



# Objets avancés

## HLIN 603

Marianne Huchard, Christophe Dony,  
Julien Pagès, Djamel Seriai

22 janvier 2015



## Présentation du module

### *Objectifs*

- Eclairage sur les objets et C++
- Les nouveautés de C++ 2011 (découverte en TP)



## Brève histoire de C++

- B. Stroustrup s'inspirant de Simula 67 ...
- C car efficace et très répandu
- *C with classes* (1979)
- C++ (1983)
- normalisation ANSI/ISO en 1998
- évolution de la norme : C++ 2011, C++ 2014



# Classes

- Réifier les concepts
  - d'un domaine (*CompteBancaire*)
  - techniques (*Liste*, *Fenêtre*)
- Classe
  - structure : attributs
  - comportement : opérations



## Exemple : Vers et Strophes

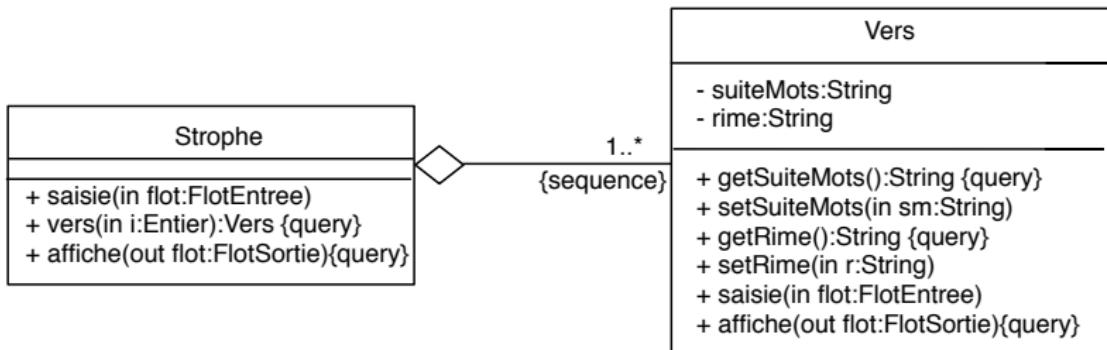


Figure : Eléments de la représentation des strophes



## Exemple : Vers et Strophes

- query : l'opération ne modifie pas l'objet receveur du message,
- association de type agrégation (losange évidé) : *se compose de*. L'agrégation autorise le partage, c'est-à-dire qu'un vers peut apparaître dans plusieurs strophes,
- multiplicité 1..\* contre la classe Vers : une strophe se compose d'(au moins) un ou plusieurs vers,
- {sequence} : les vers sont ordonnés ; un même vers peut figurer plusieurs fois dans la même strophe,
- protection (visibilité) : attributs privés (symbole -), opérations publiques (symbole +).



## Description de la classe en deux parties

- L'interface (fichier *header*, muni d'une extension .h)
- L'implémentation (fichier d'extension .cc ou .cpp)



## L'interface (fichier .h)

Contenu :

- attributs
- déclarations (signatures ou entêtes) des méthodes
- déclaration de fonctions associées à la classe (souvent des opérateurs)

Macros classiques dans l'entête :

- `#define vers_h` : définition de la variable
- `#ifndef vers_h ... #endif` : encadre le texte du programme pour éviter une double analyse



## L'interface de la classe Vers (fichier Vers.h)

```
#ifndef vers_h
#define vers_h
class Vers{
private:
    string suiteMots;      // suiteMots, attribut de type string
    string rime;            // rime, attribut de type string
public:
    Vers(); Vers(string s); Vers(string s, string r); virtual ~Vers();
    virtual string getSuiteMots()const;
    virtual void setSuiteMots(string sm);
    virtual string getRime()const;
    virtual void setRime(string r);
    virtual void saisie(istream& is);
    virtual void affiche(ostream& os)const;
};
#endif
```



## Rappel - utilisation de pointeurs

Dans la Strophe, on désire déclarer une suite de vers.

Vers\* pv

= pv adresse d'un emplacement mémoire contenant une instance de vers

= \*pv est une instance de vers, avec \* opérateur de déréférencement

= tableau de vers d'une taille qui n'est pas encore connue et qui sera alloué dynamiquement

Vers\*\* pv

= tableau (ou pointeur) de pointeurs vers des instances de vers  
= l'agrégation spécifiée en UML qui indique qu'une strophe se compose de vers



## L'interface de la classe Strophe

```
#ifndef Strophe_h
#define Strophe_h
class Strophe
{
private:
    Vers ** suiteVers;
        // suiteVers, attribut de type tableau de pointeurs vers des Vers
        // implémente l'agrégation "une strophe se compose de vers"
    int nbVers;
public:
    Strophe();
    virtual ~Strophe();
    virtual void saisie(istream& is);
    virtual Vers* vers(int i)const;
    virtual void affiche(ostream& os)const;
};
#endif
```



## L'implémentation d'une classe (fichier .cc)

Contenu :

- corps des méthodes
- définition de certains attributs (attributs de classes, static)
- définition de fonctions associées à la classe (souvent des opérateurs)

Entête classique :

- inclusion de fichiers de déclaration de la librairie standard  
`#include<string>`
- directive pour simplifier le nommage  
`using namespace std;`
- inclusion de fichiers utilisateur  
`#include"Vers.h"`



## L'implémentation de la classe Vers (fichier Vers.cc)

```
#include<iostream>
#include<string>
using namespace std;
#include"Vers.h"

Vers::Vers(){}
Vers::Vers(string sm){suiteMots=sm;}
Vers::Vers(string sm, string r){suiteMots=sm;rime=r;}
Vers::~Vers(){}

.....
```



## L'implémentation de la classe Vers (fichier Vers.cc)

```
#include<iostream>
#include<string>
using namespace std;
#include"Vers.h"

.....



string Vers::getSuiteMots()const
{return suiteMots;}
void Vers::setSuiteMots(string sm)
{suiteMots=sm;}
string Vers::getRime()const
{return rime;}
void Vers::setRime(string r)
{rime=r;}
```

.....



## L'implémentation de la classe Vers (fichier Vers.cc)

```
#include<iostream>
#include<string>
using namespace std;
#include"Vers.h"

.....
void Vers::saisie(istream& is)
{cout <<"vers puis rime" <<endl;is>>suiteMots>>rime;}

void Vers::affiche(ostream& os) const
{os<<"<<<<	suiteMots<<>>" ;}
```



## L'implémentation de la classe Strophe (fichier Strophe.cc)

```
#include<iostream>
#include<string>
using namespace std;
#include"Vers.h"
#include"Strophe.h"

Strophe::Strophe(){suiteVers=NULL; nbVers=0;}
Strophe::~Strophe(){if (suiteVers) delete[] suiteVers;}
                    // on ne détruit que le tableau, pas les vers.

Vers* Strophe::vers(int i)const
{if (i>=0 && i<nbVers) return suiteVers[i]; else return NULL;}

.....
```

Figure : Strophe.cc



## L'implémentation de la classe Strophe (fichier Strophe.cc)

```
.....
#include "Vers.h"
#include "Strophe.h"
.....
void Strophe::saisie(istream& is){
    if (suiteVers) delete[] suiteVers;
    cout << "Entrer le nombre de vers : " << endl;
    is>>nbVers; suiteVers = new Vers*[nbVers];
    for (int i=0; i<nbVers; i++)
        {Vers *v=new Vers(); v->saisie(is); suiteVers[i]=v;}
}
void Strophe::affiche(ostream& os) const{
    for (int i=0; i<nbVers; i++)
        {suiteVers[i]->affiche(os); os << endl;}
}
```

Figure : Strophe.cc



## Encapsulation - Objectifs principaux :

- cacher les détails d'implémentation (pour pouvoir en changer sans influer sur les utilisateurs de la classe)
- pour contrôler les accès à l'état (attributs) des objets et le garder cohérent

## En C++ une première approximation :

- `public`: accès depuis n'importe quelle autre partie du code
- `private`: accès depuis des parties de code de la même classe
- `protected`: voir le cours sur l'héritage

## *classes versus struct*

- dans les `class` tout est privé par défaut
- dans les `struct` tout est public par défaut



## Visibilité dans Strophe.h

```
class Strophe
{
private:
    Vers ** suiteVers;
    // suiteVers pourrait être implémentée autrement
    // on contrôle l'accès par les méthodes
    int nbVers;
    // on pourrait faire des méthodes d'accès en lecture
    // mais surtout pas de modification
public:
    .....
    virtual void saisie(istream& is);
    virtual Vers* vers(int i)const;
    virtual void affiche(ostream& os)const;
};
```

Figure : Strophe.h



## Création des objets

- créer un objet = instancier une classe
- demande de gérer la mémoire (pas de ramasse-miettes comme en Java)
  - avantageux pour les logiciels où la maîtrise de la gestion mémoire est nécessaire (embarqué, scientifique, temps réel, soit très coûteux en espace, soit dans des contextes où on a peu de mémoire)
  - désavantageux pour les logiciels complexes et en constante évolution, où le programmeur doit être déchargé des problèmes de bas niveau



## Création des objets

Trois modes d'allocation :

- statique
- automatique
- dynamique



## L'allocation statique

- L'objet est créé lorsque le flot de contrôle atteint l'instruction de création et pour toute la durée du programme.
- exemple : attributs static.



## L'allocation automatique

- l'objet est créé localement dans un bloc
  - déclaration de classe
  - méthode (variable locale, paramètre)
- durée de vie : depuis l'instruction de création jusqu'à la fin du bloc

```
{ // début du bloc
    .
    .
    Vers v; // v est une variable de type Vers -- création de v
    Strophe s; // s est une variable de type Strophe -- création de s
    .
    .
} // fin du bloc
```

Figure : Exemple d'allocation automatique (dans la pile)



## L'allocation dynamique

- L'objet est référencé par un pointeur
- créé grâce à l'opérateur `new`
- détruit par l'usage de l'opérateur `delete`

```
Vers *pv=new Vers(); // variable pointeur sur Vers
Strophe *ps = new Strophe(); // variable de type pointeur sur Strophe
.
.
.
delete pv; // destruction de pv
delete ps; // destruction de ps
```

Figure : Allocation dynamique (dans le tas)



## L'allocation dynamique

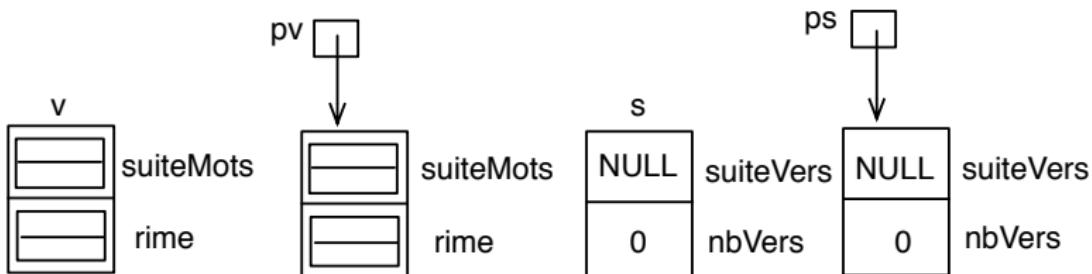


Figure : Structure en mémoire après création des vers et strophes



## Opérations en C++

- fonctions
- méthodes de classes avec liaison statique
- méthodes d'instance avec liaison statique
- méthodes d'instance avec liaison dynamique (base du polymorphisme), introduites par `virtual`, **à utiliser dans le cadre de la programmation par objets**
- méthodes spéciales : constructeurs, destructeurs

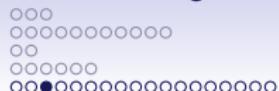


## Passage de paramètres et valeur retournée

Une seule sémantique = celle de l'**initialisation**

Lorsque la fonction ou la méthode est appelée, un emplacement est réservé pour chacun des paramètres formels (ceux de la signature) et chaque paramètre formel est initialisé avec le paramètre réel (celui de l'expression d'appel) correspondant

Même mécanisme pour la valeur retournée



## Trois formes d'initialisation

```
void f(int fi, int* fpi, int &fri){  
    fi++; // incrémente fi, copie locale du premier paramètre réel  
    (*fpi)++; // incrémente le contenu de la zone pointée  
                //par le deuxième paramètre réel  
    fri++; // incrémente le troisième paramètre réel  
}  
  
main(){  
    int i = 4;  
    int *pi = new int;  
    *pi = 4;  
    int j=4;  
    cout << "i=" << i << "  *pi=" << *pi << "  j=" << j << endl;  
    // i=4  *pi=4  j=4  
    f(i, pi, j);  
    cout << "i=" << i << "  *pi=" << *pi << "  j=" << j << endl;  
    // i=4  *pi=5  j=5  
}
```

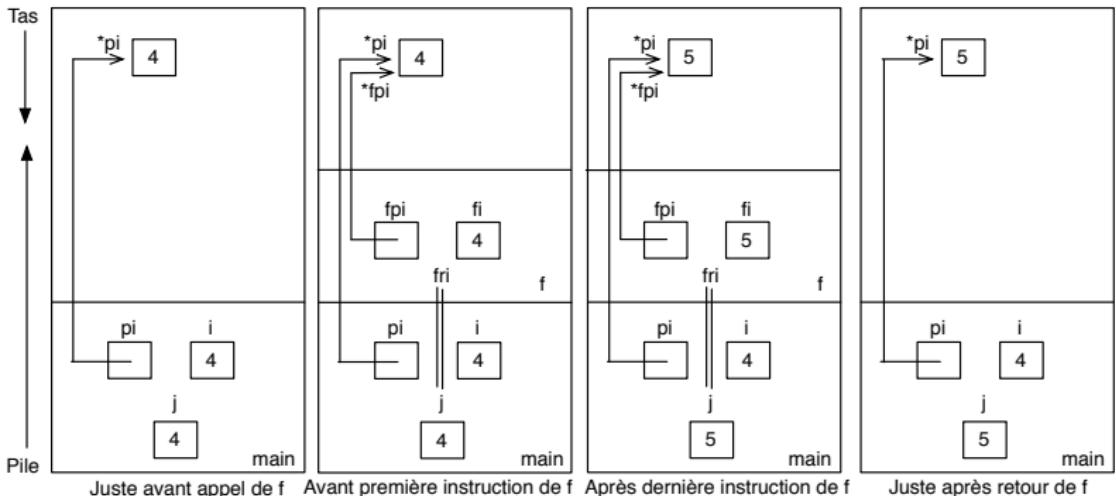


## Trois formes d'initialisation

- passage *par valeur* lors de l'appel `f(i, pi, j)`, la valeur de `i` est copiée dans `fi`, puis `fi` est incrémenté, ce qui est sans effet sur `i`
- passage *par adresse* lors de ce même appel, la valeur de `pi` (qui est l'adresse d'une zone de type entier) est copiée dans `fpi`, puis la valeur pointée par `fpi` est incrémentée, et cette valeur est toujours pointée par `pi` donc apparaît bien modifiée lorsqu'on termine `f`
- passage *par référence* après l'initialisation d'une référence telle que `fri` par une variable telle que `j`, il faut comprendre que `fri` est un alias pour `j`, quand on incrémente `fri` on incrémentera donc `j` puisque c'est la même entité avec deux noms différents.



## Trois formes d'initialisation



**Figure :** Evolution de la mémoire lors des passages de paramètres et retour



## L'utilisation de const

L'objet est passé en paramètre sans copie mais reste constant pendant l'exécution.

- la méthode peut être utilisée sur des constantes  
(ex. `const Vers v= ...`)
- le compilateur vérifie l'absence de modifications

Le mode de passage dit *par référence constante* sera le plus utilisé dans le cadre de l'approche par objets en C++ :

```
.....
bool Vers::compareAvec(const Vers& autreVers)
{.....}
.....
```



## L'utilisation de const

L'objet receveur du message (l'objet sur lequel on applique la méthode) reste constant pendant l'exécution (traduction du query d'UML).

- la méthode peut être utilisée sur des constantes (ex. const  
    Vers v= ...)
- le compilateur vérifie l'absence de modifications

```
// Vers.cc
// -----
#include "Vers.h"

.....
string Vers::getRime() const
{return rime;}
.....
```



## Moi (l'objet receveur)

- Pseudo-variable `this` = désigne l'objet auquel on a envoyé un message pendant l'exécution de la méthode correspondante
- En C++ `this` est un pointeur constant sur l'objet, ex. dans la classe `Vers`, de type `Vers* const`
- Il est sous-entendu pour l'accès aux propriétés (attributs et méthodes) de l'objet.

Par exemple, la méthode `getSuiteMots()` peut se réécrire comme suit :

```
string Vers::getSuiteMots()const  
{return this->suiteMots;} // équivaut à return (*this).suiteMots;
```

Pendant l'exécution de `getSuiteMots()`, `this` est de type statique `const Vers* const` (pointeur constant vers un vers constant).



## Constructeur

Méthodes spéciales, appelées automatiquement lors de la création d'un objet

- même nom que la classe
- jamais virtuelles
- acquisition de ressource (mémoire, ouverture fichier, connexion, etc.)
- initialisation des attributs (jamais automatique)
- constructeur vide et sans paramètre : créé par défaut s'il n'y en a aucun autre

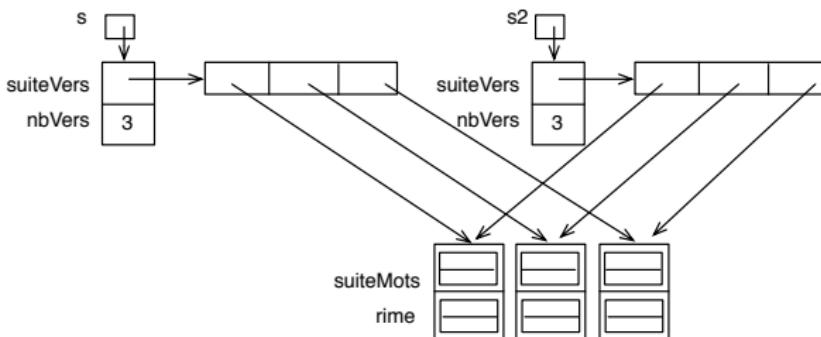
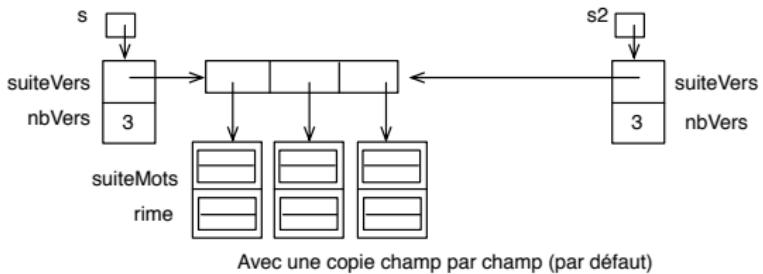


## Constructeur par copie

Appelé lors de la copie (ex. passage d'un paramètre par valeur)

- par défaut, copie superficielle : copie champ par champ (avec la sémantique de la copie liée au champ)
- selon les besoins, copie plus ou moins profonde : par exemple pour ne pas partager des ressources mémoire

Exemple : on décide que lors d'une copie, deux strophes ne partagent pas le même tableau de vers, mais les vers restent partagés, ce qui correspond à la sémantique de l'agrégation en UML.



Avec une copie plus profonde (constructeur par copie défini dans le cours)



## Petit programme avec des copies de Strophes

```
#include<iostream>
#include<string>
using namespace std;
#include"Vers.h"
#include"Strophe.h"

Strophe *s = new Strophe();
s->saisie(cin);
s->affiche(cout);

Strophe *s2 = new Strophe(*s);
s2->saisie(cin);
s2->affiche(cout);
s->affiche(cout);
```



## Constructeur par copie

Copie superficielle pour Strophe (ce qui se passe si on ne fait rien)

```
Strophe::Strophe(const Strophe& autreStrophe)
{
    suiteVers=autreStrophe.suiteVers;
    // *this et autreStrophe partagent alors le meme tableau
    nbVers=autreStrophe.nbVers;
}
```

Copie profonde pour Strophe (à écrire pour changer les choses)

```
Strophe::Strophe(const Strophe& autreStrophe)
{
    nbVers=autreStrophe.nbVers;
    suiteVers=new Vers*[nbVers];
    for (int i=0; i<nbVers; i++)
        suiteVers[i]=autreStrophe.suiteVers[i];
}
```



## Destructeur

- unique
- même nom que la classe derrière le préfixe composé du caractère ~
- restitution des ressources acquises par l'objet (mémoire, fichier, connexion, etc.)
- restitution de l'espace mémoire conformément à la sémantique donnée au partage

exemple : dans le cas des strophes, on ne détruit que le tableau, pas les vers conformément à la sémantique de l'agrégation en UML, et de manière cohérente avec le fait que deux strophes peuvent partager les mêmes vers.

```
Strophe::~Strophe(){if (suiteVers) delete[] suiteVers;}
```



## Accesseurs

- Importance pour le contrôle de l'état (attributs)
- attributs privés, accesseurs publics mais pas pour tous les attributs !  
Exemple : pas d'accès en écriture au nombre de vers d'une strophe
- accesseur en écriture : en profiter pour effectuer des contrôles sur les valeurs



## Accesseurs typiques pour la classe Vers (fichier Vers.cc)

```
.....  
string Vers::getSuiteMots() const  
{return suiteMots;}  
void Vers::setSuiteMots(string sm)  
{suiteMots=sm;}  
string Vers::getRime() const  
{return rime;}  
void Vers::setRime(string r)  
{rime=r;}  
.....
```



## Initialisation en C++ 2011

### Valeurs par défaut des attributs

```
class Client {  
private:  
    string nom = "inconnu"; int nbComptes = 0;  
}
```

### Délégation d'un constructeur à un autre

```
class Client {  
public:  
    Client(int nbC) {this->nbComptes = nbC;}  
    Client(string n, int nbC) : Client(nbC) {this->nom = n;}  
}
```

### Initialisation des attributs lors de la création de l'objet (ici appel du constructeur)

```
Client nouveauClient {"jacques", 3};  
nouveauClient = {"jules", 2};
```



## Pointeurs en C++ 2011

- Pointeur null : `nullptr`
- Type `nullptr_t`
- Ne peut plus être comparé à 0

```
// initialisation propre possible en déclarant les attributs
Vers ** suiteVers = nullptr;
int nbVers = 0;

// code utilisant la valeur nulle de pointeur dans la constructeur
Strophe::Strophe(){suiteVers=nullptr; nbVers=0;}

// code du destructeur n'utilisant plus le fait que 0 et false
// sont convertis l'un en l'autre automatiquement
Strophe::~Strophe(){if (suiteVers!=nullptr) delete[] suiteVers;}
```