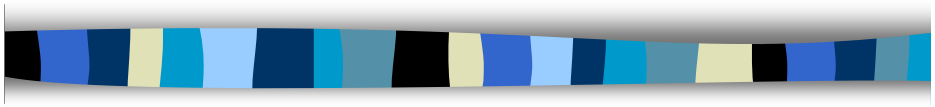
UML : Unified Modeling Language



Mounia Fredj

mounia.fredj@um5.ac.ma

Plan

1. Introduction
   - Généralités sur le génie logiciel
   - Méthodes d'analyse et de conception
   - Concepts et notions de l'approche objet
2. UML : Historique et notations
3. Les Diagrammes UML
   - Le diagramme des cas d'utilisation
   - Le diagramme de classes / d'objets
   - Le diagramme d'interactions
     - Le diagramme de séquence
     - Le diagramme de communication
   - Le diagramme d'états
   - Le diagramme d'activités
   - Le diagramme de composants et diagramme de déploiement
   - Package et communication
4. Mise en œuvre d'UML

Introduction

- Diagramme de Classes :
  - Description de tout ou partie du système d'une manière abstraite, par une collection d'éléments de modélisation (classes, relations, …)
  - Il sert en premier lieu à modéliser les entités du système d'information et les informations qui les caractérisent
  - Vue statique : abstraction des aspects dynamiques et temporels

La classe

- **Une classe est la description d'un groupe d'objets ayant :**
  - même structure (même ensemble d'attributs)
  - même comportement (mêmes opérations)
  - une sémantique commune
- **Exemples de classes** :
  - article, personne, société, processus, fenêtre,…
  - Les objets qui se conforment à la description d'une classe sont appelés ses **instances**

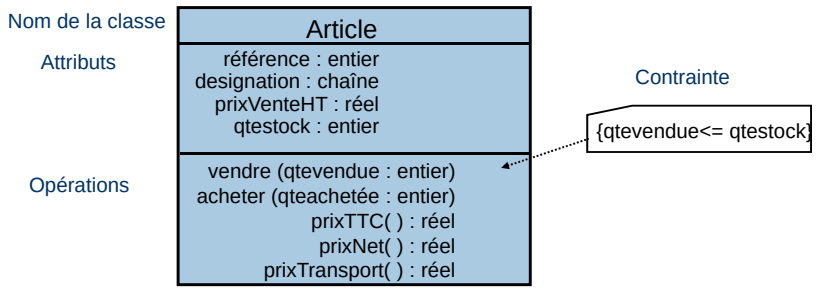
Notions d'attributs et d'opérations

- **Les attributs**
  - propriétés rattachées à la classe
  - caractérisés par un nom, un type et une visibilité
  - exemple :
    - pour la classe Article : référence, désignation ...
    - Pour la classe Personne : nom, adresse, dateDeNaissance,…
- **Les opérations**
  - Traitements que l'on peut faire sur un objet instance de classe
  - définies de manière globale au niveau de la classe
  - exemple :
    - pour la classe Article : vendre, acheter, prix TTC
    - pour la classe Personne : calculerAge, changerAdresse,…
  - Le niveau de détail pour décrire les opérations dépend du niveau d'avancement dans l'étude. En phase d'analyse on ne s'intéresse qu'aux opérations qui définissent des comportements pertinents et on évite les opérations évidentes (consulter, modifier, supprimer,…)

Notion d'identifiant de la classe

- **Identifiant de la classe = attribut particulier permettant de repérer de façon unique chaque objet, instance de la classe**
- L'identifiant doit avoir une utilité pour le gestionnaire en lui permettant de se repérer sans ambiguïté dans un ensemble d'objets analogues
- Chacun des autres attributs de la classe est relié à l'identifiant par une relation appelée **dépendance fonctionnelle**
  - *Rappel : Soit deux attributs a et b, on dit que b dépend fonctionnellement de a si connaissant la valeur de a, on peut trouver la valeur de b*
  - Exemple : Connaissant la référence d'un article, on peut trouver sa désignation, son prix unitaire, la quantité disponible en stock,…
    Connaissant le numéro du client, on peut trouver son nom, son adresse, son téléphone, ses conditions commerciales,...

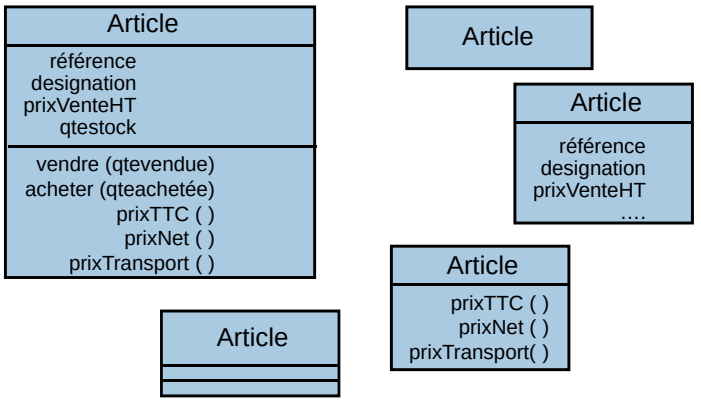
Représentation d'une classe



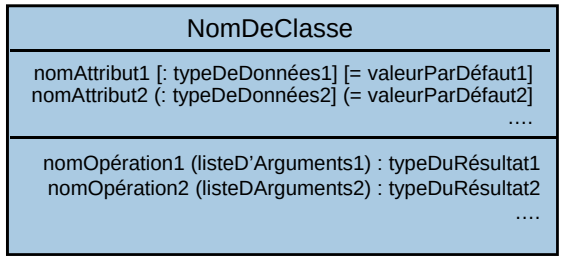
Conventions :

- Les noms de classes commencent par une majuscule
- Les noms d 'attributs et d 'opérations commencent par une minuscule
- Pas de représentation particulière pour les identifiants

Autres représentations possibles…



Représentation des classes (résumé)



Signature d'une opération : nom, arguments, résultat.
Pour chaque argument d'une opération on peut noter de manière optionnelle le sens de flux (in, out, inout), le type et la valeur par défaut.
sensDeFlux nomArgument : type = valeurParDéfaut

Représentation graphique

- **Visibilités** :
  - **public ou + :** tout élément qui peut voir l'objet peut également voir l'élément indiqué
  - **protected ou # :** seul un élément situé dans l'objet ou un de ses descendants peut voir l'élément indiqué
  - **private ou - :** seul un élément situé dans l'objet peut voir l'élément
  - **package ou ~ ou rien :** seul un élément déclaré dans le même paquetage peut voir l'élément
- **Bonnes pratiques** :
  - Privé (-) pour les attributs
  - Public (+) pour les opérations

Attributs et méthodes de classe

- Attribut de classe
  - Un attribut qui s'applique à une classe et non à une instance de cette classe
  - Dans un DC, les attributs de classe sont soulignés
- Méthode de classe
  - Un méthode qui s'applique à une classe et non à une instance de cette classe
  - Dans un DC, les méthodes de classe sont soulignées

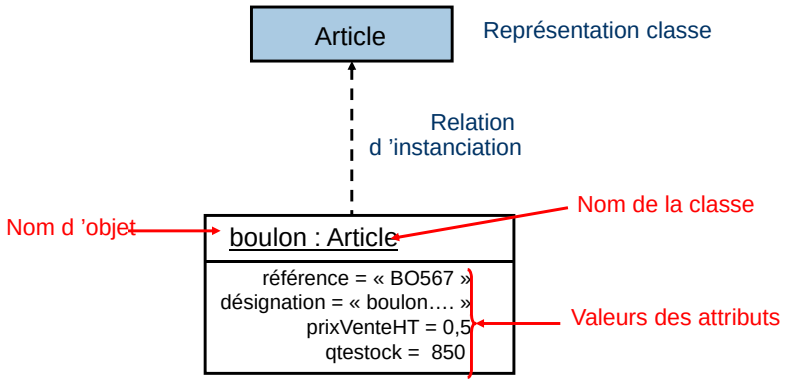
L'objet

- Un objet est instance d'une (seule) classe :
  - il est conforme à la description fournie par la classe
  - il admet au plus une valeur pour chaque attribut de la classe
  - il est possible de lui appliquer toute opération définie dans la classe
- Tout objet admet une identité qui le distingue des autres objets
  - Permet de distinguer tout objet de façon non ambiguë, et cela indépendamment de son état

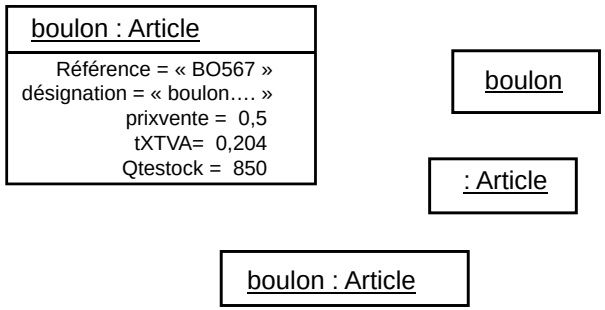
Etat et comportement d'un objet

- **État d'un objet :**
  - Ce sont les attributs et les terminaisons d'associations qui décrivent l'état d'un objet
  - Les propriétés décrites par les attributs prennent des valeurs lorsque la classe est instanciée
  - L'instance d'une association est appelée un lien
- **Comportement d'un objet :**
  - Les opérations décrivent les éléments individuels d'un comportement que l'on peut invoquer
  - Ce sont des fonctions qui peuvent prendre des valeurs en entrée et modifier les attributs ou produire des résultats
  - Une opération est la spécification (i.e. déclaration) d'une méthode
- Les attributs, les terminaisons d'association et les opérations constituent donc les propriétés d'une classe (et de ses instances)

Représentation d'un d'objet



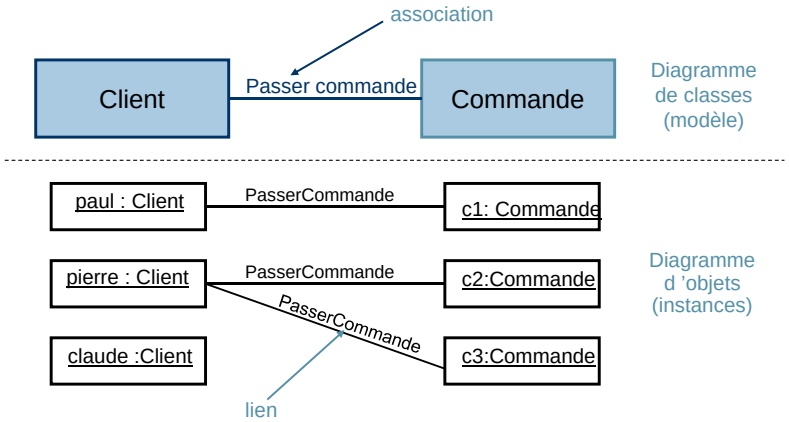
Autres représentations possibles…



Les associations

- Les associations entre classes expriment les liens structurels entre leurs instances
- Une association est identifiée par la concaténation des identifiants des classes qui participent à l'association
  - Chaque instance d'une association est identifiée de manière unique par le tuple des valeurs des identifiants de ces classes
- Les terminaisons d'associations sont des propriétés structurelles de la classe (comme les attributs)
- La plupart des associations sont des associations binaires (éventuellement réflexives)
- Il existe aussi des associations n-aires

Représentation des associations (entre classes)

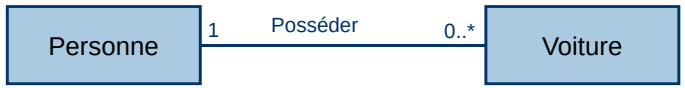


Conventions :

- Les noms des liens sont des formes verbales et commencent par une majuscule.

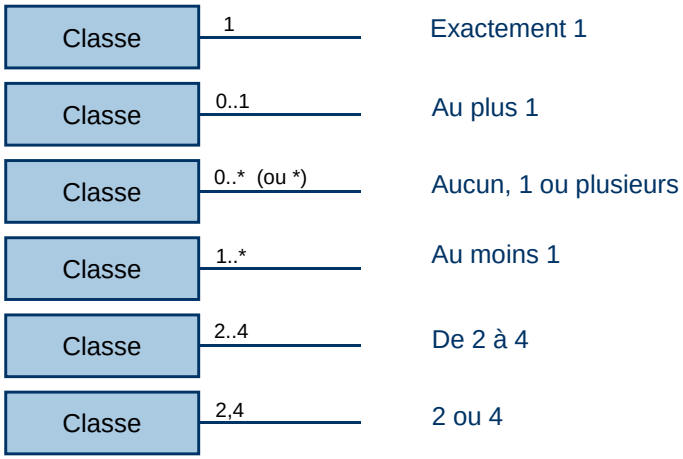
Multiplicités d'une association

- Précise combien d'objets peuvent être liés à un seul objet source
- Multiplicité minimale et maximale (C_{min} . . C_{max}).



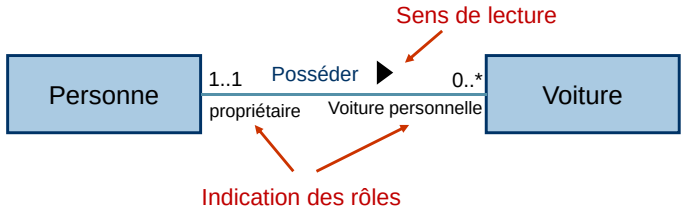
« Une personne possède 0 ou plusieurs voitures »
« Une voiture a 1 et 1 seul propriétaire »

Multiplicités d'une association

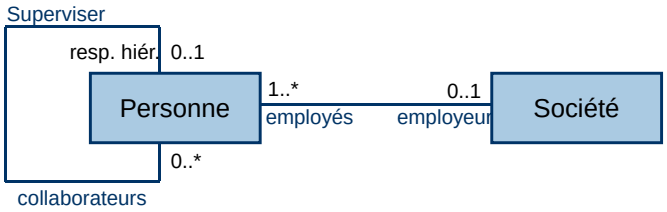


Notation des noms de rôles et sens de lecture

- Pour améliorer la lisibilité des associations, on peut indiquer :
  - des noms de rôles (en plus du nom de l'association)
  - Le sens de lecture



Exemple d'utilisation des noms de rôles

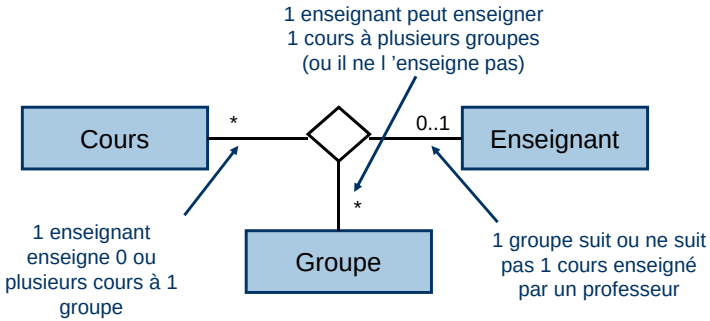


1) Dans toute société, il y a au moins une personne qui n 'a pas de responsable hiérarchique (le directeur de la société).
2) Une personne ne peut pas avoir plus d 'un responsable hiérarchique.
3) Une personne peut avoir zéro ou plusieurs collaborateurs.
4) Une personne ne peut pas être employée par plusieurs sociétés.
5) Une société emploie une ou plusieurs personnes.

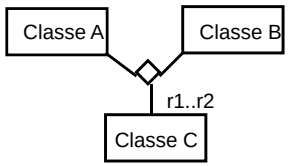
Les associations n-aires

- La plupart des associations sont dites binaires car elles relient deux classes
- Des associations d'arité supérieure peuvent néanmoins exister
- Beaucoup de langages de programmation ne permettent pas d'exprimer des associations n-aires, il faut alors les transformer en classes
  - Attention, la signification du modèle peut en être modifiée !

Notation d'une association ternaire



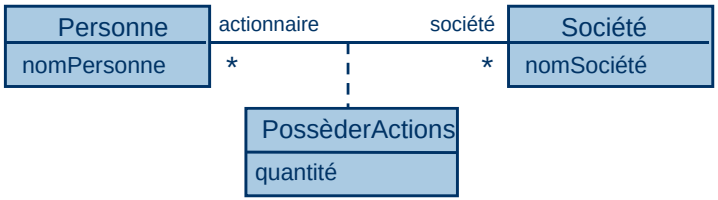
Pour un couple d 'instances de la classe A et de la classe B, il y a au minimum r1 instances de la classe C et au maximum r2 instances.



Les classes-associations

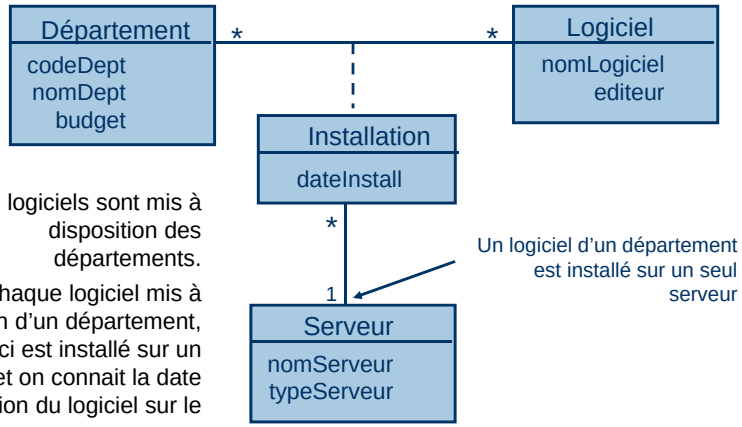
- Une association porteuse d'attributs est appelée une **classe-association**
- Une classe-association est une association qui est également une classe :
  - **Comme les liens d'une association**, les instances d'une classe-association dérivent leur identité des instances des classes constituantes
  - **Comme une classe**, une classe-association peut avoir des attributs et des opérations et peut participer à une association

Exemple de classe-association



- Une classe-association, en tant que classe, peut être associée à d'autres classes (voir à elle-même dans le cas d'une association réflexive).
- Une classe-association peut être transformée en classe

Exemple de classe-association participant à une association

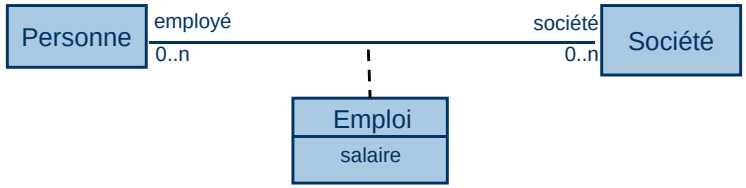


Des logiciels sont mis à disposition des départements.

Pour chaque logiciel mis à disposition d'un département, celui-ci est installé sur un serveur et on connait la date d'installation du logiciel sur le serveur.

Un logiciel d'un département est installé sur un seul serveur

Transformation d'une classe-association en classe

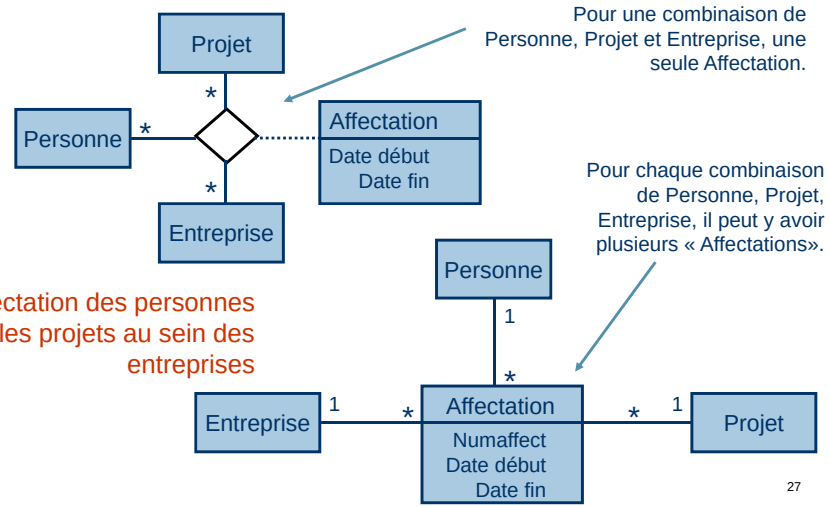


Ci-dessus, une personne ne peut pas avoir deux emplois dans une même société...

…alors que ci-dessus oui !

La transformation d'une classe-association en classe peut modifier la signification du modèle…

Autre exemple dans le cas d'une association ternaire

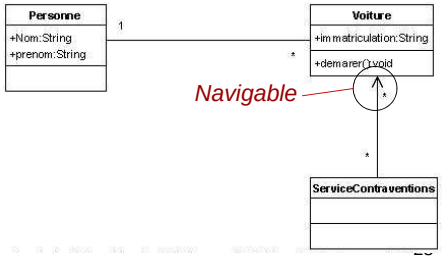


Navigabilité

- Par défaut une association est navigable dans les deux sens

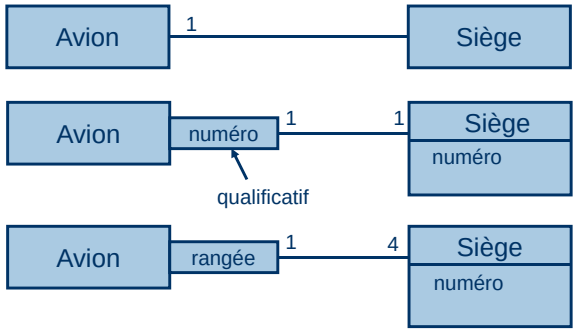
  - Chaque instance de voiture a un lien vers le propriétaire
  - Chaque instance de Personne a un ensemble de liens vers les voitures

- Restriction de la navigabilité
  - Le service de contravention est associé à une ou plusieurs voitures
  - La voiture ne connaît pas le service de contraventions



Les associations qualifiées

- Une association qualifiée est une association dans laquelle un attribut nommé qualificateur est utilisé pour lever l'ambiguïté sur les objets situés à l'extrémité de la multiplicité.

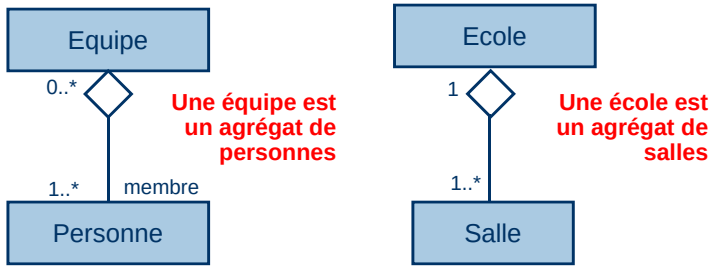


L'agrégation

- **L'agrégation est un cas particulier d'association**
- L 'agrégation exprime une relation de contenance, de « <u>partie à tout</u> » entre des parties et un agrégat
- Une partie peut être partie de plusieurs agrégats

  ☞ **Le choix d'une association de type agrégation traduit la volonté de renforcer la dépendance entre les classes**

Exemples d'agrégation



✓ Une personne peut être membre de plusieurs équipes.
✓ La destruction d'une instance de la classe Equipe n'entraine pas la destruction des instances correspondantes de la classe Personne

Agrégation vs association

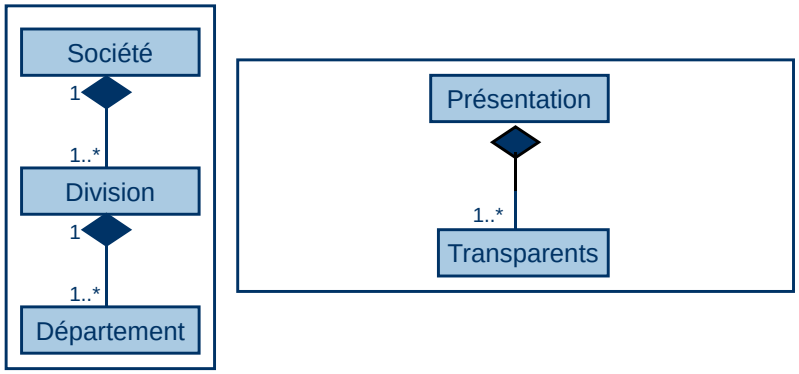
- **Propriétés de l'agrégation**
  - L'agrégation est transitive
  - L'agrégation est asymétrique
- **Agrégation vs association**
  - Si deux objets sont étroitement liés par une relation constitué-constituant, il s'agit d'une agrégation
    - Peut-on utiliser l'expression « fait partie de » ?
    - Ex : un Véhicule fait partie d'un TypeDeVéhicule
  - Si ces deux objets sont habituellement considérés comme indépendants, même s'ils sont souvent liés, il s'agit d'une association.
    - Ex : un Employé est salarié d'une Entreprise → association

La composition

- **La composition : cas particulier d'agrégation**
- La composition exprime une relation plus forte que l'agrégation : les parties (alors appelées *les composants)* ne peuvent être liées qu'à un seul agrégat (alors appelé *composite*)
- La vie des composants est liée à celle de l'agrégat
  - la suppression d'un objet agrégat entraîne la suppression des objets agrégés

  ☞ La composition fait souvent référence à une contenance physique

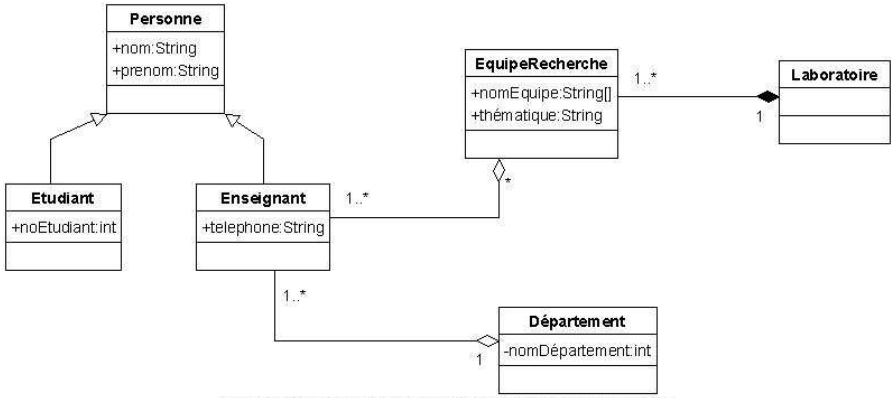
Exemples de composition



✓ La suppression de la société entraine la disparition des divisions qui la composent

✓ La suppression d'une Présentation entraîne la disparition des transparents

Exemple : Agrégation/Composition



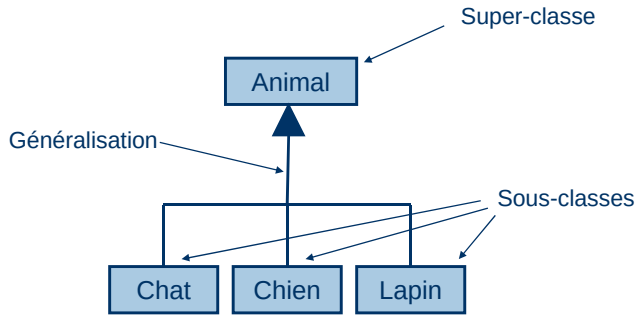
La généralisation/spécialisation

- **La généralisation/spécialisation : relation définie entre deux classes, mais ce n'est pas une association**
- La généralisation (simple) exprime une relation de « généralisation/spécialisation » entre une *superclasse* et une ou plusieurs *sous-classes* plus spécialisées.
- La généralisation exprime une relation d'inclusion entre une classe et sa super-classe.
  - Chaque instance de la classe est également instance de la super-classe.

Principes de l'héritage

- **Une sous-classe hérite de sa super-classe** (ou d'une hiérarchie de super-classes) la description des instances:
  - attributs, opérations, associations, contraintes définies sur la super-classe…
- **Une sous-classe peut redéfinir de façon plus spécialisée une partie ou la totalité de la description héritée** (voir ci-après le concept de redéfinition), mais il n 'y a pas d'exception à l'héritage

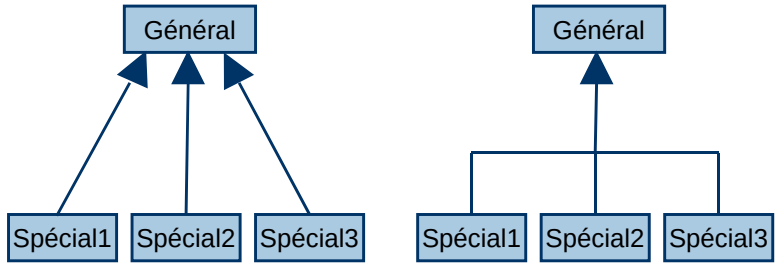
Illustration



Animal est une généralisation de Chat, Chien et Lapin.
Chat, Chien et Lapin sont des animaux.

Notations

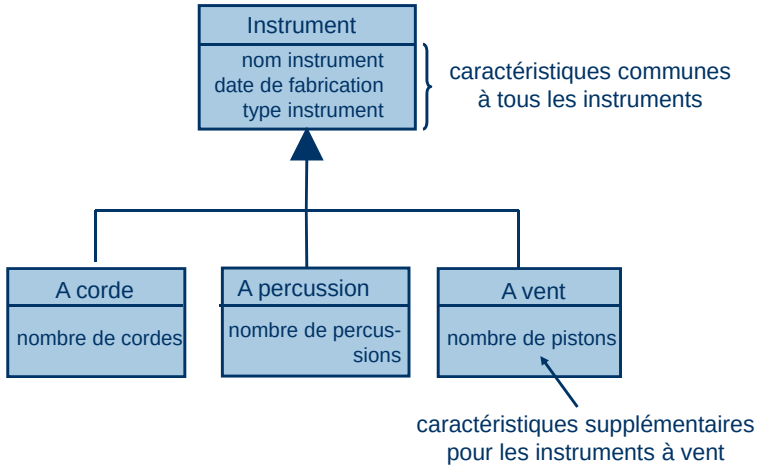
☞ Deux styles de notation :



Utilité

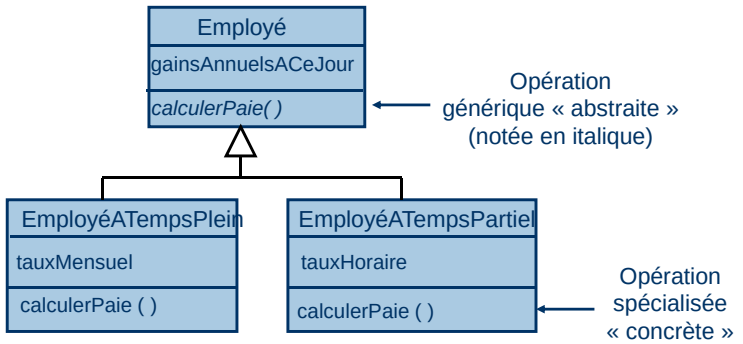
- **Dans le sens « généralisation :**
  - Permet d'abstraire en factorisant les propriétés communes aux sous-classes
- **Dans le sens spécialisation :**
  - Permet de **réutiliser** par modification incrémentielle les descriptions existantes.
  - Deux formes de spécialisation :
    - spécialisation par **enrichissement** (ajout de propriétés)
    - spécialisation par **redéfinition** (modification de propriétés)

Exemple de spécialisation par enrichissement



Exemple de spécialisation par redéfinition

- Une classe spécialisée peut redéfinir une propriété, à condition toutefois de rester compatible avec la définition originale (polymorphisme).



Autre exemple…

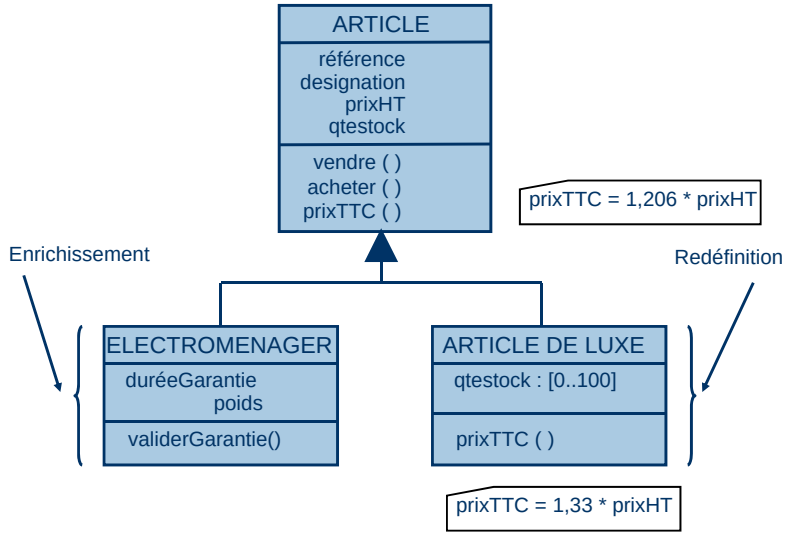


Diagramme de classes et diagrammes d'objets

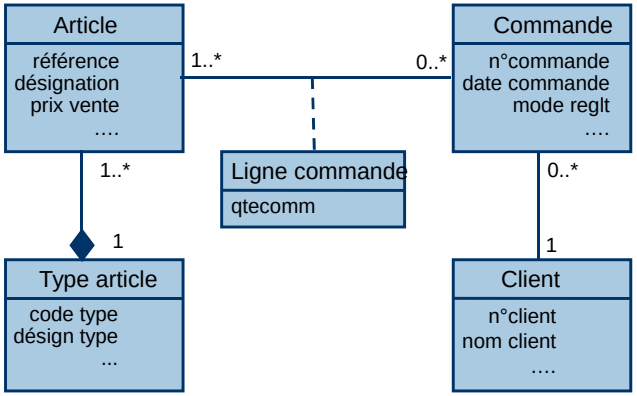


Diagramme de classes

Diagramme de classes et diagrammes d'objets

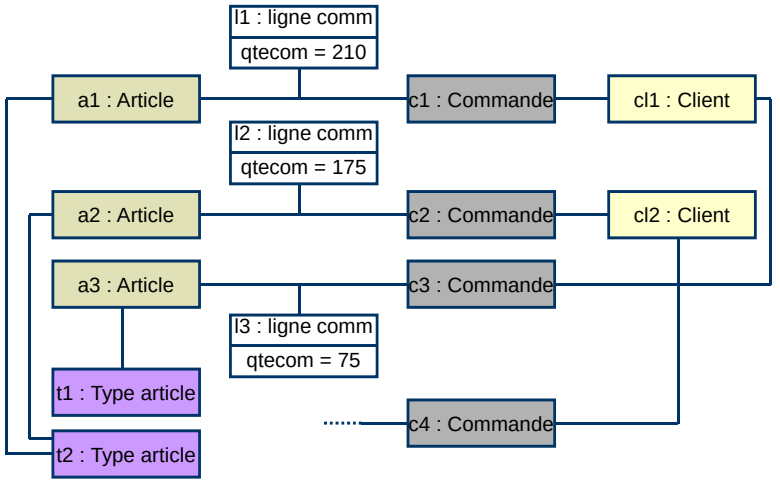


Diagramme d 'objets

Diagramme de classes et diagrammes d 'objets

- **Un diagramme de classes**
  - définit l'ensemble de tous les états possibles
  - définit les contraintes qui doivent toujours être vérifiées
- **Un diagramme d'objets**
  - décrit un état possible à un instant t (un état particulier)
  - doit être conforme au modèle de classes
- **Les diagrammes d'objets peuvent être utilisés pour :**
  - expliquer un diagramme de classes (donner un exemple)
  - valider un diagramme de classes

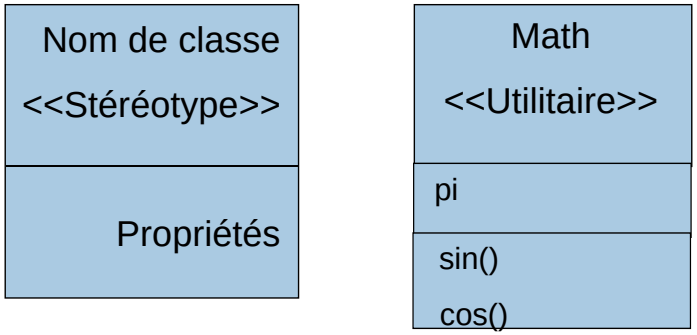
Concepts avancés du diagramme de classes

- Stéréotypes
- Attributs dérivés
- Notion de classe abstraite et d'opération abstraite.
- Spécialisation multiple et héritage multiple
- Expression des contraintes
- Paquetages

Les stéréotypes

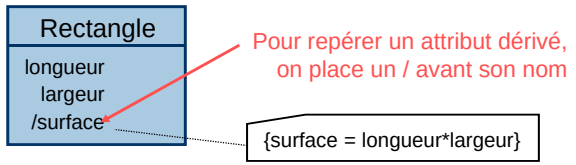
- Le rectangle de classe dans UML : peut contenir un stéréotype et des propriétés
- Les stéréotypes :
  - permettent d'étendre la sémantique des éléments de modélisation : mécanisme d'extensibilité d'UML
  - permettent de définir de nouvelles classes d'éléments de modélisation, en plus du noyau prédéfini par UML.
  - UML définit différents stéréotypes de classes suivants : <<interface>>, <<métaclasse>> , <<utilitaire>>, …

Exemples de classes stéréotypées



Les attributs dérivés

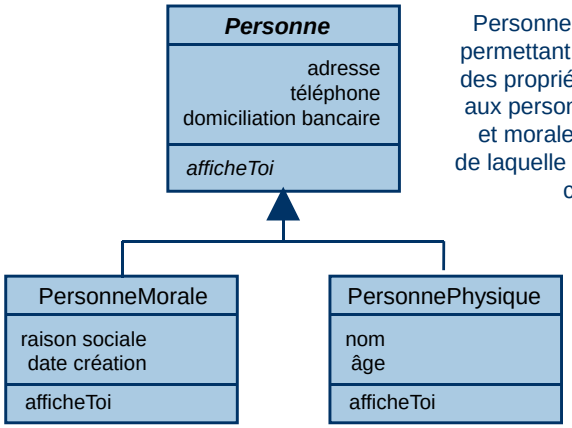
- En général, un attribut d'une classe est une information primaire pour cette dernière
- Parfois, par commodité de gestion, on choisit de conserver dans un attribut le résultat d'un calcul effectué à partir d'autres attributs de la classe, on parle alors d'attribut dérivé



Classe abstraite

- **Une classe abstraite est une classe non instanciable, càd qu'elle n'admet pas d'instances directes**
- Une classe abstraite est une description d'objets destinée à être héritée par des classes plus spécialisées
- Pour être utile, une classe abstraite doit admettre des sous-classes concrètes
- La factorisation optimale des propriétés communes à plusieurs classes par généralisation nécessite le plus souvent l'utilisation de classes abstraites

Classe abstraite : Personne

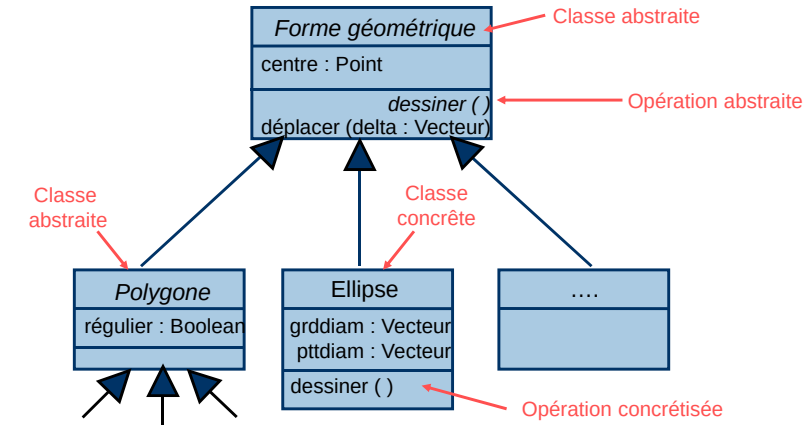


Personne est une classe permettant la factorisation des propriétés communes aux personnes physiques et morales, mais à partir de laquelle on ne peut pas créer d'instance

Opération abstraite

- **Une opération abstraite est une opération n'admettant pas d'implémentation :**
  - au niveau de la classe dans laquelle elle est déclarée, on ne peut pas dire comment la réaliser
- Les opérations abstraites sont particulièrement utiles pour mettre en œuvre le polymorphisme (utilisation du principe de redéfinition)
- Une classe pour laquelle au moins une opération abstraite est déclarée est une classe abstraite (l'inverse n'est pas vrai).
- Toute classe concrète sous-classe d'une classe abstraite doit « concrétiser » toutes les opérations abstraites de cette dernière
- Interface
  - Classe abstraite pure qui ne comporte que des méthodes abstraites

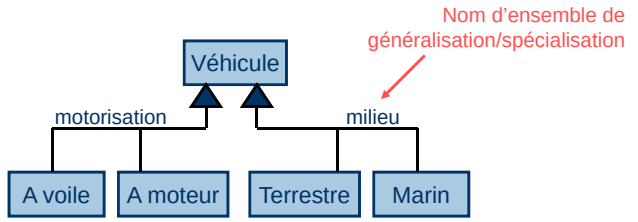
Les classes et opérations abstraites permettent de mieux structurer...



La classe abstraite « Polygone » n'est utile que si elle est spécialisée !

La spécialisation multiple

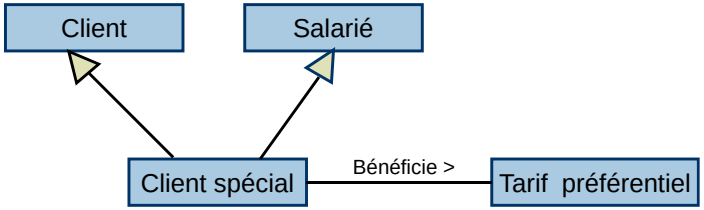
- Toute spécialisation ne doit concerner qu'un seul aspect
- On utilise la spécialisation multiple si une classe peut être spécialisée selon plusieurs aspects distincts et indépendants



L'héritage multiple

- **Dans le cas de l'héritage multiple, une classe peut être sous-classe de plusieurs superclasses (et hériter des propriétés de tous ses parents)**
- L'héritage multiple pose certains problèmes spécifiques tels que des conflits d'héritage
- Un mécanisme d'héritage simple est intégré dans tous les langages de programmation par objets, seuls quelques-uns intègrent un mécanisme d'héritage multiple

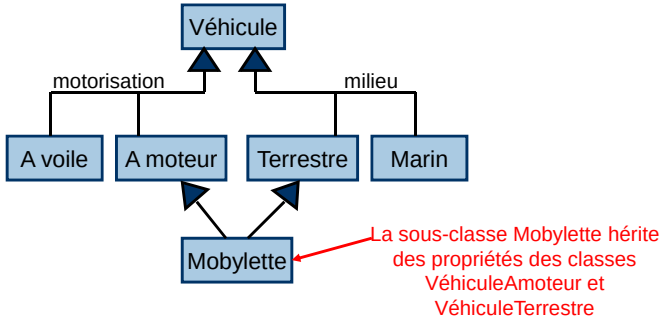
Exemple d'héritage multiple



La classe « Client spécial » est une spécialisation de « Client » et de « Salarié ».

☞ **Le modèle ci-dessus permet d'indiquer que l'on accorde des tarifs préférentiels aux salariés**

Autre exemple…



Remarque
Une sous-classe n'hérite qu'une seule fois d'une propriété d'une classe ancêtre se trouvant sur plusieurs chemins menant à cette sous-classe

Les contraintes

- **Une contrainte :**
  - **information sémantique associée à un élément du modèle qui spécifie les conditions que le modèle doit satisfaire pour être correct**
- L'expression des contraintes permet de compléter le modèle (les cardinalités ne permettant pas de tout décrire)
- Expression des contraintes
  - Écriture entre { }
  - sous forme textuelle
  - ou dans un langage d 'expression des contraintes OCL (Object Constraint Language).
- ☞ **Les contraintes sont héritées**

Les paquetages

- Paquetage (package)
  - Mécanisme général de regroupement d'éléments en UML
    - Ensemble logique d'éléments du modèle
  - Espace de noms
  - Relations entre paquetages

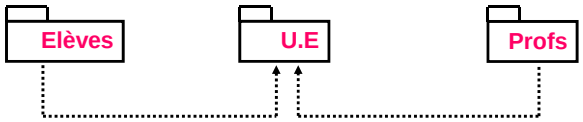


Diagramme de classes : exemple