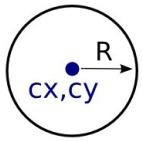
un guerrier **possède** un katana

Limite de l'héritage

Exemple relation cercle/ellipse




```
struct ellipse
{
    ellipse(float R1_arg,float R2_arg,float cx_arg,float cy_arg)
        :R1(R1_arg),R2(R2_arg),cx(cx_arg),cy(cy_arg)
    {}
    float R1;
    float R2;
    float cx,cy;
};
```

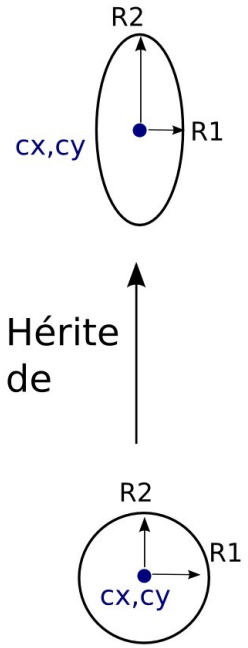



```
struct cercle
{
    cercle(float R_arg,float cx_arg,float cy_arg)
        :R(R_arg),cx(cx_arg),cy(cy_arg)
    {}

    float R;
    float cx,cy;
};
```

2 Classes indépendantes
Beaucoup de choses communes => réécriture de code

Limite de l'héritage

Exemple relation cercle/ellipse




```
struct ellipse
{
    ellipse(float R1_arg,float R2_arg,float cx_arg,float cy_arg)
        :R1(R1_arg),R2(R2_arg),cx(cx_arg),cy(cy_arg)
    {}
    float R1;
    float R2;
    float cx,cy;
};
```

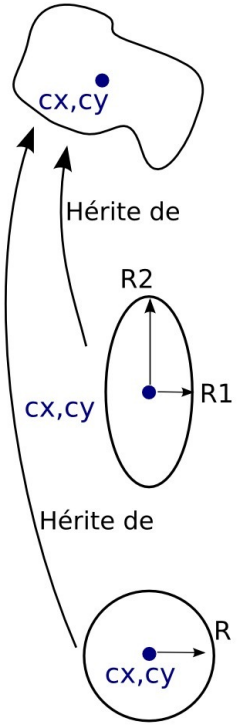
```
struct cercle : public ellipse
{
    cercle(float R_arg,float cx_arg,float cy_arg)
        :ellipse(R_arg,R_arg,cx_arg,cy_arg){}
    //R1==R2 constamment => R2 est inutile
};
```

Danger d'intégrité
cercle avec R1!=R2 possible

=> La structure d'un cercle n'est pas forcément la même structure qu'une ellipse

Limite de l'héritage

Exemple relation cercle/ellipse




```
struct courbe_fermee
{
    courbe_fermee(float cx_arg,float cy_arg)
        :cx(cx_arg),cy(cy_arg){}
    float cx,cy;
};
```

```
struct ellipse : public courbe_fermee
{
    ellipse(float R1_arg,float R2_arg,float cx_arg,float cy_arg)
        :courbe_fermee(cx_arg,cy_arg),R1(R1_arg),R2(R2_arg){}
    float R1,R2;
};
```

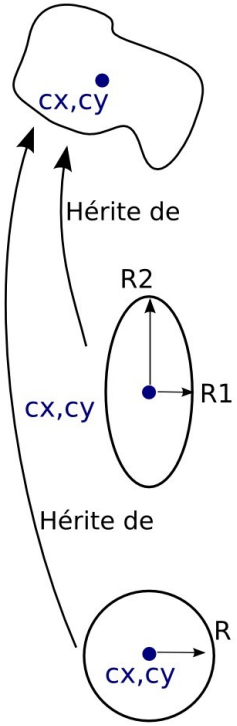
```
struct cercle : public courbe_fermee
{
    cercle(float R,float cx_arg,float cy_arg)
        :courbe_fermee(cx_arg,cy_arg),R(R_arg){}
    float R;
};
```

Cercle et Ellipse sont ici cousins

+ Concaténation du code pour le centre.
+ Respect de la structure interne de l'ellipse et du cercle

Limite de l'héritage

Exemple relation cercle/ellipse



Même si

- Cercle est un "type" d'ellipse

  → Pas de partage de la structure interne

  → Pas d'héritage direct

  (relation cousin)

Polymorphisme

Les classes parent et fille sont des types différents

Héritage simple = gain uniquement pour l'écriture du code
(pas de duplication)

On peut convertir une classe fille vers le type parent
(info classe fille perdues)

Convertion classes dérivées

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg){}
    void tire() {munition-=2;}
};
```

fusil à pompe = arme à feu qui tire 2 coups à la fois

Convertion classes dérivées

```
int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    test_arme(a0);
    test_arme(a1);

}
```

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg){}
    void tire() {munition-=2;}
};
```

fusil_pompe converti en arme_feu

```
void test_arme(arme_feu& a)
{
    std::cout<<"J'ai "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
    a.tire();
    a.tire();
    std::cout<<"Il me reste "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
}
```

J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions
J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions

On ne tire qu'une munition à la fois
Information fusil à pompe perdue

Convertion classes dérivées

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg){}
    void tire() {munition-=2;}
};
```

```
int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    std::vector<arme_feu> v;
    v.push_back(a0);v.push_back(a1);

    for(int k=0;k<2;++k)
        v[k].tire();

    std::cout<<v[0].munition<<" , "<<v[1].munition<<std::endl;
}
```

converti en arme_feu

une seule munition

Mot clé virtual

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    virtual void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg){}
    void tire() {munition-=2;}
};
```

fonction polymorphe

Mot clé virtual

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    virtual void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg){}
    void tire() {munition-=2;}
};
```

on peut appeler la fonction de fusil_pompe

```
int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    test_arme(a0);
    test_arme(a1);

}
```

```
void test_arme(arme_feu& a)
{
    std::cout<<"J'ai "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
    a.tire();
    a.tire();
    std::cout<<"Il me reste "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
}
```

tire est une fonction polymorphe

J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions
J'ai 6 munitions
Il me reste 2 munitions

On n'a pas perdu l'information que a1 était un fusil_pompe

Polymorphisme

Attention: Polymorphisme n'est préservé que pour des **références** et des **pointeurs.**

Information polymorphique perdue dans le cas d'une copie

```
void test_arme(arme_feu a)
{
    std::cout<<"J'ai "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
    a.tire();
    a.tire();
    std::cout<<"Il me reste "<<a.munition<<" munitions"<<std::endl;
}

int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    test_arme(a0);
    test_arme(a1);
}
```

copie de la classe

Polymorphisme perdu

J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions
J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions

Polymorphisme

Pointeurs préservent le polymorphisme

```
void test_arme(arme_feu* a)
{
    std::cout<<"J'ai "<<a->munition<<" munitions"<<std::endl;
    a->tire();
    a->tire();
    std::cout<<"Il me reste "<<a->munition<<" munitions"<<std::endl;
}

int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    test_arme(&a0);
    test_arme(&a1);
}
```

J'ai 6 munitions
Il me reste 4 munitions
J'ai 6 munitions
Il me reste 2 munitions

Polymorphisme

Conteneur avec éléments de comportement variable

```
int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    std::vector<arme_feu*> v;
    v.push_back(&a0);v.push_back(&a1);

    for(int k=0;k<2;++k)
        v[k]->tire();

    std::cout<<v[0]->munition<<" , "<<v[1]->munition<<std::endl;
}
```

doit être un vecteur d'adresse, sinon copie de la classe

5,4

Intérêt du polymorphisme

- Conteneur d'élément ayant des comportements différents

  Nécessite un vecteur de pointeurs
  (rare cas où les pointeurs sont indispensables en C++)

```
std::vector<Parent*>
std::list<Parent const*>
std::map<int,Parent*>
```

- Fonction générique
  (comportement différent en fonction de la classe)

  Nécessite un argument de type reference ou pointeur

```
void function(Parent const& x);
void function(Parent& x);
```

Conditions de fonctionnement

```
class Parent{

    virtual ...
};
class Fille : public Parent {};

int main()
{
    Fille a;

    Parent b=a;  polymorphisme perdu

    Parent& c=a;                polymorphe
    Parent const  & d=a;        polymorphe
    Parent* e=&a;               polymorphe
    Parent const  * f=&a;       polymorphe
}
```

Polymorphisme, limitation

Polymorphisme = modification dynamique pendant l'execution
(changement de type non prévue à la compilation)

- Inconvénient: Temps de calcul

Une fonction polymorphe est plus lente qu'une fonction non polymorphe + optimisation difficile

- Ne pas utiliser le polymorphisme pour exécuter des tâches critiques en temps de calcul.
- Ne pas s'interdire le polymorphisme pour des tâches non critiques !

Polymorphisme vs template

Polymorphisme et template permettent la généricité

Polymorphisme	Template
+ Dynamique (modification en run-time)	+ Statique (réalisé à la compilation)
+/- Lié à l'héritage + Structure de le code (règle d'appels) - Force relations d'héritage (limite l'utilisation de classes externes)	+ Ne ralenti pas l'execution +/- S'applique à toute classes + Vraie généricité - Pas de structuration
- Ralenti l'exécution	- Ralenti la compilation
Fonctions génériques Conteneurs adaptatifs (adaptation dynamique)	Fonctions génériques Classes génériques (paramétrable à la création)

Le dynamic_cast

Permet de (re)convertir une classe Parent en classe Fille

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    virtual void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    int grenade;

    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg),grenade(3){}
    void tire() {munition-=2;}
    void lance_grenade() {grenade--;}
};
```

n'existe que dans classe fusil_pompe

Le dynamic_cast

Permet de (re)convertir une classe Parent en classe Fille

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    virtual void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    int grenade;

    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg),grenade(3){}
    void tire() {munition-=2;}
    void lance_grenade() {grenade--;}
};
```

Convertis arme* en fusil_pompe* si la classe d'origine est un fusil_pompe.

Renvoi nullptr sinon.

```
void lanceur_grenade(arme_feu* arme)
{
    fusil_pompe* fusil=dynamic_cast<fusil_pompe*>(arme);
    if(fusil!=nullptr)
    {
        fusil->lance_grenade();
        std::cout<<"Je lance une grenade"<<std::endl;
    }
    else
    {
        std::cout<<"Je ne suis pas un fusil a pompe"<<std::endl;
    }
}

int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    lanceur_grenade(&a0);
    lanceur_grenade(&a1);
}
```

pointeur null en C++

Je ne suis pas un fusil a pompe
Je lance une grenade

Le dynamic_cast

Fonctionne également avec des références

```
struct arme_feu
{
    int munition;

    arme_feu(int munition_arg) :munition(munition_arg){}
    virtual void tire() {munition--;}
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    int grenade;

    fusil_pompe(int munition_arg) :arme_feu(munition_arg),grenade(3){}
    void tire() {munition-=2;}
    void lance_grenade() {grenade--;}
};
```

Utilisation des exceptions

```
void lanceur_grenade(arme_feu& arme)
{
    try
    {
        fusil_pompe& fusil=dynamic_cast<fusil_pompe&>(arme);
        fusil.lance_grenade();
        std::cout<<"Je lance une grenade"<<std::endl;
    }
    catch(const std::bad_cast& e)
    {
        std::cout << "Je ne suis pas un fusil a pompe"<<std::endl;
    }
}
int main()
{
    arme_feu a0(6);
    fusil_pompe a1(6);

    lanceur_grenade(a0);
    lanceur_grenade(a1);
}
```

Je ne suis pas un fusil a pompe
Je lance une grenade

Limites du dynamic_cast

Bonne programmation:

- Ne pas abuser du dynamic_cast
  - → Révèle une programmation inapropriée

```
x0*=dynamic_cast<X0*>(x);
if(x0!=nullptr){...}

x1*=dynamic_cast<X1*>(x);
if(x1!=nullptr){...}
```

<=>
C

```
switch(type)
{
case 1:
...
case 2:
...
};
```

Préférez: polymorphisme + généricité

VTable

- Le polymorphisme nécessite une table de correspondance pointeur <-> type d'origine

vtable (virtual table)

- Erreurs compilation liés vtable
  = Erreurs liés à l'utilisation de virtual

- Rem. Pour utiliser le dynamic_cast, il faut au moins une fonction virtuelle

Classe virtuelle pure

Il est courant de ne pas pouvoir compléter les fonctions des classes parents

```
class courbe_fermee
{
public:
    virtual float aire() const {return 0.0f;} //??? pourquoi
};

class cercle : public courbe_fermee
{
    float R;
public:
    cercle(float R_arg):R(R_arg){}
    float aire() const {return M_PI*R*R;}
};
class carre : public courbe_fermee
{
    float L;
public:
    carre(float L_arg):L(L_arg){}
    float aire() const {return L*L;}
};
```

courbe_fermee est une "vue d'esprit" on ne va jamais l'utiliser en tant que telle.

Classe virtuelle pure

```
class courbe_fermee
{
public:
    virtual float aire() const=0;
};
```

On ne complète pas aire()
Sera uniquement appelée à partir des fils

Existence temporaire sous forme de pointeur

```
int main()
{
    cercle p0(2.0f);
    carre p1(1.5f);

    std::list<courbe_fermee*> elements={&p0,&p1};
    for(const courbe_fermee* p : elements)
        std::cout<<p->aire()<<std::endl;
}
```

- Obligation de compléter aire() dans la hierarchie pour instancier un fils

Classe virtuelle pure

Il est courant de ne pas pouvoir compléter les fonctions des classes parents

```
class courbe_fermee
{
public:
    virtual float aire() const {return 0.0f;} //??? pourquoi
};

class cercle : public courbe_fermee
{
    float R;
public:
    cercle(float R_arg):R(R_arg){}
    float aire() const {return M_PI*R*R;}
};
class carre : public courbe_fermee
{
    float L;
public:
    carre(float L_arg):L(L_arg){}
    float aire() const {return L*L;}
};
```

Existence temporaire sous forme de pointeur

```
int main()
{
    cercle p0(2.0f);
    carre p1(1.5f);

    std::list<courbe_fermee*> elements={&p0,&p1};
    for(const courbe_fermee* p : elements)
        std::cout<<p->aire()<<std::endl;
}
```

Classe virtuelle pure

- Il est impossible d'instancier une classe virtuelle pure
  - Exitence uniquement sous forme de pointeurs/références

```
cercle c(2.0f);

courbe_fermee c0;   erreur compilation
courbe_fermee* c1=&c;   OK
courbe_fermee const*      c2=&c;OK
courbe_fermee& c3=c;OK
courbe_fermee const&      c4=c;OK
```

Polymorphisme et destructeurs

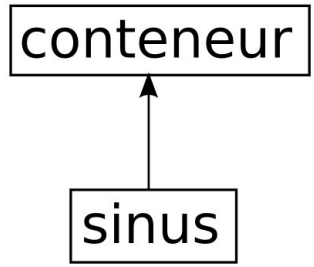
- Si la classe parent contient de la mémoire dynamique:

  Il faut appeler le destructeur de la classe parent
  lors de la destruction de la classe fille

  ↳ classe virtuelle => destructeur virtuel

```
int main()
{
    sinus* s=new sinus;

    conteneur *c=s;
    delete c;
}
```

suppression doit prendre
en compte les spécifités de sinus



Polymorphisme et destructeurs

```
class conteneur
{
protected:
    float *data;
public:

    conteneur():data(nullptr){}
    ~conteneur()
    {
        std::cout<<"destructeur conteneur"<<std::endl;
    }

    virtual void genere(int N) {}
};
```

```
class sinus : public conteneur
{
public:
    sinus():conteneur(){}
    ~sinus()
    {
        if(data!=nullptr)
        {
            delete []data;
            data=nullptr;
        }
        std::cout<<"destructeur sinus"<<std::endl;
    }
    void genere(int N)
    {
        data=new float[N];
        for(int k=0;k<N;++k)
            data[k]=std::sin(k/N);
    }
};
```

```
int main()
{
    sinus* s=new sinus;

    conteneur *c=s;
    delete c;
}
```

destructeur conteneur

→ Fuite mémoire
ne détruit pas les
données de sinus

Polymorphisme et destructeurs

```
class conteneur
{
protected:
    float *data;
public:

    conteneur():data(nullptr){}
    virtual ~conteneur()
    {
        std::cout<<"destructeur conteneur"<<std::endl;
    }

    virtual void genere(int N) {}
};
```

```
int main()
{
    sinus* s=new sinus;

    conteneur *c=s;
    delete c;
}
```

```
class sinus : public conteneur
{
public:
    sinus():conteneur(){}
    ~sinus()
    {
        if(data!=nullptr)
        {
            delete []data;
            data=nullptr;
        }
        std::cout<<"destructeur sinus"<<std::endl;
    }
    void genere(int N)
    {
        data=new float[N];
        for(int k=0;k<N;++k)
            data[k]=std::sin(k/N);
    }
};
```

destructeur sinus
destructeur conteneur

↳ Toute la mémoire est bien libérée