Introduction à UML 2

Eric Cariou

Licence Informatique 3ème année

Université de Pau et des Pays de l'Adour
UFR Sciences Pau – Département Informatique

Eric.Cariou@univ-pau.fr

- Ce cours est basé initialement sur un cours de Laurence Duchien : http://www.lifl.fr/~duchien/

Introduction

- UML : *Unified Modeling Language*
- Normalisé par l'OMG (Object Management Group)
  - http://www.omg.org/spec/UML/
  - Dernière version : 2.5.1 (Décembre 2017)
- Notation standard pour la modélisation d'applications à base d'objets (et de composants depuis la version 2)
  - Mais utilisable dans de nombreux autres contextes de conception ou spécification
    - Exemple : schéma de BDD
- Langage utilisant une notation graphique

Modèles

- Un modèle est une représentation partielle de la réalité
  - Abstraction de ce qui est intéressant pour un contexte donné
  - Vue subjective et simplifiée d'un système
  - Avec UML, on va s'intéresser principalement aux modèles d'applications informatiques
    - Un modèle UML = des diagrammes UML
- Utilité des modèles
  - Faciliter la compréhension d'un système
    - Permettre également la communication avec le client
    - Vision de communication, de documentation
  - Définir l'architecture et le fonctionnement d'un système
    - Dans ce cas, on se doit d'être le plus précis possible dans le contenu des modèles pour s'approcher du code
    - Vision de développement, de production

Historique

- UML hérite principalement des méthodes objets de Booch (Booch), OMT (Rumbaugh) et OOSE (Jacobson)
  - Mais intègre également d'autres approches, comme les machines à états de Harel
- But initial
  - Définir un processus/méthode de développement complet (de l'analyse à l'implémentation) orienté objet
- Problème
  - Pas de notation, langage pour écrire les modèles ou les artefacts définis par ce processus ⇒ devenu le but final d'UML
- UML n'est donc pas une méthode ou un processus
  - UML propose un ensemble de notations pour que chacun ait à sa disposition les éléments nécessaires à la conception d'une application

UML ≠ processus de développement

- UML indépendant du processus de conception et de développement : ne décrit pas comment il fonctionne
- Exemple de processus de conception et de développement
  - Processus itératif et incrémental (méthodes agiles)
    - Définition du cahier des charges
    - Élaboration du logiciel : cycle de vie à itérer
      1. Analyse
      2. Spécification
      3. Implémentation
      4. Test
    - Chaque itération permet l'ajout de fonctionnalités en les définissant, les réalisant, les testant et les intégrant
    - Arrêt du processus itératif lorsque le logiciel produit répond complètement au cahier des charges

UML ≠processus de développement

- UML fournit une notation/syntaxe pour les diagrammes et modèles définis pendant tout le cycle de développement
- UML permet de définir des modèles de niveaux différents
  - Analyse
  - Spécification d'un système
  - Conception d'implémentation
  - ....
- Il faut préciser à quel niveau correspond un modèle
- On peut raffiner un modèle pour le spécifier à chaque niveau

Les diagrammes UML

- 14 diagrammes différents
  - Diagrammes structurels
    - De classes (class diagram)
    - D'objets (object diagram)
    - De composants (component diagram)
    - De structure composite (composite structure diagram)
    - De déploiement (deployment diagram)
    - De paquetages (package diagram)
    - De profil (profile diagram)
  - Diagrammes de comportement
    - De cas d'utilisation (use case diagram)
    - D'activité (activity diagram)
    - D'états-transition (state diagram)
    - Diagrammes d'interaction
      - De séquence (sequence diagram)
      - Vue générale d'interaction (interaction overview diagram)
      - De communication (communication diagram)
      - De temps (timing diagram)

Les diagrammes UML

- Ces diagrammes permettent de définir une application selon plusieurs points de vue
  - Fonctionnel (cas d'utilisation)
  - Statique (classes, objets, structure composite)
  - Dynamique (séquence, états, activité, interaction, communication, temps)
  - Implémentation (composants, déploiement, paquetage)
- Les diagrammes seuls ne permettent pas de définir toutes les contraintes de spécification requises
  - Utilisation du langage textuel de contraintes OCL en complément
  - S'applique sur les éléments de la plupart des diagrammes

Plan

- *Diagrammes fonctionnels*
  - *Cas d'utilisation*
- Diagrammes statiques
- Diagrammes dynamiques
- Diagrammes d'implémentation

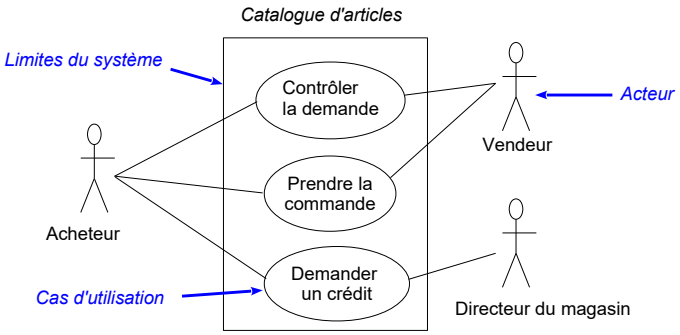
Diagramme de cas d'utilisation

- Description des interactions type entre un utilisateur et le système informatique
- Définition des cas d'utilisation à partir de discussions avec l'utilisateur sur ses attendus du système
- Énumération des principaux scénarios prévus
- Exemple : écriture d'un texte avec un traitement de texte
  - 2 cas d'utilisation : mettre du texte en gras, créer un index
- Propriétés des cas d'utilisation
  - Déterminer les fonctions visibles pour un utilisateur
  - Prendre en compte les objectifs des utilisateurs
  - De taille quelconque

Diagramme de cas d'utilisation

- Deux grandes approches
  - Objectif de l'utilisateur
  - Interaction du système
- Exemple : utilisation d'une feuille de style dans un traitement de texte
  - Interaction du système : définir un style, changer de style, déplacer un style d'un document vers un autre
  - Objectif de l'utilisateur : assurer un formatage cohérent, faire un format de document identique à un autre
  - Les interactions du système reflètent ce que l'utilisateur peut faire plus que le but réel de l'application
- Description d'un cas d'utilisation : de manière informelle, généralement en langage naturel

Diagramme de cas d'utilisation

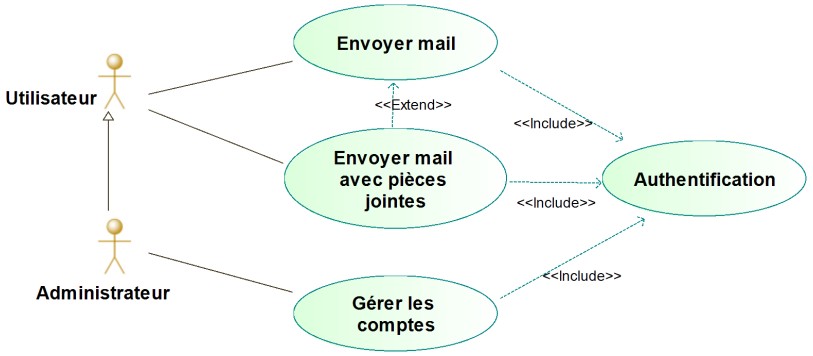


Différents liens entre les cas d'utilisation/acteurs :

association — << extend >> — étend

généralise — << include >> — inclut

Diagramme de cas d'utilisation



- Pour chaque cas d'utilisation, on décrira textuellement son but ainsi que le rôle des utilisateurs
- L'administrateur hérite de ce que peut faire l'utilisateur

Plan

- Diagrammes fonctionnels
- *Diagrammes statiques*
  - *De classes*
  - *D'objets*
  - *De composants*
  - *De structure composite*
- Diagrammes dynamiques
- Diagrammes d'implémentation

Diagramme de classes

- Définition des éléments formant une application et de leurs relations
- Structuration statique de l'application
  - Définition des classes existantes
  - Définition de la structure interne des classes (attributs, opérations)
  - Définition des relations entre les classes
- 2 principaux types de relations entre classes
  - Association
    - Un client peut louer un certain nombre de vidéos
  - Sous-typage/généralisation
    - Un étudiant est une personne
- Important : documenter les diagrammes de classes

Diagramme de classes

- Exemple de 3 usages possibles d'un diagramme de classes
  - Diagramme conceptuel
    - Concepts métier du domaine étudié à un niveau abstrait
    - Sans lien avec l'implémentation
  - Diagramme de spécification
    - Première approche du logiciel par la définition de ses interfaces
    - Interface = type de l'objet, classe = implémentation de l'objet
    - Un type (ou interface) peut avoir plusieurs réalisations (liées à l'environnement, choix de conception/implémentation...)
  - Diagramme d'implémentation
    - Vision « bas-niveau » de l'implémentation du logiciel
- Concepts proches entre diag. classe et langages objet
  - Classe, interface, méthode, attributs, spécialisation ...
    - Manque le concept d'association (pouvant se traduire par des attributs)
  - Mais encore une fois, peut utiliser des diagrammes de classe pour modéliser autre chose que du code objet

Diagramme de classes

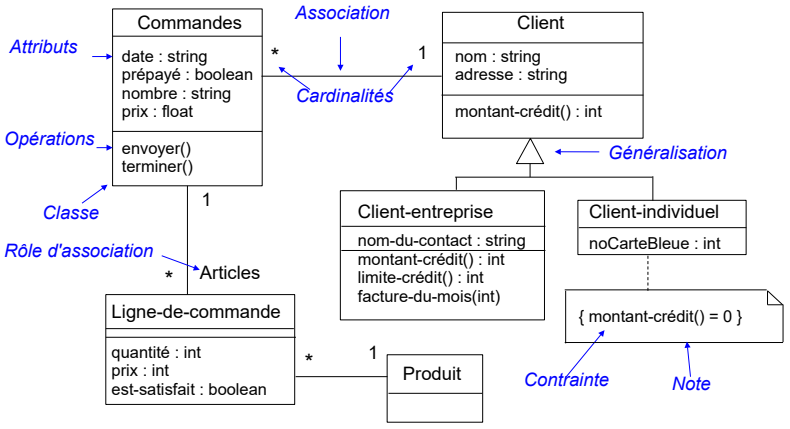


Diagramme de classes

- Attributs
  - Élément caractérisant une partie de l'état d'un objet
- Syntaxe UML pour la définition d'un attribut :

```
visibilité nom [multiplicité] : type = init
{propriétés}
```

  - `visibilité` : + (public), # (protégé) ou – (privé)
  - `nom` : nom de l'attribut
  - `multiplicité` : nombre d'attributs de ce type (tableau : [1..5])
  - `type` : type de l'attribut
  - `init` : valeur initiale de l'attribut
  - `propriétés` : propriétés, contraintes associées à l'attribut

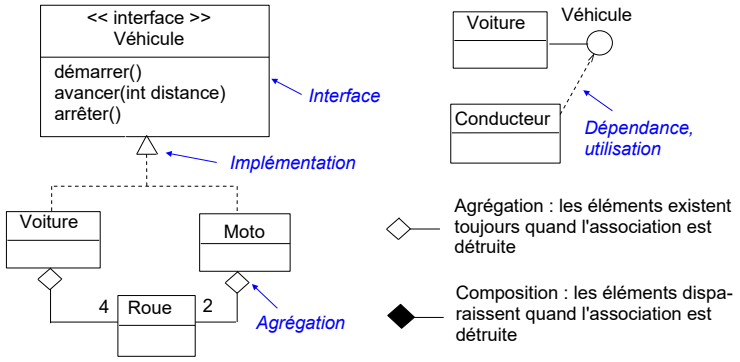
Diagramme de classes

- Opérations
  - Processus/fonction qu'une classe sait exécuter
  - Appelées également méthodes dans les langages objets
- Syntaxe UML pour la définition d'une opération :

```
visibilité nom(paramètres) : typeRetourné
{propriétés}
```

  - `visibilité` : + (public), # (protégé) ou – (privé)
  - `nom` : nom de l'opération
  - `paramètres` : liste des paramètres de l'opération
  - `typeRetourné` : type de la valeur retournée par l'opération (si elle retourne une valeur)
  - `propriétés` : propriétés, contraintes associées à l'opération

Diagramme de classes



- Variante avec classe abstraite
  - Nom en italique
  - Ne peut être instanciée

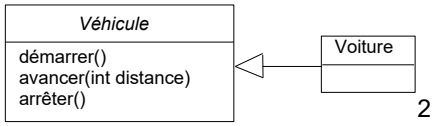
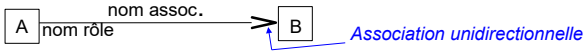


Diagramme de classes

- Détails sur associations



- Exemples de cardinalités d'associations

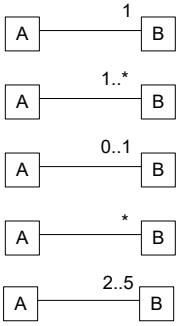


Diagramme de classes

- Enumeration
  - Liste de valeurs manipulées comme un type
- Classe d'association
  - A chaque couple des éléments de l'association, une instance d'une autre classe est associée
    - Ici, à chaque employé d'une entreprise sont associées les informations sur son poste

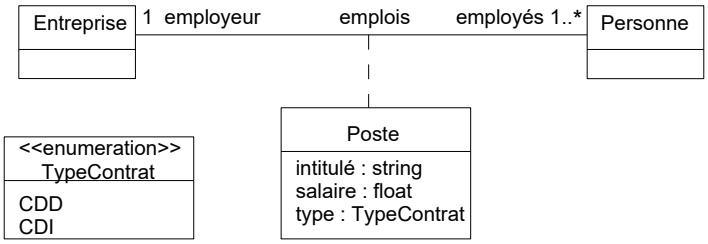
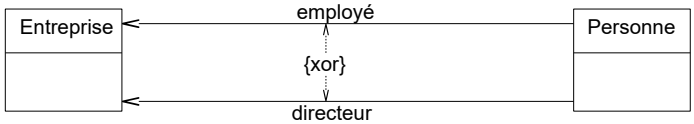


Diagramme de classes

- Contraintes sur les associations (en plus des cardinalités)
  - Relation d'exclusion entre deux associations : soit l'une soit l'autre mais pas les deux à la fois



  - Les éléments d'une association peuvent être ordonnés

  - Une association peut être le sous-ensemble d'une autre

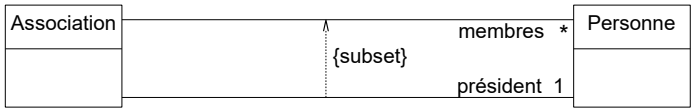
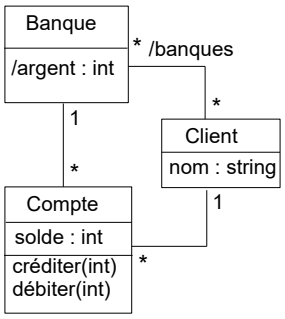


Diagramme de classes



- Eléments dérivés
  - Principalement pour attributs et associations
  - Se déduisent d'autres parties du diagramme
  - Nom de l'élément commence par /
- Exemples
  - L'ensemble des banques dont on est client se déduit de ses comptes bancaires
  - L'argent géré par une banque est la somme des soldes de ses comptes
- Ces éléments dérivés peuvent formellement être définis en OCL

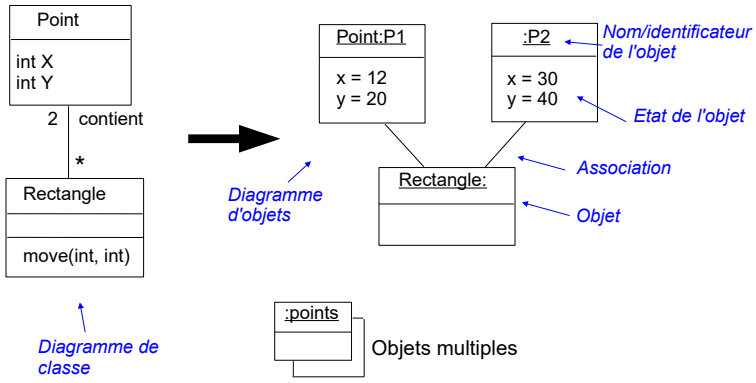
Diagramme de classes

- Contraintes
  - Associations, attributs et généralisations spécifient des contraintes importantes (relations, cardinalités), mais ils ne permettent pas de définir toutes les contraintes
- UML permet d'ajouter des contraintes sur des éléments (classe, attribut, association, ...)
  - Soit des prédéfinies
    - Exemple : `{ordered}` et `{xor}` pour les associations
  - Soit des spécifiques définies par le concepteur
    - Pas de syntaxe précise préconisée, uniquement l'utilisation de `{ ... }`
    - En pratique, pour être précis, on exprimera ces contraintes en OCL
    - Exemple de contrainte explicite : on indique qu'un client individuel n'a pas de droit de crédit

Diagramme d'objets

- Objet = instance d'une classe
- Diagramme d'objets : ensemble d'objets respectant les contraintes du diagramme de classe
  - Respect des cardinalités
  - Chaque attribut d'une classe a une valeur affectée dans chaque instance de cette classe
- Diagramme de classes = définition d'un cas général
- Diagramme d'objets = définition d'un cas particulier de ce cas général

Diagramme d'objets



identificateur de l'objet : NomClasse :NomObjet

Lien avec langage de programmation

- Exemple pour les diagrammes du transparent précédent, en Java

```
public class Point {
  protected int X, Y;

  public Point(int abs,int ord) {
    X = abs;  Y = ord;   }
 ...
}
```

```
public class Rectangle {
  protected Point P1, P2;

  public Rectangle(Point point1, point2) {
    P1 = point1;  P2 = point2; }
  ....
}
```

```
...
Point p1 = new Point(12,20);
Rectangle rect = new Rectangle(p1, new Point(30,40));
...
```

- Retrouve même relations entre classes et instances au niveau des langages objets
- Attention
  - Encore une fois, diagrammes de classes/objet peuvent être de tout niveau (métier, conception, ...), pas que de la spécification de code

Diagramme de composants

- Composant
  - Elément spécifiant ses interactions avec l'extérieur via la définition de ses interfaces fournies et requises
    - On connecte une interface requise d'un composant à l'interface fournie compatible d'un autre composant : assemblage
  - Composant composite
    - Composant peut être formé de composants internes assemblés par leurs interfaces
    - Composition hiérarchique de composants
  - Port
    - Point d'interaction du composant
    - Associé à une interface d'opérations (en mode requis ou fourni)
  - Connecteur
    - De délégation : lie un port du composite à un port d'un de ses éléments
    - D'assemblage : lie une interface d'un élément interne avec celle d'un autre élément interne

Diagramme de composants

- Ensemble de composants connectés entre eux par assemblage ou composition

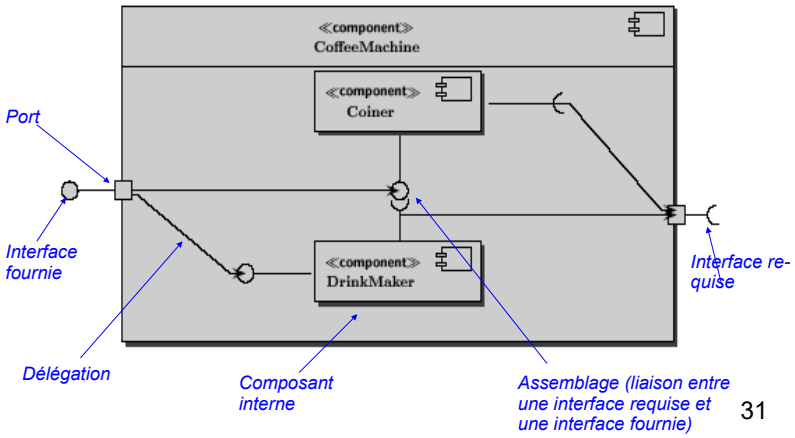
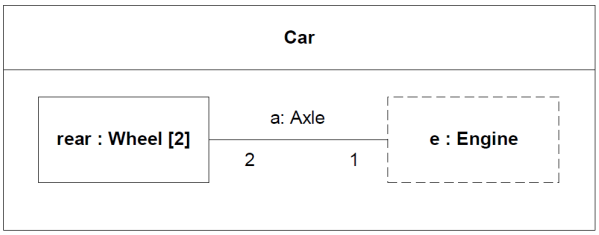


Diagramme de structure composite

- Diagramme conceptuellement assez proche d'un diagramme de composants
  - Définit l'architecture interne d'une classe
    - Les éléments qui la forment (les *parts*)
    - Les interactions entre ces éléments (d'une manière proche des diagrammes de collaboration)



Plan

- Diagrammes fonctionnels
- Diagrammes statiques
- *Diagrammes dynamiques*
  - *D'états*
  - *De séquence*
  - *D'activité*
  - *De communication*
  - *Vue générale d'interaction*
  - *De temps*
- Diagramme d'implémentation

Diagrammes dynamiques

- Définition des aspects dynamiques d'une application, plusieurs points de vue
  - Diagrammes d'états
    - Description du comportement d'un objet ou de l'opération d'un objet
    - Extension des diagrammes de Harel
  - Diagrammes d'activité : diagrammes de flot de données
  - Définition des interactions entre des objets
    - Description de la coopération d'un ensemble d'objets
    - 2 types de diagrammes d'interaction
      - Diagrammes de séquence : mise en avant de l'évolution et de l'enchaînement temporel des messages échangés
      - Diagrammes de communication : mise en avant des liens entre les objets et les messages échangés au travers de ces liens

Diagramme d'états

- Diagrammes d'états : comportement interne d'un objet
  - La définition de tous les états possibles d'un objet
  - La définition de tous les changement d'états via des transitions
- Associé à un objet ou à une opération

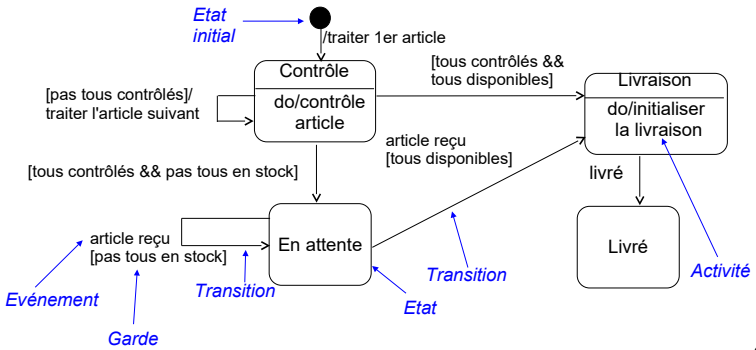


Diagramme d'états

- Diagrammes d'états – syntaxe
  - Syntaxe d'une transition
    - `événement [garde] / action`
    - Chaque partie est optionnelle sauf l'événement
    - La transition est suivie si l'événement a été généré et que la garde est valide
      - Exécute alors l'action avant de rentrer dans l'état ciblé par la transition
    - Attention : pas deux transitions possibles partant d'un même état
  - Syntaxe des activités que l'on peut associer à un état
    - `do / action` : action exécutée dans l'état
    - `entry / action` : action exécutée à l'entrée dans l'état
    - `exit / action` : action exécutée à la sortie de l'état
    - `evt / action` : transition interne pour l'occurrence de l'événement `evt`
- Lien avec l'objet associé au diagramme d'états
  - Les actions peuvent être les méthodes de la classe de l'objet
  - Peut utiliser les attributs de l'objet, par exemple dans les gardes des transitions

Diagramme d'états

- Diagrammes d'états : notion d'état composite
  - Permet de structurer de manière hiérarchique les états et les transitions
  - Exemple d'une commande annulée sans super état

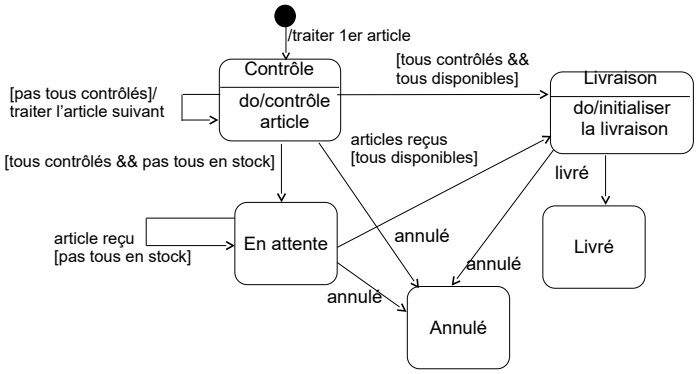


Diagramme d'états

- Diagramme d'états : notion d'état composite
  - Exemple d'une commande annulée avec super état
  - Permet de factoriser la transition associée à l'événement Annuler et de définir 3 états principaux (Actif, Livré, Annulé)

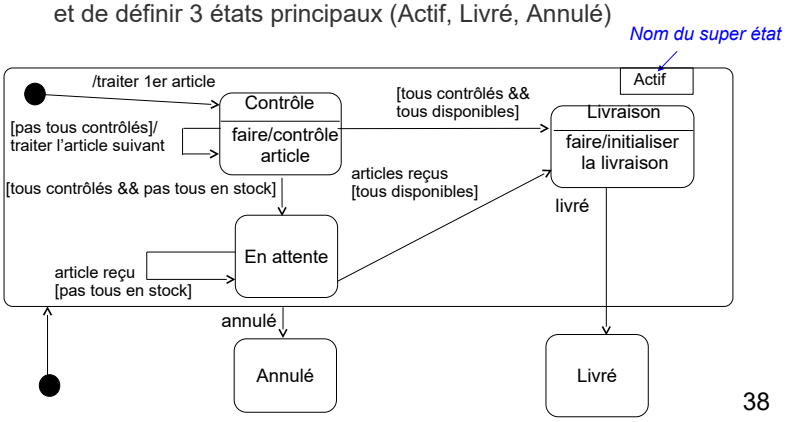


Diagramme d'états

- Diagramme d'états concurrents
  - Plusieurs sous-parties parallèles au sein d'un composite
  - Possibilité d'ajouter des éléments de synchronisation entre les sous-parties

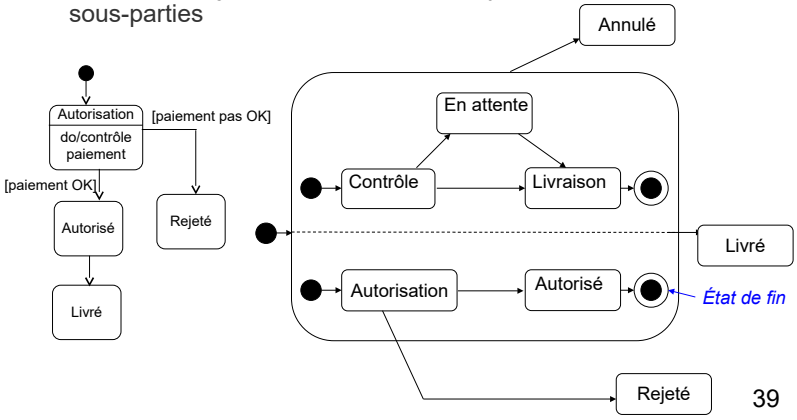
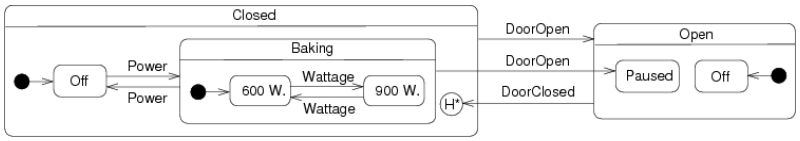


Diagramme d'états

- Etats historiques
  - Dans un état composite, permet de revenir dans l'état interne qui était celui qu'on a quitté en dernier
    - Deep history (H*) : si dernier état est un composite, réactive également son dernier état interne et ainsi de suite jusqu'au bout de la hiérarchie
    - Shallow history (H) : ne réactive que le « premier » niveau (donc si dernier état est un composite, prend son état initial)



  - Exemple
    - Hiérarchie initiale d'états actifs : Closed / Baking / 900W
    - Puis événements DoorOpen et DoorClosed
    - Si deep history (comme sur le diag.) : retrouve Closed / Baking / 900W
    - Si shallow history : Closed / Baking / 600W

Diagramme d'activités

- Diagrammes d'activités
  - A utiliser
    - Pour analyser un cas d'utilisation
    - Pour comprendre un flot de données traversant plusieurs cas d'utilisation
  - Description des comportements parallèles
    - Modélisation de flot de données (workflow)
    - Dérivé de diagrammes d'événements, de réseaux de Petri, de SDL
  - Inconvénient
    - Lien entre activité et objet pas défini clairement
  - Selon le niveau de modélisation, une activité correspond à
    - Conception : une tâche qui est exécutée soit par un humain ou par un ordinateur
    - Spécification/implémentation : une méthode ou le comportement d'une classe

Diagramme d'activités

- Diagrammes d'activités

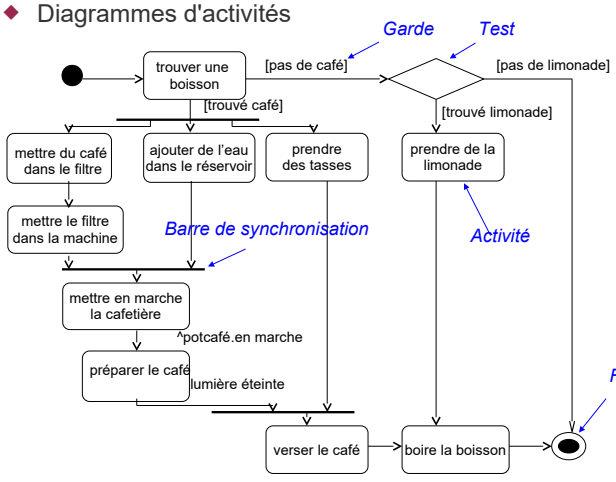


Diagramme d'activités

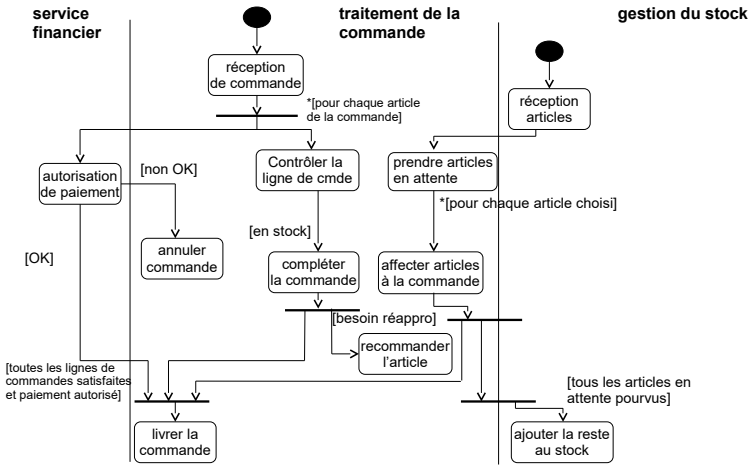


Diagramme de séquence

- Interaction entre objets
  - Chaque objet est représentée par une ligne verticale
  - Temps s'écoule de haut en bas
  - Précision des messages échangés entre les objets
    - Message = appel de méthode
- Permet de spécifier l'ordonnancement temporel des interactions entre les objets
  - Enchaînement / imbrication des appels de méthodes
- Nouveauté UML 2 : ajout de cadres pour définir des boucles, des alternatives ...
  - Mais peut vite devenir assez peu lisible en pratique

Diagramme de séquence

- Diagramme de séquence

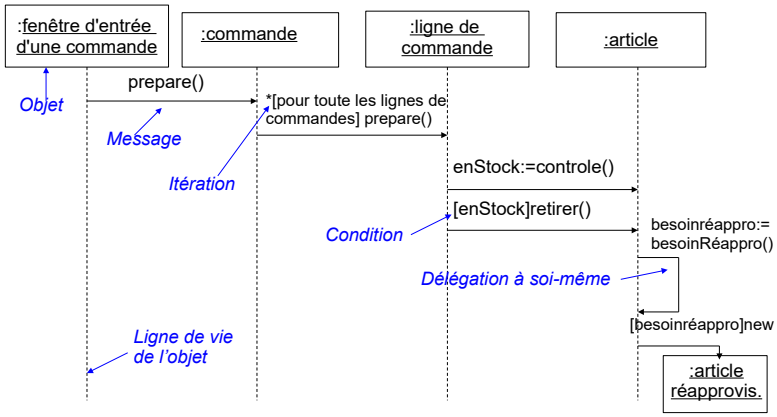


Diagramme de séquence

- Diagramme de séquence (suite)

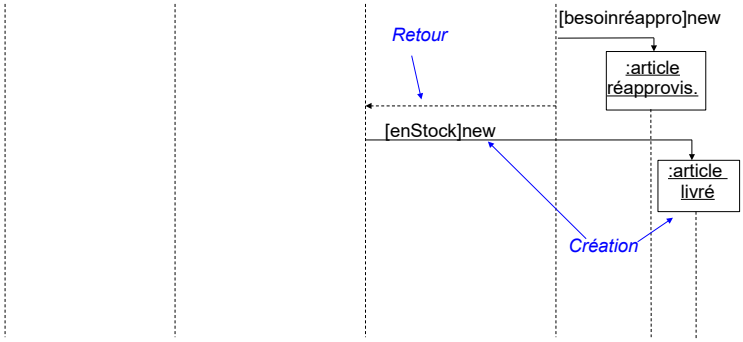


Diagramme de séquence

- Diagrammes de séquence et processus concurrents
  - Précise explicitement quand les objets sont actifs (au sens flot de contrôle d'un processus / thread)

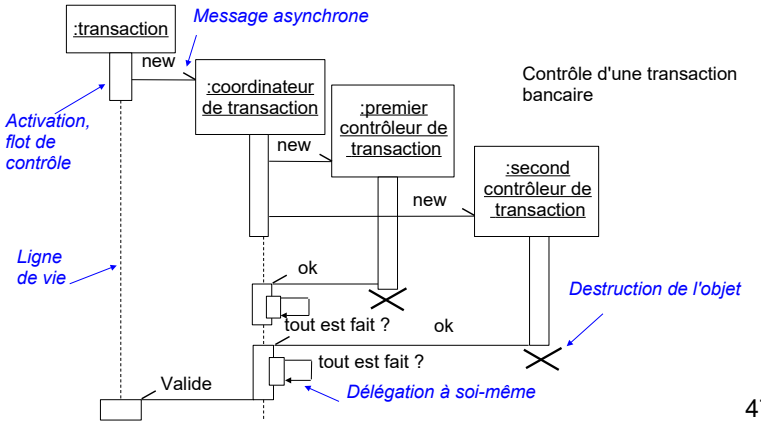


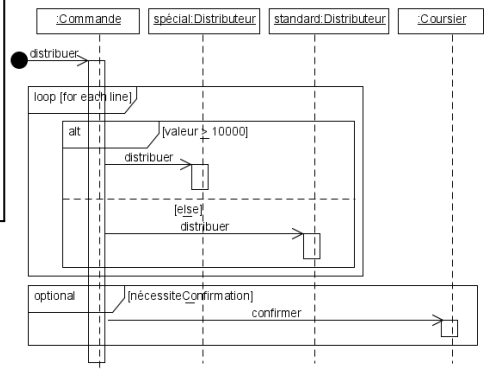
Diagramme de séquence

- Cadre d'interaction
  - Cadre qui englobe une partie du diagramme de séquence (un fragment) pour définir un fonctionnement non séquentiel
- Types de cadres
  - Alt
    - Alternative (if-then-else) entre deux parties selon une garde
  - Loop
    - Boucle
  - Opt
    - Partie optionnelle (if-then) selon une garde
  - Par
    - Deux parties en parallèle
  - Region
    - Partie en exécution mutuelle (processus / thread)

Diagramme de séquence

- Exemple d'utilisation des cadres

```
-- tiré de [Fowler2004]
procedure distribuer
  foreach (ligne)
    if (produit.valeur
                > $10000
      spécial.distribuer
    else
      standard.distribuer
    endif
  end for
  if (nécessiteConfirmation)
    coursier.confirmer
  end procedure
```



Diagrammes de collaboration

- Diagramme d'interaction « équivalent » au diagramme de séquence
  - Met en avant la vue structurelle au lieu de temporelle
- UML 1.X : deux types de diagrammes de collaboration
  - Au niveau classe (spécification)
  - Au niveau instance
- Notion de rôle : un élément a une fonction particulière
- Deux niveaux / étapes
  - Définition du diagramme de collaboration qui représente une interaction
  - L'utilisation d'une collaboration pour montrer l'interaction d'éléments dans un diagramme de classes ou d'objets
    - Ces éléments sont liés à un rôle de la collaboration

Diagramme de communication

- Diagramme de communication
  - Nouveau nom du (des ?) diagramme de collaboration en UML 2
- Du ? Des ?
  - Le diagramme de collaboration au niveau classe semble avoir disparu ...
    - Dans ce cours, ce diagramme là sera tout de même présenté (d'où la conservation du nom « diagramme de collaboration » dans les transparents qui suivent)
  - Diagramme de collaboration au niveau instance = diagramme de communication
  - Diagramme de collaboration au niveau classe = ???
- Diagramme de séquence *vs* collaboration
  - Le diagramme de séquence n'existe qu'au niveau instance
  - Au lieu de supprimer le diagramme de collaboration au niveau classe, il aurait mieux vallu ajouter un diagramme de séquence au niveau classe ...

Diagramme de collaboration (instance)

- Diagramme de collaboration au niveau instance

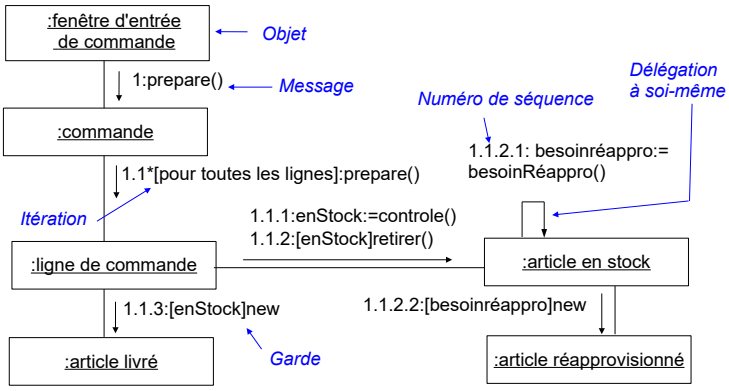


Diagramme de collaboration (classe)

- Diagramme de collaboration au niveau classe

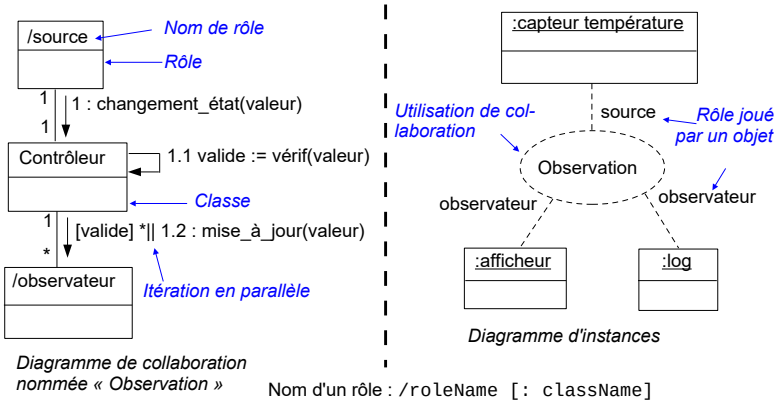


Diagramme de collaboration nommée « Observation »

Diagramme d'instances

Nom d'un rôle : `/roleName [: className]`

Diagramme de collaboration

- Informations portées sur les messages :
  - `[pré "/"] [["["cond"]"] [séq] ["*"["||"]["["iter"]"]] ":"] [r ":="] msg"("[par]")"`
  - `pré` : numéro des messages prédécesseurs
  - `cond` : condition, garde d'envoi du message
  - `séq` : numéro de séquence du message
  - `*` : itération, `||` : en parallèle
  - `iter` : détaille l'itération
  - `r` : stocke la valeur de retour du message
  - `msg` : nom de l'opération à appeler
  - `par` : paramètres de l'opération
- Exemples
  - `[heure = midi] 1 : manger()`
  - `3 / *||[i := 1..5] : fermer()`
  - `1.3, 2.1 / [t < 10s] 2.5 : age := demanderAge(nom)`

Types de messages

- 4 types de messages utilisables dans diagramme de collaboration et de séquence

Appel de procédure, flot de contrôle imbriqué

Flot de contrôle à plat (message généralement asynchrone)

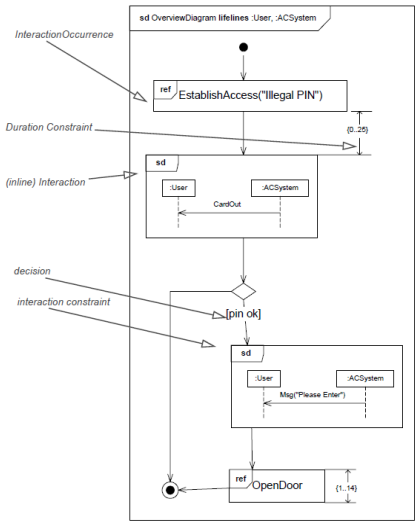
Message asynchrone

Retour d'appel de procédure

Diagrammes dynamiques – conclusion

- Diagrammes d'interaction (séquence ou collaboration)
  - Pour comprendre la coopération entre les objets
- Diagrammes d'états
  - Pour comprendre le comportement interne d'un objet
- Diagrammes d'activités
  - Pour analyser un cas d'utilisation
  - Pour comprendre un flot de données traversant plusieurs cas d'utilisation
  - Pour comprendre les applications multi-activités

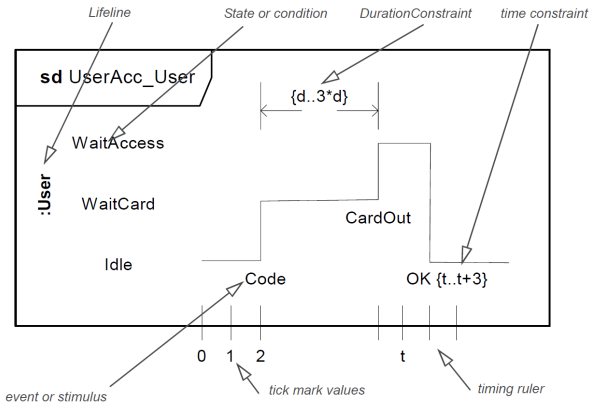
Diagramme de vue globale d'interaction



- Sorte de « mélange » d'un diagramme de séquence et d'un diagramme d'activité

Diagramme de temps

- Evolution de l'état du système selon un point de vue principalement temporel



Plan

- Diagrammes fonctionnels
- Diagrammes statiques
- Diagrammes dynamiques
- *Diagrammes d'implémentation*
  - *De paquetages*
  - *De déploiement*

Diagrammes d'implémentation

- Mise en place de l'application sur un environnement
- Diagramme de paquetages
  - Description de l'organisation du code des applications
  - Utile au programmeur
- Diagramme de déploiement
  - Description du déploiement sur un réseau
  - Aspects liés à la topologie, à l'intégration des systèmes et aux communications

Diagramme de paquetages

- Regrouper les classes dans des “packages”
- Disposer d'heuristiques pour regrouper les classes
  - Heuristique la plus utilisée : la dépendance entre les classes
  - Une dépendance existe entre 2 éléments si le changement de définition d'un élément peut modifier un changement dans l'autre élément
  - Dépendances entre classes
    - Envoi d'un message (appel de méthode)
    - Une classe fait partie des données d'une autre classe
    - Une classe mentionne une autre classe comme un paramètre d'une opération
  - Idéalement, seules les modifications de l'interface de la classe affectent les autres classes

Diagramme de paquetages

- Exemple de diagramme de paquetages
  - Note : les classes contenues dans les packages ne sont pas représentées ici

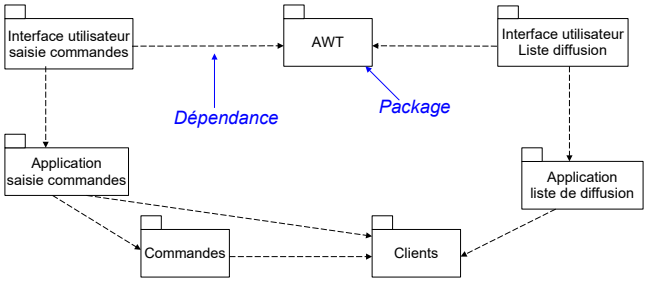
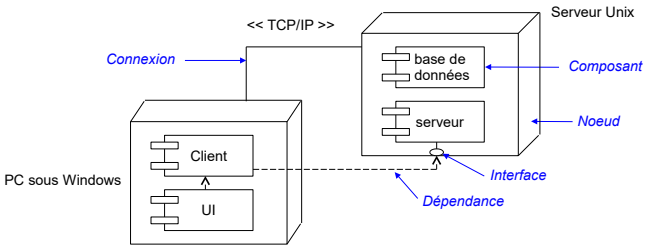


Diagramme de déploiement

- Diagramme de déploiement
  - Relation entre le logiciel et le matériel
  - Placement des composants et objets dans le système réparti
    - Noeud = unité informatique (périphérique, capteur, mainframe, PC,...)
    - Connexion
    - Composant = module physique de code



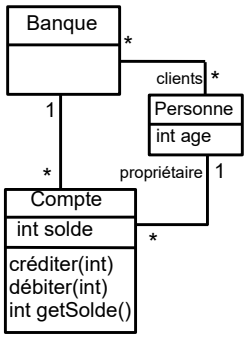
Diagrammes UML insuffisants

- Pour spécifier complètement une application
  - Diagrammes UML seuls sont généralement insuffisants
  - Nécessité de rajouter des contraintes
- Comment exprimer ces contraintes ?
  - Langue naturelle mais manque de précision, compréhension pouvant être ambiguë
  - Langage formel avec sémantique précise : par exemple OCL
- OCL : Object Constraint Language
  - Langage de contraintes orienté-objet
  - Langage formel (mais « simple » à utiliser) avec une syntaxe, une grammaire, une sémantique (manipulable par un outil)
  - S'applique entre autres sur les diagrammes UML

Exemple d'application

- Application bancaire
  - Des comptes bancaires
  - Des clients
  - Des banques
- Spécification
  - Un compte doit avoir un solde toujours positif
  - Un client peut posséder plusieurs comptes
  - Un client peut être client de plusieurs banques
  - Un client d'une banque possède au moins un compte dans cette banque
  - Une banque gère plusieurs comptes
  - Une banque possède plusieurs clients

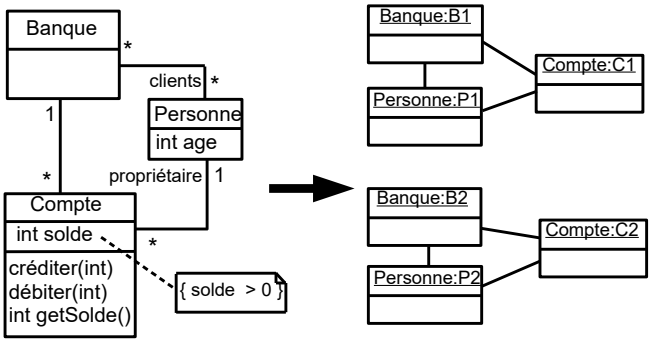
Diagramme de classe



Manque de précision

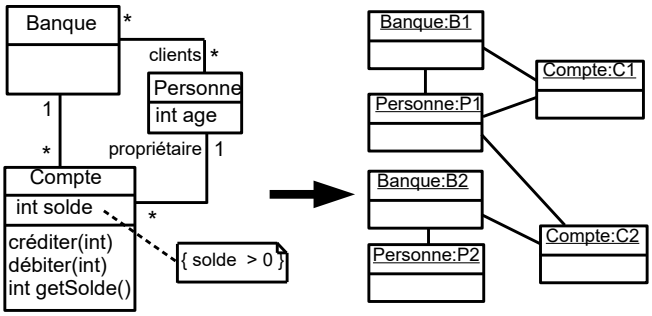
- Le diagramme de classe ne permet pas d'exprimer tout ce qui est défini dans la spécification informelle
- Exemple
  - Le solde d'un compte doit toujours être positif : ajout d'une contrainte sur cet attribut
- Le diagramme de classe permet-il de détailler toutes les contraintes sur les relations entre les classes ?

Diagramme d'instances



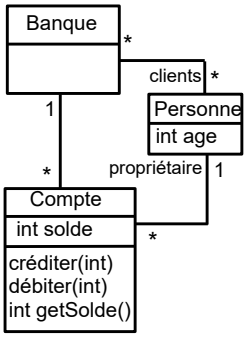
- Diagramme d'instances valide vis-à-vis du diagramme de classe et de la spécification attendue

Diagramme d'instances



- Diagramme d'instances valide vis-à-vis du diagramme de classe mais ne respecte pas la spécification attendue
  - Une personne a un compte dans une banque où elle n'est pas cliente
  - Une personne est cliente d'une banque mais sans y avoir de compte

Exemple d'OCL sur l'application bancaire



context Compte

inv: solde > 0

context Compte::débiter(somme : Integer)

pre: somme > 0

post: solde = solde@pre - somme

context Compte

inv: banque.clients -> includes (propriétaire)

- On rajoute les invariants et les pré/post-conditions spécifiant les contraintes non exprimables par le diagramme de classe seul

Utilisation d'OCL dans le cadre d'UML

- OCL peut s'appliquer sur la plupart des diagrammes UML
- Il sert, entre autres, à spécifier des
  - Invariants sur des classes
  - Pré et postconditions sur des opérations
  - Gardes sur transitions de diagrammes d'états ou de messages de diagrammes de séquence/collaboration
  - Des ensembles d'objets destinataires pour un envoi de message
  - Des attributs dérivés
  - Des stéréotypes
  - ...

Conclusion sur UML

- Avantages d'UML
  - Consensus autour de l'utilisation d'UML : standard de fait dans l'industrie
  - Notation avec une syntaxe très riche, tout en restant intuitive
  - Intégration dans des ateliers de génie logiciel avec production de squelettes de codes et autres transformations automatiques des modèles
  - Langage de contraintes OCL pour spécifications précises à utiliser en complément
- Inconvénients d'UML
  - Notation majoritairement graphique pouvant se révéler insuffisante ou trop chargée d'un point de vue expressivité
  - Sémantique floue ou mal définie pour certains types de diagrammes
  - Lien parfois difficile entre les vues et diagrammes d'une même application