

# C++

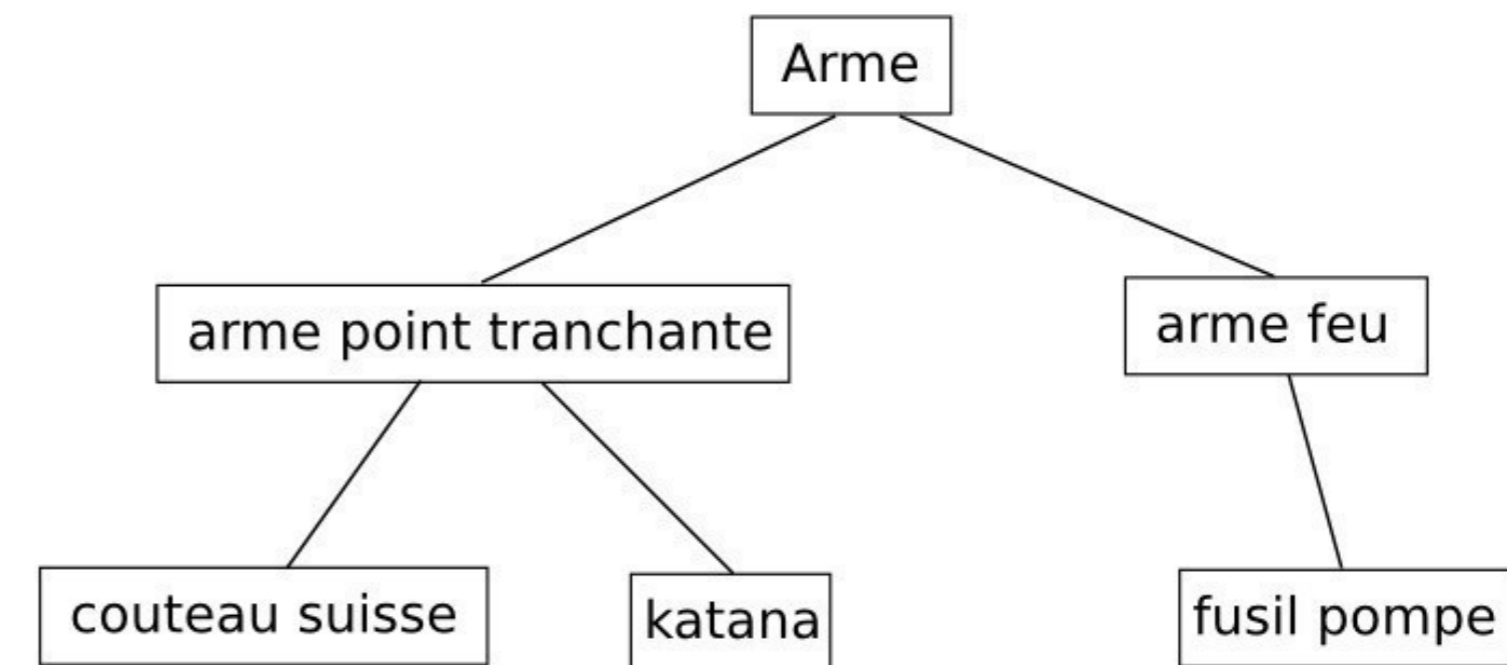
## Programmation Objet: Heritage, polymorphisme

`virtual void fonction() = 0;`

`dynamic_cast<T>();`

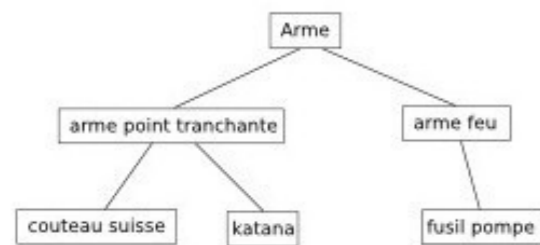
000

## Héritage



001

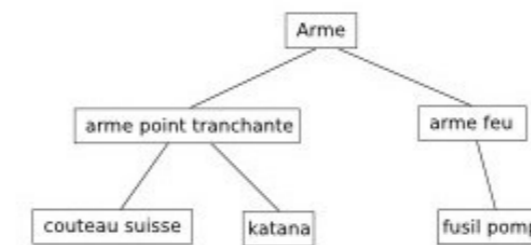
## Héritage



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

002

## 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;
};

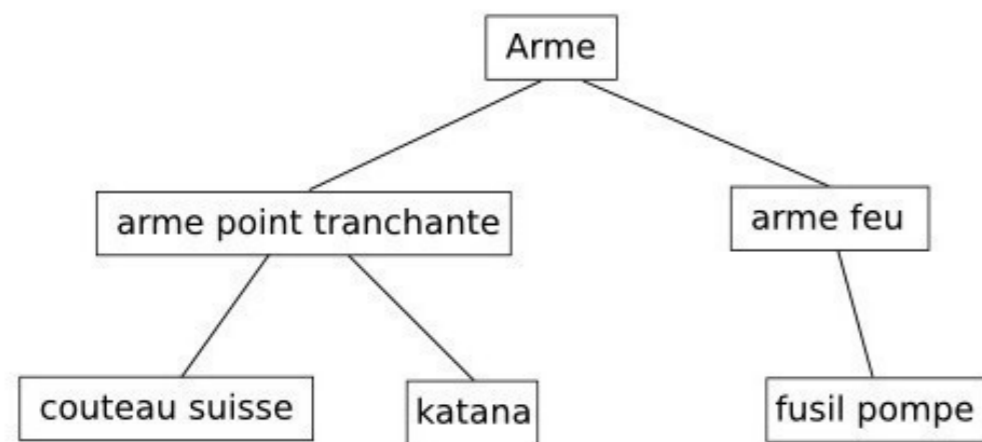
class couteau_suisse : public arme_point_tranchante
{
public:
private:
    int nombre_ustensil;
};
```

```
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;
};
```

003

## Intérêt Héritage



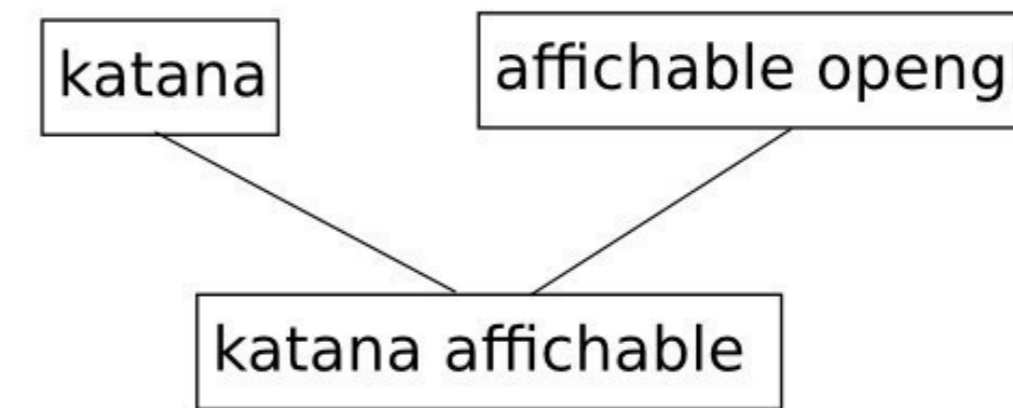
- Evite la réécriture de code

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

- Structure les objets entre eux

004

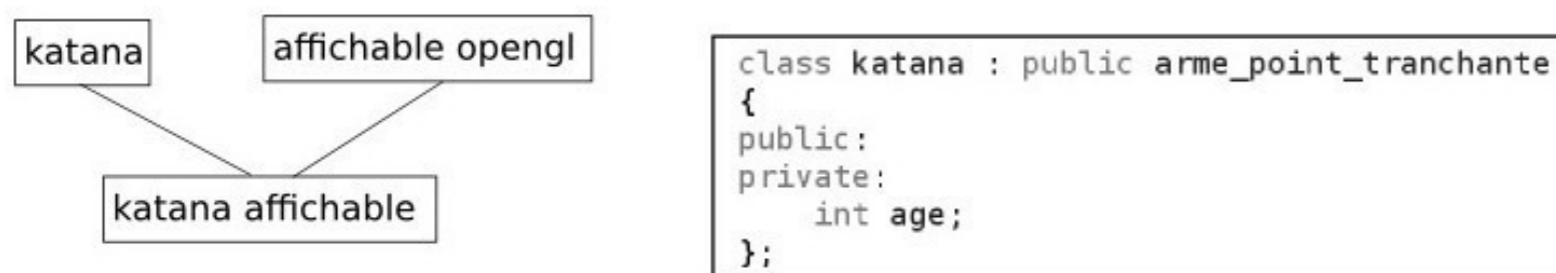
## Héritage multiple



Héritage multiple non limité en C++

005

## Héritage multiple



```
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
{
};
```

006

## 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

↳ agrégation

(A contient B)

007

# Limite de l'héritage

## Exemple d'heritage incorrect

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

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

Ici: guerrier.nom retourne le nom du katana

**A ne pas faire**

## Version correcte

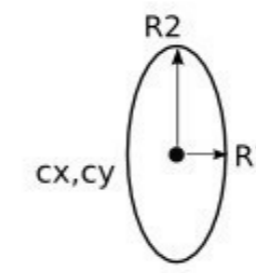
```
class guerrier
{
    katana arme; // Relation d'agrégation
public:
    float points_attaque() const
    {
        return 2.0f*arme.longueur_lame;
    }
};
```

un guerrier **possède** un katana

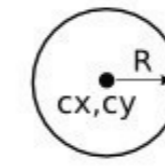
008

# 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;
};
```



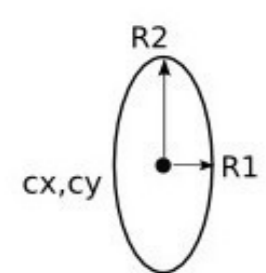
```
struct cercle
{
    cercle(float R_arg, float cx_arg, float cy_arg)
        :R(R_arg), cx(cx_arg), cy(cy_arg)
    {}
    float R;
    float cx, cy;
};
```

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

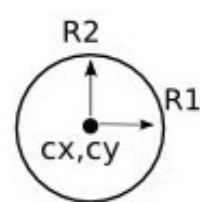
009

# Limite de l'héritage

## Exemple relation cercle/ellipse



Hérite de



```
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
};
```

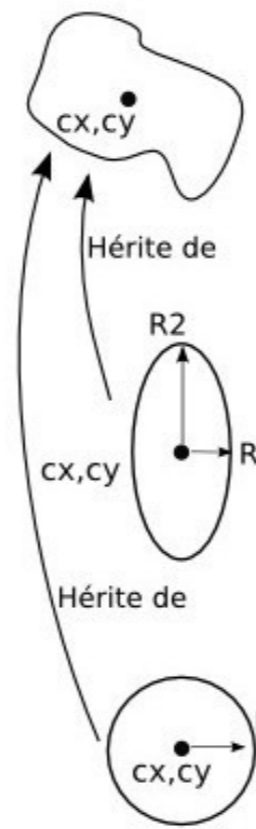
Danger d'intégrité  
cercle avec R1!=R2 possible

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

010

# 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;
};
```

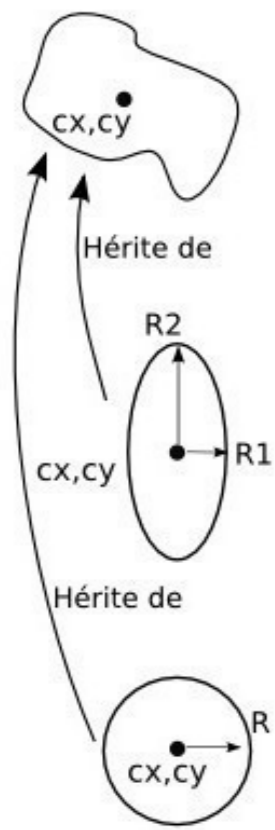
```
struct cercle : public courbe_fermee
{
    cercle(float R, float cx_arg, float cy_arg)
        :courbe_fermee(cx_arg, cy_arg), R(R_arg){}
    float R;
};
```

Cercle et Ellipse sont ici cousins  
+ Concaténation du code pour le centre.  
+ Respect de la structure interne de l'ellipse et du cercle

011

## 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)

012

## 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)

013

## Conversion 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

014

## Conversion 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;}
};
```

```
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

015

## Conversion 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* (pointing to `v.push_back(a1);`)

*une seule munition* (pointing to `v[k].tire();`)

016

## 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* (pointing to `virtual void tire()`)

017

## 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* (pointing to `a.tire();`)

*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*

018

## 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* (pointing to `arme_feu a`)

**Polymorphisme perdu**

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

019

# 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);           J'ai 6 munitions
    fusil_pompe a1(6);      Il me reste 4 munitions

    test_arme(&a0);         J'ai 6 munitions
    test_arme(&a1);         Il me reste 2 munitions
}
```

020

# 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

021

# 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 fonction(Parent const& x);
void fonction(Parent& x);
```

022

# 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
}
```

023

# Polymorphisme, limitation

Polymorphisme = modification dynamique pendant l'exécution (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 ralentit pas l'exécution
- Ralenti l'exécution	+/- S'applique à toute classes + Vraie généricité - Pas de structuration
Fonctions génériques Conteneurs adaptatifs (adaptation dynamique)	- Ralenti la compilation 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--;}
};

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);
}
    
```

Convertis arme\* en fusil\_pompe\* si la classe d'origine est un fusil\_pompe.

Renvoi nullptr sinon.

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, int arg) : munition(munition), arg(arg) {}
    virtual void tire() { munition--; }
};

struct fusil_pompe : public arme_feu
{
    int grenade;
    fusil_pompe(int munition, int arg) : arme_feu(munition, arg), grenade(3) {}
    void tire() { munition--;}
    void lance_grenade() { grenade--;}
};

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);
}
    
```

Utilisation des exceptions

*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 inappropriée

<pre> x0*=dynamic_cast&lt;X0*&gt;(x); if(x0!=nullptr){...}  x1*=dynamic_cast&lt;X1*&gt;(x); if(x1!=nullptr){...}                 </pre>	<=> C	<pre> switch(type) { case 1: ... case 2: ... };                 </pre>
---	----------	--

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

032

## 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;
}
```

033

## Classe virtuelle pure

- Il est impossible d'instancier une classe virtuelle pure

↳ Existence 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
```

034

## Polymorphisme et destructeurs

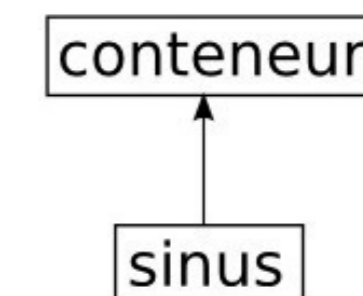
- Si la classe parent contient de la mémoire dynamique:

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 spécificités de sinus

035

# 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) {}
};

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 sinus*  
*destructeur conteneur*

↳ Toute la mémoire  
est bien libérée