Algorithmique et programmation par objets

Inf F3
Licence 2 MIASHS
Université Grenoble Alpes

Jerome.David@univ-grenoble-alpes.fr

2024-2025

http://miashs-www.u-ga.fr/~davidjer/inff3/

Organisation

- 13 séances de CM – jeudi de 10h15 à 11h45 (exception faite des deux première séances)
- 13 séances de TD et 13 séances de TP
  - 3 groupes : lundi matin et mardi après midi
  - TP commencent une semaine après cours et TD
- Evaluation
  - QCM : régulièrement au début des cours
    - Seuls les 6 ou 7 meilleures notes seront comptées
    - **Apporter un correcteur (blanco)**
  - TP : un TP noté à la fin
  - Exam : sur table, 2 heures

Cours 1 – Rappels et introduction

- Rappels
  - Notions de programme et langage de programmation
  - Les paradigmes de programmation
- Introduction des concepts de la programmation par objets
- Stratégies de gestion de la mémoire

Programme informatique

- Qu'est ce qu'un programme ?
  - « Un programme informatique est une séquence d'instructions qui spécifie étape par étape les opérations à effectuer pour obtenir un résultat » (wikipedia)
  - « Un programme est [...] un algorithme exprimé dans un langage de programmation » (wikipedia)

Langage de programmation

- Qu'est ce qu'un langage de programmation ?
  - Permet de décrire les structures des données manipulées et comment elles sont manipulées
  - C'est fait d'un alphabet, un vocabulaire, des règles de grammaire, et des significations
  - Chaque langage reflète un paradigme de programmation
    - Un style fondamental de programmation (wikipedia)
    - Une façon de construire la structure et les éléments des programmes (wikipedia)

Les paradigmes de programmation

- Impérative
  - Liste ordonnée (séquence) d'instructions permettant de modifier l'état de la mémoire
    - Pour trouver l'élément maximum d'un ensemble, je parcours cet ensemble (élément par élément) et je le compare à l'élément maximum depuis le début du parcours. Si cet élément est plus grand alors il devient le maximum.
- Déclarative
  - Exprime la logique du calcul sans utiliser de structure de contrôle
    - Elément maxi d'un ensemble : Max(S) = {x in S | forall y in S, x>y}
    - Fonctionnelle : basée sur l'évaluation de fonctions (sans effet de bord)
    - Logique : faits + règles de dérivation
- Orienté Objet : c'est ce que l'on va étudier
  - Objets ayant des comportements et interagissants entre eux
- JAVA est un langage orienté **objet impératif**

Programmation impérative

- Paradigme le plus proche du fonctionnement réel de la machine
- Principe : exécuter séquentiellement une suite d'instructions
  - Une séquence d'instructions est aussi appelée bloc d'instructions
- Les types principaux d'instructions :
  - **L'assignation**
    - Permet de changer l'état (la valeur) d'une variable, comme par exemple lui associer le résultat d'une opération en vue de l'utiliser plus tard
  - **Le branchement conditionnel**
    - Permet de réaliser un bloc d'instructions que si une condition donnée est satisfaite
  - **Le branchement inconditionnel**
    - Permet de d'exécuter un bloc d'instructions qui est à un autre endroit du programme
    - Sauts (goto) ou appels de procédures, fonctions, sous-programmes
  - **Les boucles**
    - Permet de répéter un bloc d'instructions un certain nombre de fois ou jusqu'à ce qu'une condition soit réalisée

Découpage en fonctions

- Consiste à découper un programme en plusieurs parties
  - Appelées fonctions, procédures, méthodes (en OO)
- Pourquoi ?
  - Pour faciliter la lecture et compréhension
  - Pour permettre de réutiliser le même bout de programme à plusieurs endroits (factorisation)

Phases de création d'un programme

(1) Analyse / conception

(2) Codage

(3) Transformation du code source

Compilation ou/et Interprétation

(4) Test / Validation

L'analyse & conception

- Permet de définir :
  - ce que va faire le programme (quel est le problème ?)
  - et comment il va le faire (comment résoudre le problème)
- Les éléments essentiels de l'analyse
  - Identifier les données d'entrée
    - Les données que le programme va traiter
  - Concevoir le méthode employée pour résoudre le problème
    - L'algorithme
  - Spécifier le résultat
    - Les données en sorties du programme

Le codage

- Le codage consiste à transformer l'algorithme spécifié lors de l'analyse en un programme
- On choisi un langage de programmation
  - En fonction...
    - de l'utilisation (web, application classique)
    - de l'architecture (PC, ARM, autre microcontrôleur)
    - des fonctionnalités incluses (fonctions stats, librairie web, etc)
    - de la nature du problème traité et de sa facilité à être exprimé par les différents paradigmes de programmation
      - déclarative, impérative, orientée objet, etc.

La transformation du code source

- Le code source n'est pas compris tel quel par la machine
  - Il est généralement écrit dans un langage de haut-niveau (conçu pour l'humain)
- Il faut le transformer en code machine
  - La compilation : le code source est « compilé » en un « exécutable » (C, C++, Java, etc.)
    - Un exécutable n'est pas forcément compris tel quel par une machine physique, il faut parfois utiliser une machine virtuelle (comme en Java par exemple)
  - L'interprétation : le code source est « compilé » au fur et à mesure pendant la phase d'exécution (Python, Perl, R, etc.)

Test et validation

- Etape essentielle du développement logiciel qui consiste à vérifier (expérimentalement) que le programme fait exactement ce que l'on attend
- Il existe différents type de tests
  - Tests unitaires : on teste chaque portion du programme
  - Test d'intégration: on teste les portions mises ensemble
  - Tests de validation fonctionnelle : on teste que le programme fait bien ce que l'on voulait qu'il fasse (i.e. qu'il réponde à la demande du client)

Objectifs du cours

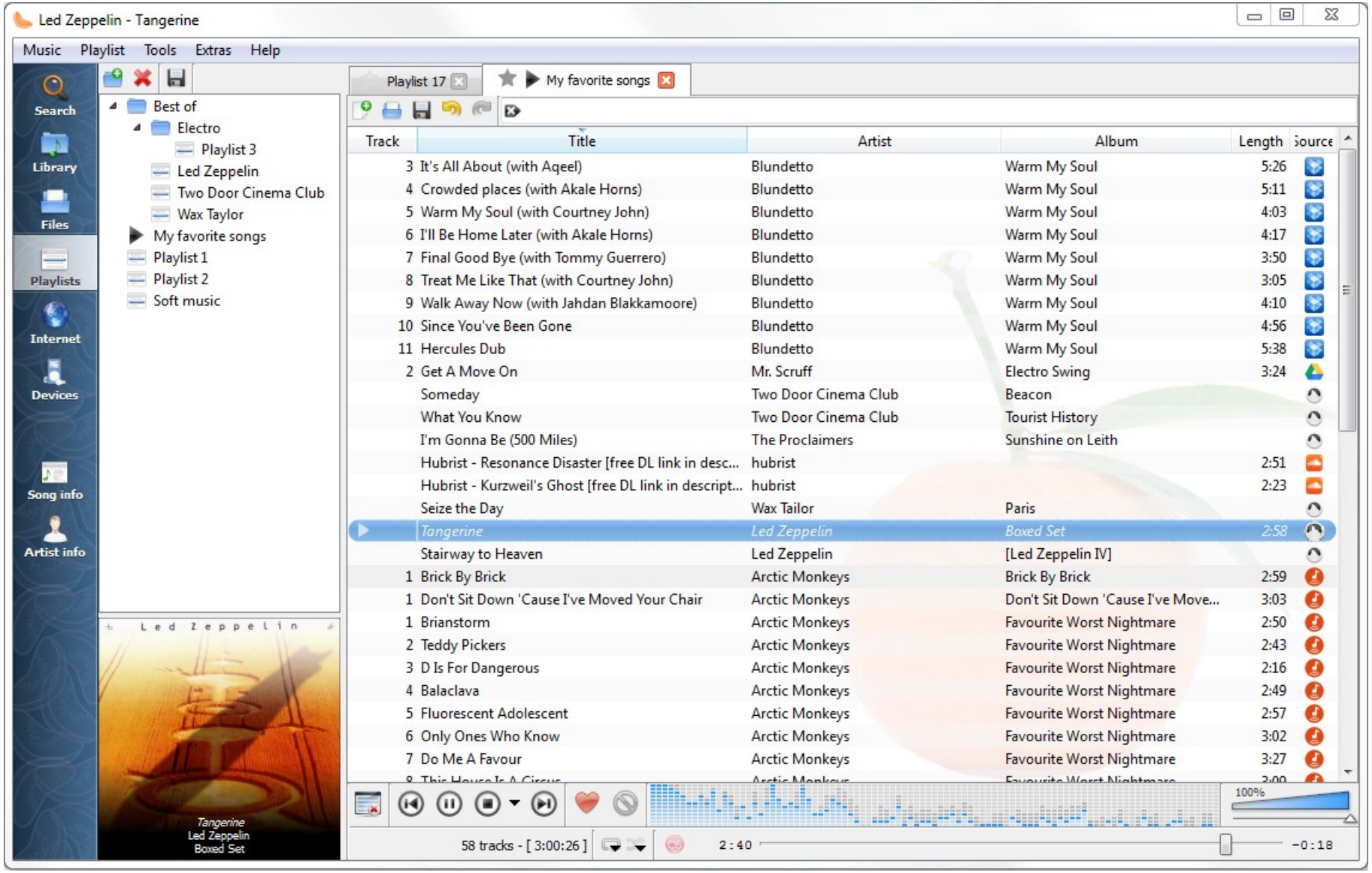
- Ce cours a comme objectifs :
  - La programmation par objets
    - Concepts de base : objets, classe, héritage
  - Les structures de données à accès direct-indicé
    - Tableaux
    - Chaîne de caractères
  - Algorithmique
    - Tri, recherche dans tableaux triés, etc.
  - Exceptions
  - Accès fichiers

Qu'est ce qu'un objet ?

- C'est une chose... une sorte de variable... une abstraction...
  - Qui a un état
    - ce sont ses caractéristiques (ses données)
  - Sur laquelle on peut effectuer des opérations
    - ce sont ses comportements

- La programmation objet consiste à résoudre son problème en représentant les composants du problème et sa solution par des objets

Question ? Quels sont les objets ?



Les principes de la pensée objet

- Toute chose est (devrait être) objet
  - Ce n’est pas toujours le cas comme avec Java
- Un programme est constitué d'un ensemble d'objets qui communiquent (se disent quoi faire) en s'envoyant des messages
- Chaque objet a son propre espace de mémoire composé d'autres objets
- Chaque objet est d'un type précis
- Tous les objets d'un type particulier peuvent recevoir le même message

Le concept de classe

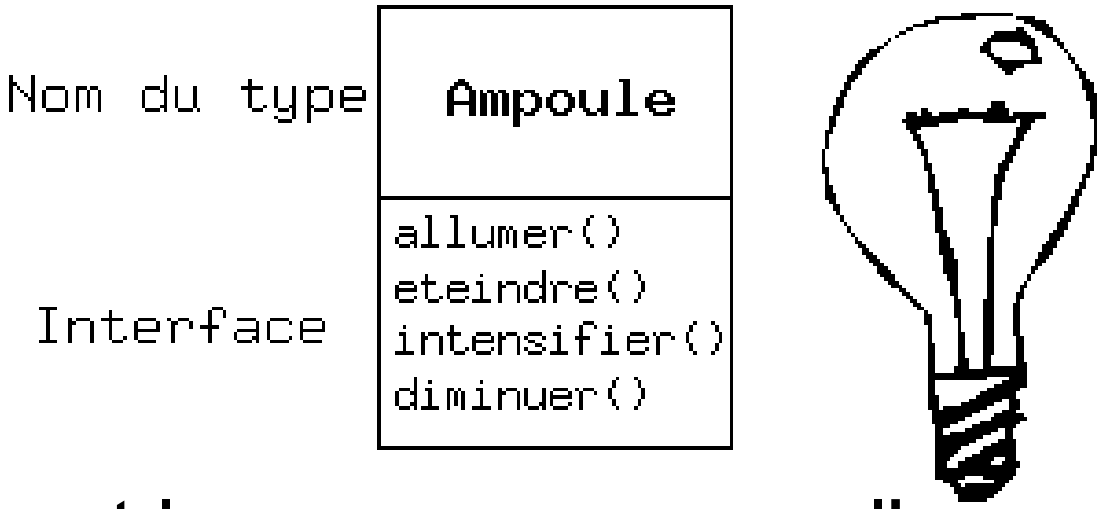
- Même si tout objet est unique, il appartient à une (ou plusieurs) classe(s) d'objets qui ont en commun
  - Des caractéristiques (du moins des types de...)
  - Des comportements
- Cette notion de CLASSE est FONDAMENTALE
- La programmation objet consiste à :
  - Créer des nouveaux types de données qu'on appelle des classes
  - Et à les utiliser : créer des objets d'un type (d'une classe) donné puis leur envoyer des messages, etc.

L'interface d'un objet

- Une fois une classe définie, on peut
  - créer autant d'objet de cette classe que l'on veut
    - On parle alors de créer des **instances** d'une classe, ou d'instancier une classe
  - les manipuler, c.-à-d. leur envoyer des messages
    - On parle alors d'appeler des méthodes de l'objet
- Chaque objet ne peut être manipulé que via son interface
  - Ce sont l'ensemble des messages que l'on peut envoyer à un objet
  - C'est la classe (son type) qui détermine son interface

Exemple

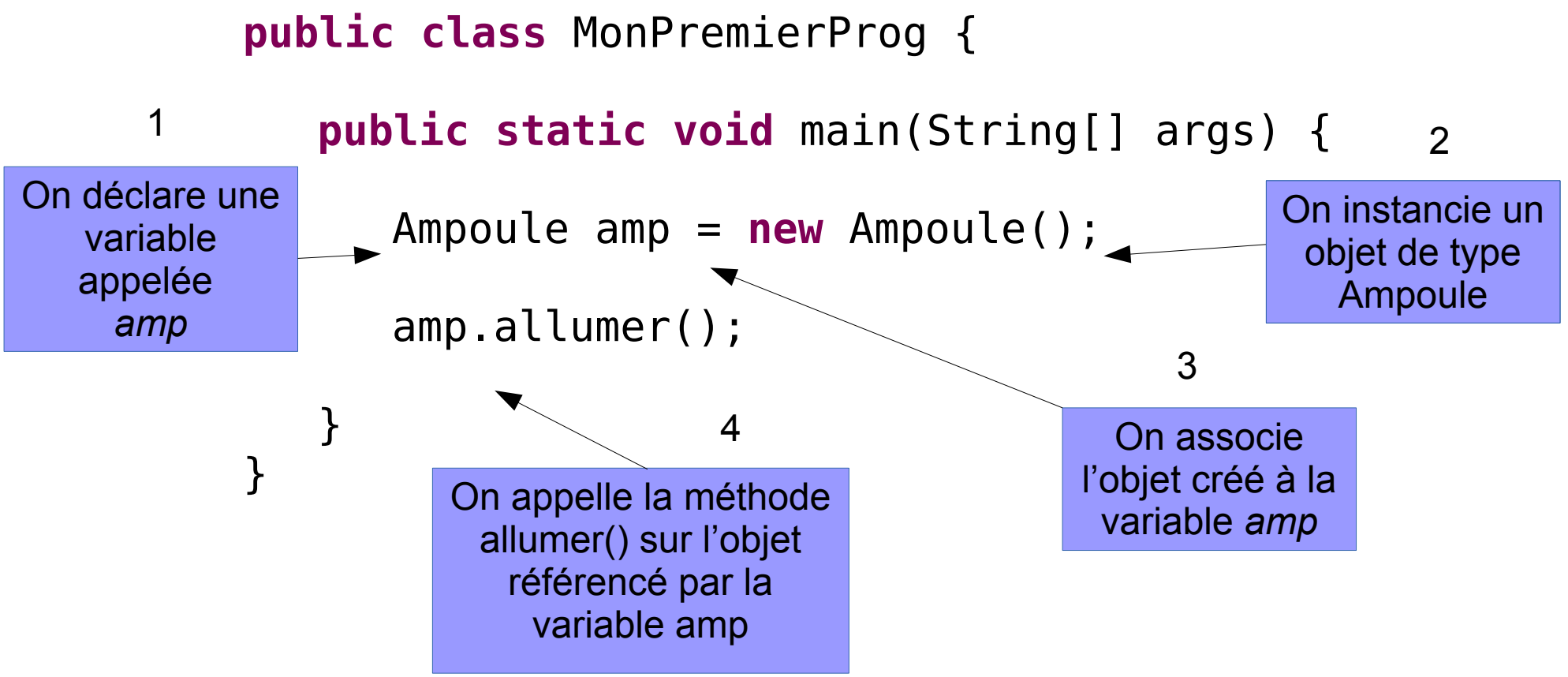
- Voici l'interface d'une ampoule électrique



- Ce sont les messages que l'on peut envoyer sur notre ampoule
  - La façon dont les messages sont traités (leur code) ainsi que les données cachées c'est ce qu'on appelle l'**implémentation**

Exemple (suite)

- Comment faire en JAVA ?



L'encapsulation (vers la visibibilité)

- L'utilisateur d'une classe n'a a priori pas besoin
  - de savoir comment est faite l'implémentation
  - d'accéder ou de modifier certaines données d'un objet

    Il ne peut accéder seulement à l'interface de l'objet
- Pour cela, il existe des « contrôles d'accès » sur les classes
  - Cela permet de réduire les bugs
  - Cela facilite la tâche du programmeur utilisateur
  - Cela permet de changer l'implémentation plus facilement

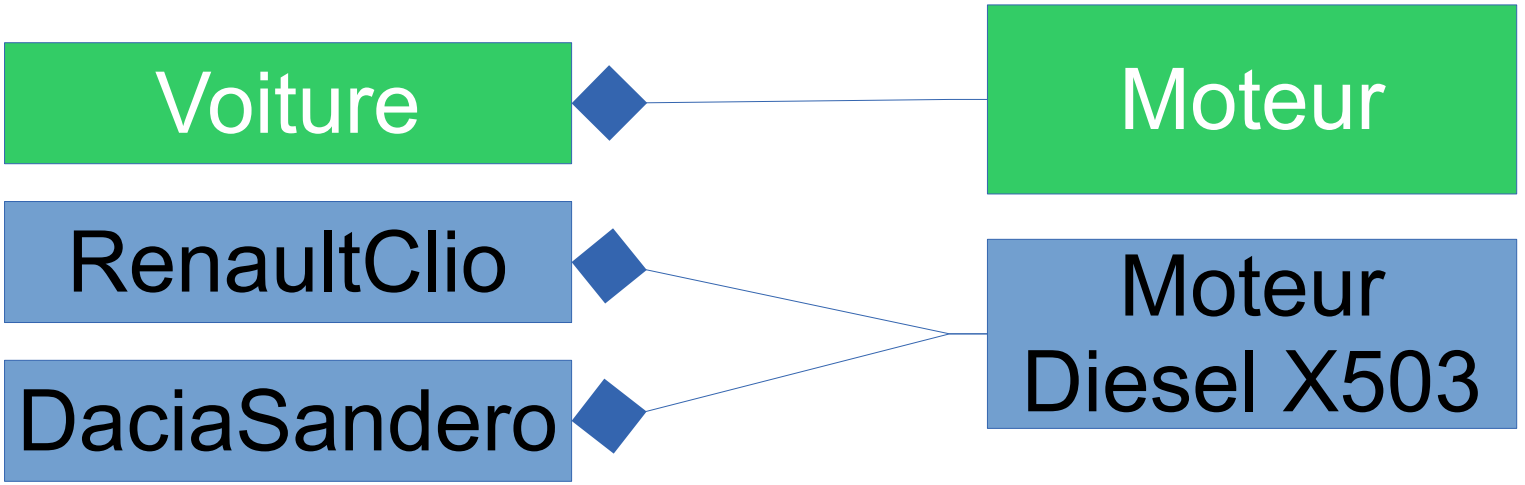
La réutilisation

- La réutilisation de code est l'un des grands avantages des langages objets
- On distingue :
  - La réutilisation de l'implémentation
    - Via la **composition** ou plus généralement **l'agrégation**
  - La réutilisation de l'interface
    - Via **l'héritage**

Ces 2 notions sont fondamentales dans l'approche objet

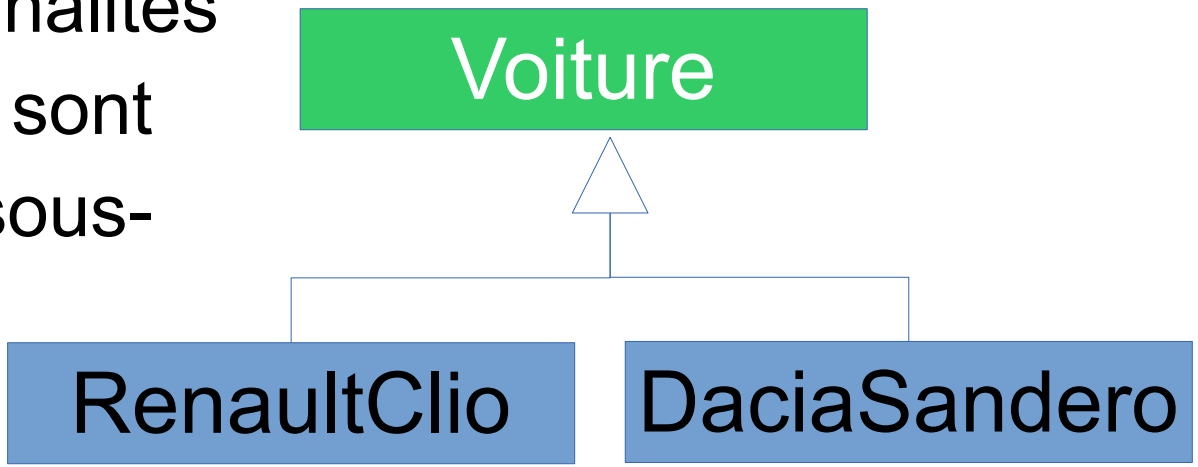
La réutilisation de l'implémentation
(vers la composition et l'agrégation)

- Le plus simple moyen de réutiliser une classe est d'utiliser un objet de cette classe dans un autre objet (→ créer un objet membre)
  - EXEMPLE
    - Une voiture est composée d'un moteur
    - Un type de moteur peut être réutilisé sur plusieurs types de voitures



La réutilisation de l'interface
(vers l'héritage)

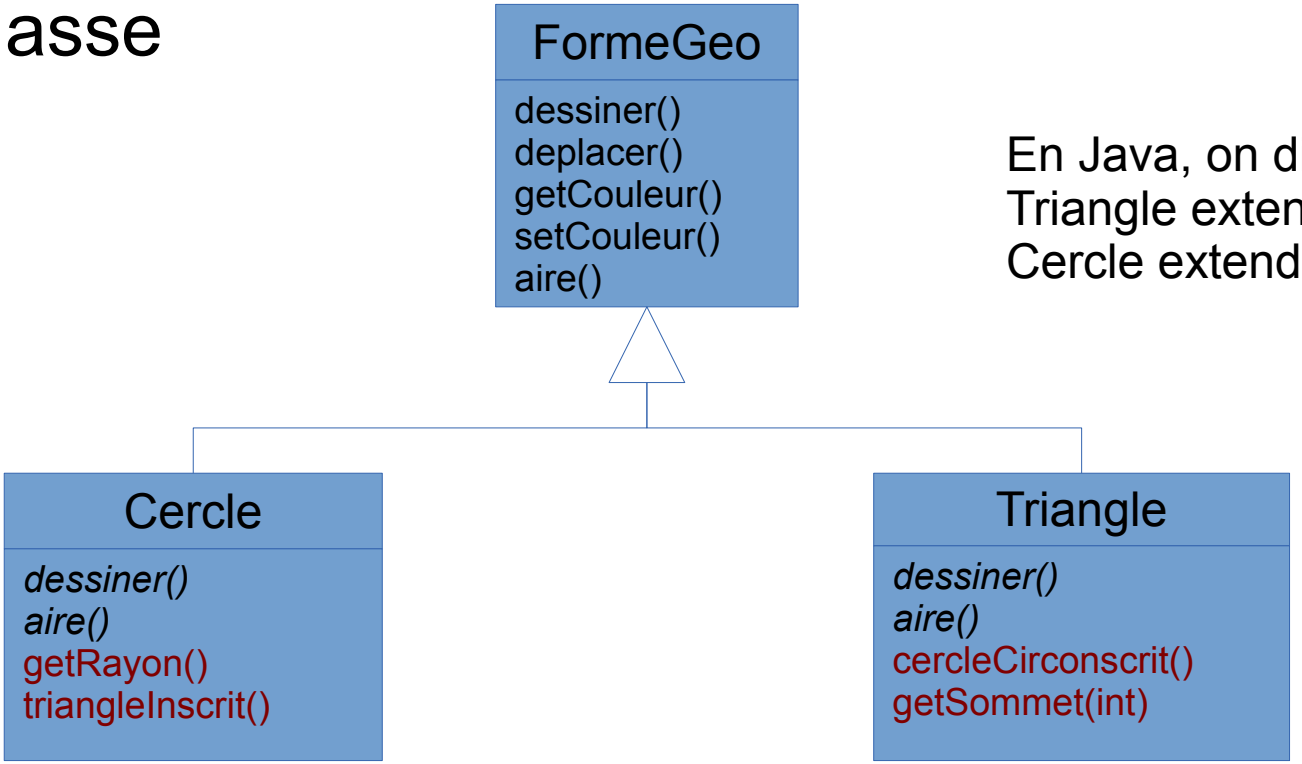
- Il arrive que l'on veuille réutiliser l'interface (fonctionnalités) d'une classe dans une autre
  - Il serait dommage de faire du copier-coller de la première et de la modifier
- Le mécanisme appelé **héritage** permet de faire cela
  - Toutes les fonctionnalités de la super-classe sont héritées dans les sous-classes



Si l'on modifie une fonctionnalité de la super classe alors elle sera modifiée dans les sous-classes

La réutilisation de l'interface
(vers l'héritage et le polymorphisme)

- Dans une sous-classe, on peut :
  - **Ajouter** des fonctionnalités (comportements)
  - ***Redéfinir*** des fonctionnalités par rapport à la super-classe



En Java, on dit :
Triangle extends FormeGeo
Cercle extends FormeGeo

Le polymorphisme

- C'est le principe par lequel on peut réutiliser un programme sur n'importe quel sous-type d'un type donné
  - Exemple :

```
void dessineEtAfficheAire(FormeGeo f) {
     f.dessine();
     System.out.println("aire"+f.aire());
}
```

Ce programme est générique : il fonctionnera pour n'importe quel sous-type de forme même si j'en crée un autre plus tard

Création et cycle de vie des objets

- A sa création un objet prend de la place en mémoire
  - On ne sait pas à priori quelle place va prendre un objet
    - La chaîne de caractères « Programmation Objet » prend plus de place que « Java »
- La mémoire n'est pas infinie
  - Il faut libérer la mémoire lorsqu'un objet n'est plus utilisé.
  - Comment savoir qu'un objet n'est plus utilisé ?
- Les langages de programmation utilisent différentes stratégies pour allouer et libérer la mémoire

L'allocation mémoire 1/3

- Il existe 3 stratégies d'allocation de mémoire
  - Allocation statique, dynamique sur la pile, dynamique sur le tas
- L'**allocation statique**
  - Se fait avant l'exécution (à la compilation)
  - Au lancement du programme, le système réserve tout l'espace dont le programme aura besoin
  - Il n'y a pas d'allocation de mémoire supplémentaire durant l'exécution
  - La mémoire est libérée à la fin du programme
  - *Avantage* : Rapidité, on n'a pas besoin « d'aller chercher » de la mémoire à l'exécution
  - *Inconvénient* : c'est pas très flexible, on doit connaître exactement la taille des données à mettre en mémoire.

L'allocation mémoire 2/3

- L'allocation dynamique sur la pile
  - Seulement la mémoire nécessaire à une procédure (ou fonction) est allouée lors de son exécution
  - Les variables définies dans la procédure sont
    - Allouées lors de l'entrée dans la procédure
    - Libérées (automatiquement) à la sortie

L'allocation de mémoire 3/3

- L'allocation dynamique sur le tas
  - La mémoire est allouée et désallouée au besoin au fur et à mesure du programme dans un pool de mémoire
  - C'est plus flexible
    - On n'a pas besoin de connaître a priori le nombre d'objets à créer, leur durée de vie, leur type
  - Mais c'est plus complexe et plus dangereux
    - Cela nécessite plus de ressources (et de temps pour allouer de la mémoire de manière dynamique
    - Le programmeur doit libérer la mémoire par un objet qui n'est plus utilisé
      - Et il peut « oublier » de libérer cette mémoire (fuite) ou pire libérer la mémoire plusieurs fois
      - Il existe néanmoins des processus automatisés de libération de la mémoire appelés « ramasse miettes »

Java et l'allocation mémoire

- Java utilise principalement une allocation dynamique sur le tas pour les objets et dispose d'un ramasse-miette (Garbage Collector)
  - Le programmeur n'a pas à se soucier de la libération de la mémoire
- A chaque fois que le programmeur veut créer un objet il utilise le mot clé « new » pour allouer la mémoire

Les erreurs de programmation

- Il existe plusieurs types d'erreurs
  - Erreur de syntaxe : le programme ne peut pas être compilé ou s'exécuter
  - Erreur à l'exécution : le programme s'exécute mais plante lors de l'exécution
  - Erreur sémantique : tout semble bien se passer mais le résultat n'est pas celui attendu
- Pour minimiser le risque d'erreur :
  - Les tests
  - Les fonctionnalités des langages : exceptions

Traitement des erreurs via les exceptions

- L'exécution d'un programme peut générer des « erreurs »
  - Division par 0, mémoire insuffisante, débordement d'indice, etc.
- Java fourni un mécanisme pour gérer les erreurs appelé « Exception »
- Une exception est un objet
  - Qui est « lancé » de l'endroit où l 'erreur s'est produite
  - Et qui doit être « attrapée » et gérée par un intercepteur d'exception

Traitement des erreurs via les exceptions

- Avantages
  - Permet de faire du code plus clair
    - la gestion des exceptions est séparée du code « normal »
  - Et plus sûr
    - Les méthodes déclarent les types d'exceptions qu'elles sont susceptible de lever
    - Et lors d'un appel à cette méthode, le programmeur est obligé de traiter l'exception (et donc il ne l'oublie pas)