UNIVERSITÉ DE RENNES 1

ESIR ECOLE SUPERIEURE D'INGENIEURS DE RENNES

Méthodes de conception et de validation de logiciel (DUGL)

Mathieu Acher

http://www.mathieuacher.com

Associate Professor

University of Rennes 1

UMR IRISA

informatics mathematics Inria

Objectifs

- Méthodes de conception et de validation de logiciel
  - En fait: génie logiciel / software engineering
  - Comment développer des systèmes logiciels de plus en plus complexe?
- #1 Prendre conscience de la complexité des systèmes logiciels actuels et à venir
  - Les enjeux et l'impact sur le métier
- **#2 Modélisation**
  - **UML, SysML**
- #3 Design patterns, refactoring, test
  - OO avancé
- #4 Méthodes

Outline

Outline

Méthodes de modélisation

- L'apparition du paradigme objet à permis la naissance de plusieurs méthodes de modélisation
  - OMT, OOSE, OOD, Fusion, …
- Chacune de ces méthodes fournie une notation graphique et des règles pour élaborer les modèles
- Certaines méthodes sont outillées

Méthodes de modélisation

- Entre 89 et 94 : le nombre de méthodes orientées objet est passé de 10 à plus de 50
- Toutes les méthodes avaient pourtant d'énormes points communs (objets, méthode, paramètres, …)
- Au milieu des années 90, G. Booch, I. Jacobson et J. Rumbaugh ont chacun commencé à adopter les idées des autres. Les 3 auteurs ont souhaité créer un langage de modélisation unifié

Méthodes de modélisation

- OMT de James Rumbaugh (*General Electric*)

  fournit une représentation graphique des aspects statique, dynamique et fonctionnel d'un système ;

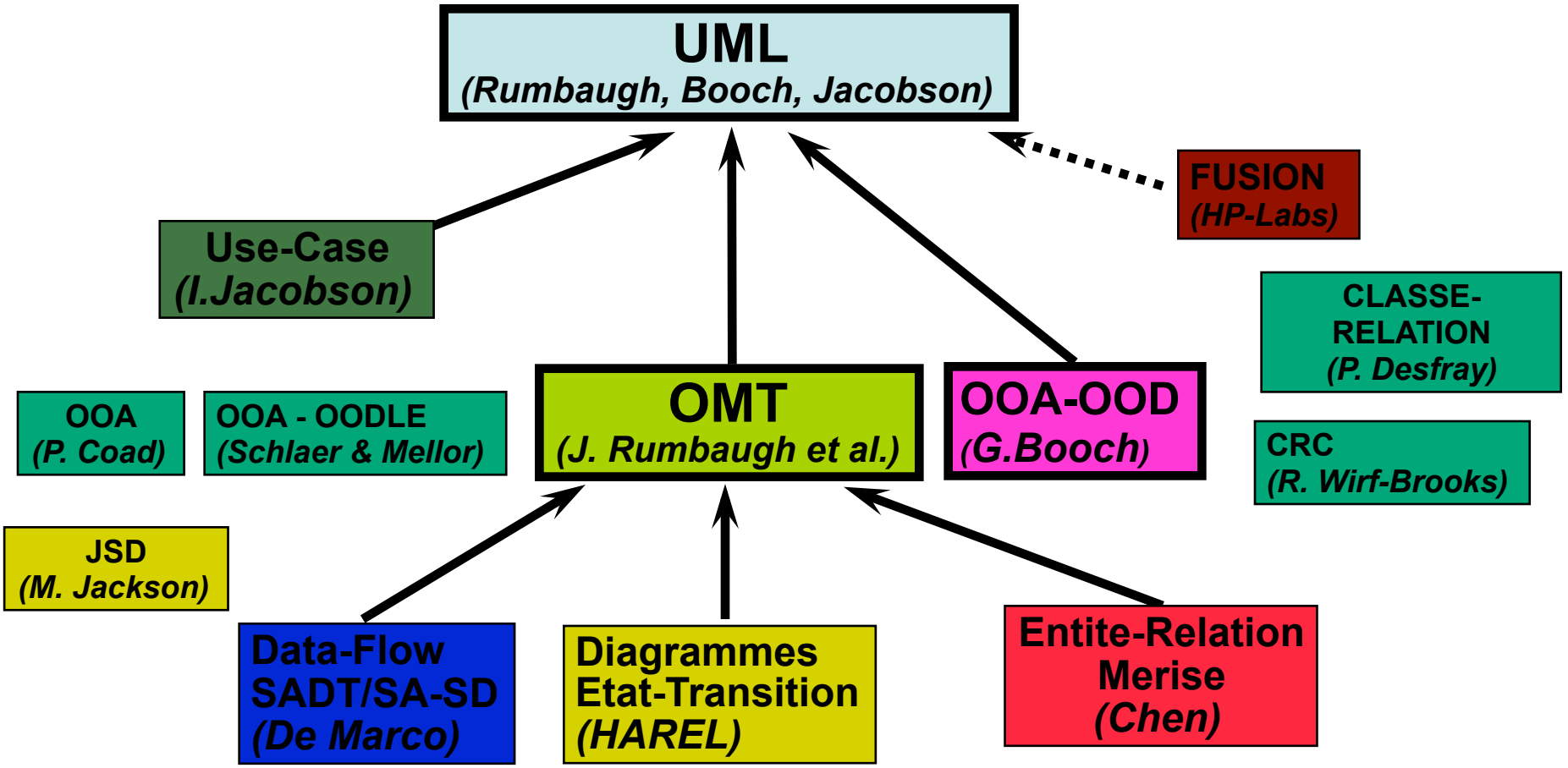
- OOD de Grady Booch

  définie pour le *Department of Defense*, introduit le concept de paquetage (*package*) ;

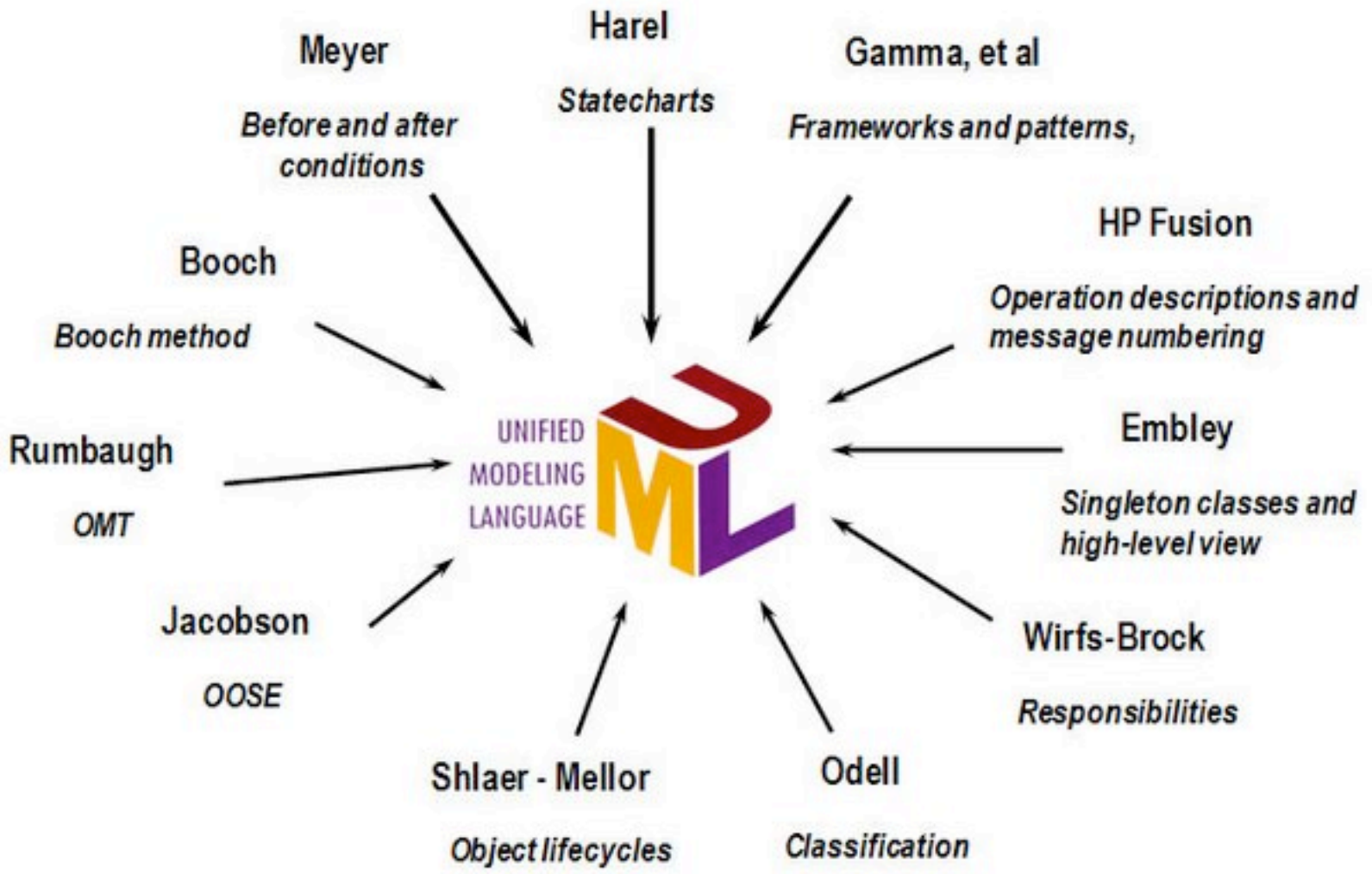
- OOSE d'Ivar Jacobson (Ericsson)

  fonde l'analyse sur la description des besoins des utilisateurs (cas d'utilisation, ou *use cases*).

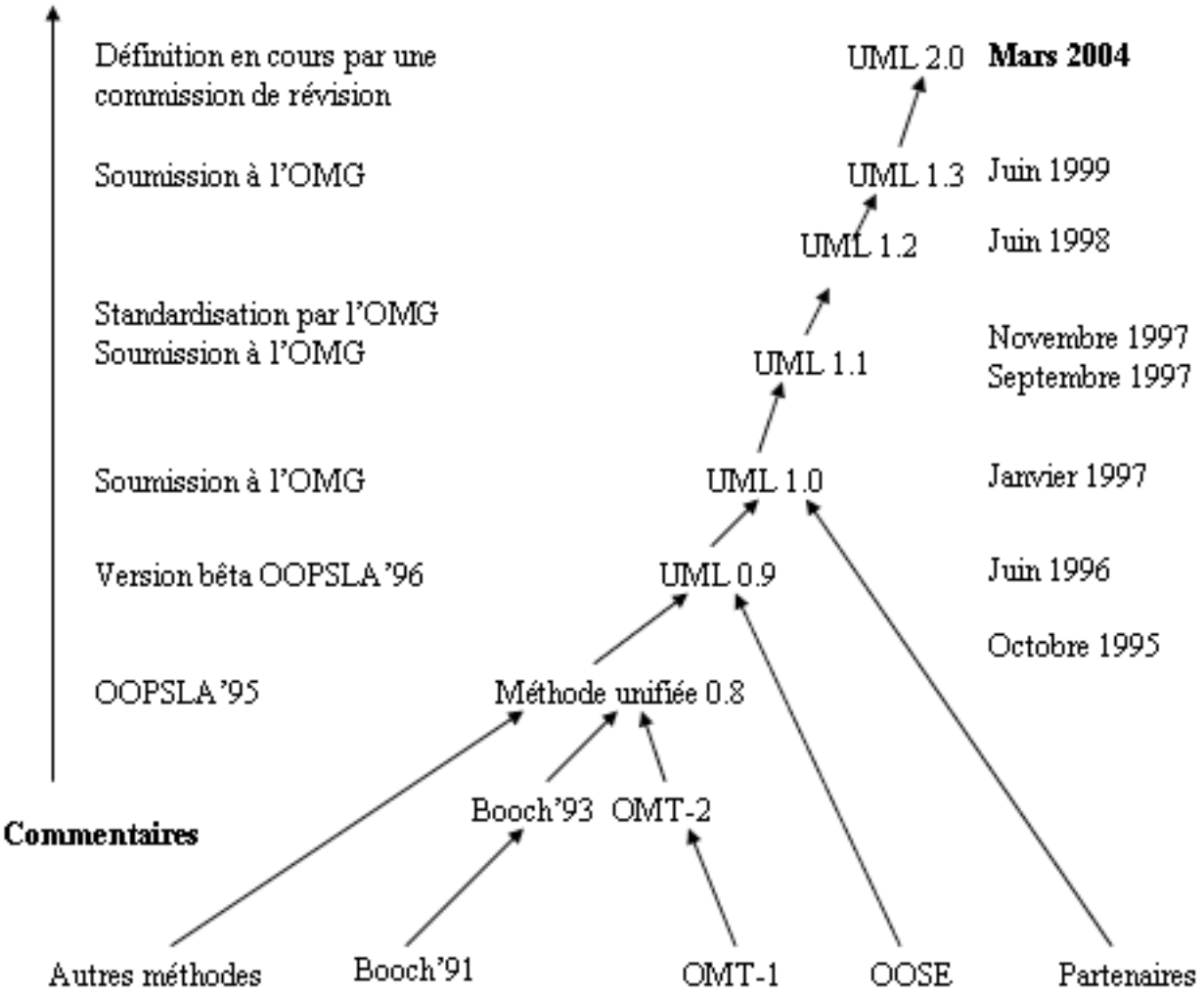
Genealogy of UML



Genealogy of UML



UML History


Définition en cours par une commission de révision
UML 2.0
Mars 2004
Soumission à l'OMG
UML 1.3
Juin 1999
UML 1.2
Juin 1998
Standardisation par l'OMG
Soumission à l'OMG
UML 1.1
Novembre 1997
Septembre 1997
Soumission à l'OMG
UML 1.0
Janvier 1997
Version bêta OOPSLA'96
UML 0.9
Juin 1996
Octobre 1995
OOPSLA'95
Méthode unifiée 0.8
Booch'93
OMT-2
Commentaires
Autres méthodes
Booch'91
OMT-1
OOSE
Partenaires

Aujourd'hui

- UML est le langage de modélisation orienté objet le plus connu et le plus utilisé au monde
- UML s'applique à plusieurs domaines
  - OO, RT, Deployment, Requirement, …
- UML n'est pas une méthode
  - RUP
- Peu d'utilisateurs connaissent le standard, ils ont une vision outillée d'UML (vision utilisateur)
  - 5% forte compréhension, 45% faible compréhension, 50% aucune compréhension
- UML est fortement critiqué car pas assez formel
- Le marché UML est important et s'accroît
  - MDA et MDD, UML2.x, IBM a racheté Rational !!!

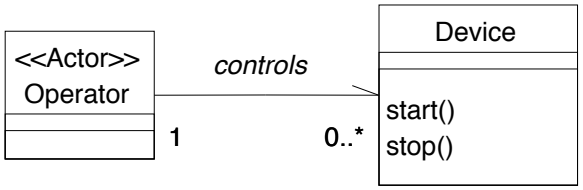
UML Today

- Official website: http://www.uml.org
- Official specifications: http://www.omg.org/spec/UML

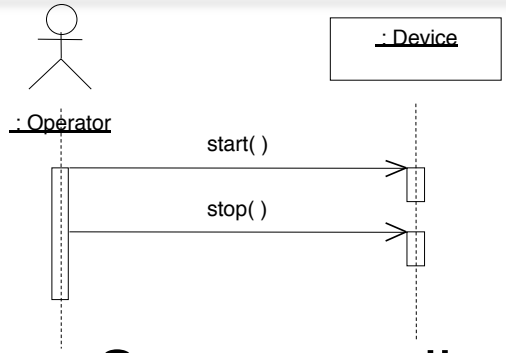
Current version: v2.4.1, August 2011

UML: one model,

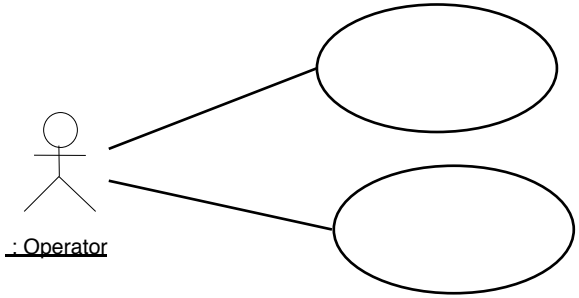
4 main dimensions, multiple views



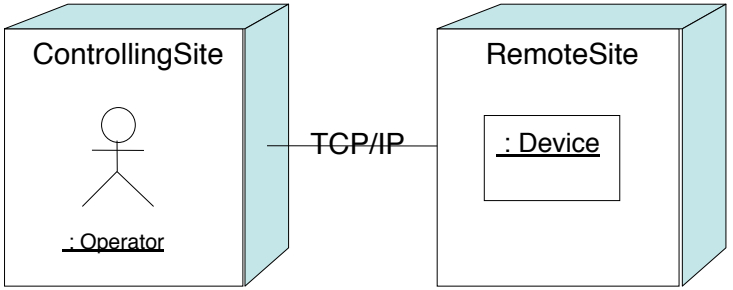
e.g., Class diagram



e.g., Sequence diagram



e.g., UseCase diagram

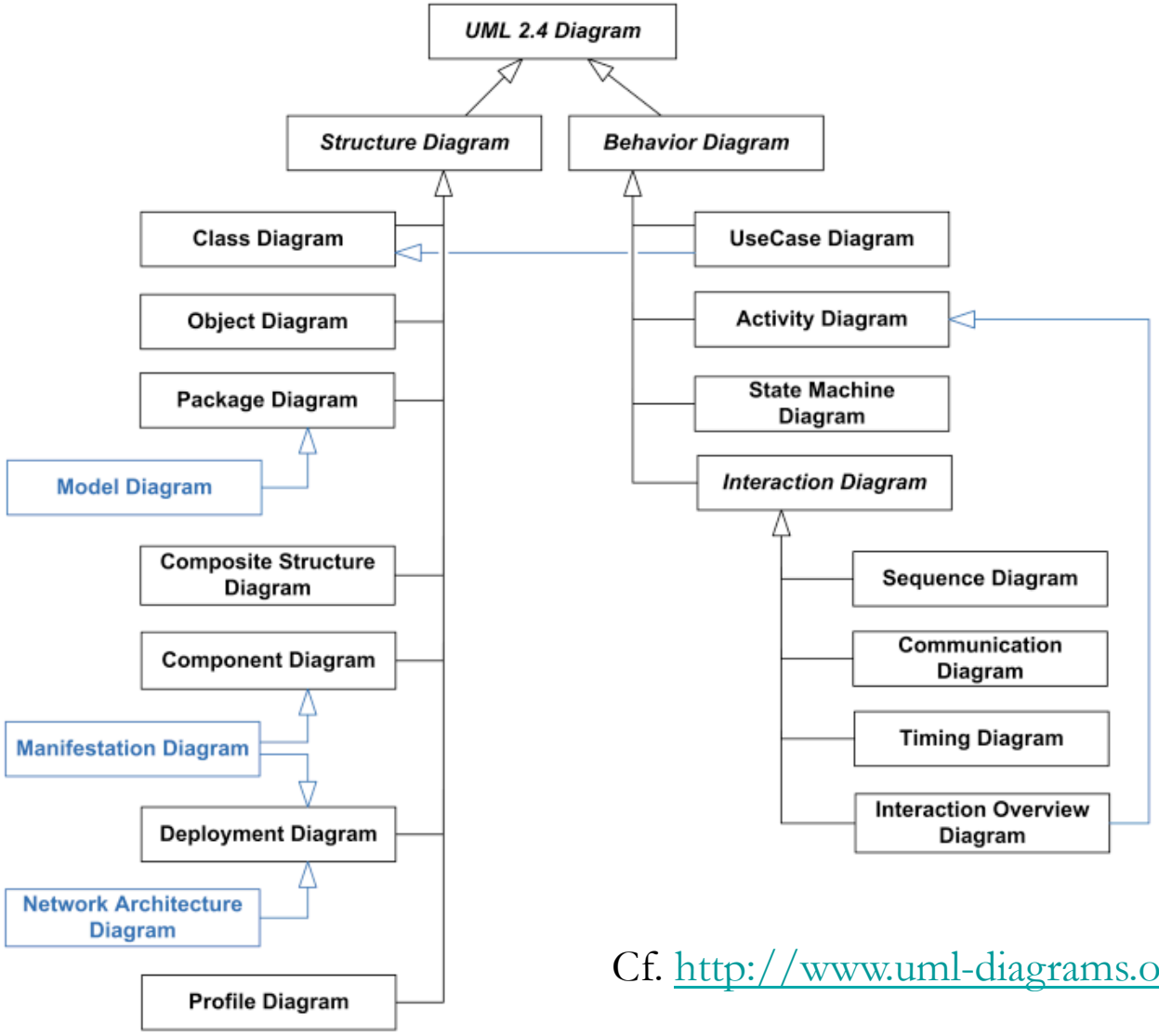


e.g., Implementation diagram

The X diagrams of UML

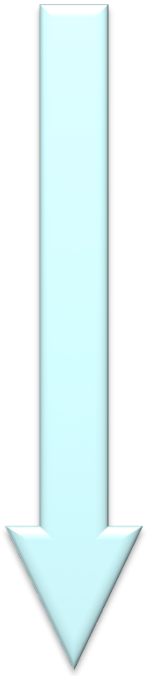
- Modeling along 4 main viewpoints:
  - Static Aspect *(Who?)*
    - Describes objects and their relationships (Class, Object and Composite Structure Diagrams)
    - Structuring with packages (Package Diagram)
  - User view *(What?)*
    - Use cases Diagram
  - Dynamic Aspects *(When?)*
    - Interaction Diagrams
      - Sequence Diagram (scenario)
      - Communication Diagram (between objects)
      - Timing Diagram
    - State Machine Diagram (from Harel)
    - Activity Diagram
  - Implementation Aspects *(Where?)*
    - Component and Deployment Diagrams

UML 2.4 Overview



Cf. http://www.uml-diagrams.org

UML : pourquoi ?



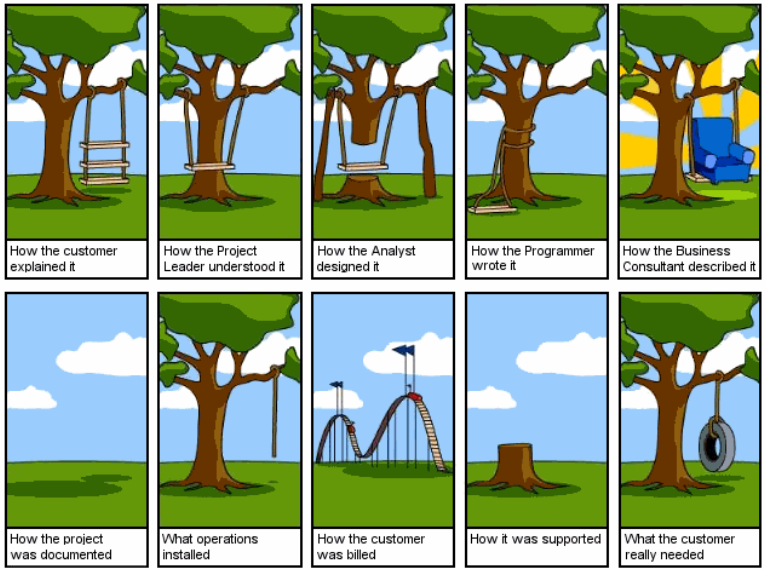
- Réfléchir
- Définir la structure « gros grain »
- Documenter
- Guider le développement
- Développer, Tester, Auditer

Un peu de méthodologie...

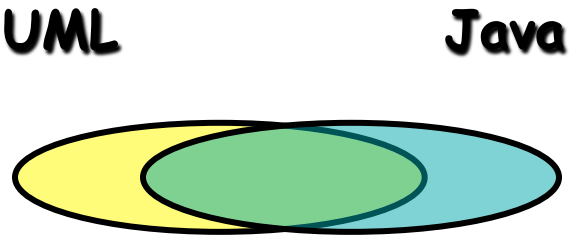
- Une méthode de développement de logiciels, c'est :
  - Une notation
    - La syntaxe --- (semi-) graphique dans le cas de UML
  - Un méta-modèle
    - La sémantique --- paramétrable dans UML *(stéréotypes)*
  - Un processus
    - Détails dépendants du domaine d'activité :
      - Informatique de gestion
      - Systèmes réactifs temps-réels
      - *Shrink-wrap* software (PC)

Processus de développement avec UML

- Approche itérative, incrémentale, dirigée par les cas d'utilisation
  - Expression des besoins
  - Analyse
    - Elaboration d'un modèle « idéal »
  - Conception
    - passage du modèle idéal au monde réel
  - Réalisation et Validation



UML et Java ?



- UML Vers Java : Génération de code
- Java Vers UML : Rétro-ingéniérie

- UML n'est pas une syntaxe graphique pour Java !

- Traduction (très) incomplète
- Pas de traduction standardisée
- Dépend du métier, des outils disponibles, ...
- Des outils industriels disponibles
- Des recherches en cours ...

... vers une capitalisation du savoir-faire

UML et Java : vision globale

- MODELES STATIQUES
  - Traduction des diagrammes de classes
  - Classes, Associations, Généralisation
  - Propriétés dérivées, Invariants
- MODELES DYNAMIQUES
  - Traduction de pré/post conditions
  - Traduction de diagrammes d'états / d'activités
  - Traduction du langage d'actions (UML exécutable)

... traduction souvent incomplète mais très utile

Outline

Outline

Expression des besoins

- Sujet longtemps négligé (*e.g.*, OMT)
- Question de l'expression des besoins pourtant fondamentale
  - Et souvent pas si facile *(cible mouvante)*
    - *cf. syndrome de la balançoire*
- Object-Oriented Software Engineering (Ivar Jacobson *et al.*)
  - Principal apport : la technique des acteurs et des cas d'utilisation
  - Cette technique est intégrée a UML

Quatre objectifs

❶ Se comprendre

❷ Représenter le système

❸ Exprimer le service rendu

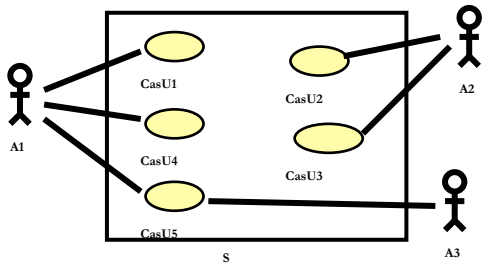
❹ Décrire la manière dont le système est perçu

Functional View

Use Case Diagram

Modèle des cas d'utilisation

- Buts :
  - modéliser le point de vue des **utilisateurs**
  - définir les limites précises du **système**
- Notation très simple, compréhensible par tous, y compris le client
- Permet de structurer :
  - les besoins (cahier des charges)
  - le reste du développement
- Modéle (principalement) pour communiquer

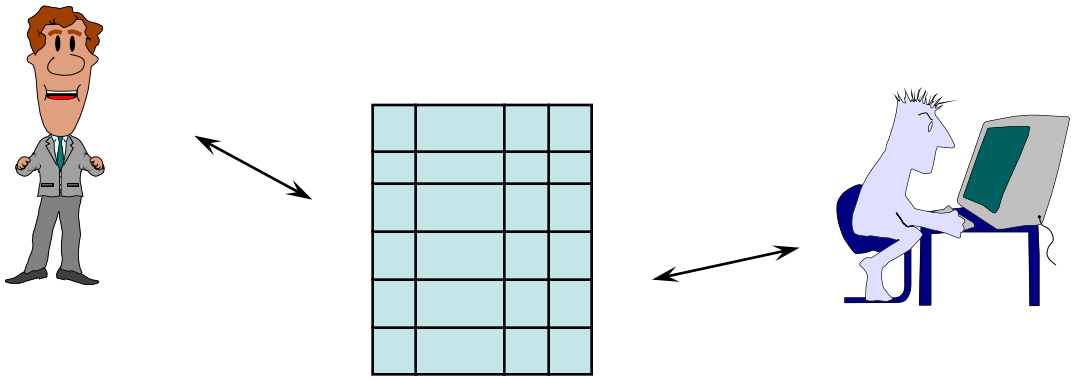


Modèle des cas d'utilisation

- Moyens :
  - Les acteurs UML
  - Les *use-cases* UML
  - Utilisation d'un dictionnaire du domaine

Intérêt du dictionnaire

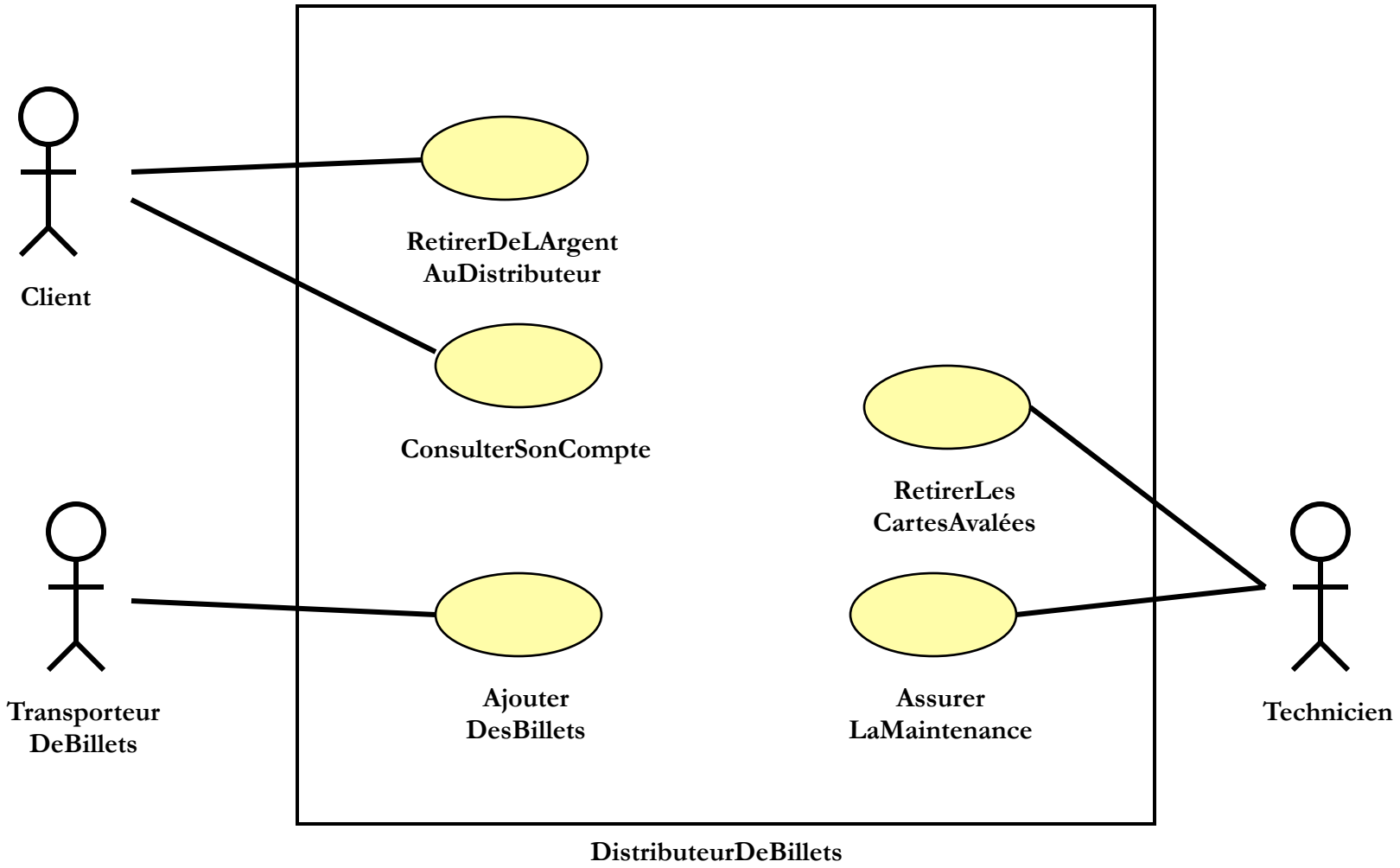
- Outil de dialogue
- Informel, évolutif, simple a réaliser
- Etablir et figer la terminologie
  - Permet de figer la terminologie du domaine d'application.
  - Constitue le point d'entrée et le référentiel initial de l'application ou du système.



Use Case Diagram Example

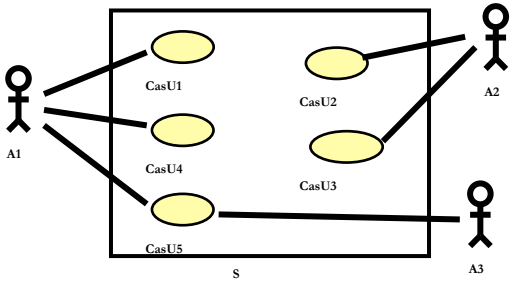
Use Case Diagram Example

Use Case Diagram Example

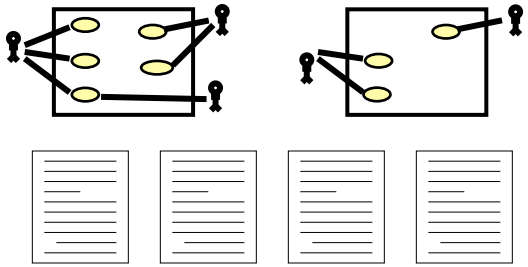


Modèle de cas d'utilisation

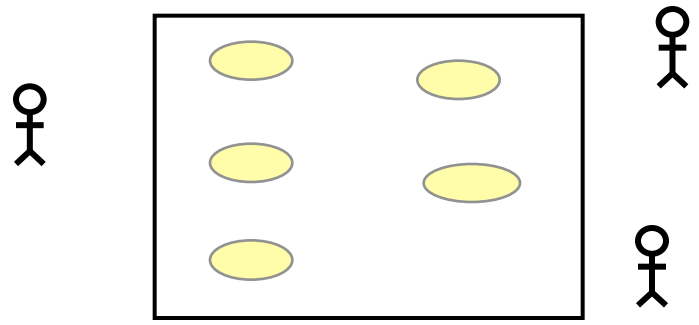
- **Diagramme de cas d'utilisation**



- **Modèle de cas d'utilisation**
  - descriptions textuelles,
  - diagrammes de cas d'utilisation
  - diagrammes de séquences
  - dictionnaire de données
  - …

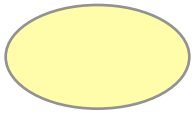


Eléments de base



Acteurs

Cas d'utilisation

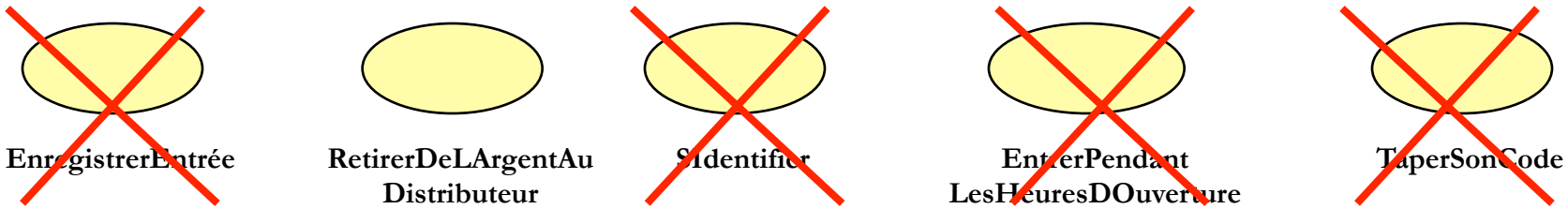


Système

Cas d'utilisation (CU)

- Cas d'utilisation
  - une manière d'utiliser le système
  - une suite d'interactions entre un acteur et le système

- **Correspond à une fonction du système visible par l'acteur**
- **Permet à un acteur d'atteindre un but**
- **Doit être utile en soi**
- **Regroupe un ensemble de scénarii correspondant à un même but**

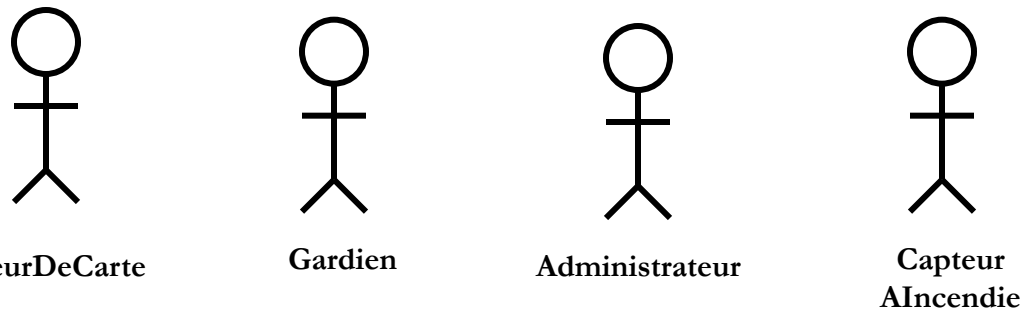


Système

- Le système est
  - modélisé par un ensemble de cas d'utilisation
  - vu comme une **boîte noire**
- Le système contient :
  - les cas d'utilisation,
  - mais pas les acteurs.
- Un modèle de cas d'utilisation permet de définir :
  - les fonctions essentielles du système,
  - les **limites du système**,
  - le système par rapport à son environnement,
  - **délimiter le cadre du projet !**

Acteurs

- Un Acteur =
  - élément *externe*
  - qui *interagit* avec le système (prend des décisions, des initiatives. Il est "actif".)
- *Rôle* qu'un "utilisateur" joue par rapport au système



Acteurs vs. utilisateurs

Ne pas confondre les notions
d'acteur et de personne utilisant le système

- Une même personne peut jouer plusieurs rôles
  ex: Maurice est directeur mais peut jouer le rôle de guichetier
- Plusieurs personnes peuvent jouer un même rôle
  ex: Paul et Pierre sont deux clients
- Un rôle par rapport au système plutôt qu'une position dans l'organisation
  ex: PorteurDeCarte plutôt qu'Enseignant
- Un acteur n'est **pas forcément** un être **humain**
  ex: un distributeur de billet peut être vu comme un acteur

Différents types d'acteurs

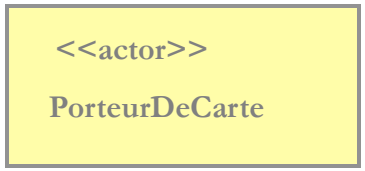
Ne pas oublier d'acteurs :

- Utilisateurs principaux
  ex: client, guichetier
- Utilisateurs secondaires
  ex: contrôleur, directeur, ingénieur système, administrateur...
- Périphériques externes
  ex: un capteur, une horloge externe, ...
- Systèmes externes
  ex: système bancaires

Notation

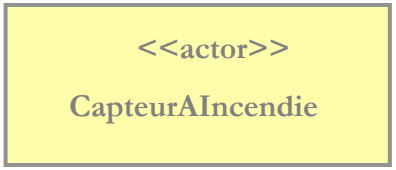
- Notations alternatives pour les acteurs

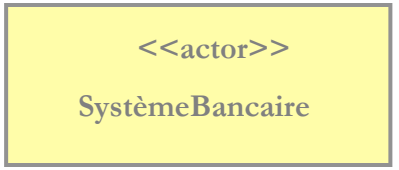
PorteurDeCarte



- Note de style :
  utiliser plutôt le stéréotype **<<actor>>** pour les acteurs non humains

PorteurDeCarte





Un peu de méthodologie…

- Description préliminaire du système
  - **Choisir un identificateur**
    - Baptiser le système, le plus tôt possible
    - Risque d'être référencé dans toute la vie future de l'entreprise
  - **Brève description textuelle** (quelques lignes max.)
- Description préliminaire des acteurs
  - choisir un **identificateur représentatif** de son rôle
  - donner une brève **description textuelle**
- Description préliminaire des cas d'utilisation
  - choisir un **identificateur représentatif**
  - donner une **description textuelle simple**
    - la fonction réalisée doit être comprise de tous
    - préciser ce que fait le système, ce que fait l'acteur
    - pas trop de détails, se concentrer sur le scénario « normal »

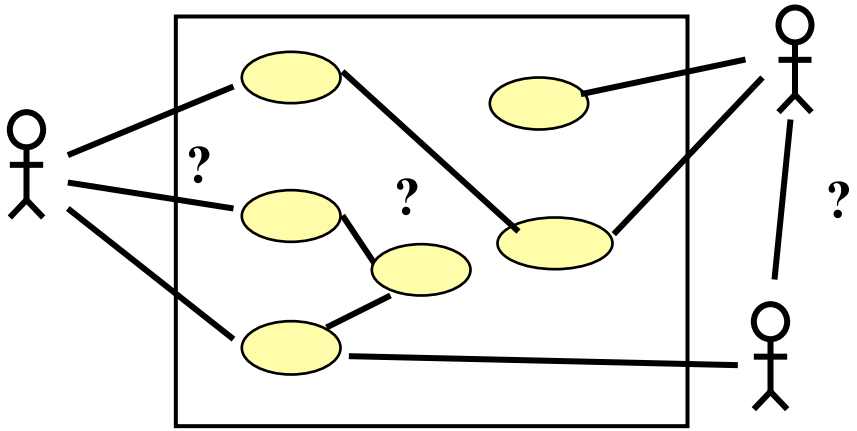
Warning!!

"A common sign of a novice (or academic) use case modeler is a preoccupation with use case diagrams and use case relationships, rather than writing text. ... Use case diagrams and use case relationships are secondary in use case work. Use cases are text documents. Doing use case work means to write text."

[Applying UML and Patterns, Craig Larman]

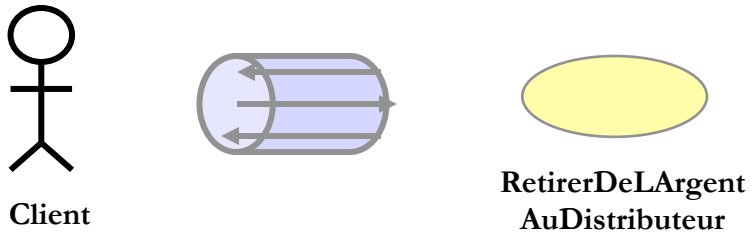
Relations entre les éléments de base

- Relations acteurs ⟷ cas d'utilisation ?
- Relations acteurs ⟷ acteurs ?
- Relations cas d'utilisation ⟷ cas d'utilisation ?

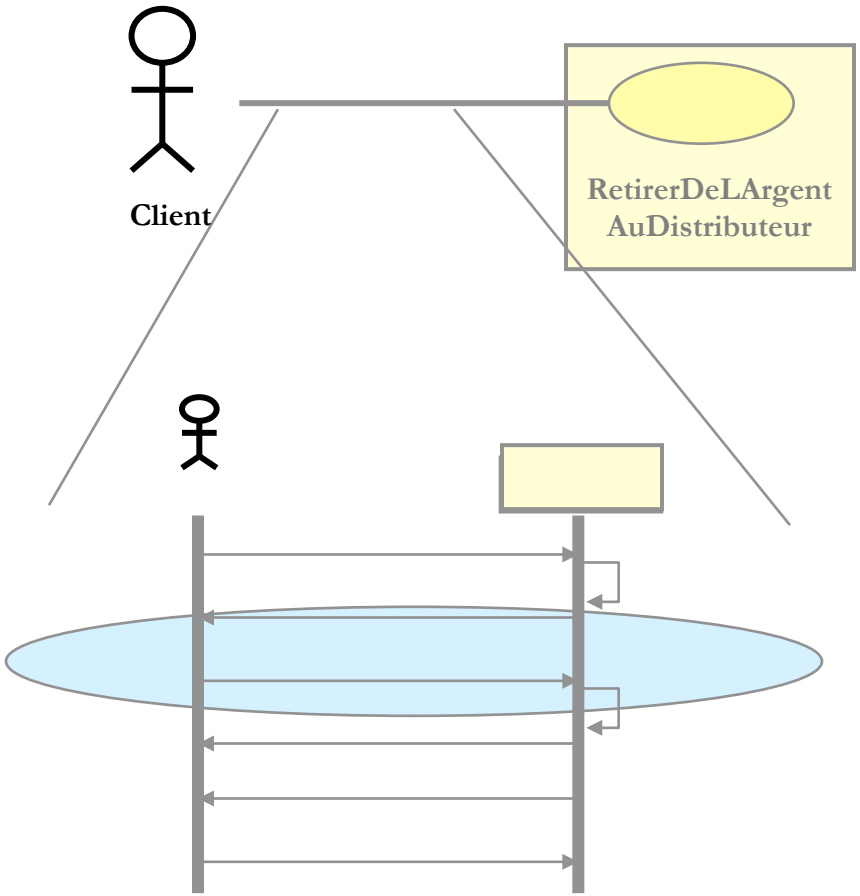


Relation acteur ⟷ cas d'utilisation

- Point de vue besoin: représente la possibilité d'atteindre un but
- Point de vue système: représente un canal de communication
  - Echange de messages, potentiellement dans les deux sens
  - Protocole particulier concernant le cas d'utilisation considéré

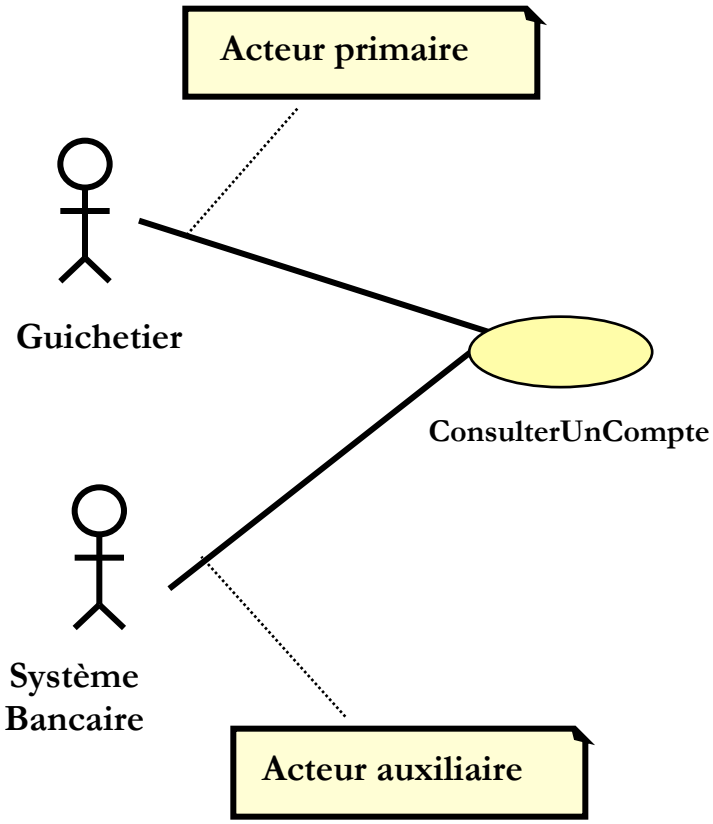


Relation acteur ⟷ cas d'utilisation



- Description via des diagrammes de séquences "systèmes"
- Plus tard dans le cours ...

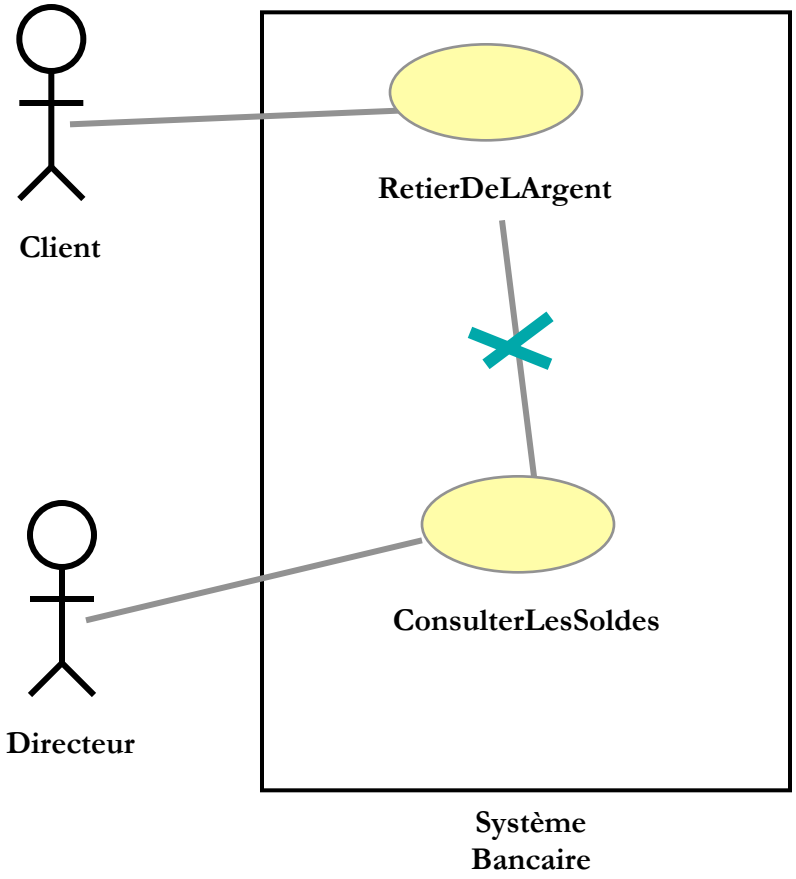
Relation acteur ⟷ cas d'utilisation



- Acteur "primaire »
  - utilise le système comme outil pour réaliser son but
  - initie généralement la communication
- Acteur(s) "auxiliaire(s)"
  - interviennent suite à l'intervention de l'acteur primaire
  - offrent généralement leurs services au système

Relation cas d'utilisation ⟷ cas d'utilisation

- Communications internes non modélisées.
- UML se concentre sur la description du système et de ses interactions avec l'extérieur
- Formalisme bien trop pauvre pour décrire l'intérieur du système. Utiliser les autres modèles UML pour cela.
- Autres relations possibles entre CU (slides suivants)

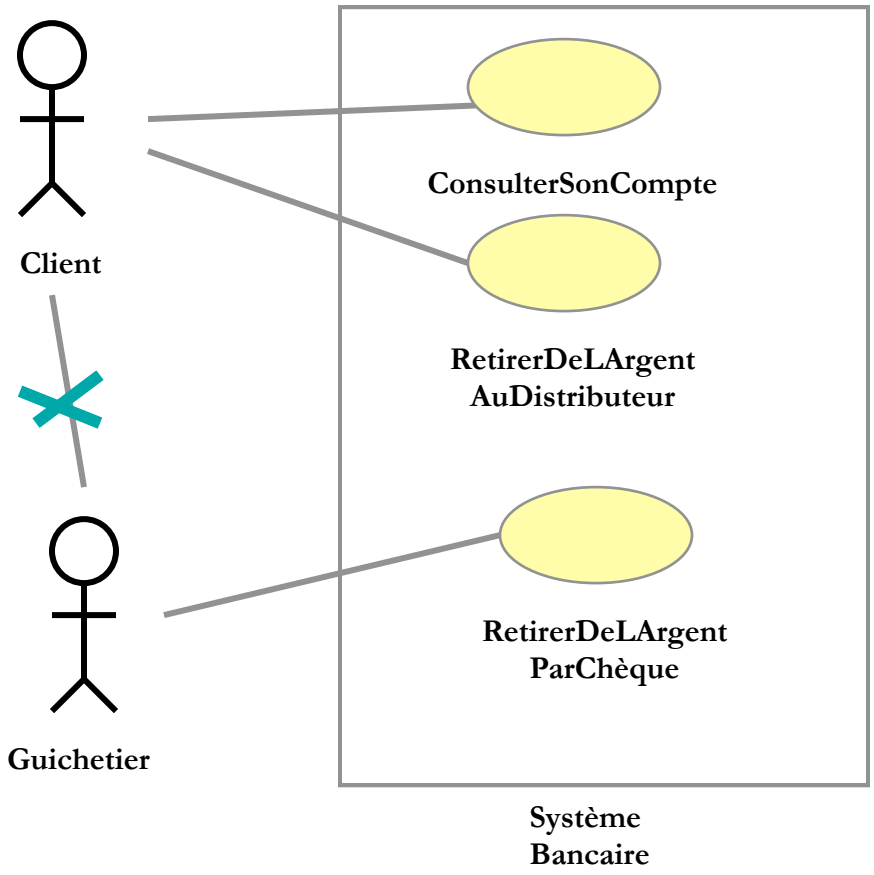


Relation cas d'utilisation ⟷ cas d'utilisation

- Utilisation *(«include» / « uses »)*
  - Utilisation d'autres use-cases pour en préciser la définition
- Extension *(«extend» / « extends »)*
  - Un use-case étendu est une spécialisation du use-case père

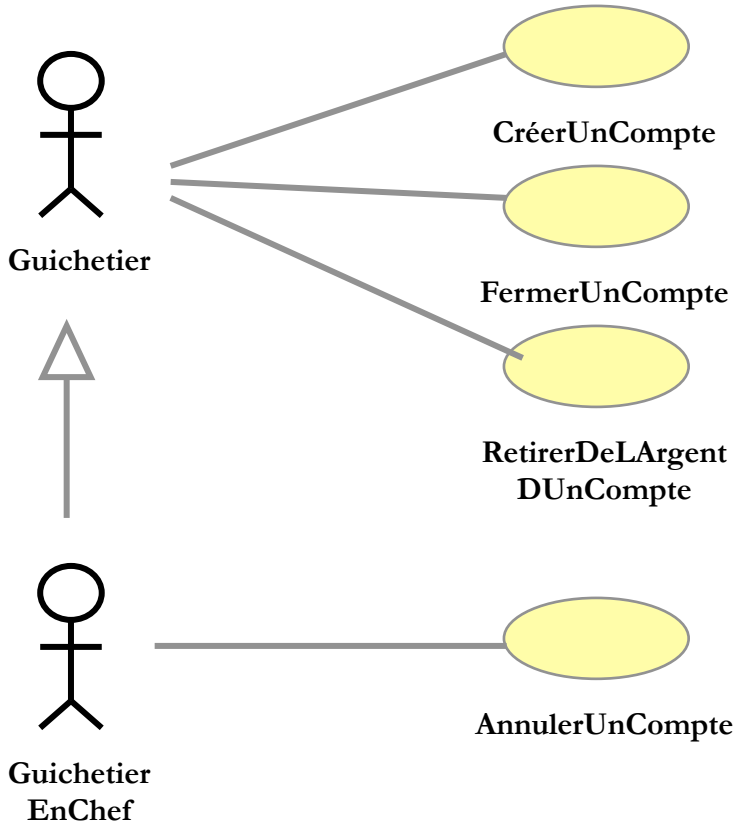
Relation acteur ⟷ acteur

- Communications externes non modélisée
- UML se concentre sur la description du système et de ses interactions avec l'extérieur

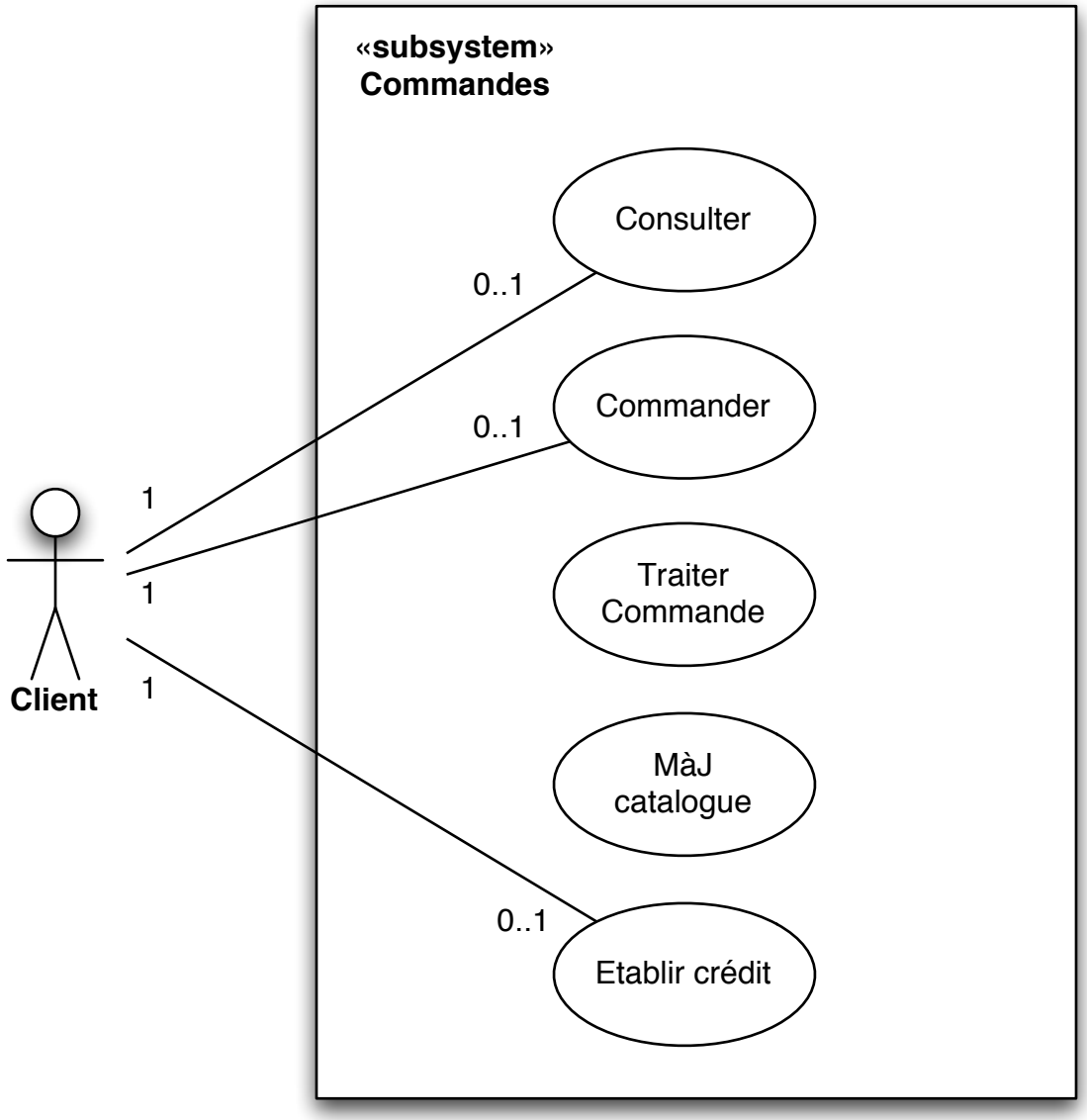


Relation acteur ⟷ acteur : généralisation

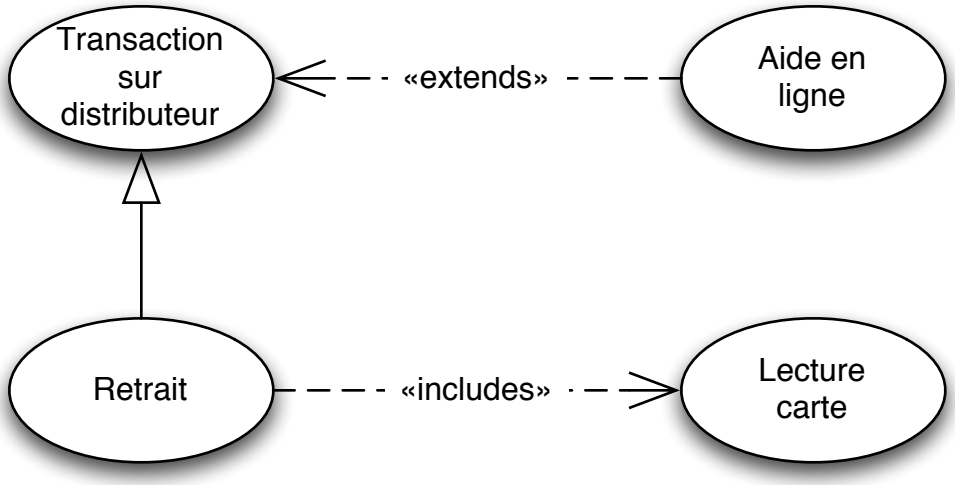
- La seule relation entre acteurs est la relation de généralisation



Notation en résumé



Notation en résumé



Problèmes de la granularité

- A quel niveau décrire les cas d'utilisation ?
- Bonne question ... mais pas de réponse

- Trop haut
  - trop loin du système
  - trop abstrait et "flou"
  - trop complexe à décrire

- Trop bas
  - trop de cas d'utilisation
  - trop près de l'interface
  - trop loin des besoins métiers

- Conclusion: choisir le "bon" niveau …

Problèmes de la granularité

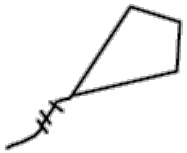
- Tous les cas d'utilisations n'ont pas a être au même niveau
- Différents niveaux de détail
- POURQUOI vs. COMMENT
- Décoration du niveau (*e.g.*, selon Cockburn)
- Non standardisé mais intuitif et utile

Niveaux d'abstractions

Clouds Level

- Trop haut

Kite Level



- Niveau résumé : décrit un regroupement correspondant à un objectif plus global

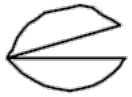
Sea Level

- **Niveau normal** : décrit un but de l'acteur qu'il peut atteindre via une interaction avec le système

Fish Level

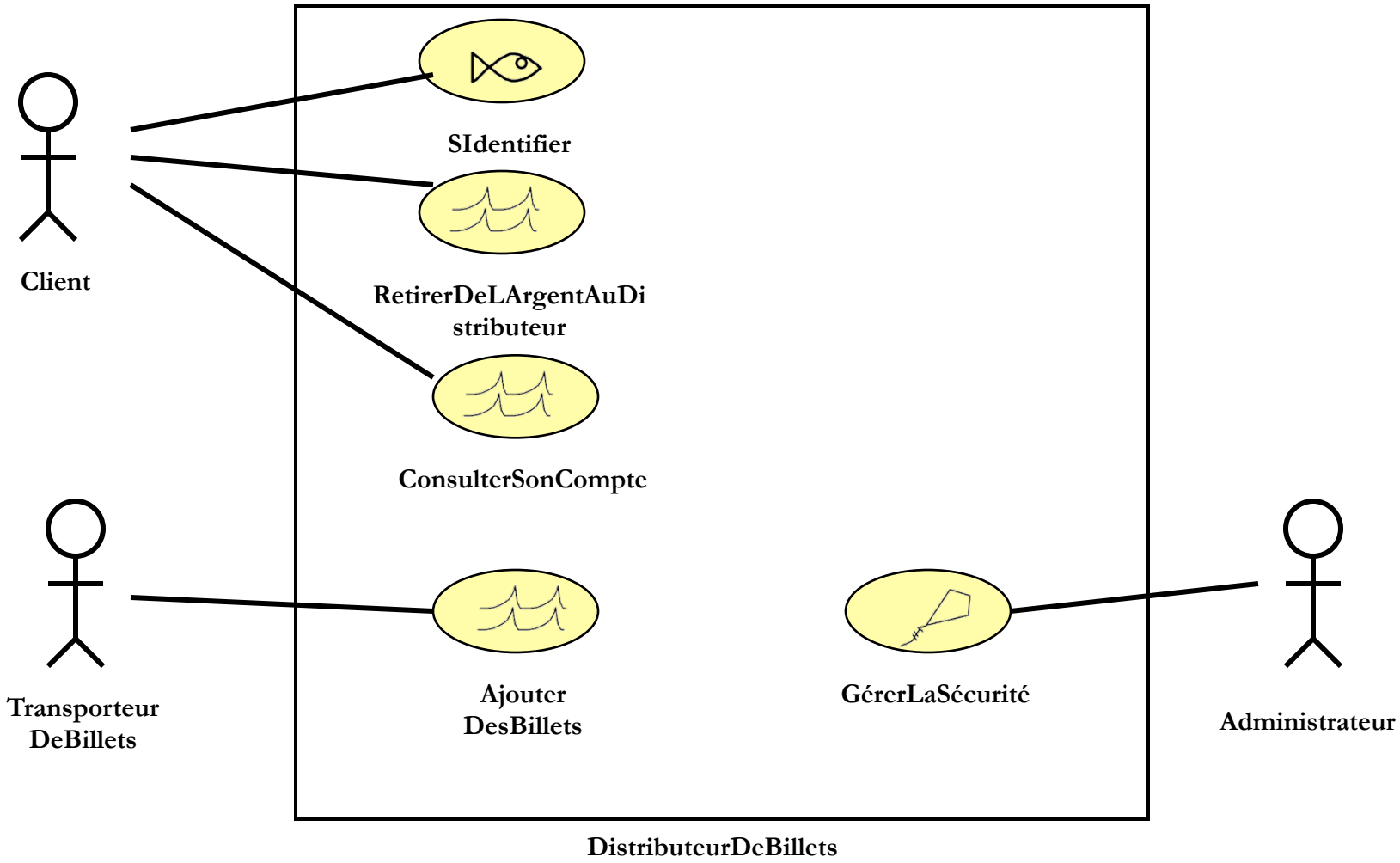
- Niveau détaillé : décrit une interaction avec le système, pas un but en soi

Clam Level



- Trop bas

Exemple de marquage



Cas d'utilisation *vs.* Scénarii

- Un scénario est un exemple :
  - une manière particulière d'utiliser le système …
  - … par un acteur particulier …
  - … dans un contexte particulier.

- cas d'utilisation = ensemble de scénarios

- scénario = une exécution particulière d'un CU

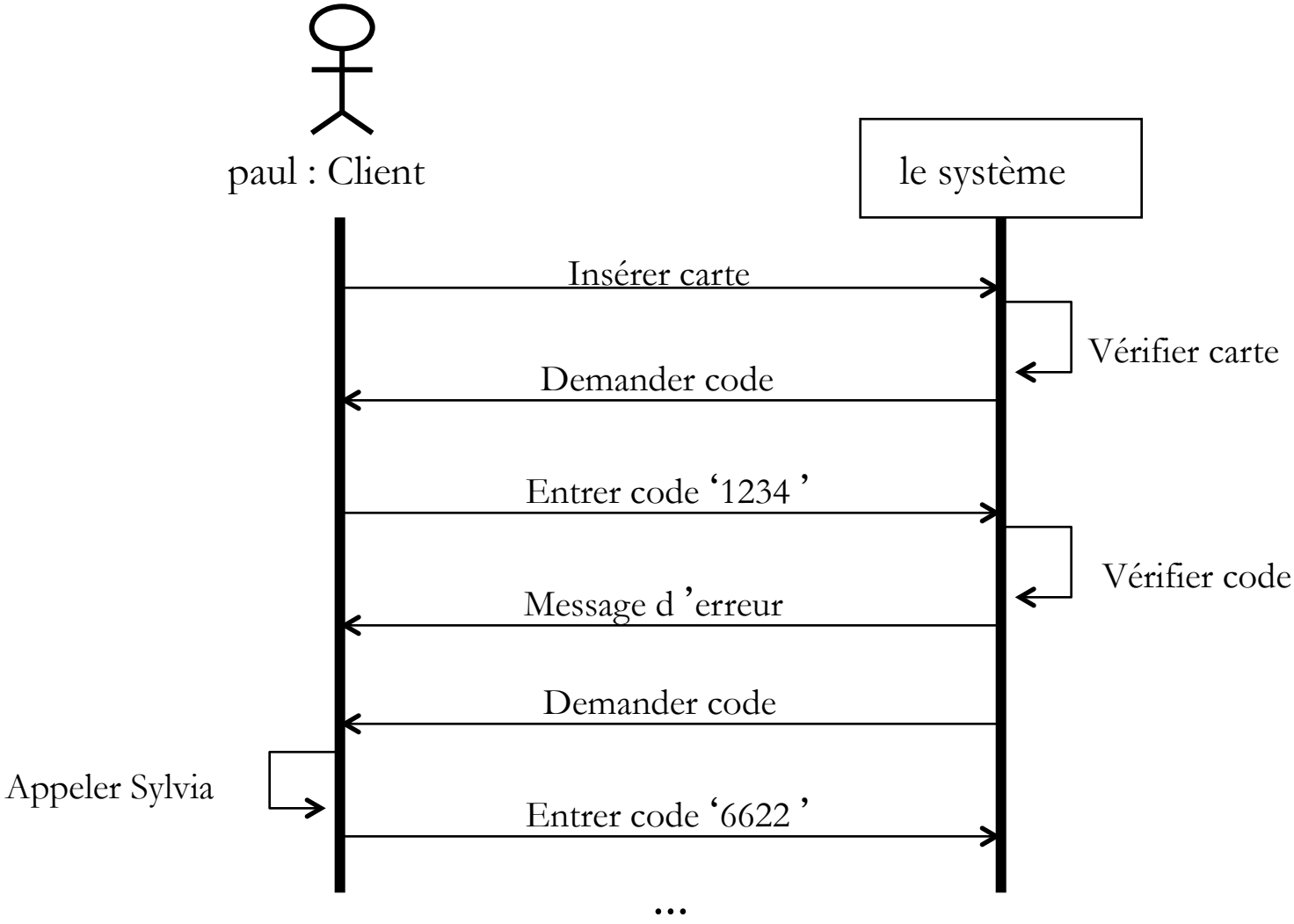
Diagramme de séquences système

- Pour décrire un scénario : un diagramme de séquences
- Diagramme de séquences :
  - L'une des notations UML, une notation générale
  - Peut être utilisée dans de nombreux contextes
  - Permet de décrire une séquence de messages échangés entre différents objets
  - Différents niveaux de détails

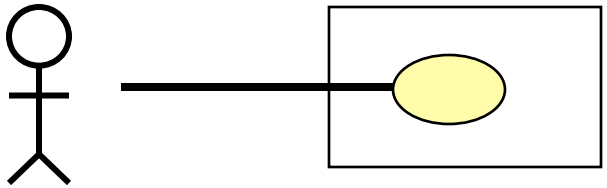
- Pour décrire un scénario simple, deux objets : l'acteur et le système

⇒ « Diagramme de séquences système »

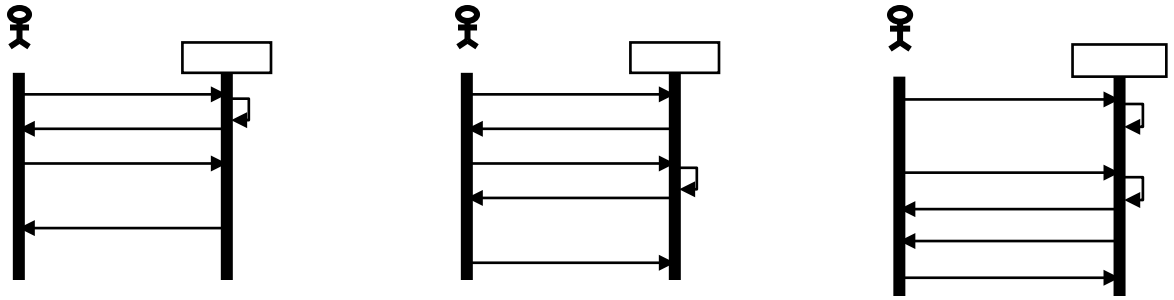
Exemple de diagramme de séquence système



Cas d'utilisation *vs.* scénarii



Niveau modèle



Niveau instances

Un peu de méthodologie…

Stabilisation du modèle par **consen**sus

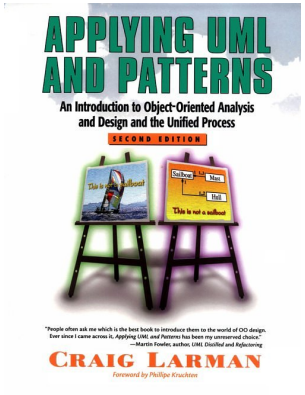
grandissant

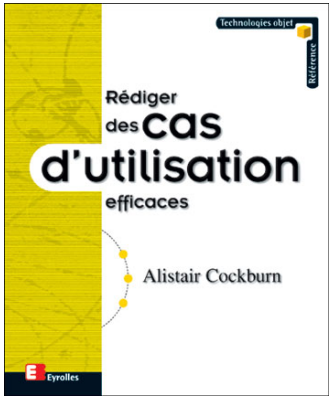
- Équivalent à définir une **table des matières** et des résumés pour chaque chapitre
  - Pas de règles strictes
  - Effectuer les meilleurs regroupement possibles
  - Rester simple !
  - Structuration possible en termes de paquetages
  - Culture d'entreprise

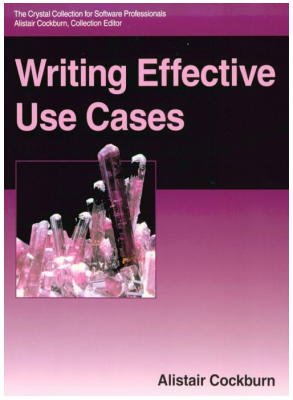
Pour en savoir plus

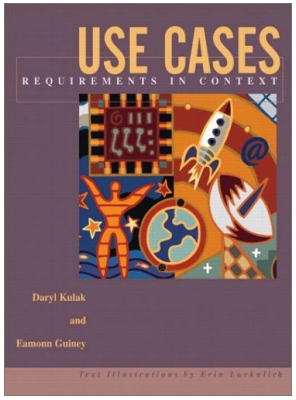
- Pour un template "standard" de description de cas d'utilisation : http://alistair.cockburn.us/Basic+use+case+template

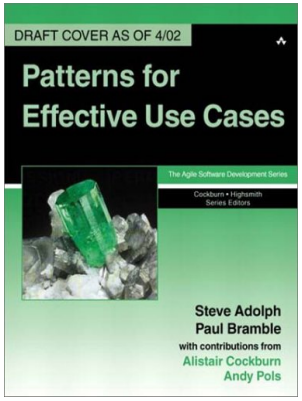
- Quelques livres :



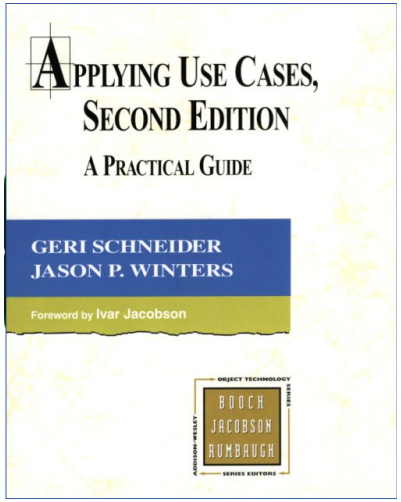


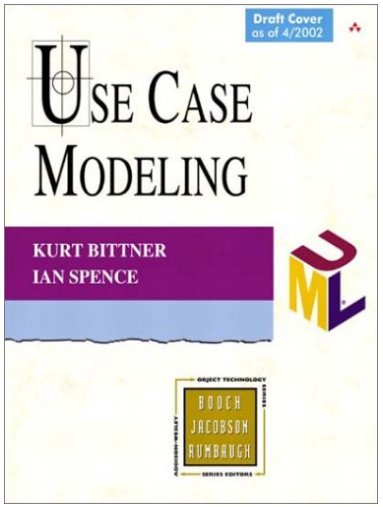


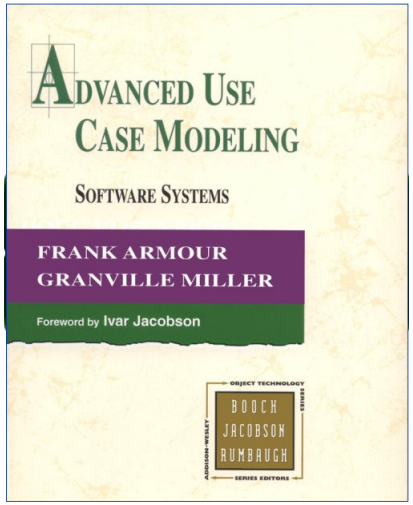


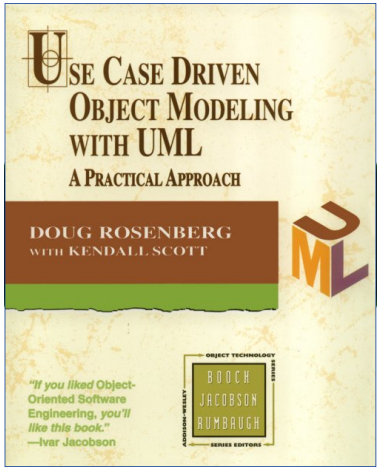


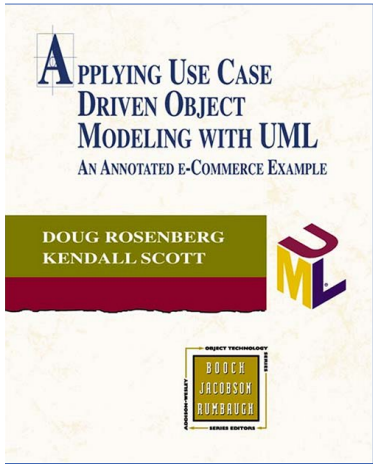
Pour en savoir *encore* plus

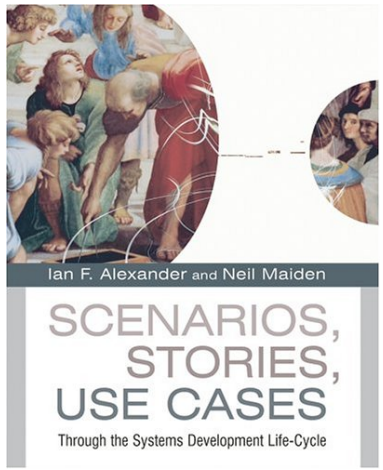












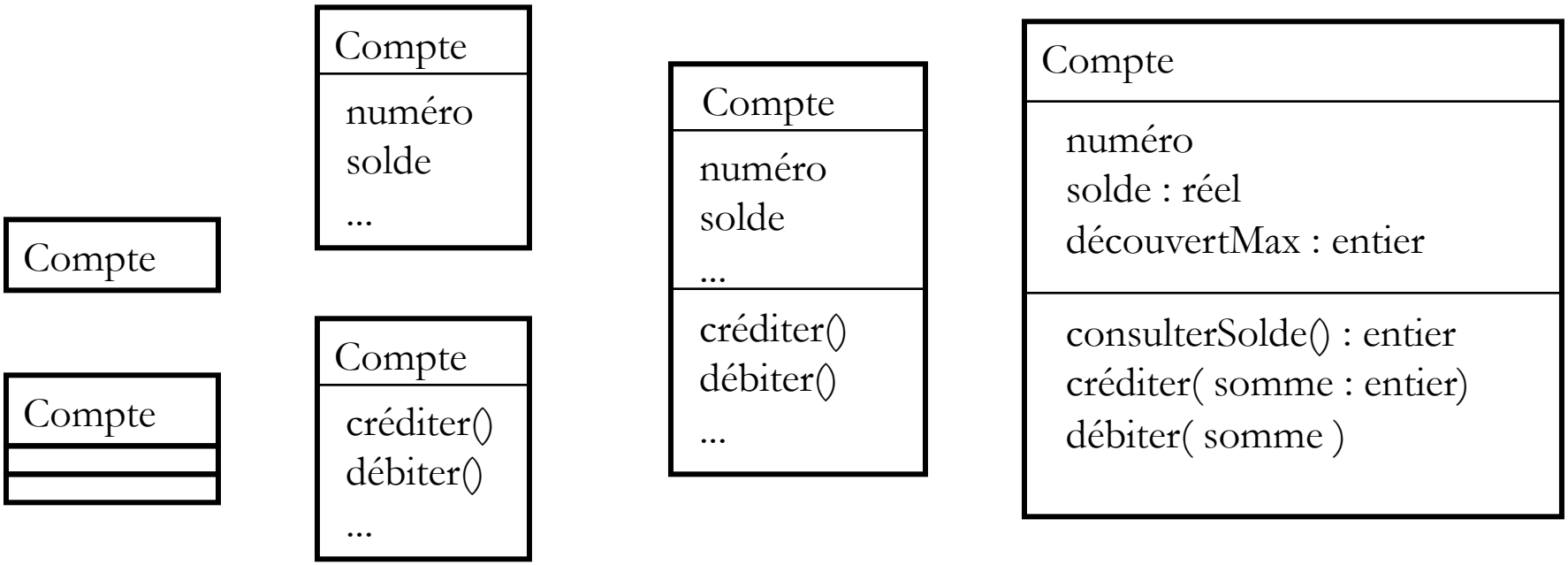
Outline

Class and Object Diagrams

Rappel

- **Un objet**
  - Encapsulation d'un état et d'un ensemble d'opérations (qui s'appliquent à cet état)
    - Abstraction d'une entité réelle
    - Identité unique
    - Existence temporelle (création, modification, destruction)
- **Une classe**
  - Description du comportement et des propriétés communs à un ensemble d'objets
    - Un objet est une instance d'une classe
    - Chaque classe a un nom

Notations simplifiées pour les classes



Note de style :

- les noms de classes commencent par une majuscule
- les noms d 'attributs et de méthodes commencent par une minuscule

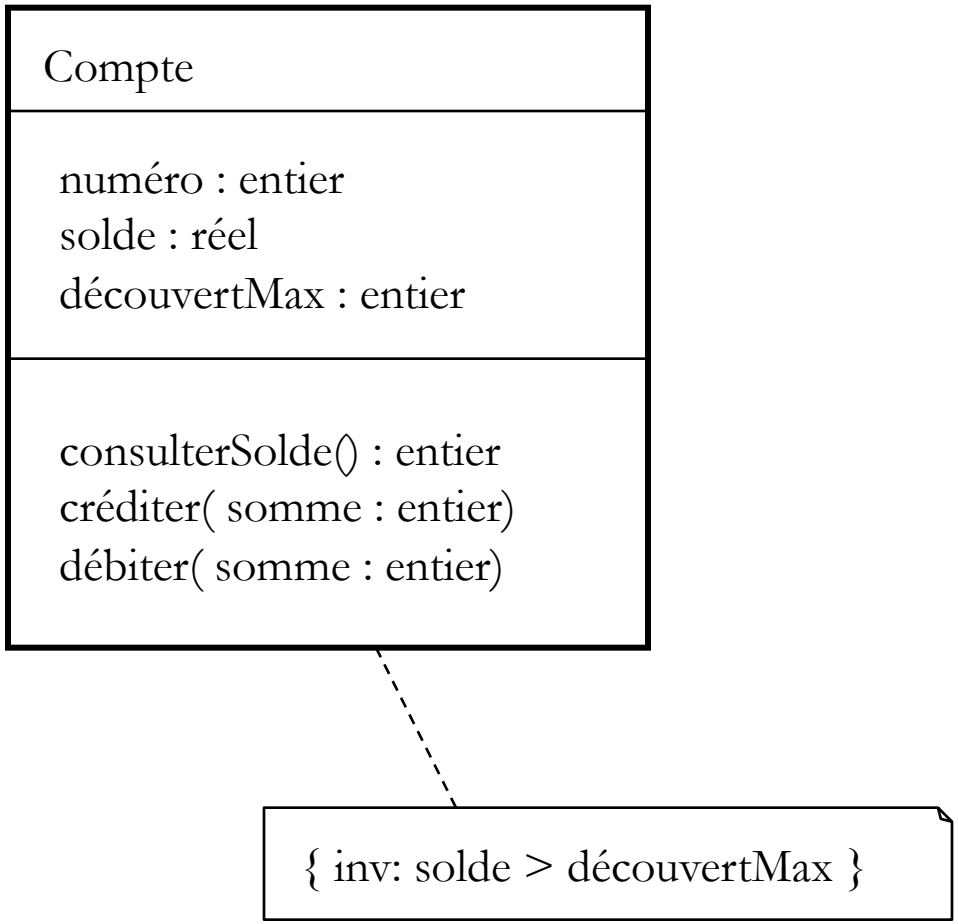
Notation pour les classes

Nom de la classe

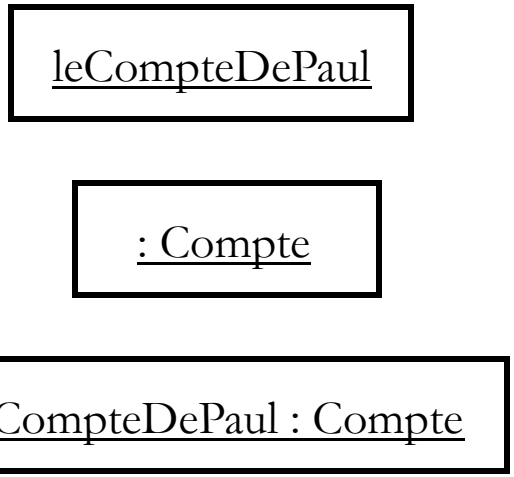
Attributs
- nom
- type

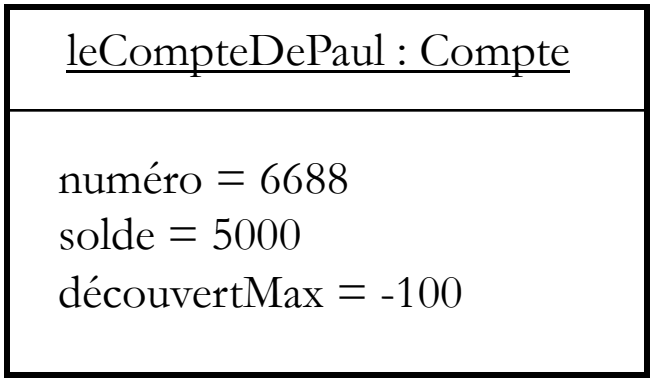
Opérations
- nom
- paramètre
- type du résultat

Contraintes



Notations pour les objets





Convention :

- les noms d 'objets commencent par une minuscule et sont soulignés

Classe *vs.* Objets

Une **classe** spécifie la structure et le comportement d'un ensemble d'objets de même nature

- **La structure d'une classe est constante**

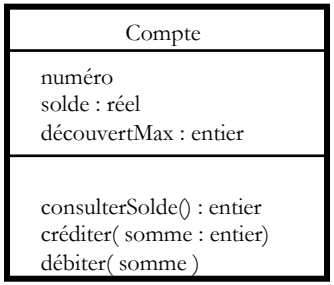


Diagramme de classes

M1

M0

- **Des objets peuvent être ajoutés ou détruits pendant l 'exécution**

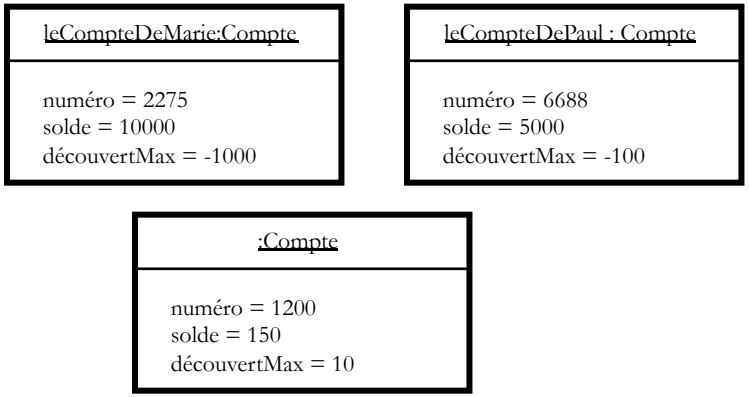
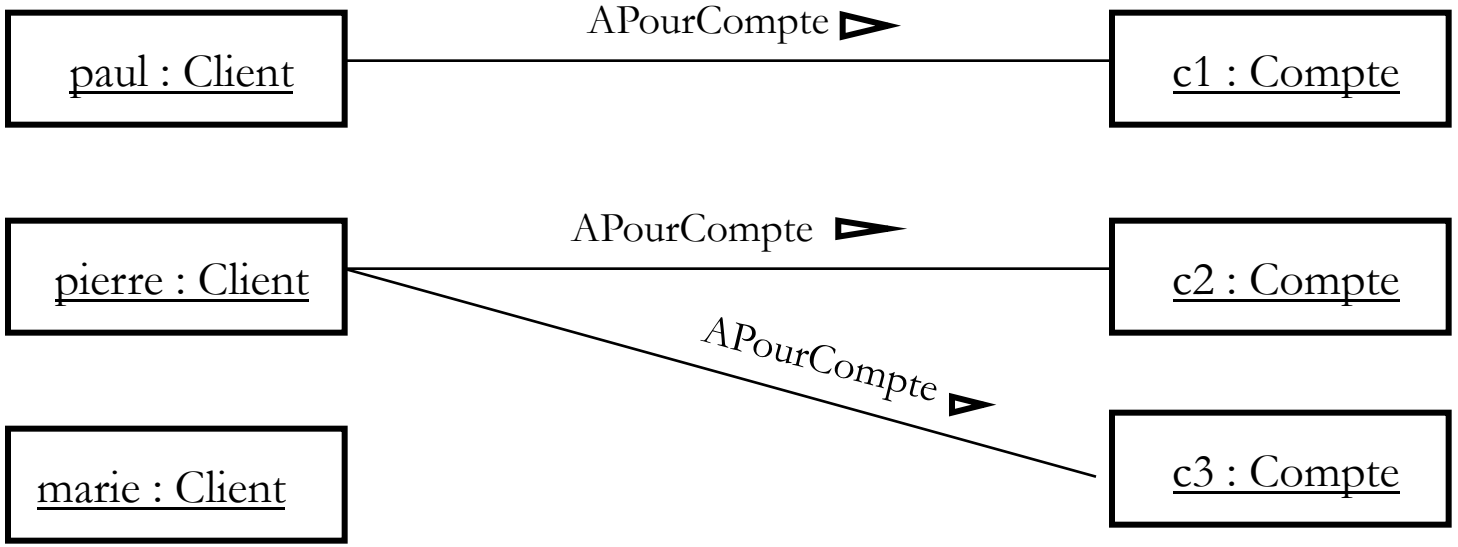


Diagramme d 'objets

- **La valeur des attributs des objets peut changer**

Liens (entre objets)

Un **lien** indique une connexion entre deux objets

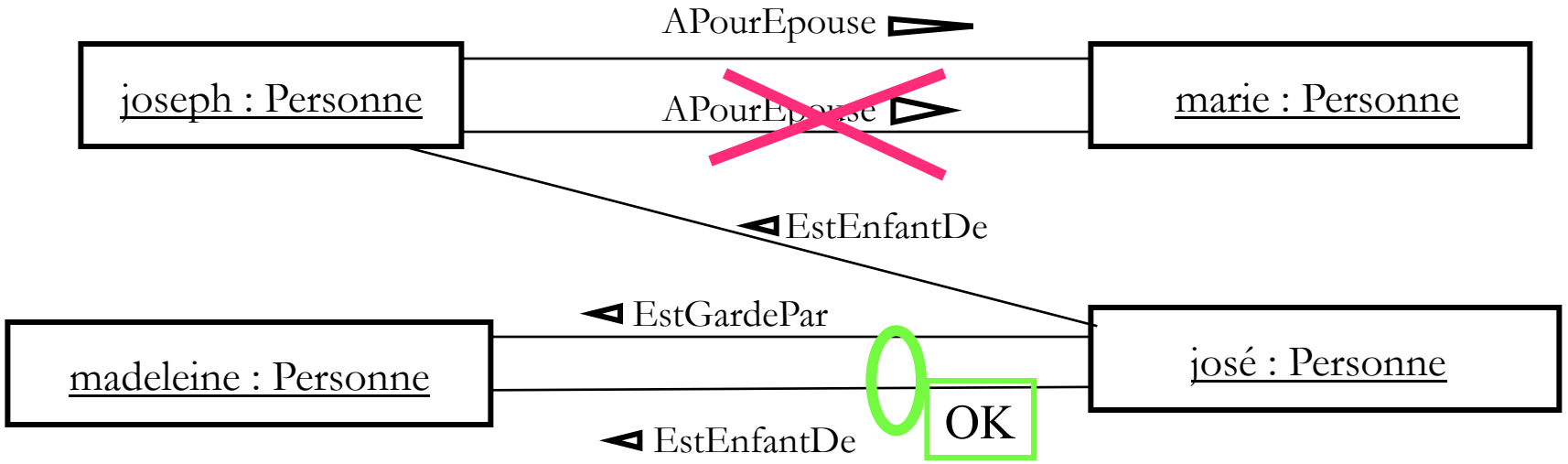


Note de style :

- les noms des liens sont des formes verbales et commencent par une majuscule
- ► indique le sens de la lecture (ex: « paul *APourCompte* c1 »)

Contrainte sur les liens

Au maximum un lien d'un type donné entre deux objets donnés



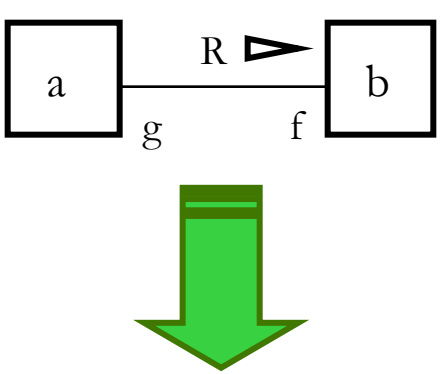
Rôles

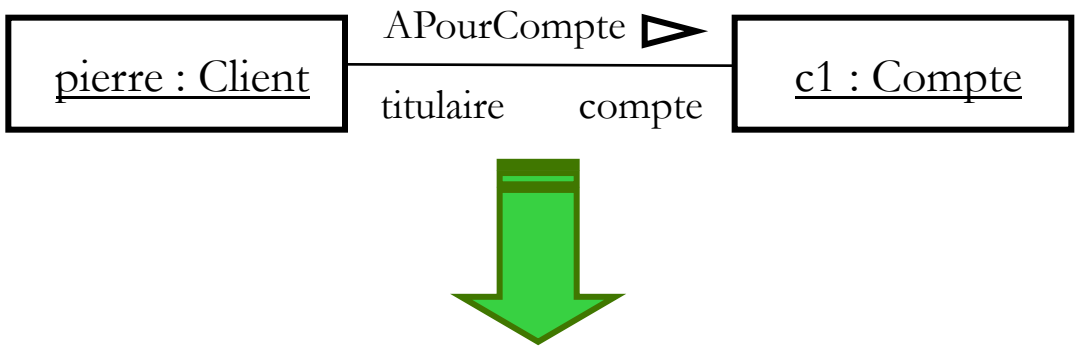
- Chacun des deux objets joue un rôle différent dans le lien

- Note de style :
  - choisir un groupe nominal pour désigner un rôle
  - si un nom de rôle est omis, le nom de la classe fait office de nom (avec la première lettre en minuscule)

3 noms pour 1 concept

- utilisations différentes selon le contexte





- a R b
- b "*joue le role de*" f "*pour*" a
- a "*joue le role de*" g "*pour*" b

- pierre a pour compte c1
- c1 *joue le role de* compte *pour* pierre
- pierre *joue le role de* titulaire *pour* c1

Associations (entre classes)

- Une association décrit un ensemble de liens de même "sémantique"

Diagramme de classes (modèlisation)

M1

M0

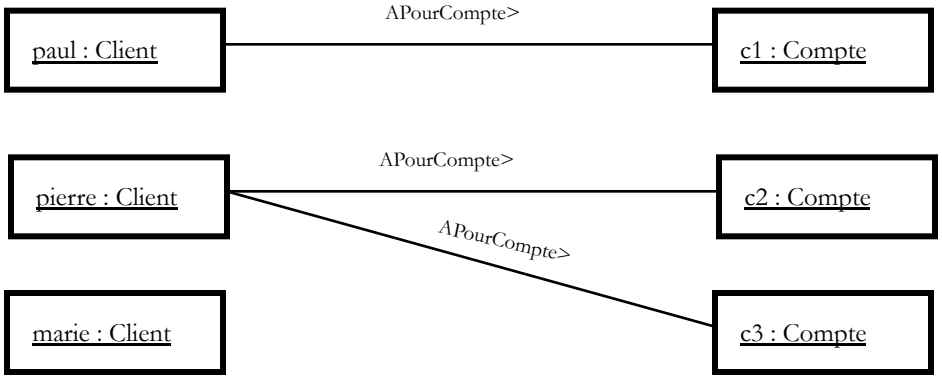


Diagramme d'objets (exemplaires)

Association *vs.* Liens

- Un **lien** lie deux **objets**
- Une **association** lie deux **classes**

- Un **lien** est une instance d'**association**
- Une **association** décrit un ensemble de **liens**

- Des **liens** peuvent être ajoutés ou détruits pendant l'exécution (ce n'est pas le cas des associations)

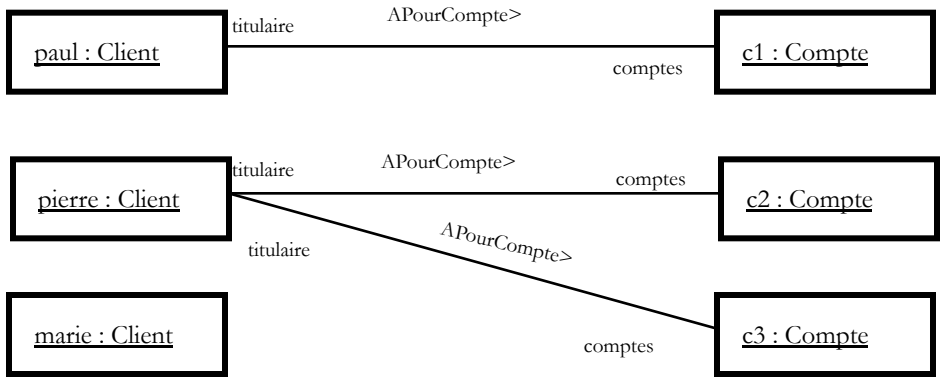
Le terme "relation" ne fait pas partie du vocabulaire UML

Utiliser les rôles pour «naviguer»

M1

M0

paul.comptes = {c1}
pierre.comptes = {c2,c3}
marie.comptes = { }
c1.titulaire = paul
c2.titulaire = pierre
c3.titulaire = pierre



Nommer en priorité les rôles

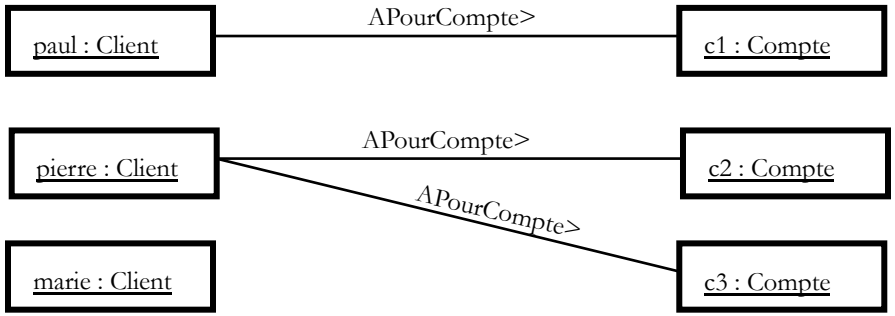
Cardinalités d'une association

- Précise combien d'objets peuvent être liés à un seul objet source
- Cardinalité minimale et cardinalité maximale ($C_{min}..C_{max}$)
- Doivent être des constantes

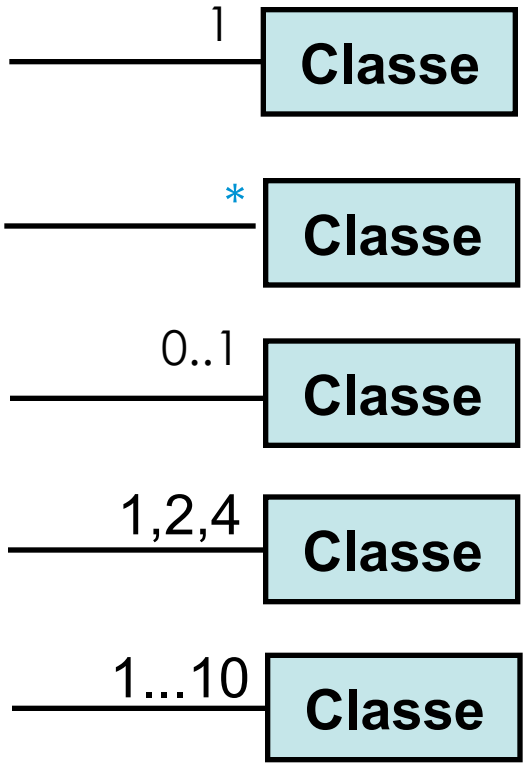
« Tout client a toujours 0 ou plusieurs comptes »
« Tout compte a toujours 1 et 1 seul titulaire »

M1

M0



Cardinalités d'une association



Exactement une

Plusieurs (0 à n)

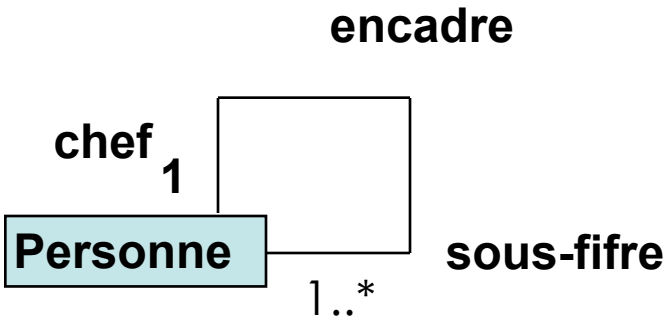
Optionnelle (0 ou 1)

Cardinalité spécifiée

Intervalle

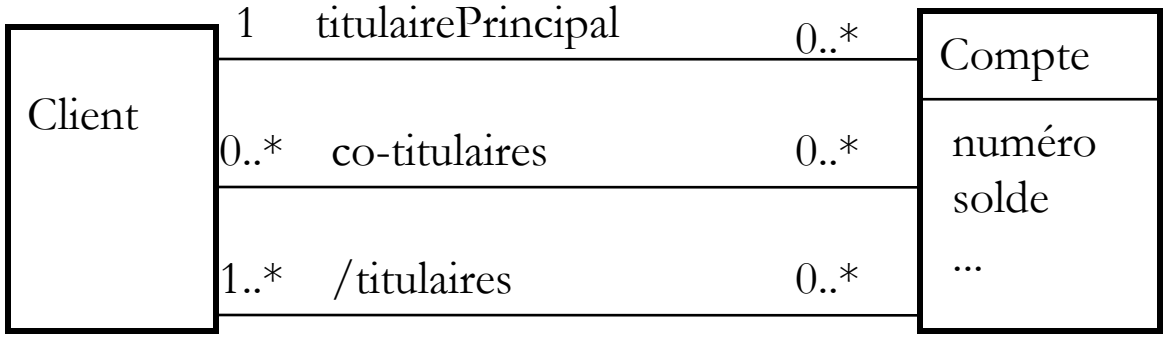
Cas particulier d'association

- Relation réflexive :



- Une relation réflexive lie des objets de même classe

Contraintes entre associations



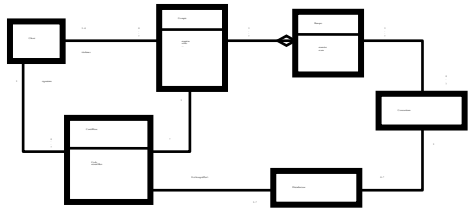
Les cardinalités sont loins d'être suffisantes pour exprimer toutes les contraintes...

... décrire les contraintes en langue naturelle (ou en OCL)

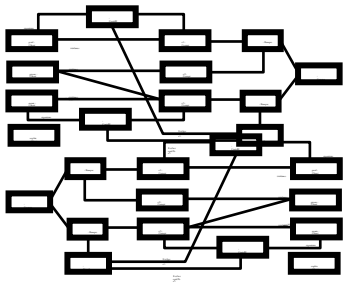
(1) Un client ne peut pas être à la fois titulaire principal et co-titulaire d'un même compte.
(2) Les titulaires d'un compte sont le titulaire principal et les co-titulaires le cas échéant

Diagrammes de classes *vs.* d'objets

- Un diagramme de classes
  - défini l'ensemble de tous les états possibles
  - les contraintes doivent toujours être vérifiées

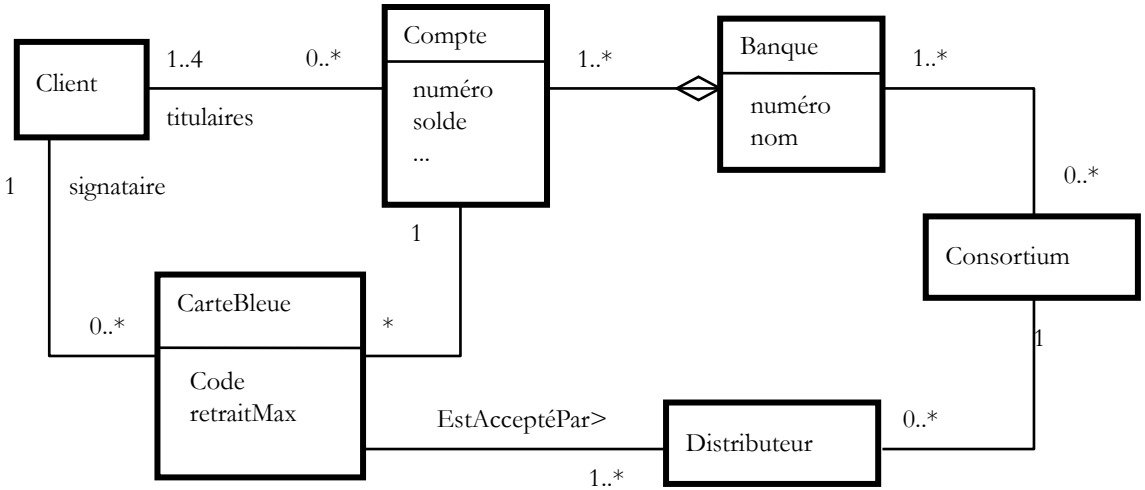


- Un diagramme d'objets
  - décrit un état possible à un instant, un cas particulier
  - doit être conforme au modèle de classes



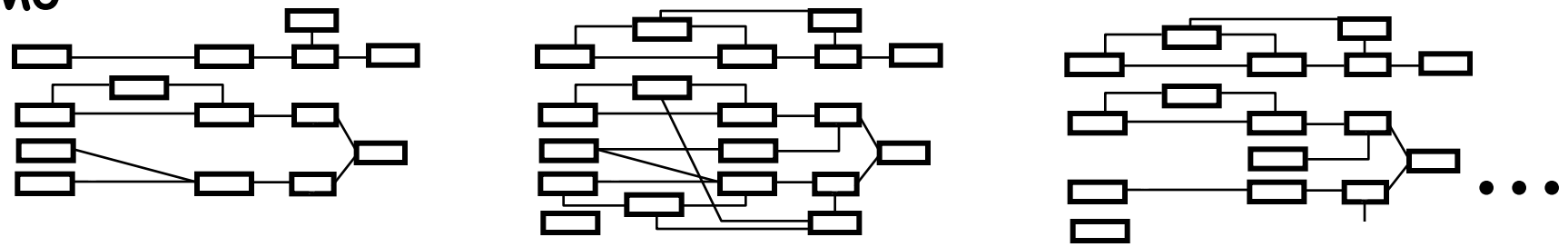
- Les diagrammes d'objets peuvent être utilisés pour
  - expliquer un diagramme de classe (donner un exemple)
  - valider un diagramme de classe (le « tester »)

Diagrammes de classes *vs.* d'objets



M1

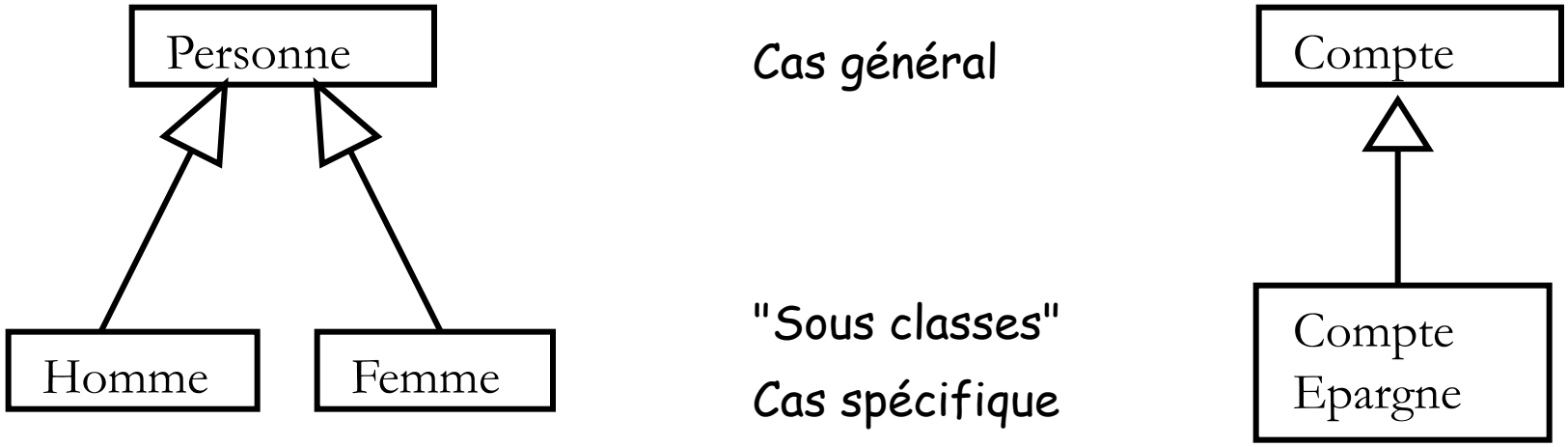
M0



t_1 t_2 t_3

Généralisation / Spécialisation

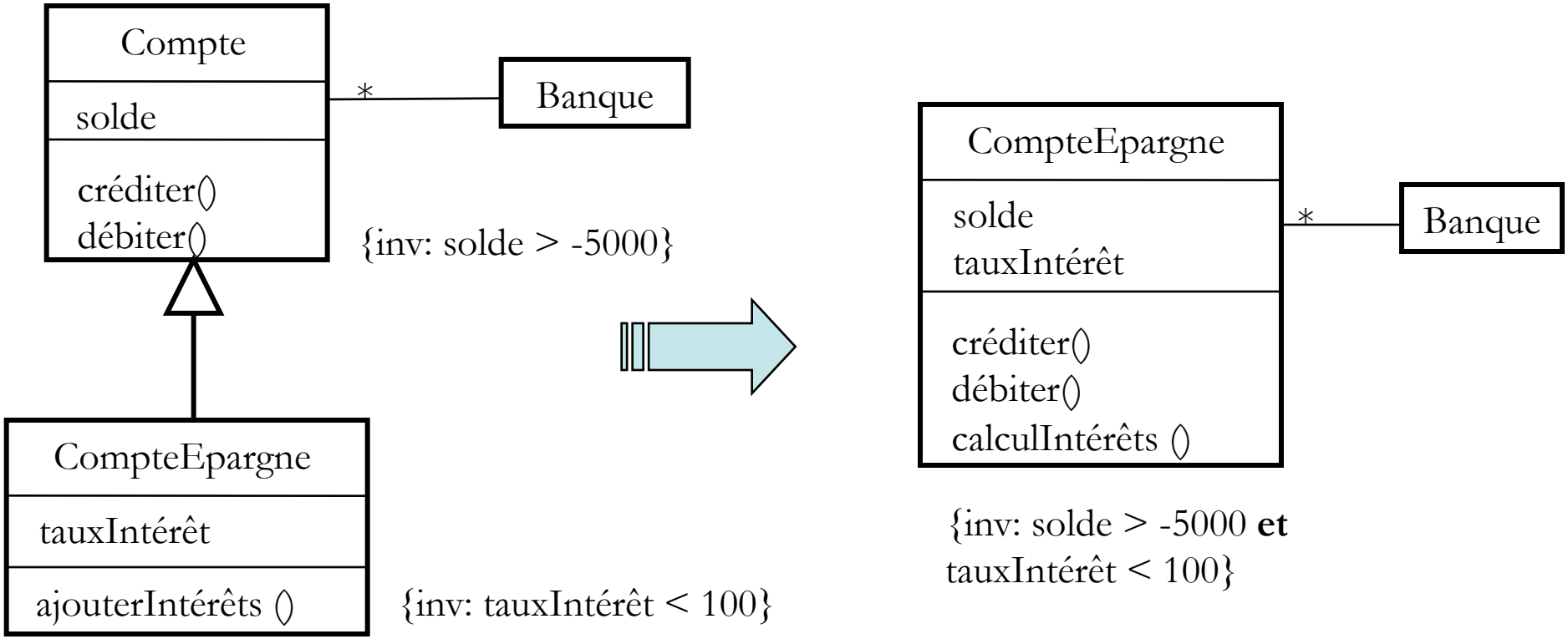
- Une classe peut être la généralisation d'une ou plusieurs autres classes.
- Ces classes sont alors des spécialisations de cette classe.



- Deux points de vue lié (en UML) :
  - relation d'héritage
  - relation de sous-typage

Relation d'héritage

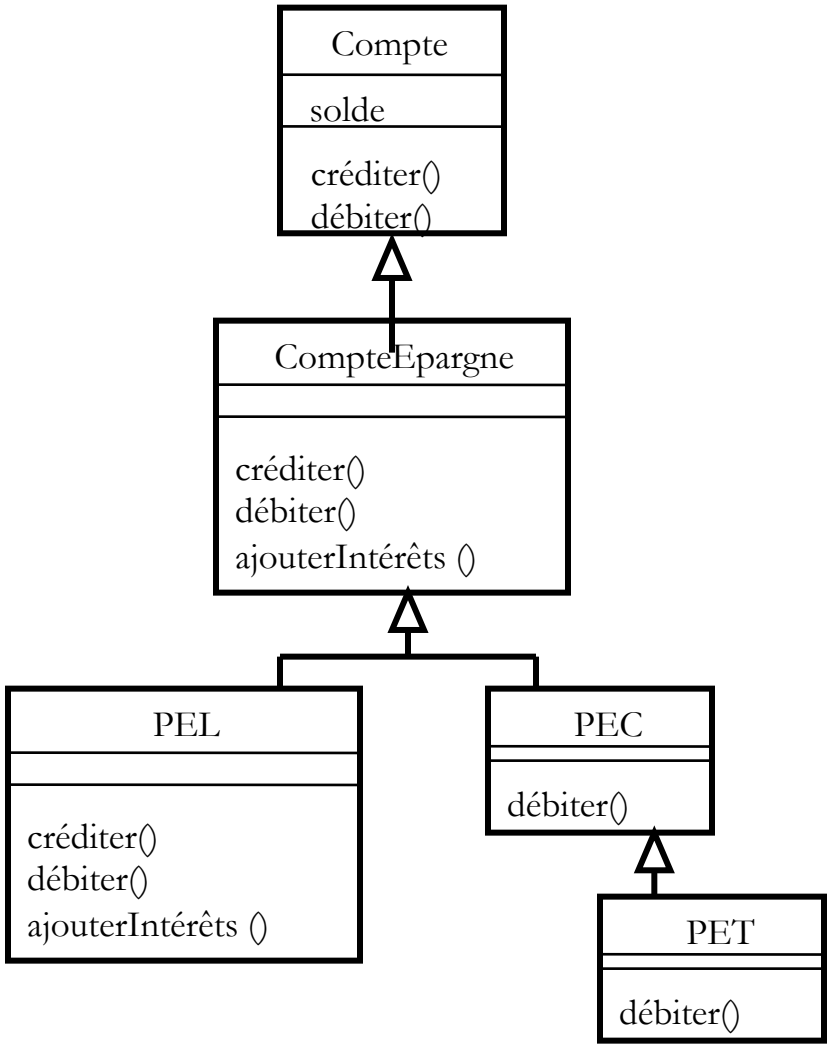
- Les sous-classes « héritent » des propriétés des super-classes (attributs, méthodes, associations, contraintes)



Relation d'héritage et redéfinitions

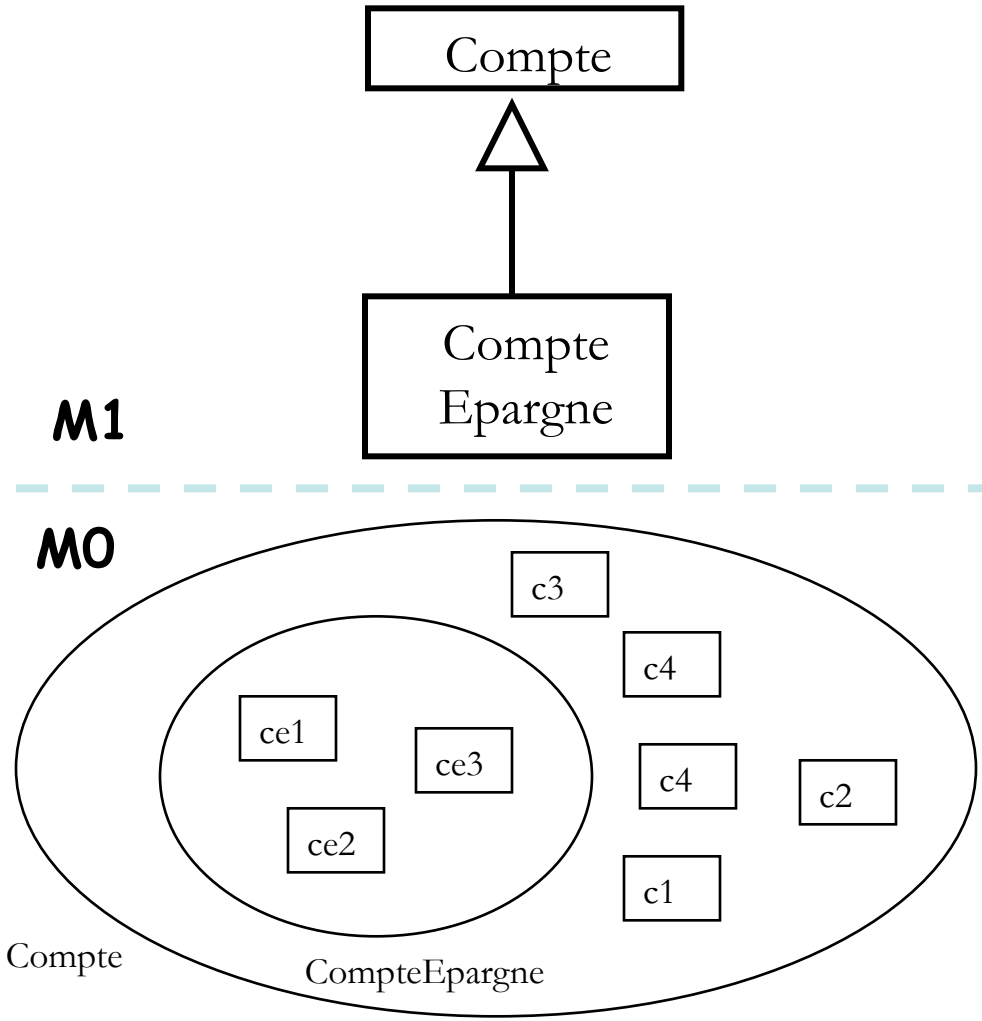
- Une opération peut être "redéfinie" dans les sous-classes

- Permet d'associer des méthodes spécifiques à chaque classe pour réaliser une même opération



Relation de sous typage : vision ensembliste

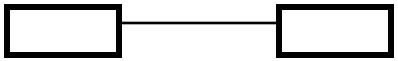
tout objet d'une sous-classe appartient également à la superclasse



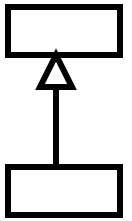
Synthèse des concepts de base

- Classe
  - attribut
  - méthode

- Association
  - rôle
  - cardinalité

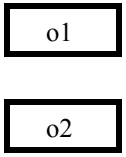


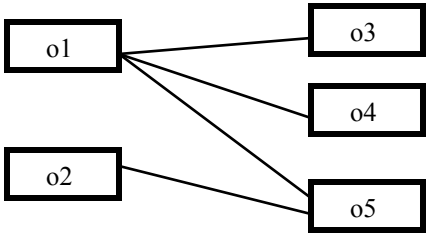
- Héritage

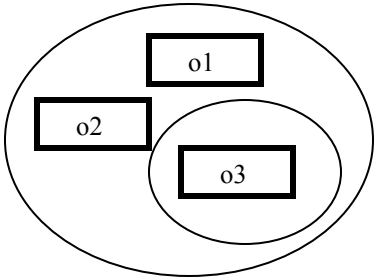


M1

M0







- **Objet**
- **Lien**
- **Inclusion ensembliste**

Diagramme de classe

Utilisation avancée

UML ?...une question de style et de contexte

- S'adapter …
  - au niveau d'abstraction
  - au domaine d'application
  - aux outils utilisés
  - aux savants et ignorants
  - ingénierie vs. retro-ingénierie

A. Raffinement du concept de CLASSIFICATEUR

- Les classificateurs (classifier) :
  - Classe
  - Classes abstraites
  - Enumération
  - Datatypes
  - Interfaces
  - Classes paramétrées

Déclaration d'attributs

- Syntaxe: [/][visibility]name[:type][multiplicity][=default][{prop}]
- Propriétés:
  - {readOnly}, {union}, {subset <p>}, {redefines <p>}, {ordered}, {unique}, {non-unique}, {prop-constraint}.
  - Visibilité: [+,~,#,-]
- Peuvent être soulignés (attributs de classe)

age
+age
/age
- solde : Integer = 0
age : Integer [0..1]
numsecu : Integer {frozen}
motsClés : String [*] {addOnly}
nbPersonne : Integer

Attribut dérivé

- Attribut dont la valeur peut être déduite d'autres éléments du modèle
  - *e.g.*, *âge* si l'on connaît la date de naissance
  - notation : /age

- En termes d'analyse, indique seulement une contrainte entre valeurs et non une indication de ce qui doit être calculé et ce qui doit être mémorisé

Déclaration d'opérations

- Syntaxe: [/] [visibilité] nom [(params)] [: type] [{ props... }]

params := [in | out| inout] nom [: type] [=defaut] [{ props... }]

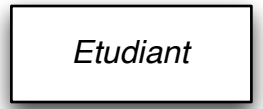
/getAge()
+ getAge() : Integer
- updateAge(in date : Date) : Boolean
getName() : String [0..1]
+getAge() : Integer {isQuery}
+addProject() : { concurrency = sequential }
+addProject() : { concurrency = concurrent }
+main(in args : String [*] {ordered})

Propriétés des opérations

- **redefines** <operation-name>
- **query**
- **concurrent**: des appels multiples peuvent arriver simultanément et être traités de façon concurrente
- **guarded**: des appels multiples peuvent arriver simultanément mais seront traités un à la fois
- **sequential**: un seul appel peut arriver à la fois.

Classe abstraite

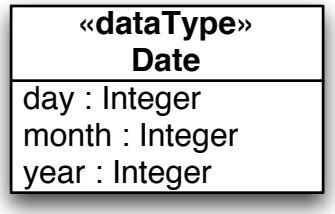
- Encapsule un comportement commun
- Ne possède pas d'instances
- Possède des opérations abstraites



- Dans les langages de programmation OO :
  - deferred en Eiffel
  - abstract en Java
  - pure virtual en C++
  - méthodes ^self shouldNotImplement en Smalltalk

Data Type

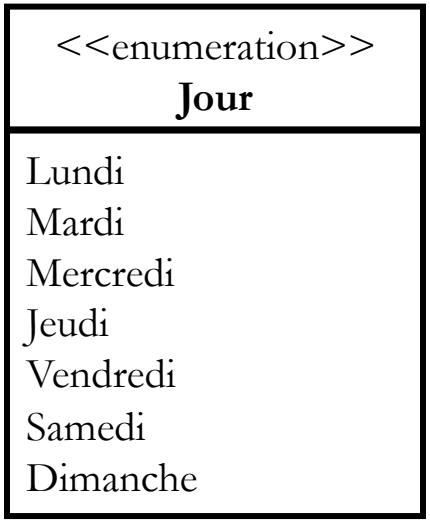
- Type, dont:
  - les valeurs n'ont pas d'identité
  - les opérations sont des fonctions "pures"

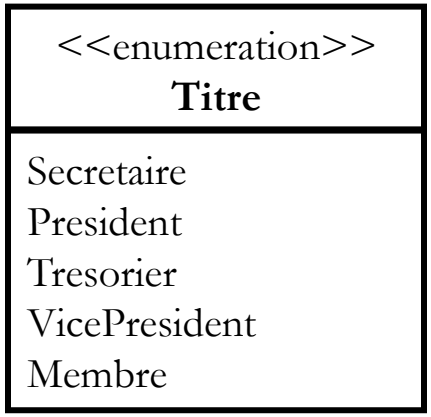


- Exemples de Data Type :
  - Enumeration
  - Types primitifs:
    - Boolean, Integer, UnlimitedNatural, String

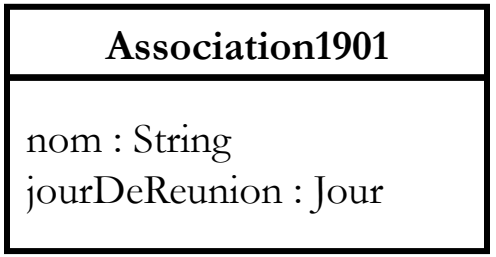
Enumération (Data Type particulier)

- Définition



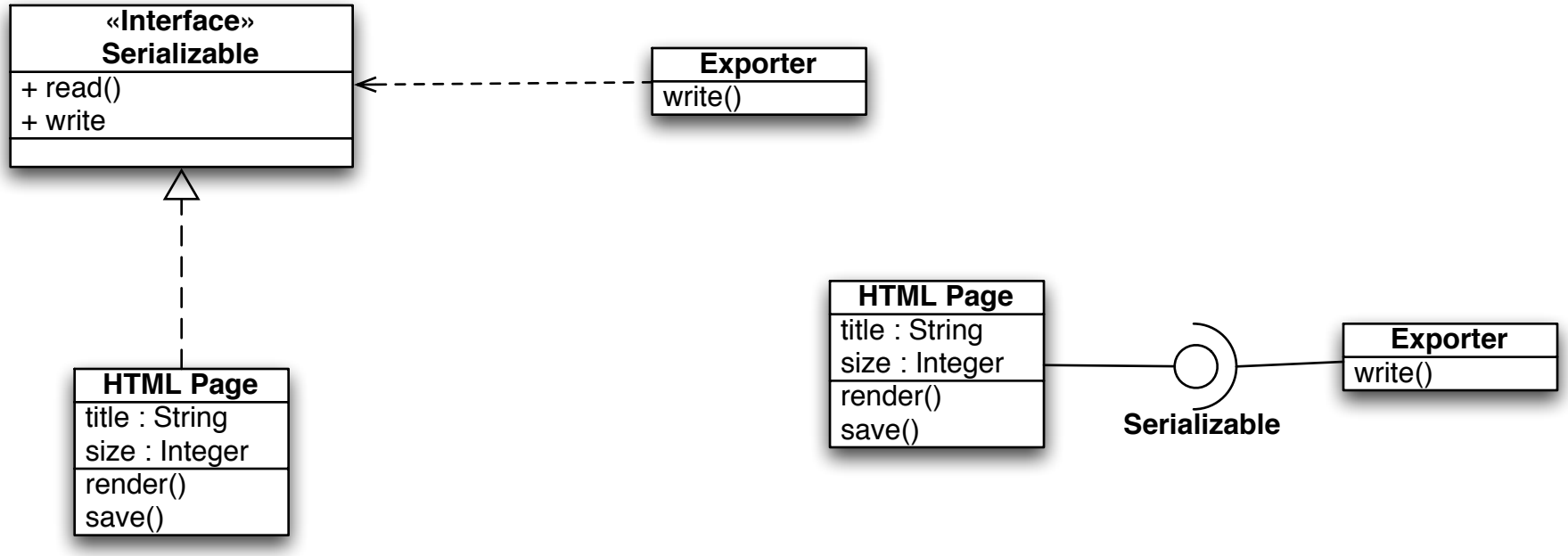


- Utilisation



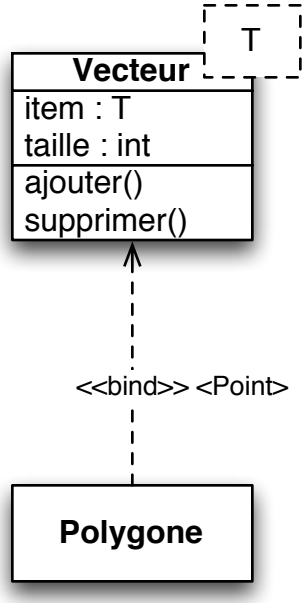
Interface

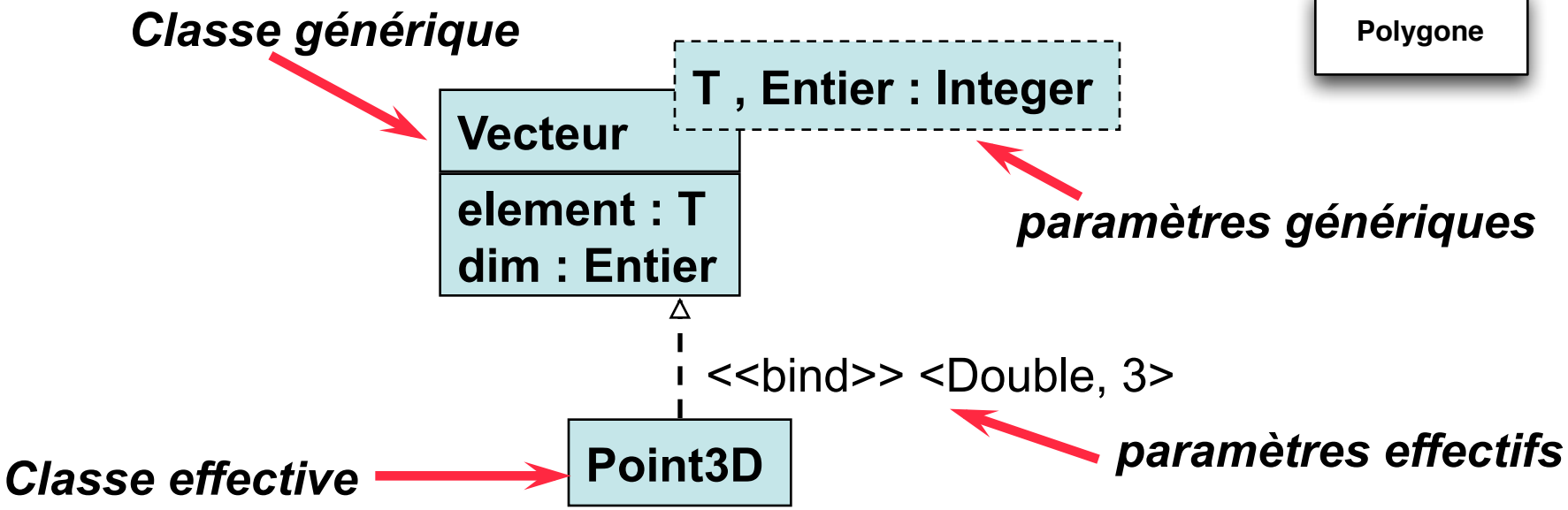
- Une déclaration d'un ensemble cohérent d'opérations
- Une interface peut être implémentée ou demandée



Type paramétré (classe générique)

- Indispensable pour les classes conteneurs (*e.g.*, listes)
- Existe en Ada, Eiffel, C++ (templates) et Java (>1.5)
- N'est pas nécessaire en Smalltalk et Python





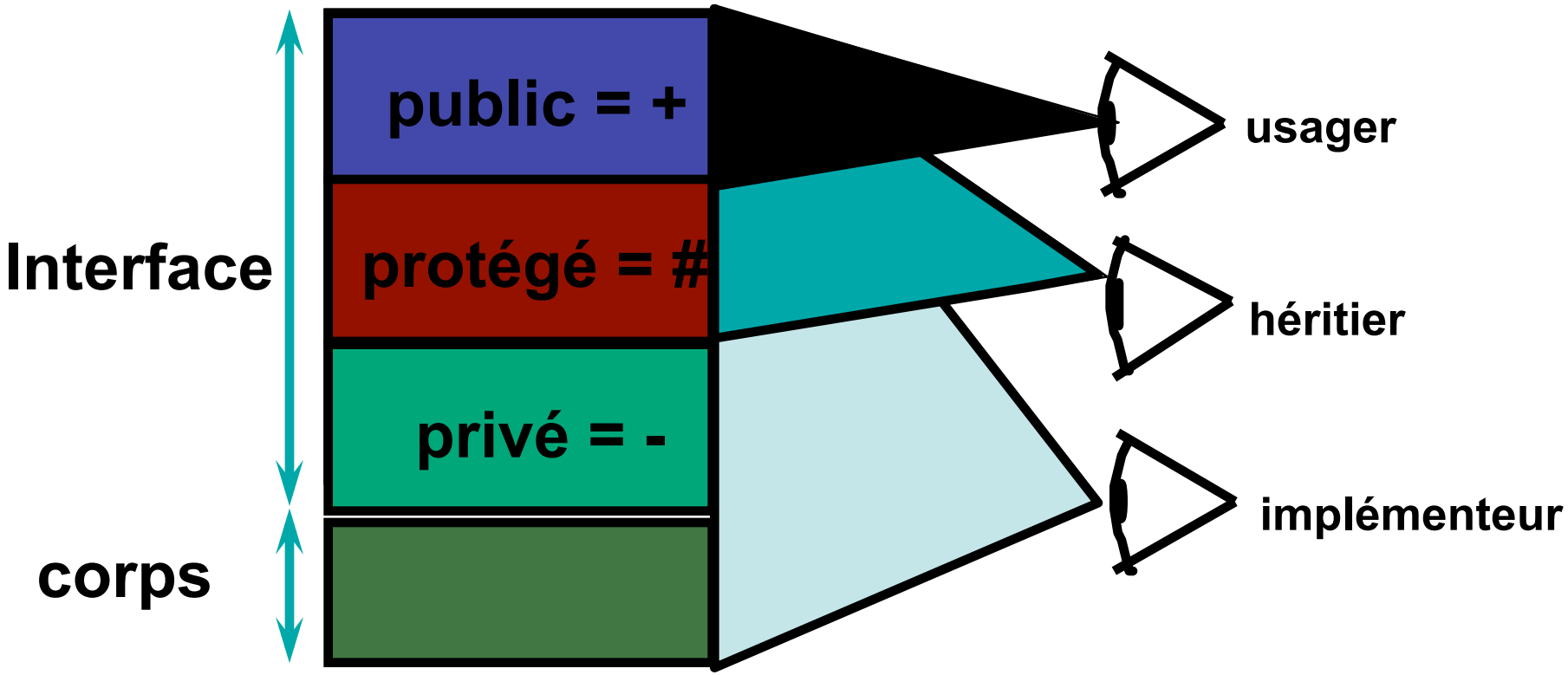
+ # - Visibilité des éléments

- Restreindre l'accès aux éléments d'un modèle
- Contrôler et éviter les dépendances entre classes et paquetages

+	public	visible
#	protégé	visible dans la classe et ses sous-classes
-	privé	visible dans la classe uniquement
~	package	visible dans la package uniquement

- Utile lors de la conception et de l'implémentation, pas avant !
- N'a pas de sens dans un modèle conceptuel (abstrait), *e.g.*, modèle d'analyse
- N'utiliser que lorsque nécessaire
- La sémantique exacte dépend du langage de programmation !

+ # - Visibilité des éléments



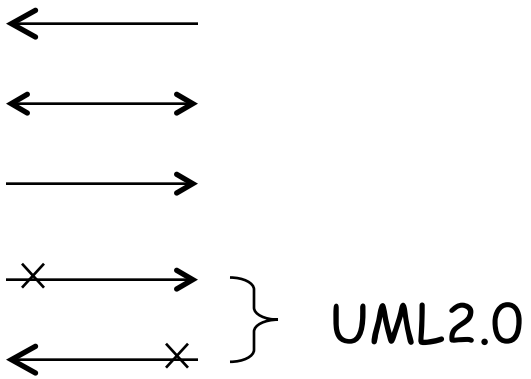
B. Raffinement du concept d'ASSOCIATION

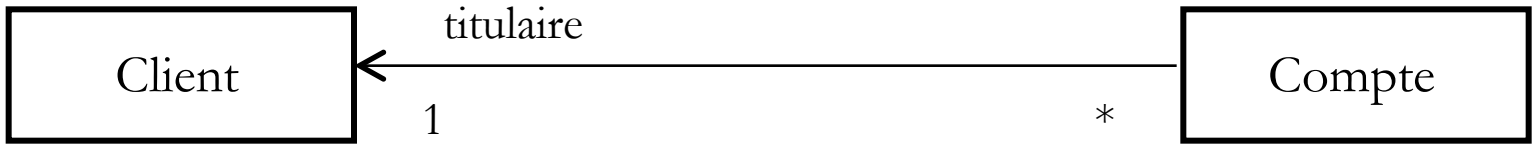
- Association uni/bi directionnelle
- Composition
- Agrégation
- {frozen}, {addonly}, {ordered}, {nonunique}
- Classes associatives
- Associations n-aires
- Associations attribuées
- Associations qualifiées

Navigation

- Association unidirectionnelle

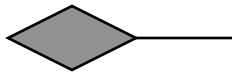
  On ne peut naviguer que dans un sens



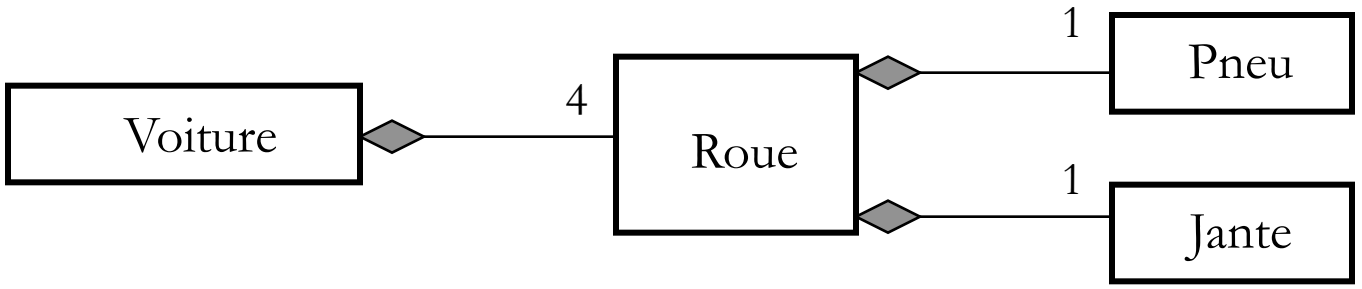


A priori, que dans les diagrammes de spécifications et d'implémentation
En cas de doute, ne pas mettre de flèche !!!

Composition

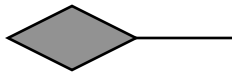


- Notion intuitive de "composants" et de "composites"



- composition =
  - cas particulier d'association
  - + contraintes décrivant la notion de "composant"...

Composition

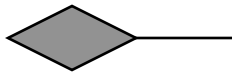


- Contraintes liées à la composition :
  - **Pas de partage** : un objet composant ne peut être que dans 1 seul objet composite
  - **Cycle de vie du composant lié au cycle de vie du composite** : si un objet composite est détruit, ses composants aussi

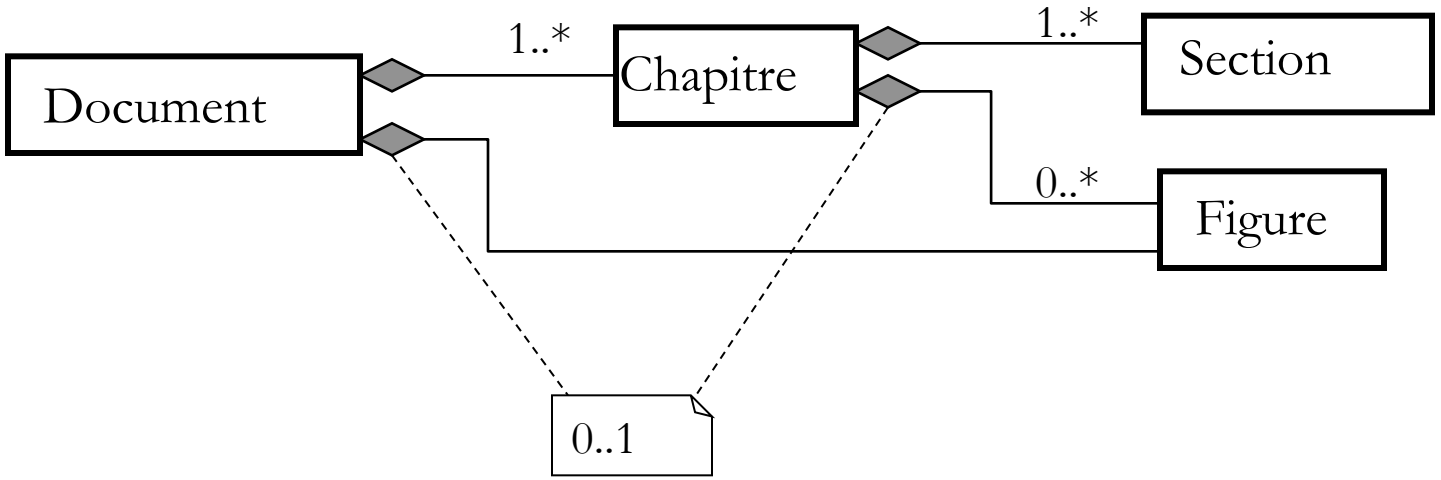
- Dépend de la situation modélisée !

  (*e.g.*, vente de voitures *vs.* casse)

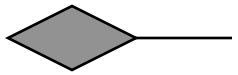
Composition

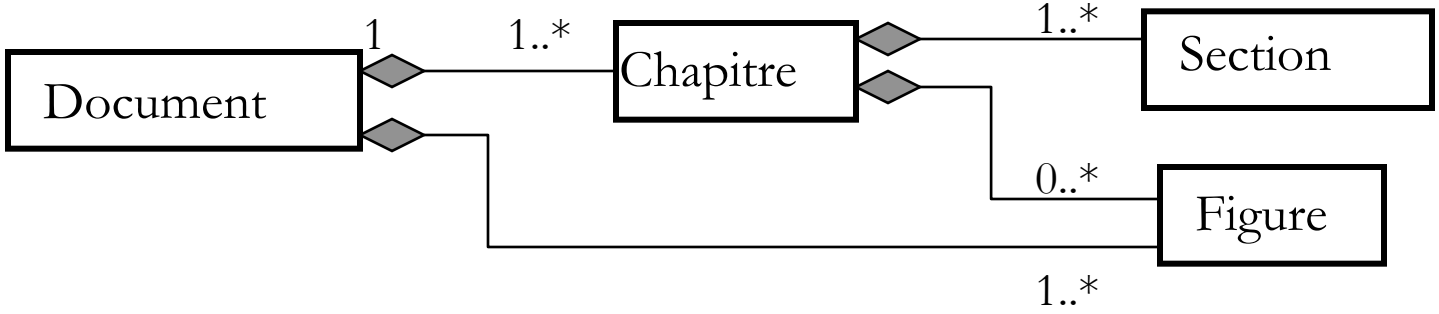


- Contraintes liées à la composition :
  - **Pas de partage** : un objet composant ne peut être que dans 1 seul objet composite
  - **Cycle de vie du composant lié au cycle de vie du composite** : si un objet composite est détruit, ses composants aussi



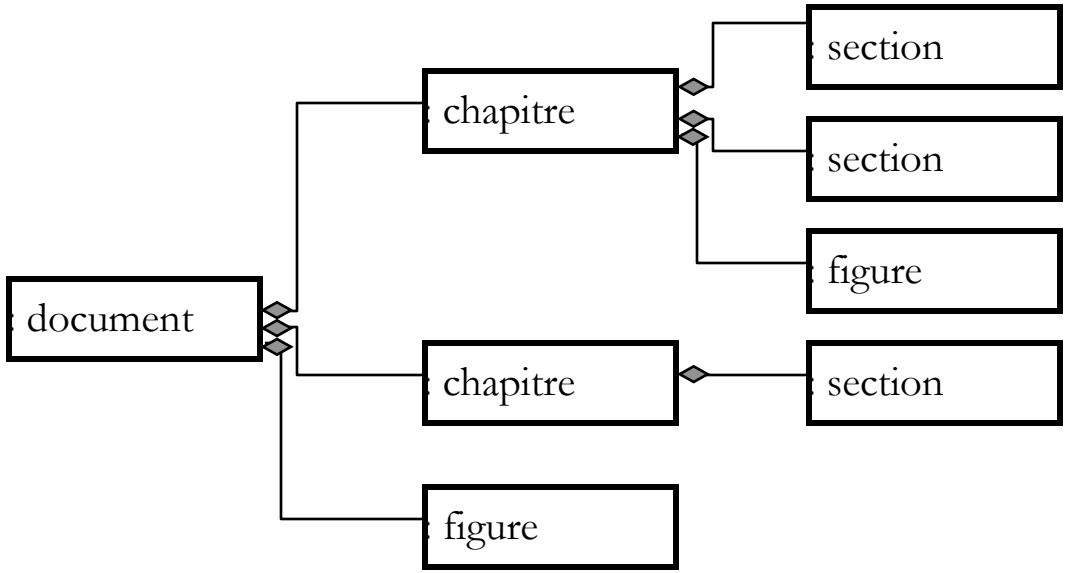
Composition





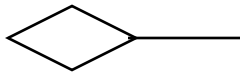
M1

M0

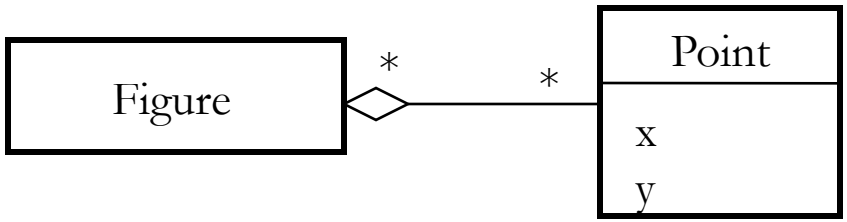


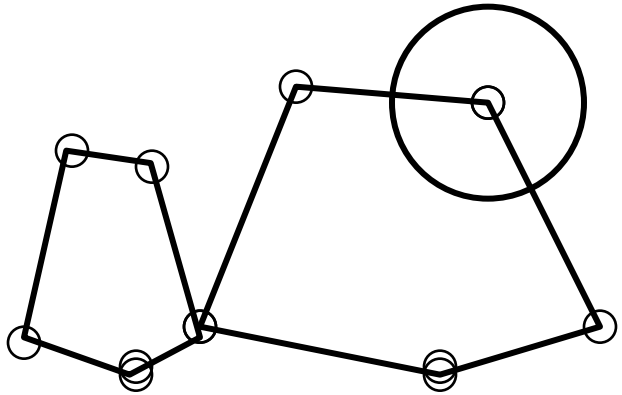
Contrainte :
le graphe d'objets forme un arbre (ou une forêt)

Agrégation



- agrégation =
  - cas particulier d'association
  - + contraintes décrivant la notion d'appartenance... (???)



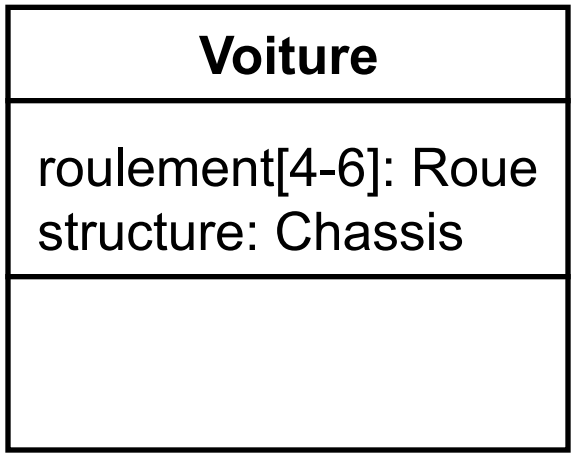


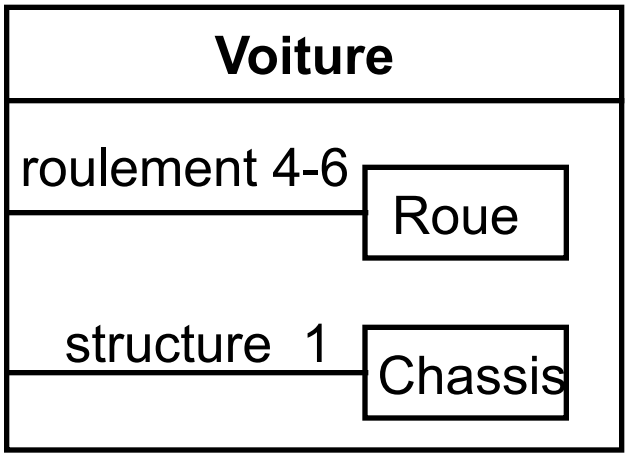
Partage possible
Pas de concensus sur la signification exacte de l'aggrégation
Utiliser avec précautions (ou ne pas utiliser...)

Supprimé en UML2.0

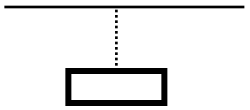
Autre vues de la composition/agrégation

- Différentes formes suggérant l'*inclusion* :

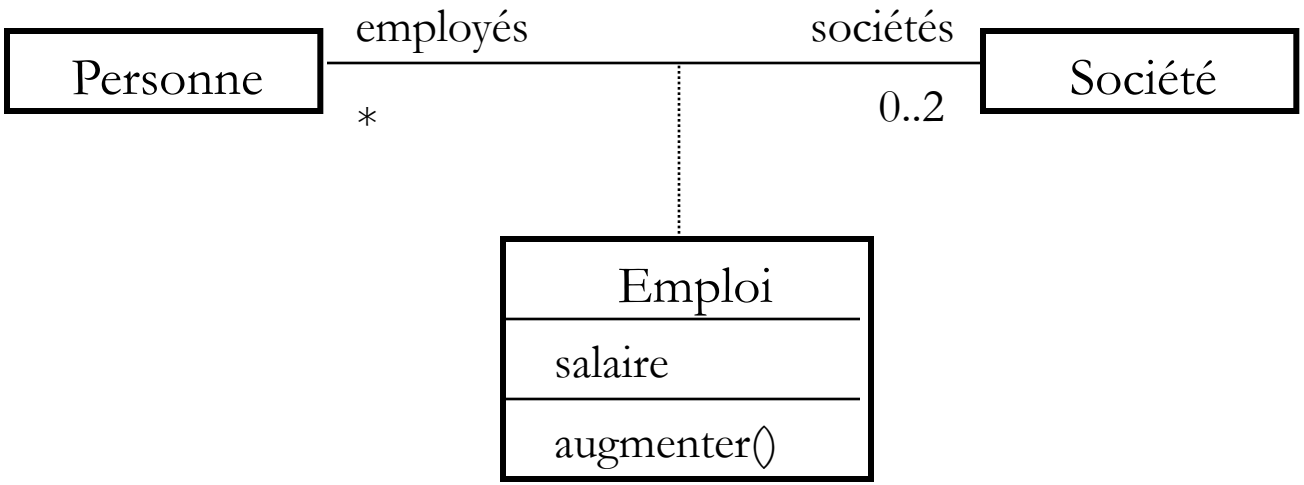




Classes association

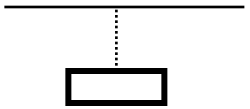


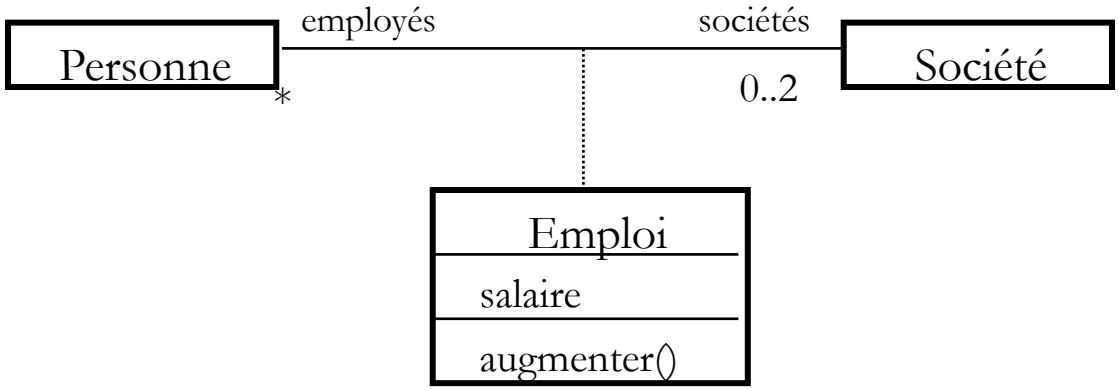
- Pour associer des attributs et/ou des méthodes aux associations
  - classes associations



Le nom de la classe correspond au nom de l'association
(problème: il faut choisir entre forme nominale et forme verbale)

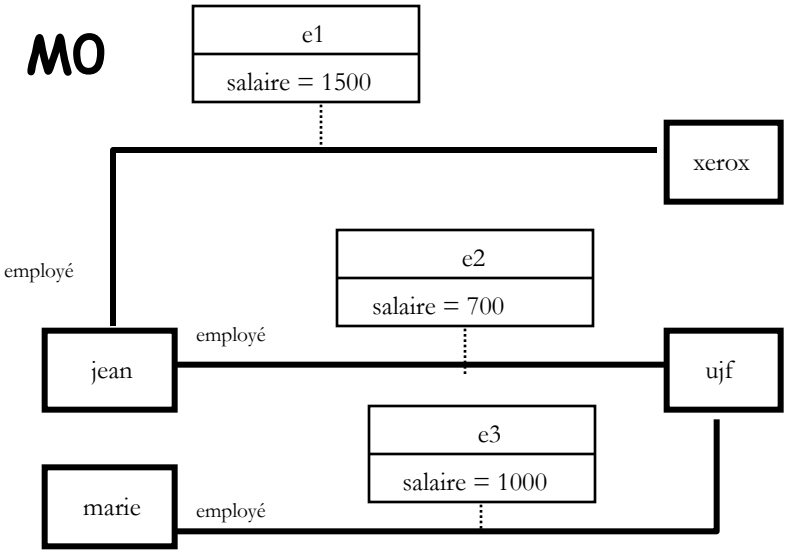
Classes association





M1

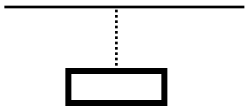
M0



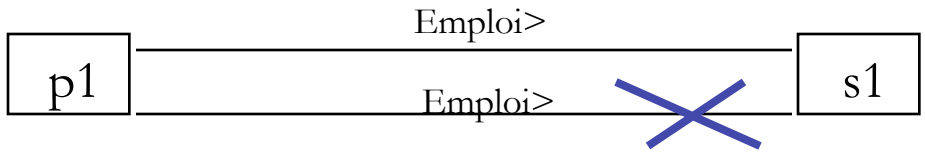
Le salaire est une information correspondant
- ni à une personne,
- ni à une société,

mais à un emploi (un couple personne-société).

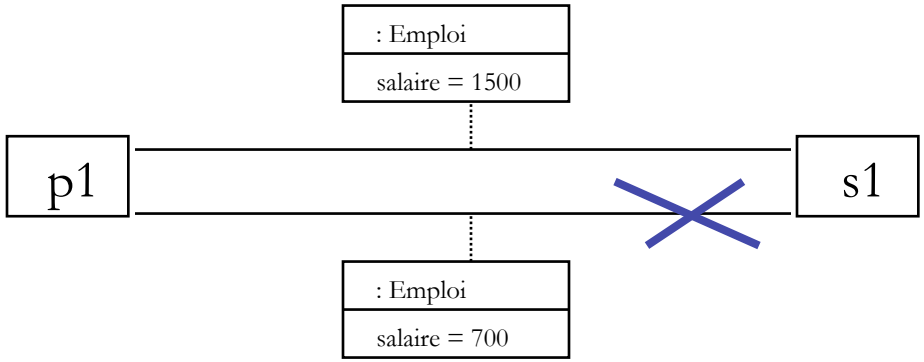
Classes association



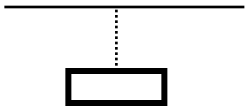
- RAPPEL: pour une association donnée, un couple d'objets ne peut être connectés que par un seul lien correspondant à cette association (sauf si l'association est décorée par {nonunique} en UML2.0)

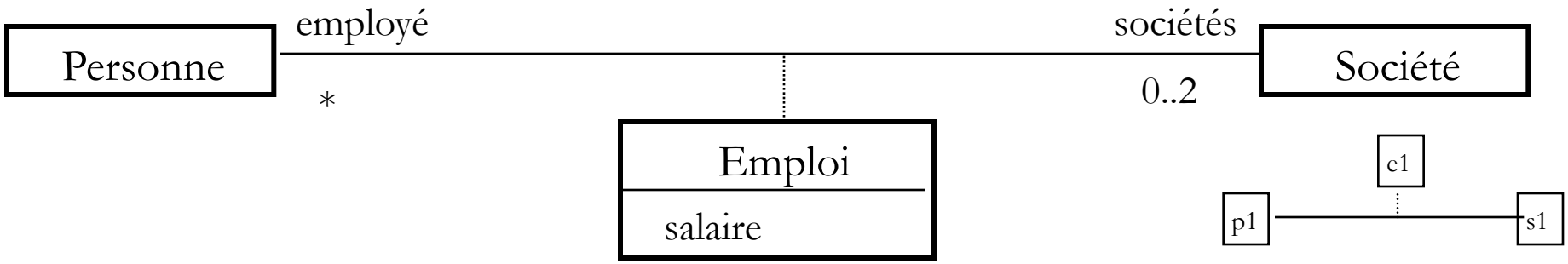


- Cette contrainte reste vraie dans le cas où l'association est décrite à partir d 'une classe association

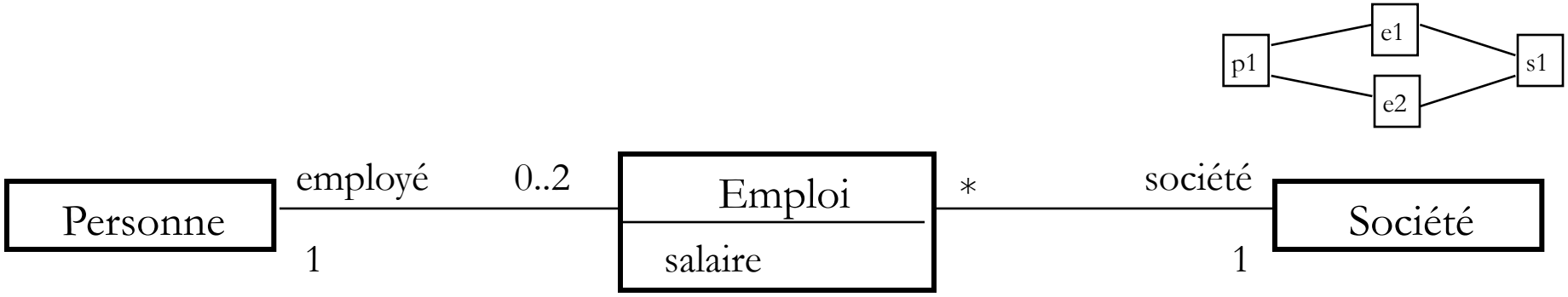


Classes association



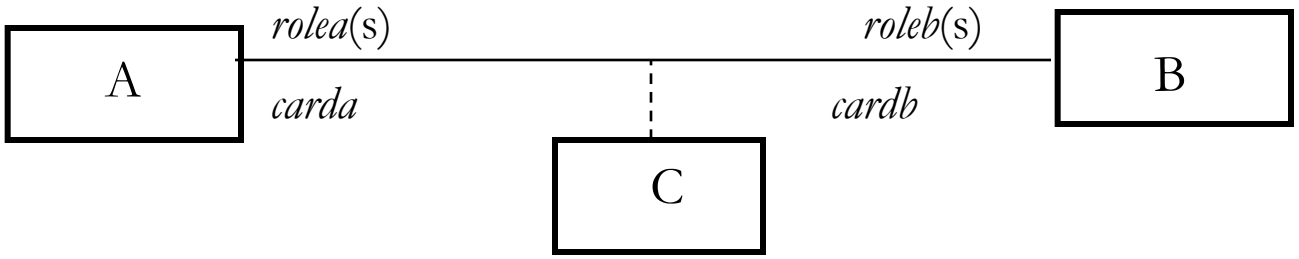


Ci-dessus, une personne peut avoir deux emplois, mais pas dans la même société

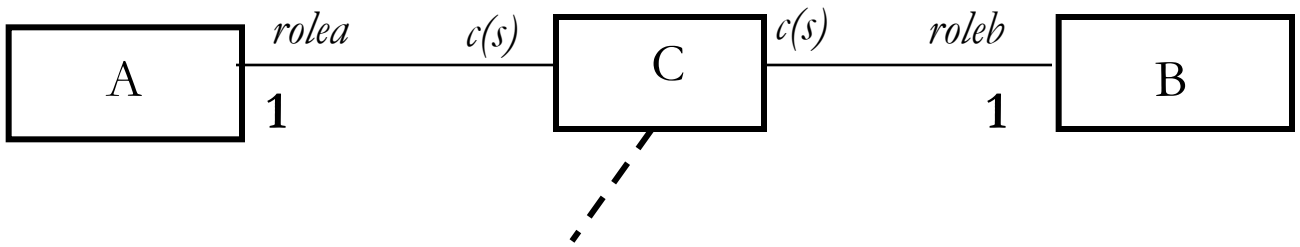


Ci-dessus, une personne peut avoir deux emplois dans la même société

Classes association (sémantique)

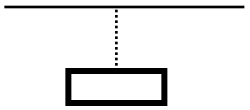


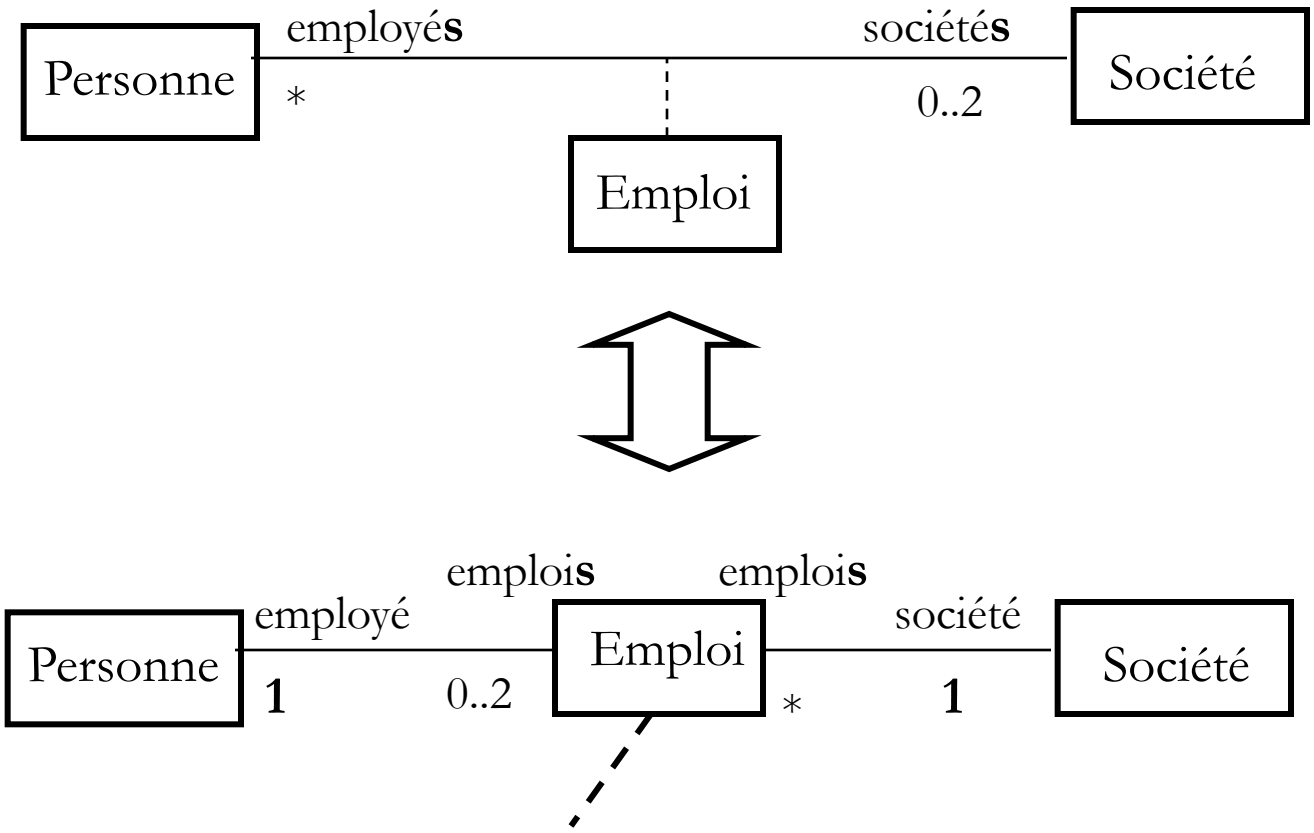
Transformation systèmatique pour revenir aux concepts de base



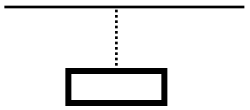
Il ne peut y avoir qu'un objet C entre un objet A et un objet B donné

Classes association (sémantique)



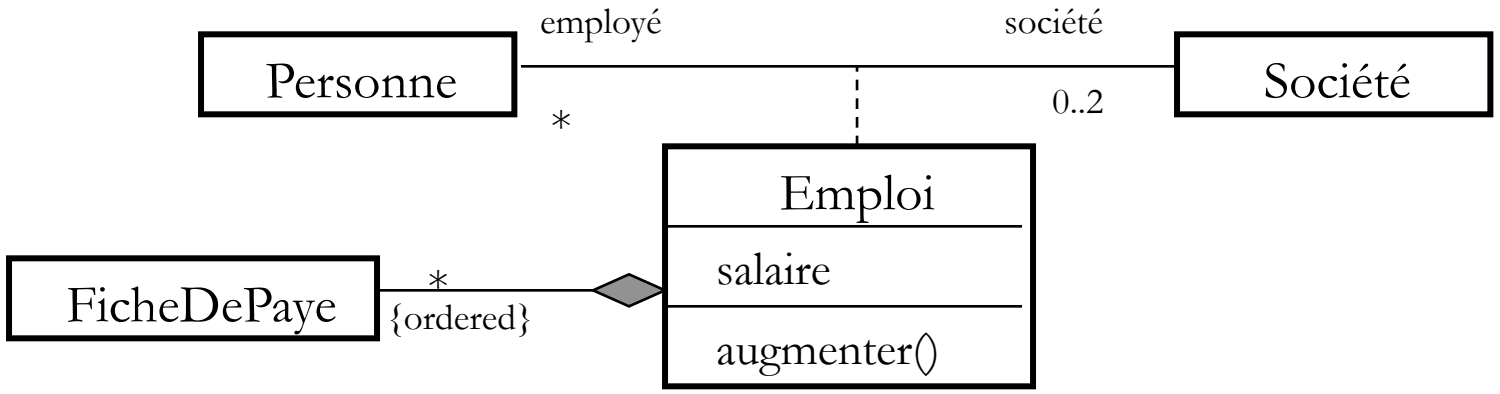


Classes association



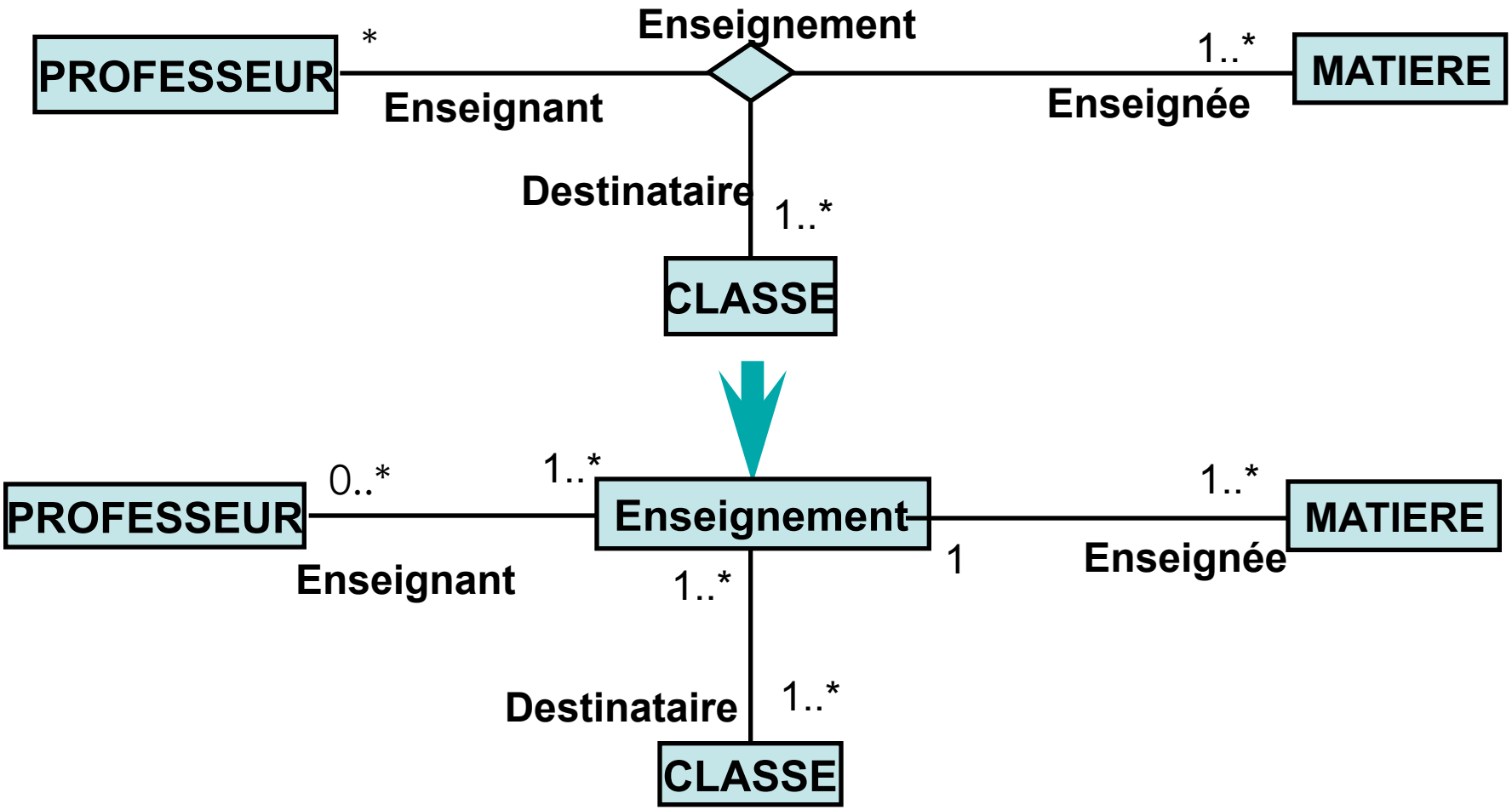
- Les classes association sont des associations mais aussi des classes.

- Elles ont donc les mêmes propriétés et peuvent par exemple être liées par des associations.



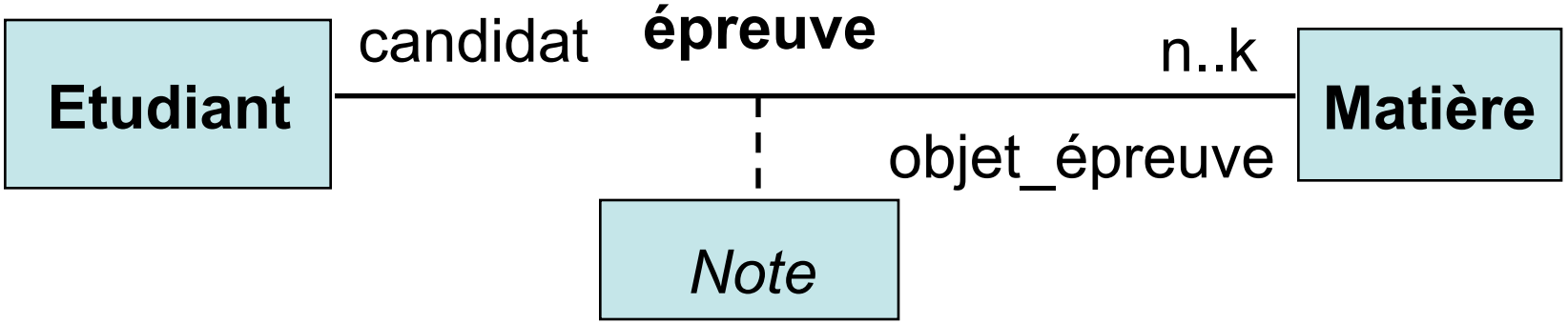
Associations n-aires

- Relations entre plus de 2 classes *(à éviter si possible) :*



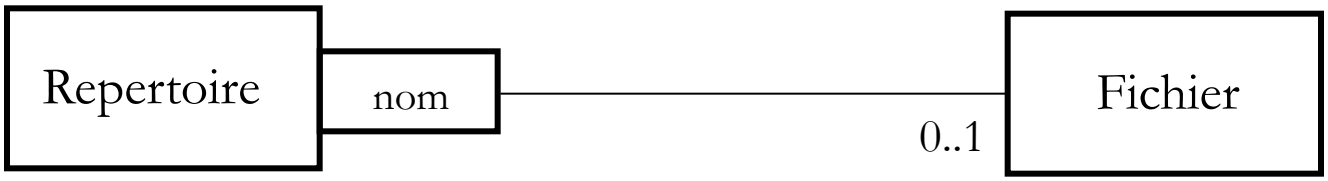
Associations attribuées

- L'attribut porte sur le lien

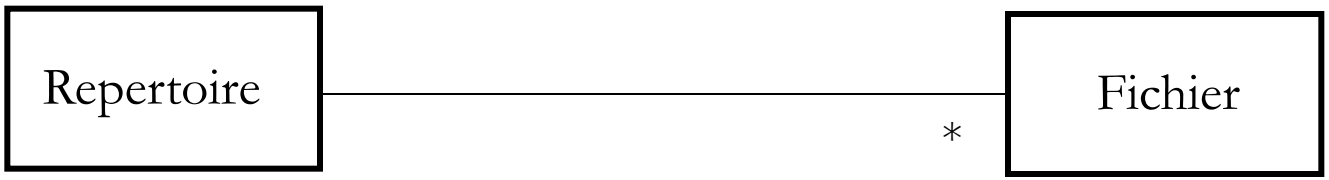


Associations qualifiées

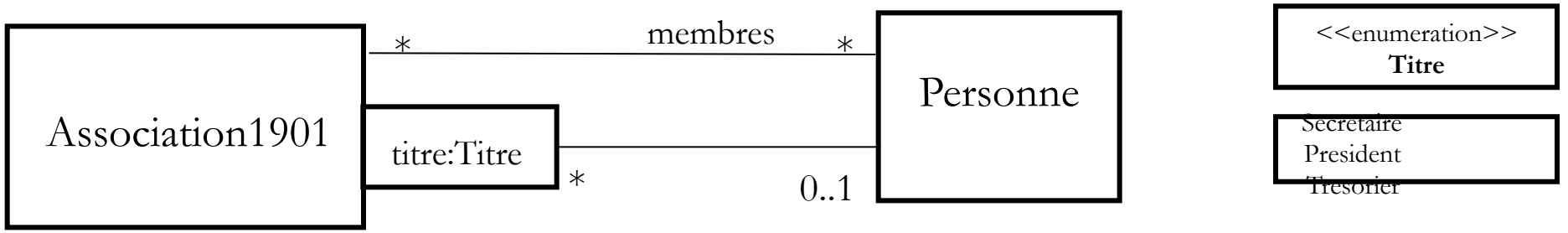
- Un qualificateur est un attribut (ou un ensemble d'attributs) dont la valeur sert à déterminer l'ensemble des instances associées à une instance via une association.

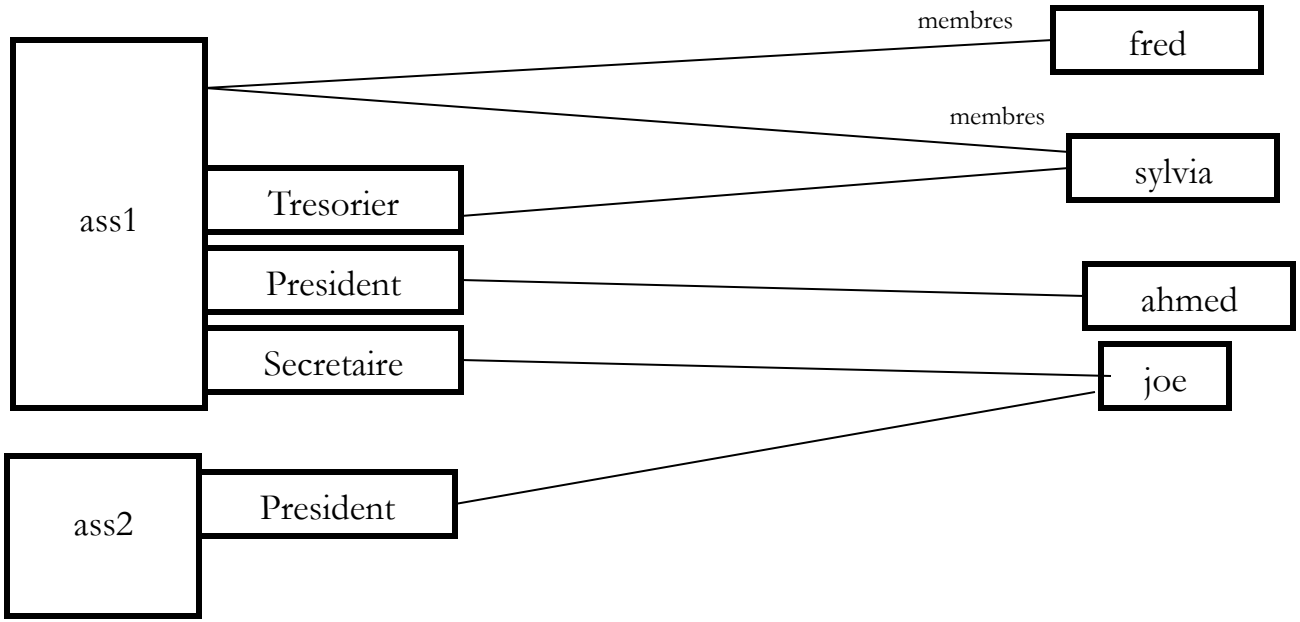


- "Pour un répertoire, à un nom donné on associe qu'un fichier (ou 0 s'il existe aucun fichier de ce nom dans ce répertoire)."
  - Correspond à la notion intuitive d'index absente ci-dessous



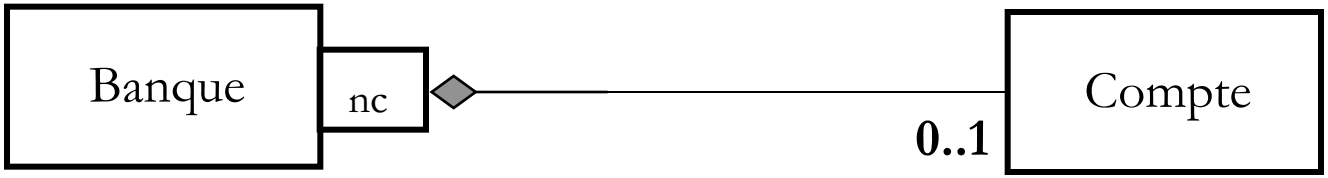
Associations qualifiées - exemple





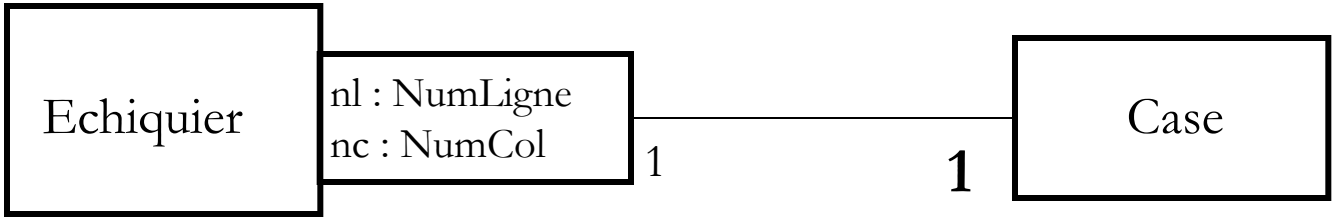
Cardinalité des associations qualifiées

Cas classique: cardinalité 0..1



Cas plus rare: cardinalité * (pas de contrainte particulière exprimée)

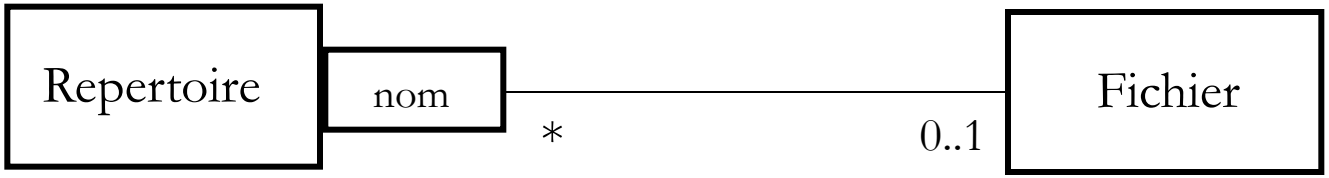
Cas plus rare: cardinalité 1 (généralement c'est une erreur)

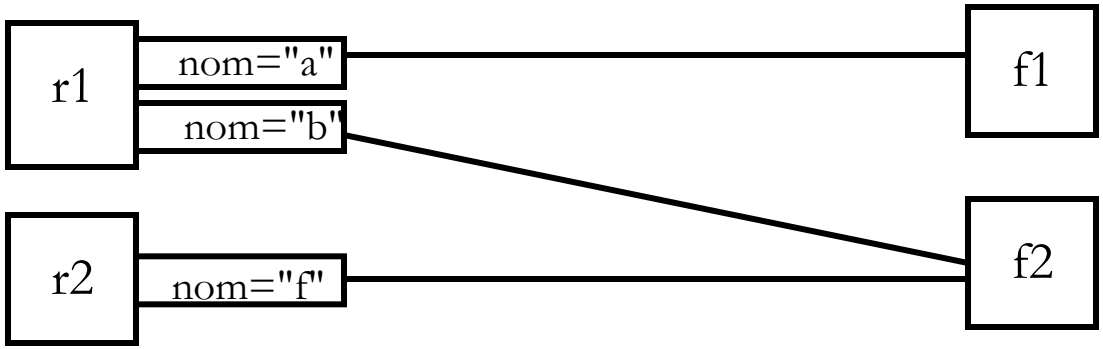


0 comme cardinalité minimale, sauf si le domaine de l'attribut qualifieur est fini et toutes les valeurs ont une image.

Attributs de l'association

Les attributs qualifieurs sont des **attributs de l'association**, pas de la classe

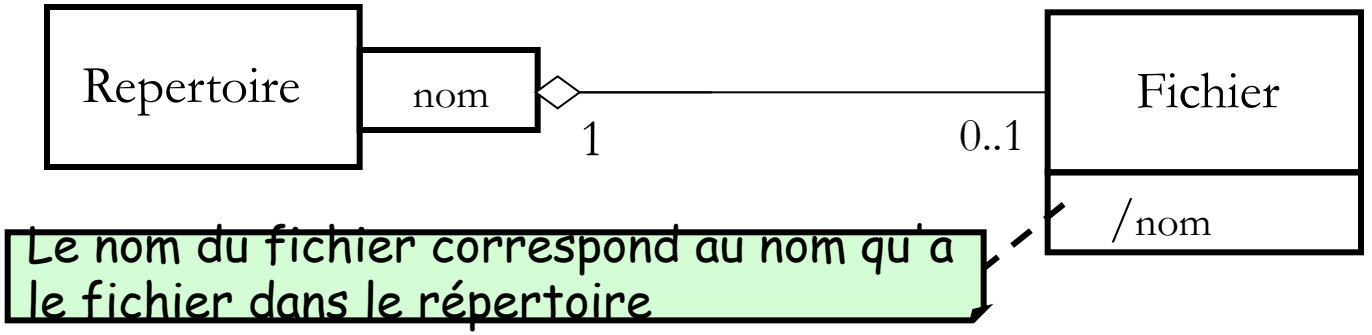




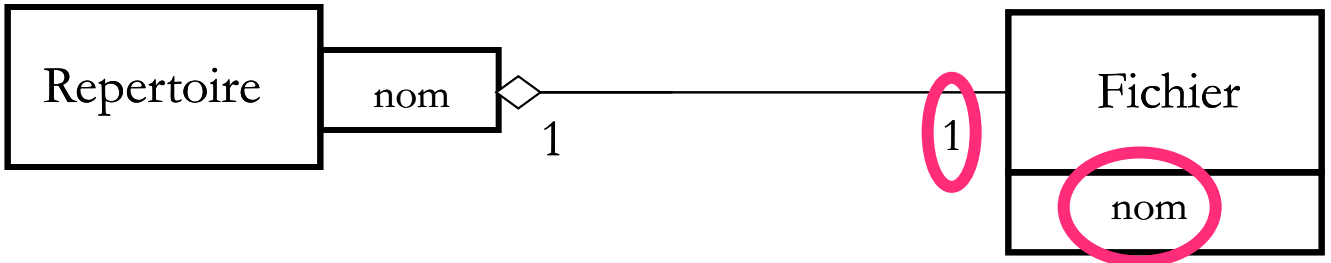
Exemple liens "hard" en Unix: un fichier peut correspondre à des noms différents dans des repertoires différents

Problèmes classiques

- Souvent l'index est également un attribut de classe indexée
- Solution correcte:



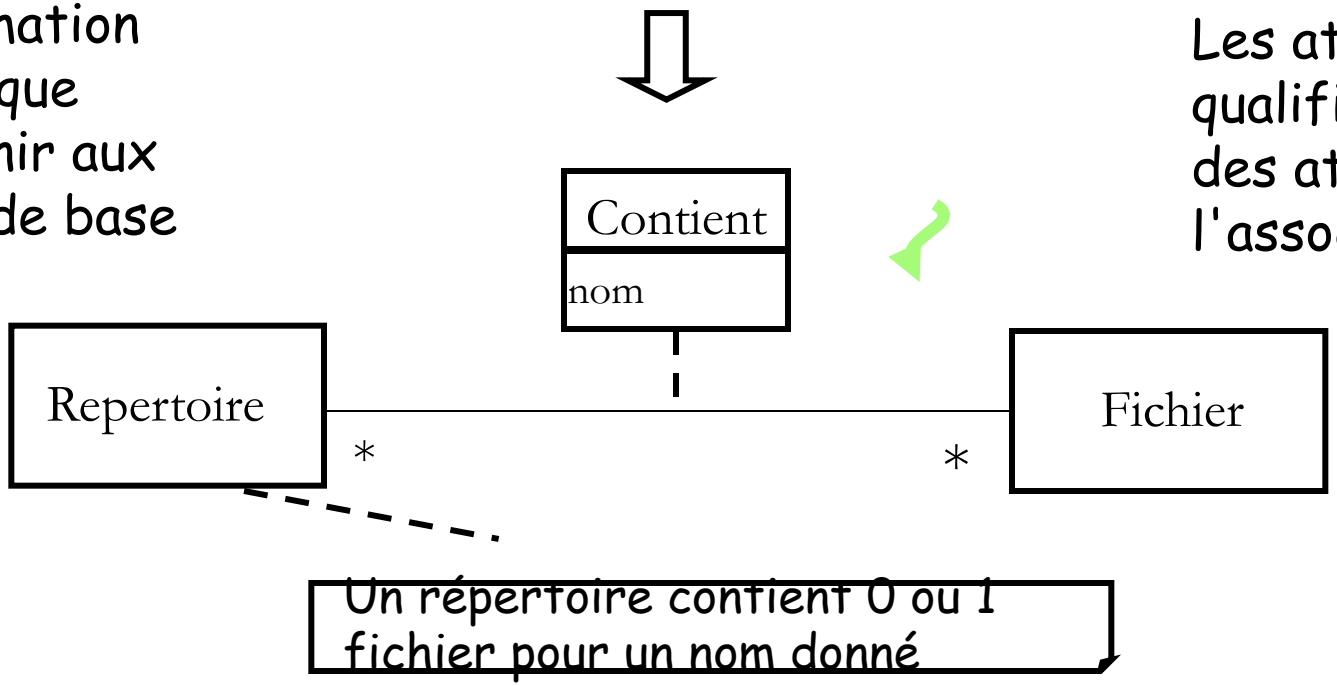
2 erreurs communes:



Classes qualifiée (sémantique)

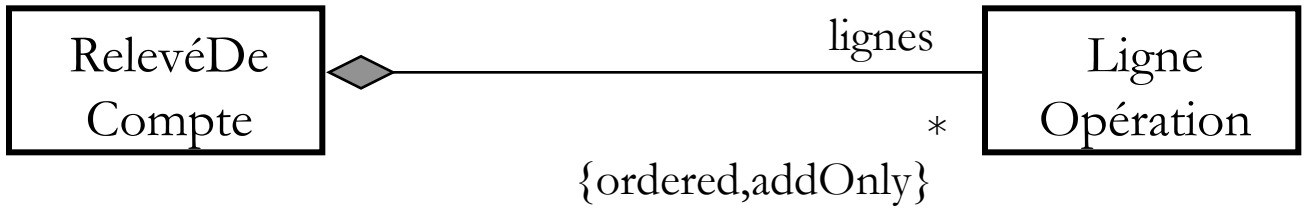
Transformation systèmatique pour revenir aux concepts de base

Les attributs du qualifieur sont des attributs de l'association



Contraintes prédéfinies sur les associations

- Par exemple :
  - {*ordered*}: les éléments de la collection sont ordonnés
  - {*nonUnique*} : répétitions possibles (UML2.0)
  - {*frozen*}: fixé lors de la création de l'objet, ne peut pas changer
  - {*addOnly*}: impossible de supprimer un élément

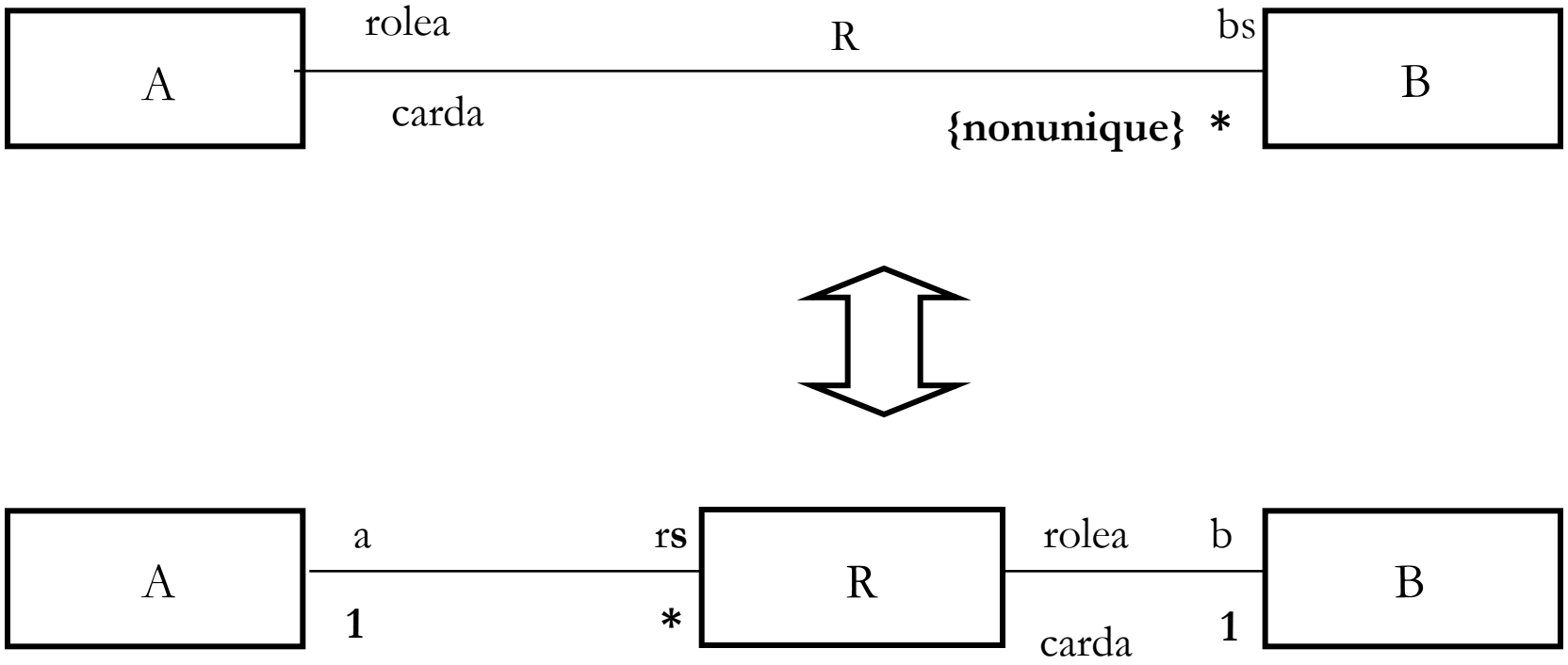


- Il est possible de définir de nouvelles contraintes

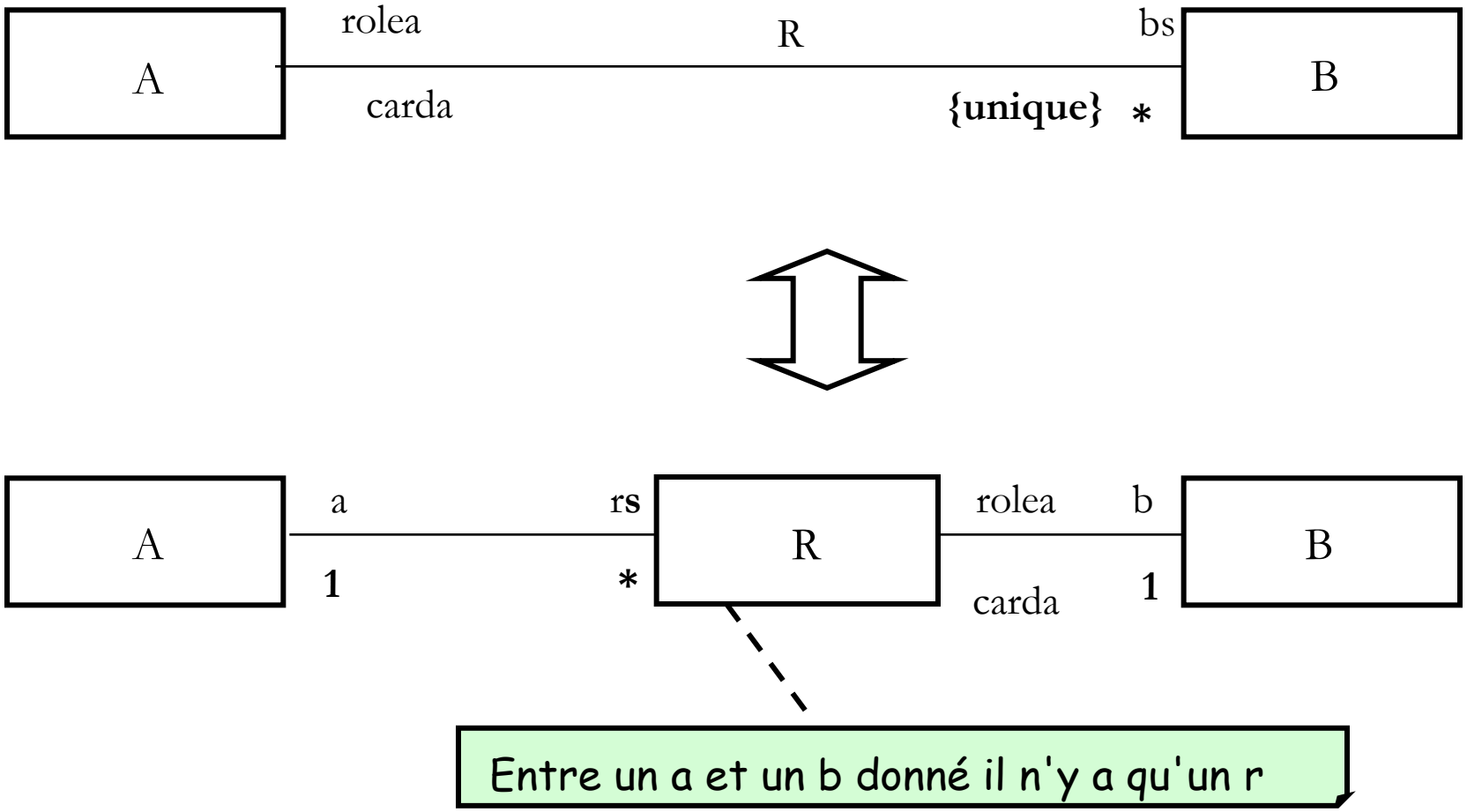
Contraintes prédéfinies sur les rôles

- **{redefines <end-name>}** : redéfinition d'un autre rôle
- **{subsets <property-name}** : le rôle représente un sous-ensemble
- **{union}** : union dérivée de tous ses sous-ensembles

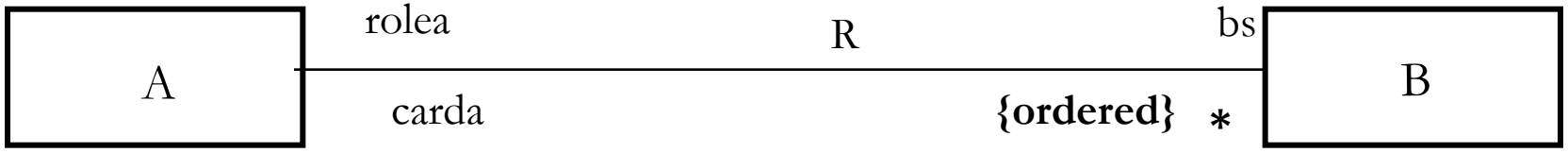
Rôle non unique (sémantique)

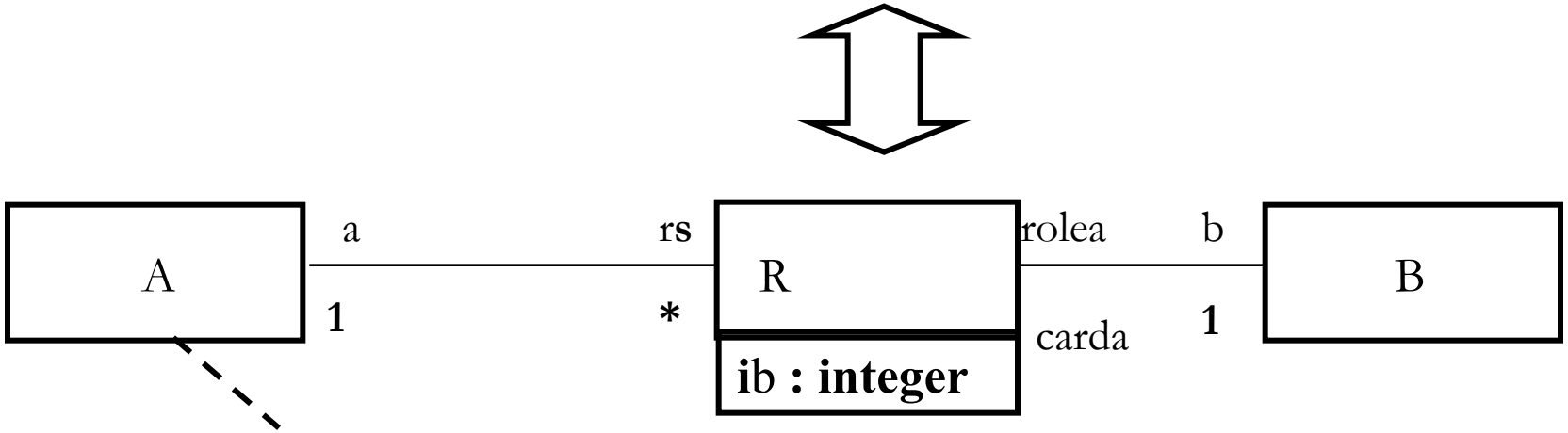


Rôle unique (sémantique)



Rôle ordonné (sémantique *par index*)



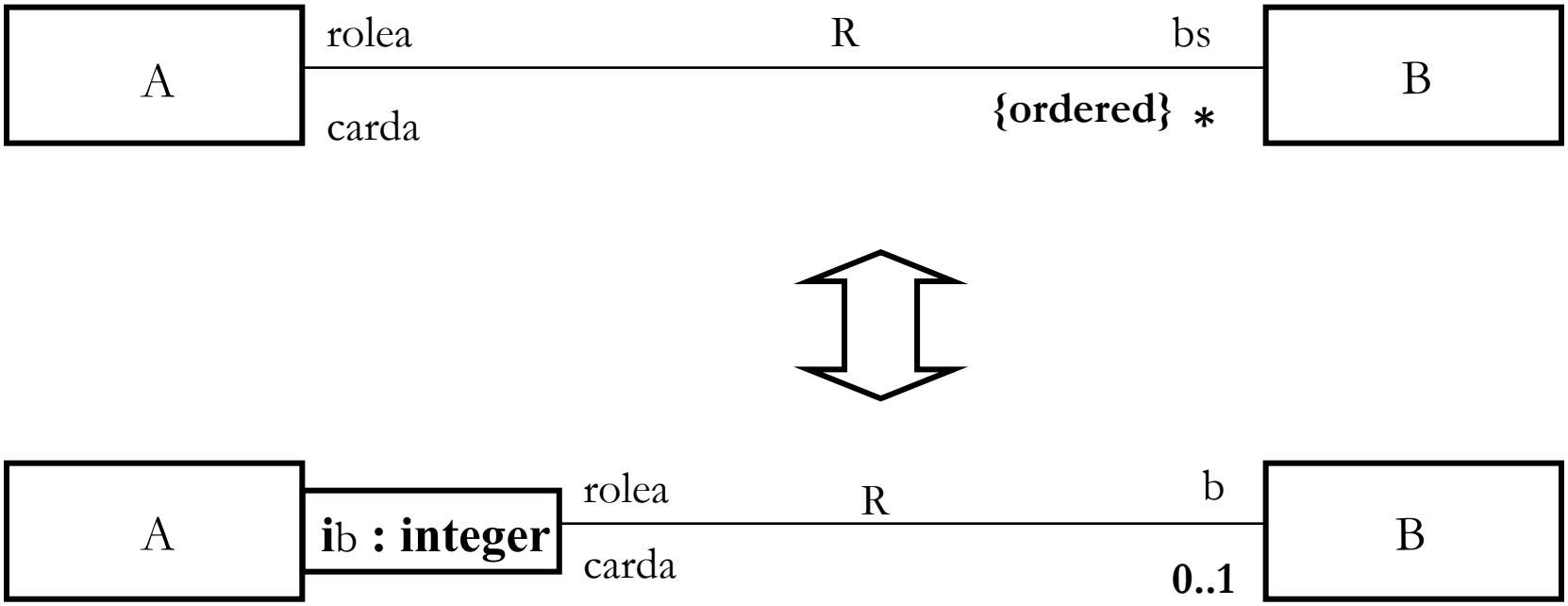


Pour tout `a`, tous les `rs` ont un indice `ib` différent et couvrant l'intervalle de 1 au nombre de `bs`.
(si {unique} on a aussi
Entre un `a` et un `b` il n'y a qu'un `r`)

```
rs->isUnique(ib) and
rs.ib->asSet=Sequence{1..bs->size()}
-- si {unique}
rs->isUnique(b)
```

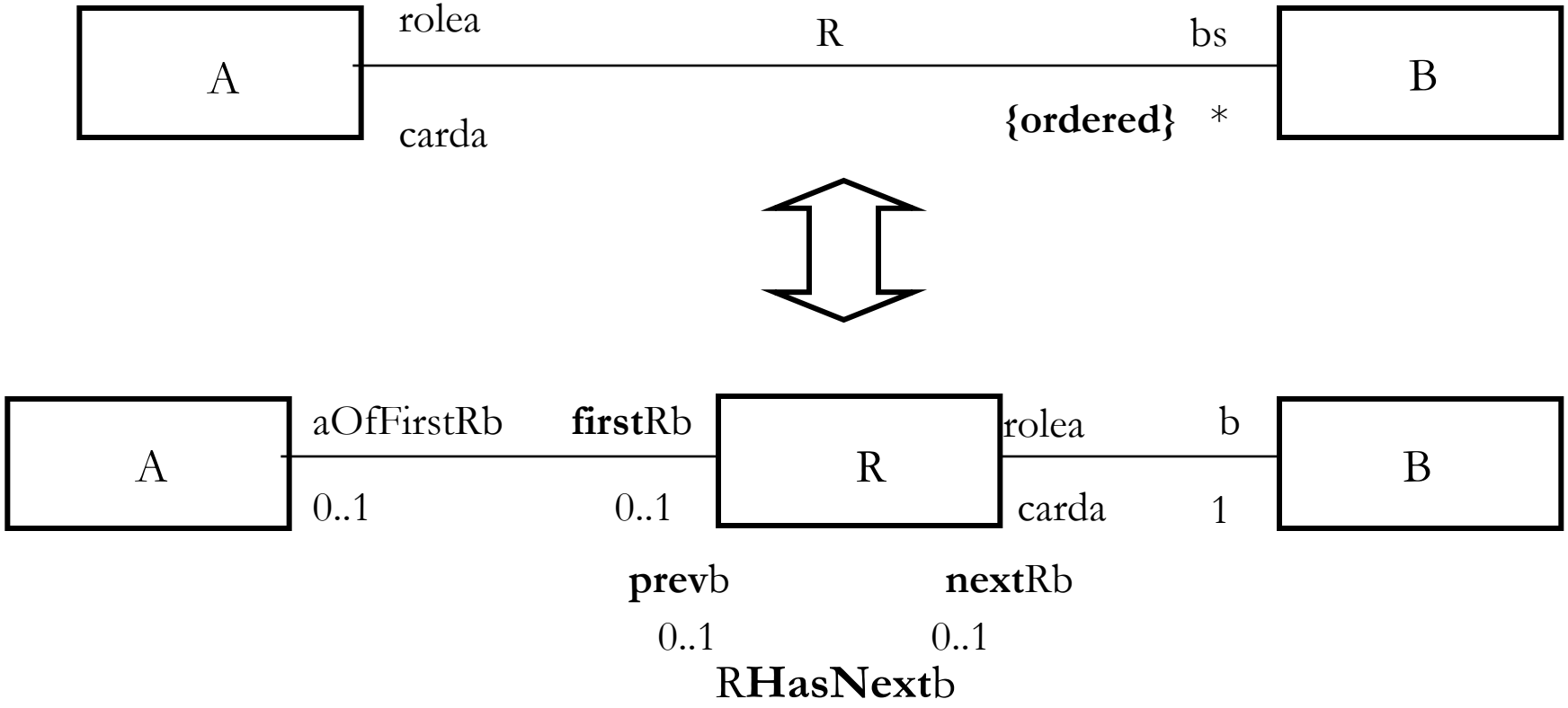
129

Rôle ordonné (sémantique *par index*)



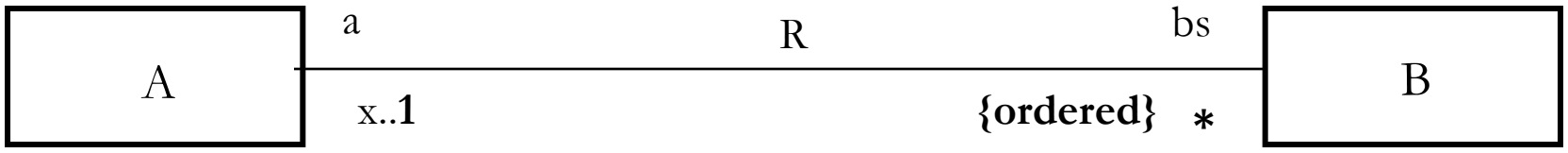
R->isUnique(ib)
and
R.ib->asSet = R.Set{1..b->size}

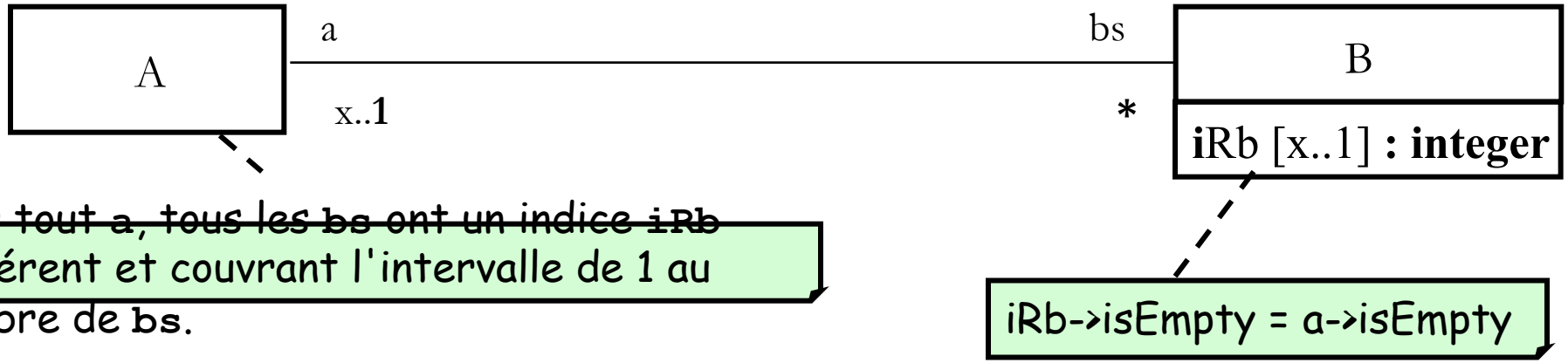
Rôle ordonné (sémantique *par chainage*)



aOfFirstRb->isEmpty xor prevb->isEmpty
allNextRb()->excludes(self)
avec allNextRb() : Set(R) = nextRb.allNextRb()->including(nextRb)

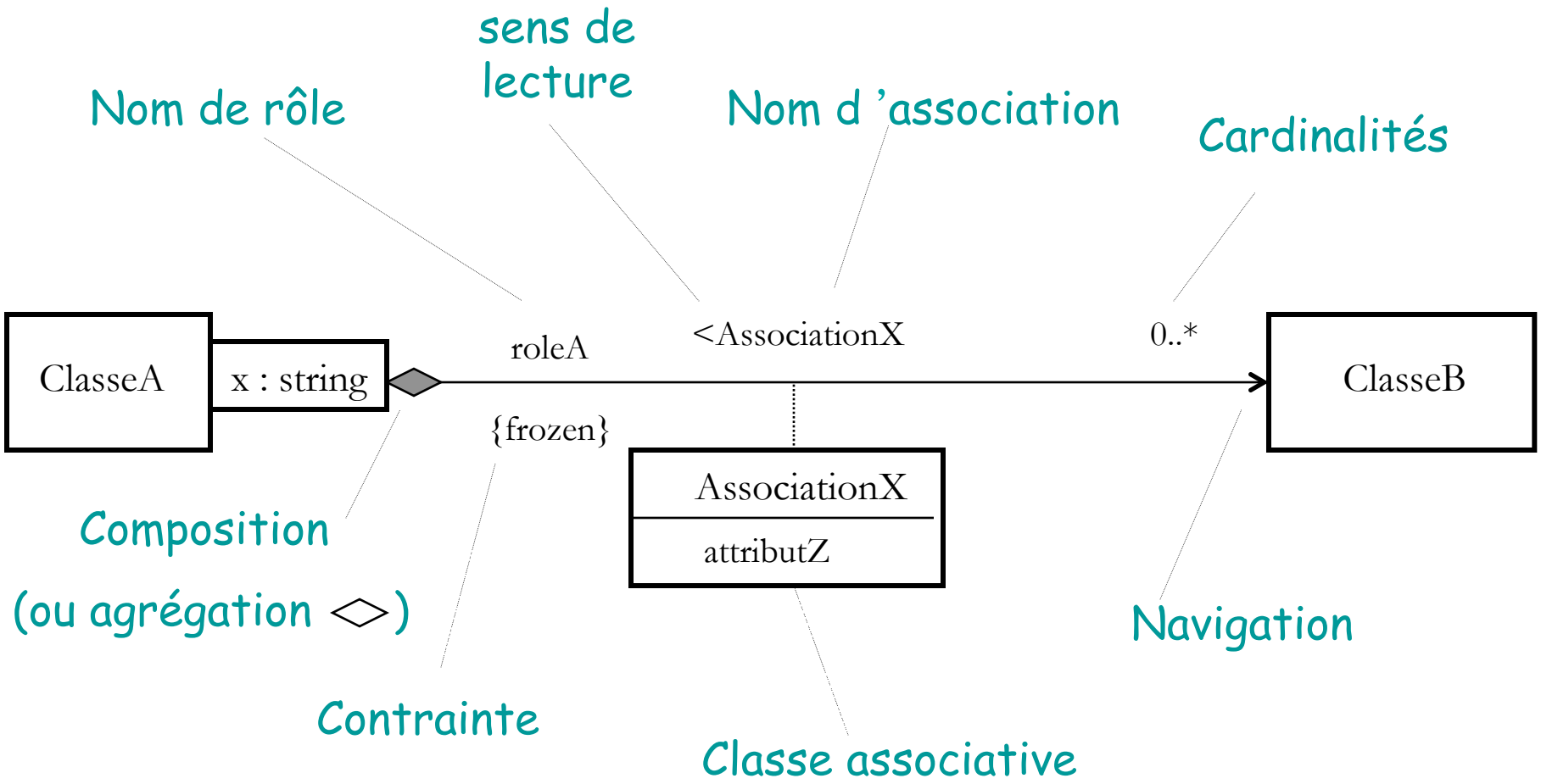
Rôle ordonné 1-* (sémantique *par index*)





132

Synthèse sur les associations

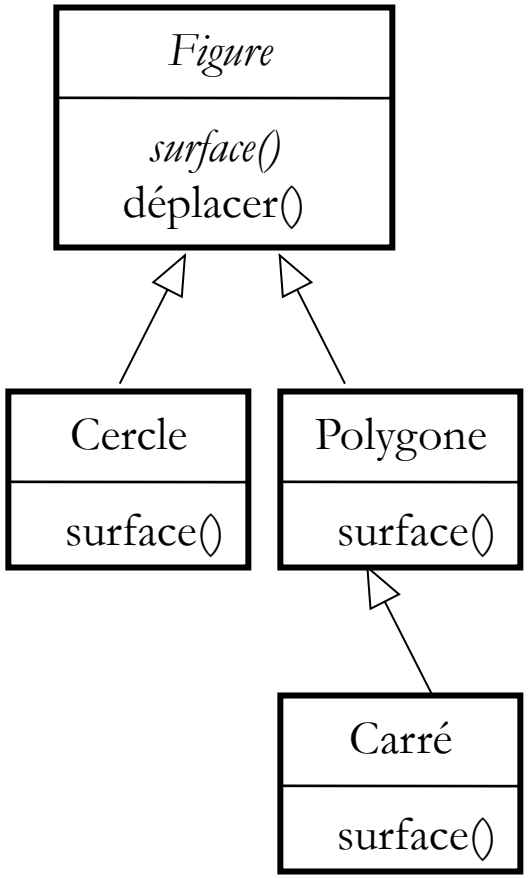


C. Raffinement du concept de GÉNÉRALISATION

- Re-définition
- Classes abstraites
- Méthodes abstraites
- Héritage simple vs. Multiple
- Classification simple vs. Multiple
- Classification statique vs. dynamique

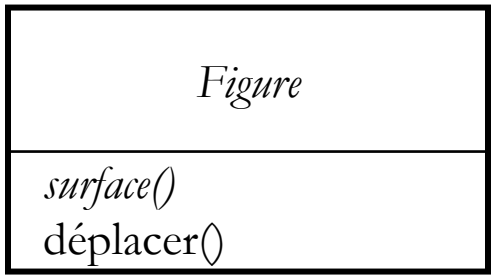
Héritage et redéfinition

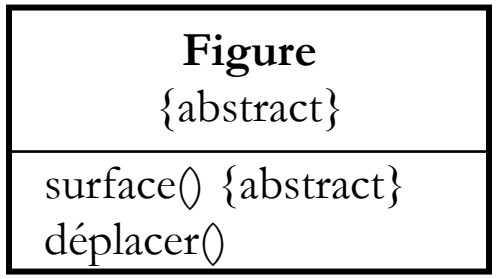
- Une sous classe peut redéfinir une méthode…
- … à condition toutefois de rester compatible avec la définition originale



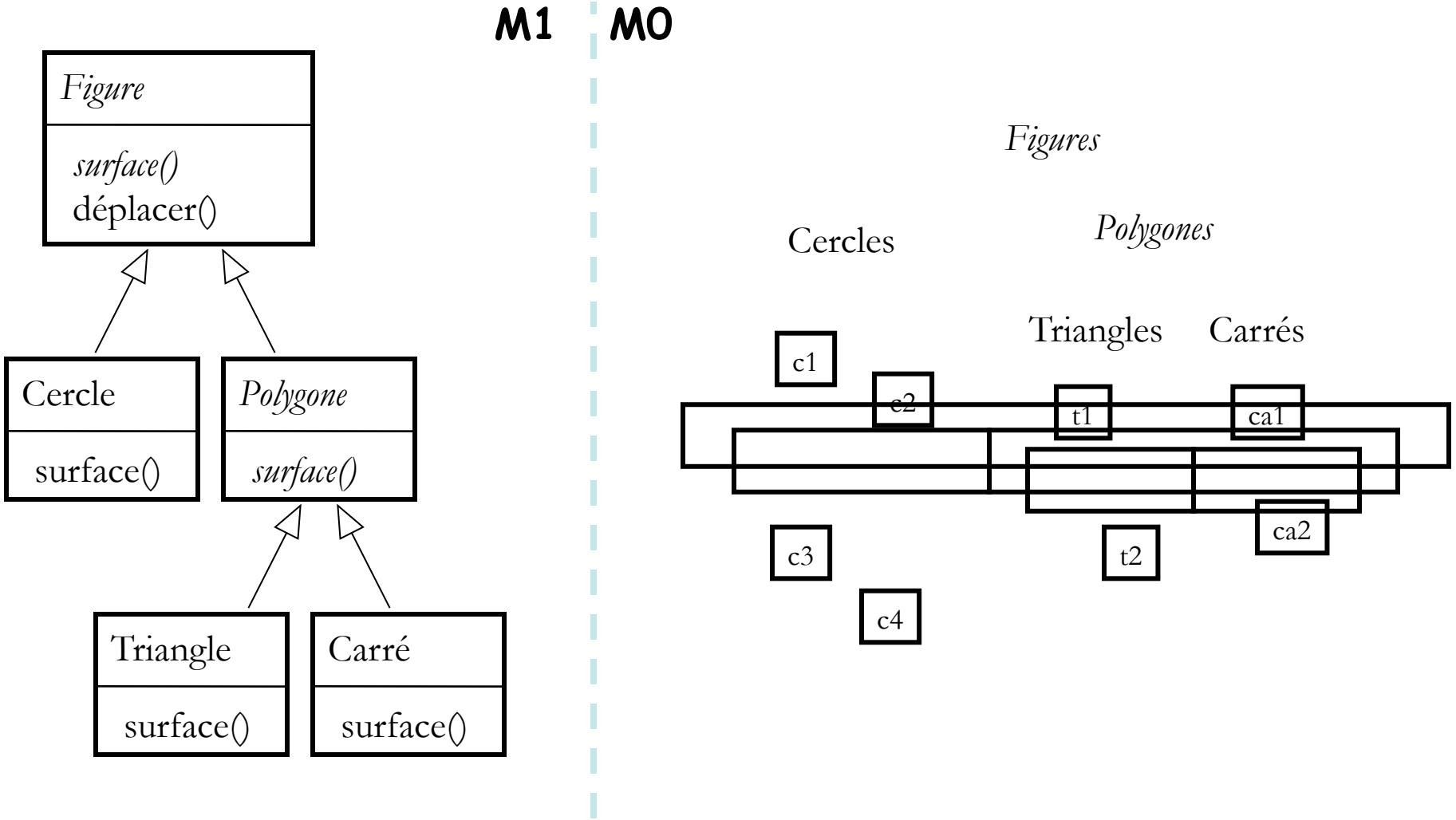
Classes et méthodes abstraites

- Une classe abstraite
  - ne peut pas être instanciée
  - utile pour définir un comportement abstrait
  - peut contenir des méthodes abstraites
- Une méthode abstraite
  - doit être définie dans une sous classe
  - est dans un classe abstraite
- Notations équivalentes :

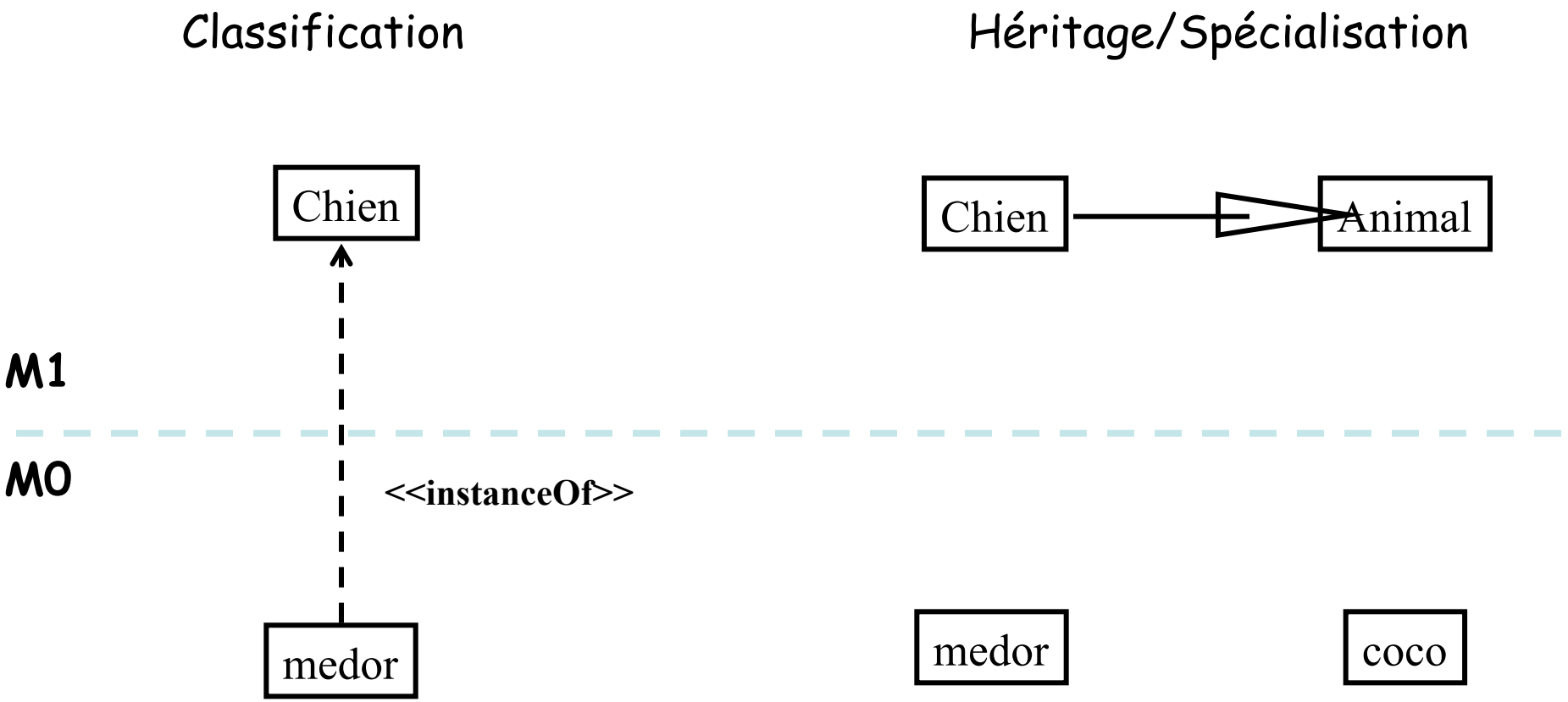




Classes abstraites du point de vue ensembliste

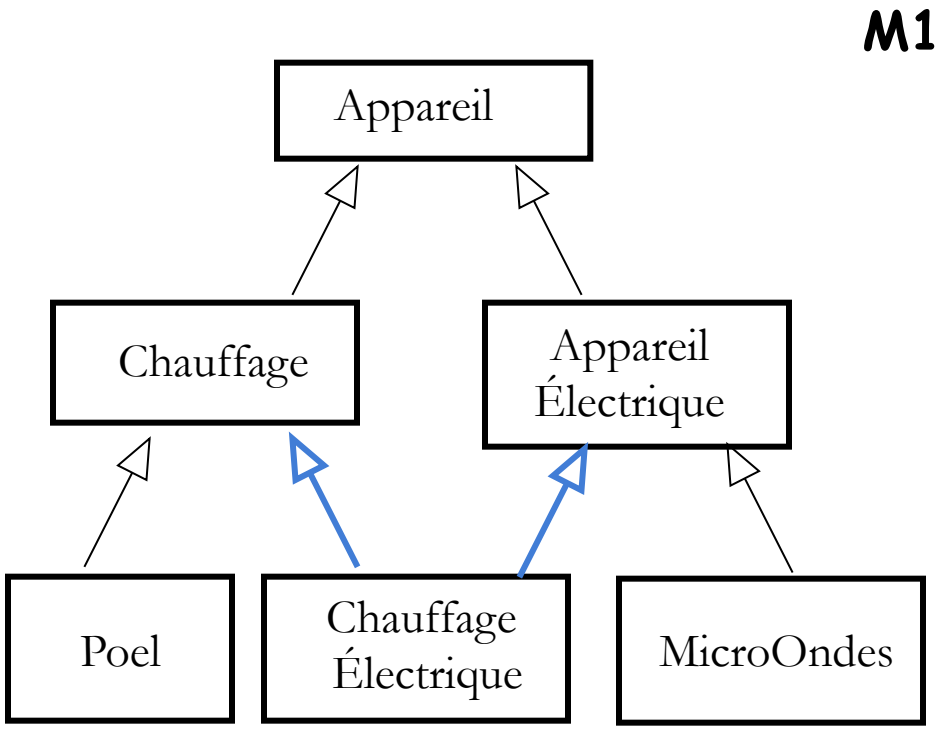


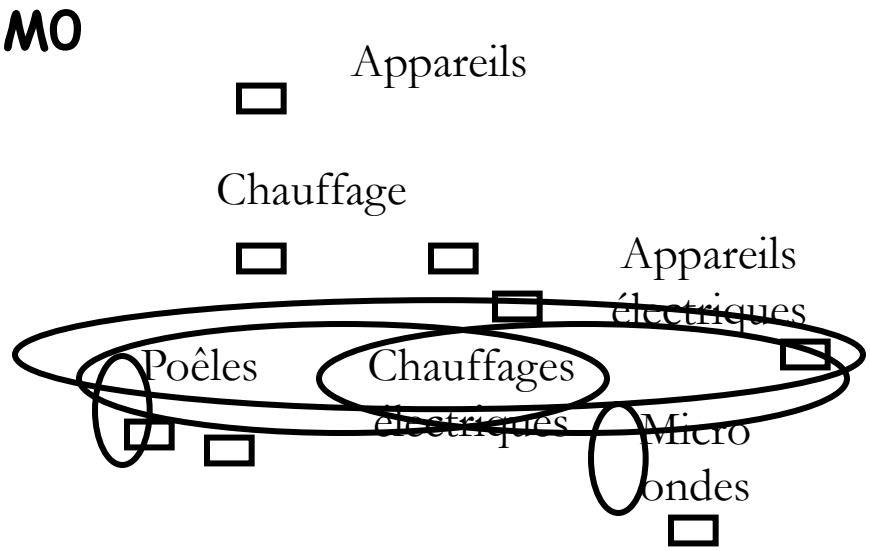
Classification *vs.* Héritage



Héritage multiple

- Une classe peut hériter de plusieurs super-classes





- Interdit dans certains langages de programmation (*e.g.*, Java et C#)

Points liés à l'héritage et à la classification

- Les modèles orientés-objets ne font pas tous les mêmes hypothèses
  - Héritage simple *vs.* héritage multiple
    - Une classe peut elle hériter de plusieurs classes ?
  - Classification simple *vs.* classification multiple
    - Un objet peut-il être simultanément instance de plusieurs classes?
  - Classification statique *vs.* classification dynamique
    - Un objet peut-il changer de classe pendant l'exécution ?

Hypothèses UML par défaut

- Sauf si le contraire est indiqué explicitement, en UML les hypothèses par défaut sont :
  - Héritage multiple
    - une classe peut hériter de plusieurs classes
  - Classification simple
    - un objet est instance d'une seule classe
  - Classification statique
    - un objet est créé à partir d'une classe donnée et n'en change pas

Deuxième partie (toujours UML)

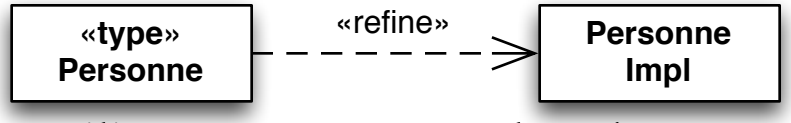
Où en est on ? (Récapitulatif)

- From Programing to Modeling
- Functional view with UML (use case diagram & model, system sequence diagram)
- Structural view with UML:
  - Class diagram (M1 = type level) *vs.* Object Diagram (M2 = instance level)
    - classifiers , associations, generalization
    - objects, links, polymorphism

- Now:
  - advanced UML (packages, OCL, etc.)
  - behavioral and implementation views with UML

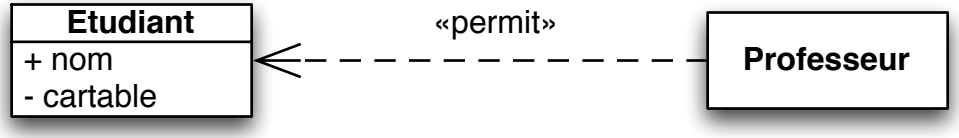
D. Concept de DÉPENDANCE (1/3)

- Relation entre deux éléments (client et fournisseur)
  - **Abstraction** : Entre éléments de différents niveaux sémantiques
    - «derive» : éléments dérivés, pas forcément du même type
    - «refine» : raffinement entre modèles



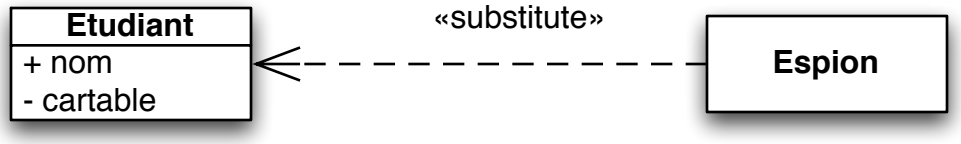
    - «trace» : (aussi) - utilisé pour marquer les changements entre modèles
    - Intérêt : Outillage de méthodes de développement (RUP, Catalysis, etc.)

  - **Permission** (« permit ») : droits d'accès aux propriétés privées



Concept de dépendance (2/3)

- Relation entre deux éléments (client et fournisseur)
  - **Réalisation** (« realize ») :
    - Relation entre deux ensembles d'éléments, de spécification et d'implémentation
    - Utilisé pour représenter: raffinement, optimisation, transformations, synthèses, etc.
  - **Substitution** (« substitute ») : Relation entre classificateurs. Les instances du fournisseur peuvent remplacer celles du client



Concept de dépendance (3/3)

- Relation entre deux éléments (client et fournisseur)
  - **Usage** : Représentation des associations non permanentes. Très utiles pour estimer la testabilité d'un modèle ou l'impact d'un changement
    - «call» : dépendance entre opérations (où classes)
    - «create» : le client créé des instances du fournisseur (classificateurs)
    - «instantiate» : les opérateurs du client créent des instances du fournisseur
    - «send» : entre une opération et un signal

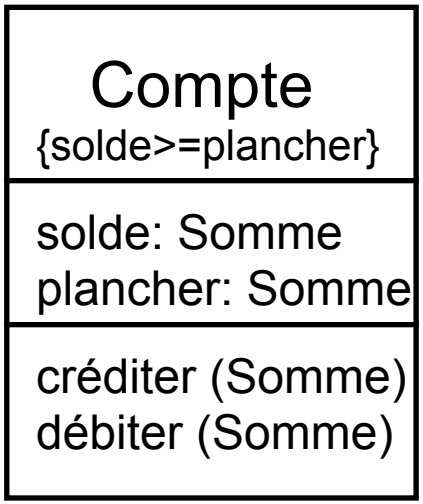
E. Raffinement du concept de CONTRAINTE

- Exemple de contraintes :
  - Invariant (sur une classe)
  - Pre-/Post- condition (sur une méthode)

- Remarque : exprimée sur un diagramme de classe, une contrainte réduit le nombre de diagrammes d'objet conformes

Représentation des invariants

- Invariants = Propriétés vraies pour l'ensemble des instances de la classe
  - dans un état stable, chaque instance doit vérifier les invariants de sa classe
  - Des contraintes peuvent être ajoutées aux éléments du modèle UML
    - Notation : entre **{ }**
  - Des contraintes peuvent être exprimées à l'aide d'OCL (Object Constraint Language)
    - e.g. **{solde >= plancher}**

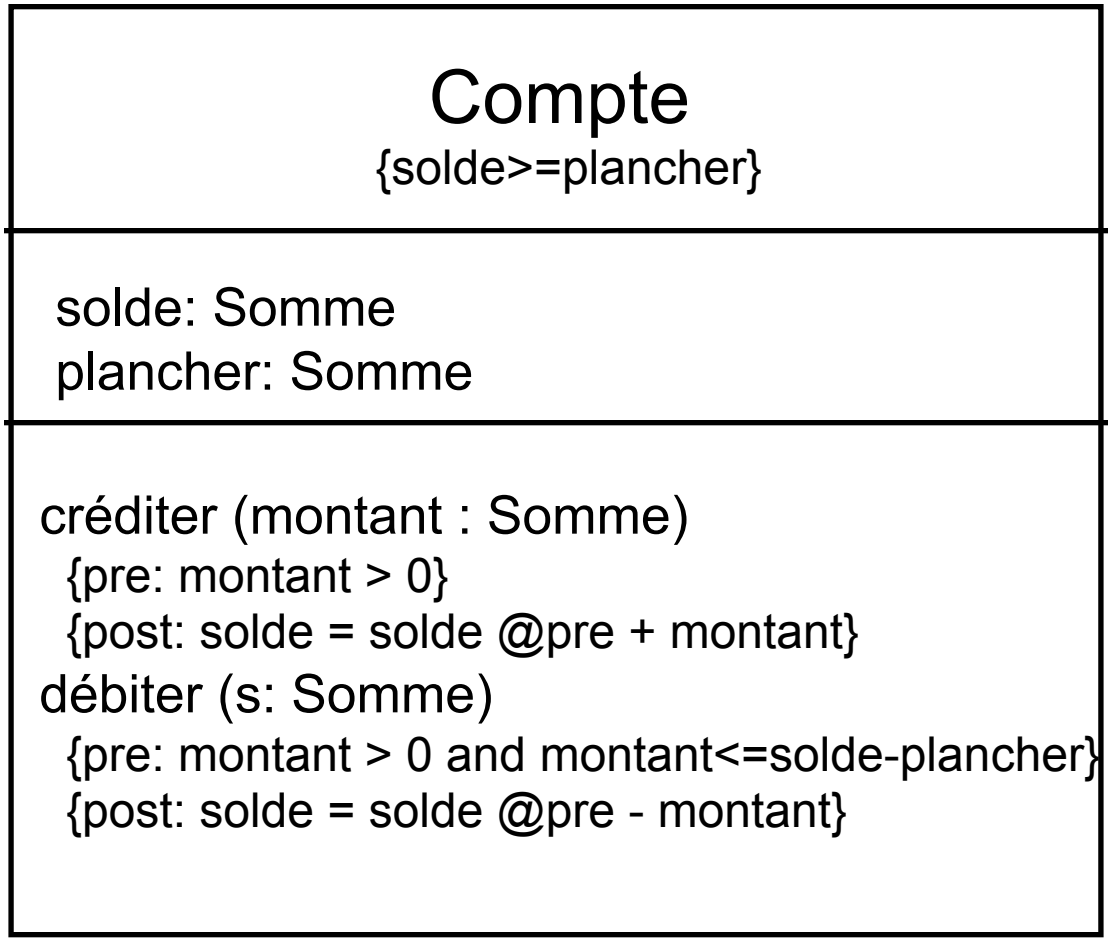


Représentation des pré/post conditions

- Préconditions
  - {«precondition» *expression booléenne* OCL}
  - Abrégé en: {pre: *expression booléenne* OCL}

- Postconditions
  - {«postcondition» *expression booléenne* OCL}
  - Abrégé en: {post: *expression booléenne* OCL}
  - Operateur « valeur précédente » (idem *old* Eiffel):
    - *expression OCL* @pre

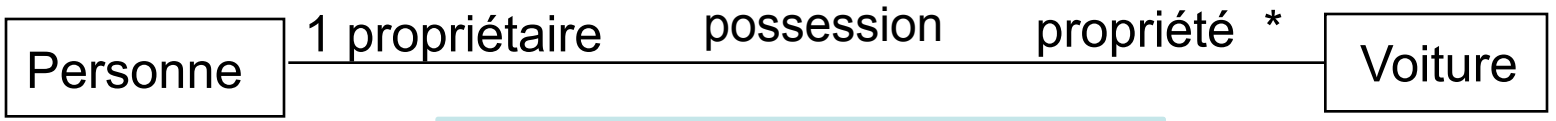
Etre abstrait et précis avec UML



Analyse précise ou "analyse par contrat"

Contraintes OCL navigant les relations

- Chaque association est un chemin de navigation
- Le contexte d'une expression OCL est le point de départ (la classe de départ)
- Les noms de rôle sont utilisés pour identifier qu'elle relation on veut naviguer



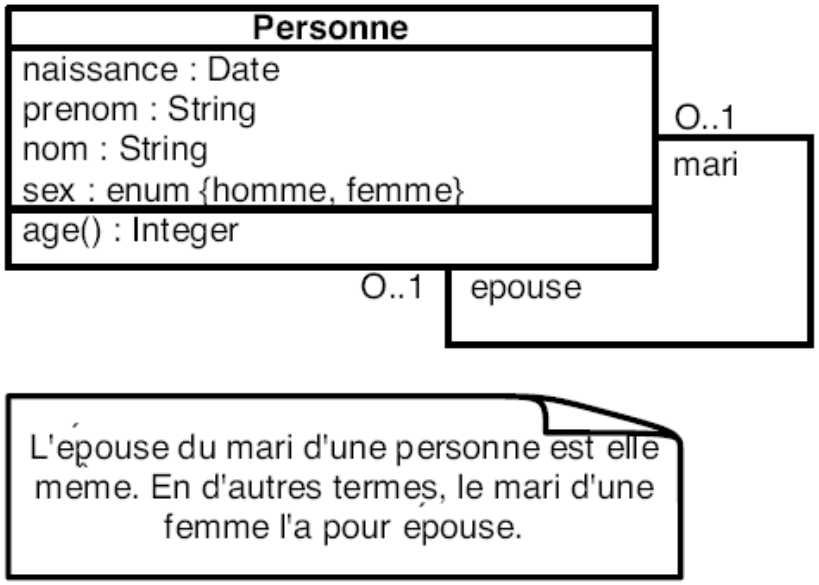
Context Voiture inv:
self.propriétaire.age >= 18

Object Constraint Language

OCL

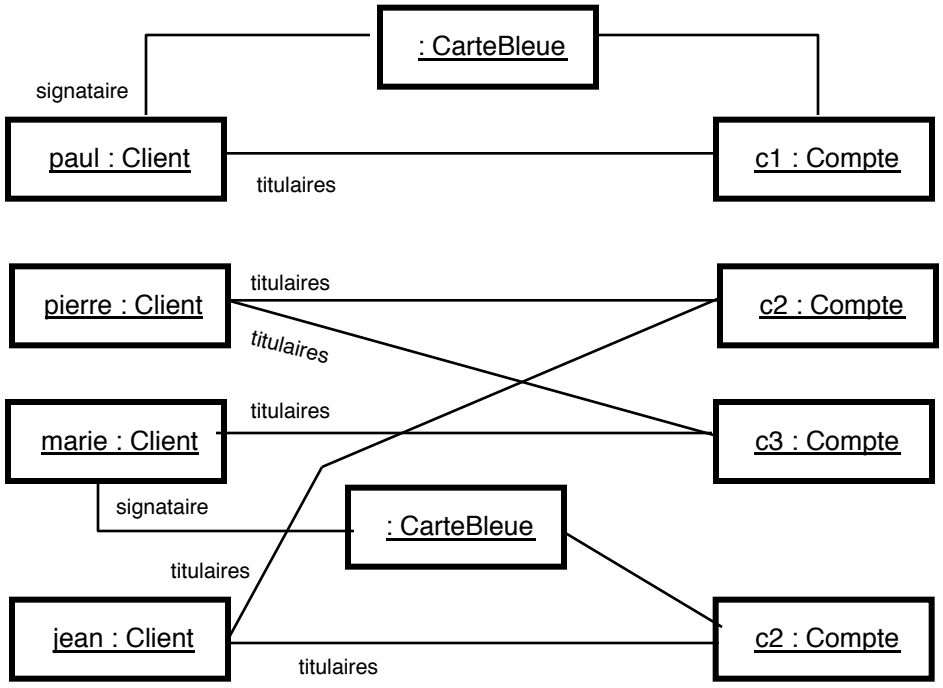
Motivations d'OCL

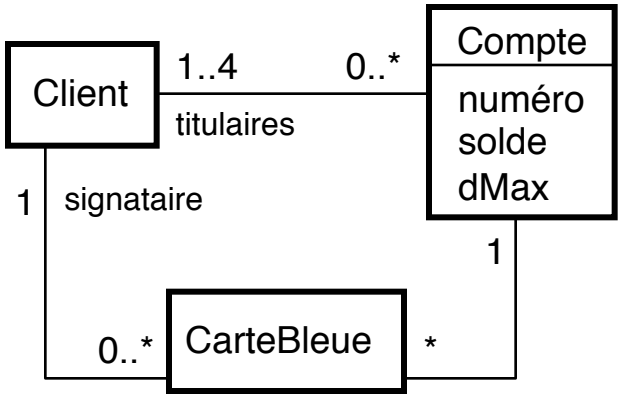
- Diagrammes exprimant certaines contraintes
  - graphiquement
    - contraintes structurelles (e.g. un attribut dans une classe)
    - contraintes de types (e.g. sous-typage)
    - contraintes diverses (e.g. composition, cardinalité, etc.)
  - via des propriétés prédéfinies
    - sur des classes (e.g. {abstract})
    - sur des rôles (e.g. {ordered})
- Les diagrammes UML manquent parfois de **précision**.
- Mais le langage naturel (français ou anglais) est souvent **ambigu**.



Illusions partagées … ou non

- **Attention aux contraintes supposées être évidentes ou vérifiée "naturellement"**





Le signataire d'une carte bleue est titulaire de ce compte.

Expression des contraintes en langue naturelle

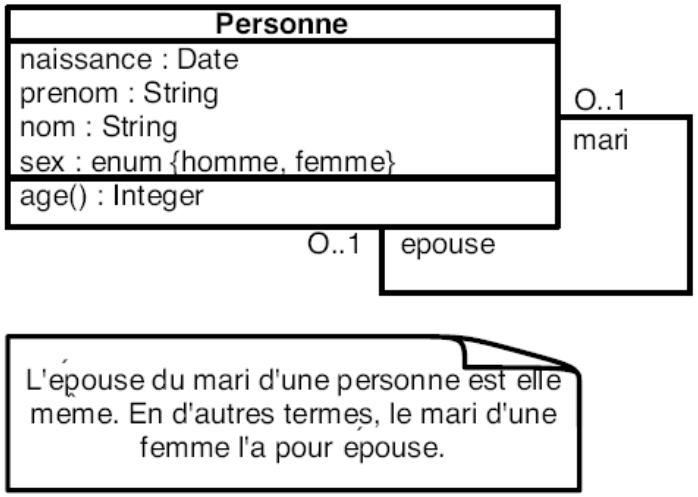
- Simple à mettre en oeuvre
  - utilisation des notes en UML + texte libre
  - compréhensible par tous

- Indispensable !
  - documenter les contraintes est essentiel
  - détecter les problèmes le plus tôt possible

- Problèmes
  - ambigu, imprécis
  - difficile d'exprimer clairement des contraintes complexes
  - difficile de lier le texte aux éléments du modèle

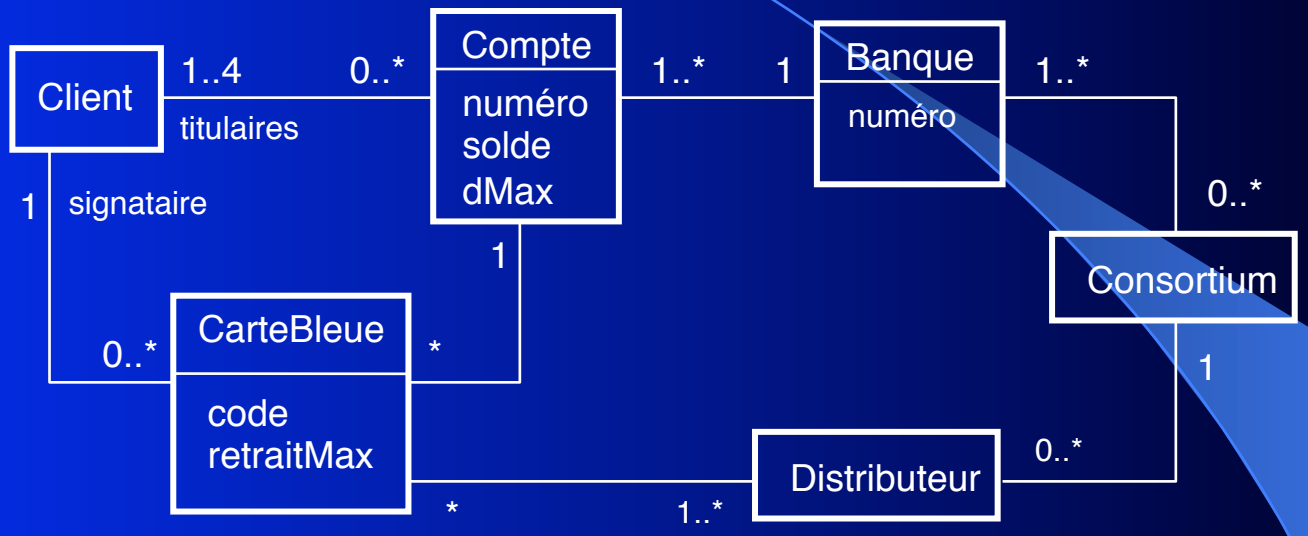
Conception par contrats avec UML

- Ajout de *contraintes* à des éléments de modélisation.



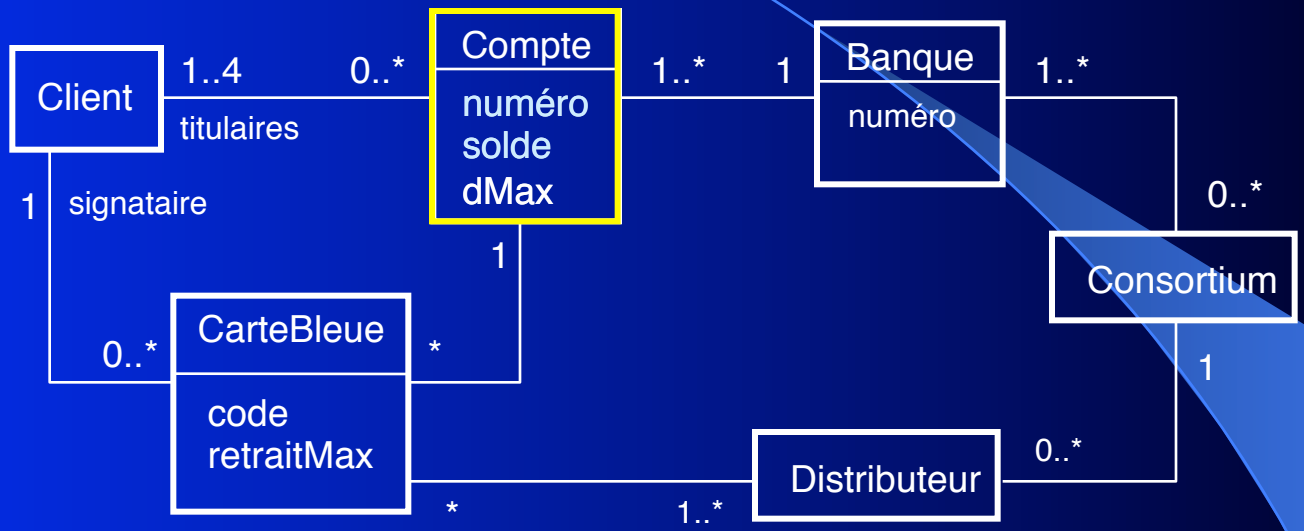
{**context** Personne **inv** :
self.epouse ->**notEmpty**() **implies** self .epouse.mari = self
and self.mari -> **notEmpty**() **implies** self .mari.epouse = self}

Exemple



(1) Le solde d'un compte ne doit pas être inférieur au découvert maximum autorisé
(2) Le signataire d'une carte bleue associée à un compte est le titulaire de ce compte.
(3) Une carte bleue est acceptée dans tous les distributeurs des consortiums de la banque.
(4) Les clients d'une banque non affiliée à un consortium ne peuvent pas avoir de carte bleues.

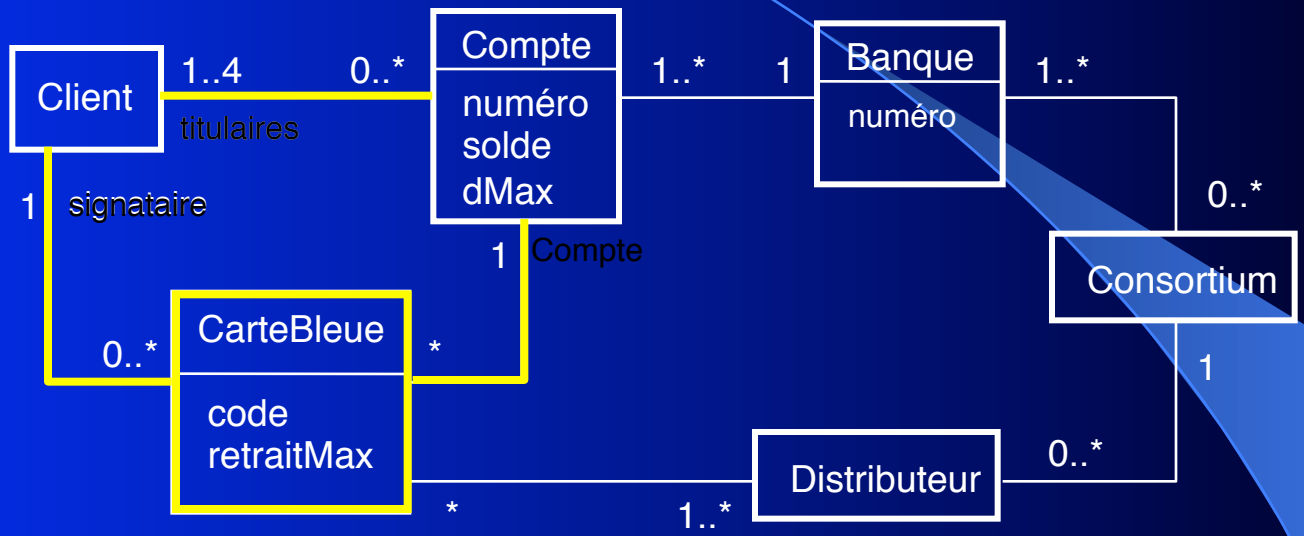
Exemple



-- (1) Le solde d'un compte ne doit pas être inférieur au découvert maximum autorisé

context *Compte*
inv: *dMax >= 0*
inv: *solde > dMax*

Exemple

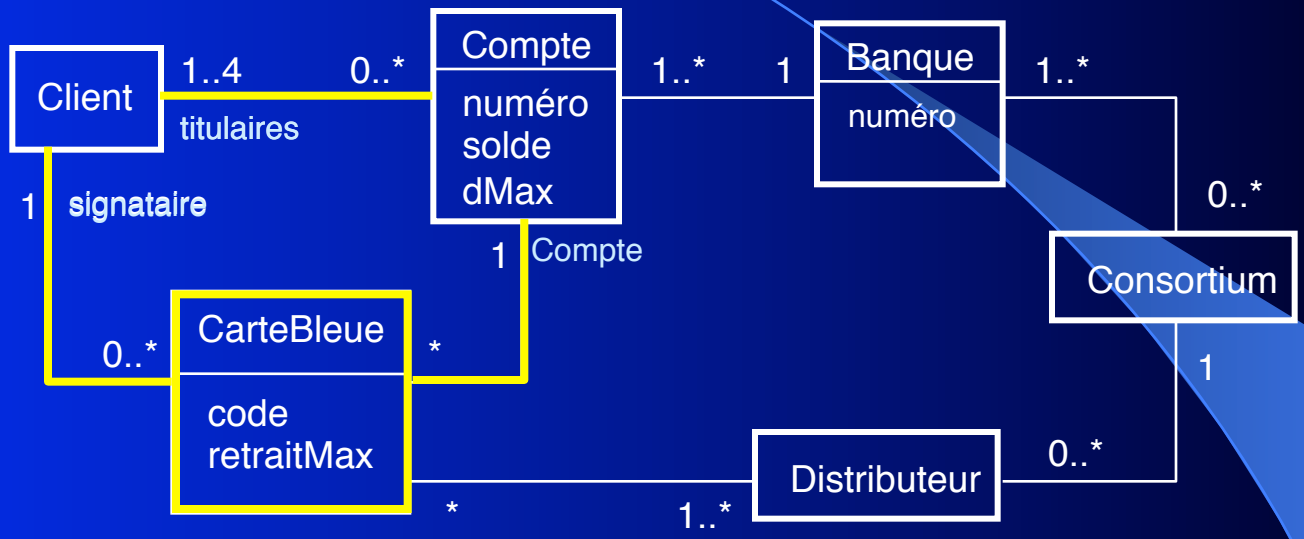


-- (2) Le signataire d'une carte bleue associée à un compte ~~est~~ le titulaire de ce compte.

context *CarteBleue*

inv: *self .signataire* ~~=~~ *self.Compte .titulaires*

Exemple

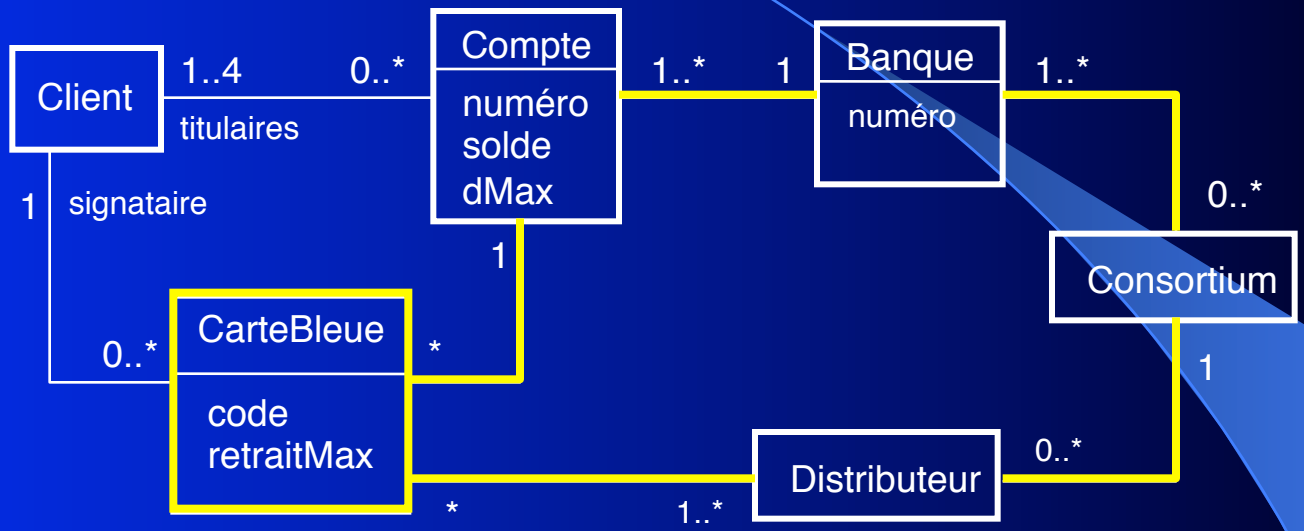


-- (2) Le signataire d'une carte bleue associée à un compte est **l'un des** titulaire**s** de ce compte.

context *CarteBleue*

inv: *self.Compte.titulaires->**includes**(self.signataire)*

Exemple

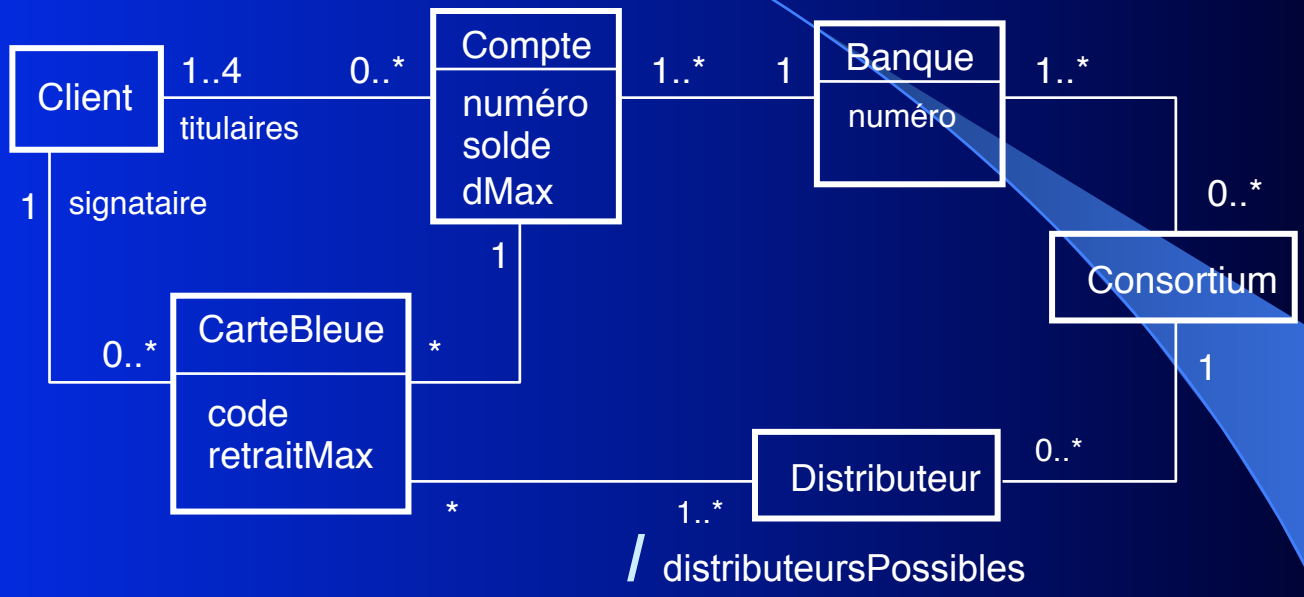


-- (3) Une carte bleue est acceptée dans tous les distributeurs des consortiums de la banque.

context *CarteBleue*

inv: *self.Distributeur = self.Compte.Banque.Consortium.Distributeur->asSet*

Exemple



context *CarteBleue::distributeursPossibles : set(Distributeur)*
derive: *self.Compte.Banque.Consortium.Distributeur->asSet*

Caractéristiques d'OCL

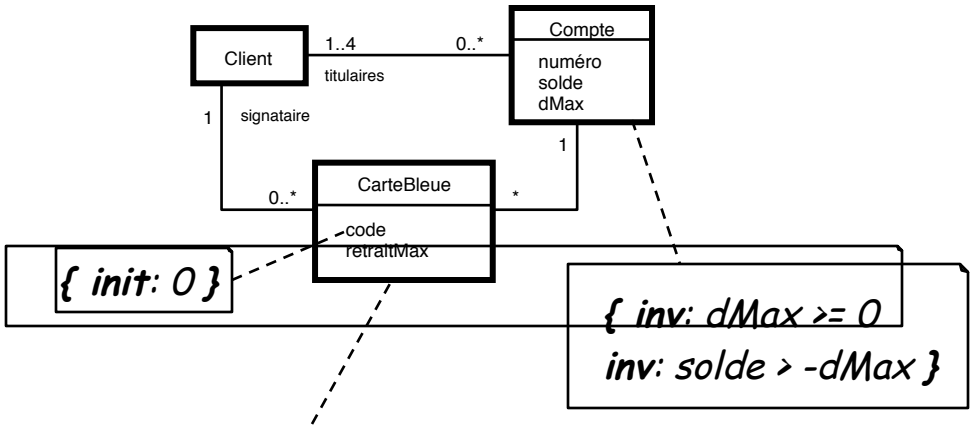
- Langage d'expressions (fonctionnel)
  - Valeurs, expressions, types
  - Fortement typé
  - Pas d'effets de bords
- Langage de spécification, pas de programmation
  - Haut niveau d'abstraction
  - Pas forcément exécutable
  - Permet de trouver des erreurs beaucoup plus tôt dans le cycle de vie

Caractéristiques d'OCL

- Points faibles
  - Pas aussi rigoureux que VDM, Z ou B => pas de preuves possibles
  - Puissance d'expression limitée
- Points forts
  - Relativement simple à écrire et à comprendre
  - Très bien intégré à UML
  - Bon compromis entre simplicité et puissance d'expression
  - Passage vers différentes plateformes technologiques

Contexte d'une contrainte

- Contrainte toujours associée à un élément de modèle : le contexte de la contrainte.
- Deux techniques pour spécifier le contexte :



{ inv: Compte.titulaires->includes(self.signataire)}

context *Compte*
inv: *dmax >=0*
inv: *solde > -dMax*

context *CarteBleue*
inv: *Compte.titulaires->includes(self.signataire)*
inv: *code>0 and code<=9999*
inv: *retraitMax>10*

context *Compte::solde : integer*
init: *floor(depotInitial * 10 / 100)*

Où utiliser OCL

- OCL peut être utilisé pour décrire des prédicats
  - *inv:* invariants de classes — *inv: solde < decouvertMax*
  - *pre:* pré-conditions d'opérations — *pre: montantARetirer > 0*
  - *post:* post-conditions d'opérations — *post: solde > solde@pre*

- OCL peut également être utilisé pour décrire des expressions
  - *def:* déclarer des attributs ou des opérations — *def: nbEnfants:Integer*
  - *init:* spécifier la valeur initiale des attributs — *init: enfants->size()*
  - *body:* exprimer le corps de méthodes {query} — *body: enfants->select(age< a)*
  - *derive:* définir des élements dérivés (/) — *derive: age<18*

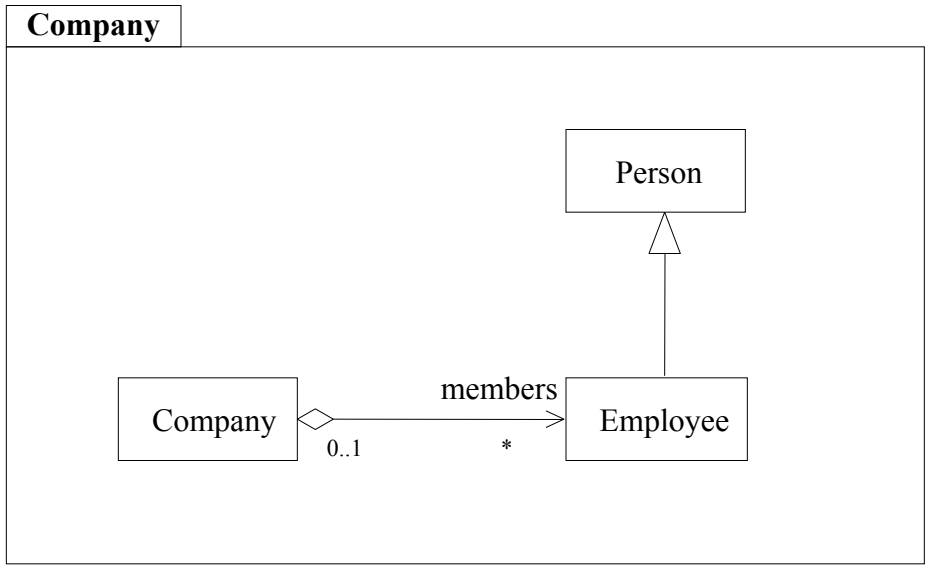
Navigation des relations 0..*

- Par navigation on n'obtient plus un scalaire, mais une *collection* d'objets
- OCL défini 3 sous-types de collections
  - **Set** : obtenu par navigation d'une relation 0..*
    - *Context Personne inv: propriété* retourne un Set[Voiture]
    - chaque élément est présent au plus une fois
  - **Bag :** si plus d'un pas de navigation
    - un élément peut être présent plus d'une fois
  - **Sequence** : navigation d'une relation {ordered}
    - c'est un Bag ordonné
- Nombreuses opérations prédéfinies sur les types *collection*.

Syntaxe :
Collection->opération

Class Diagram: Conclusion

- Un diagramme de classes est un graphe d'éléments connectés par des relations.
- Un diagramme de classes est une vue graphique de la structure statique d'un système.



Constituants d'une classe

- Concept représenté (nom)
- Classes héritées (concepts précisés)
- Relations avec autres classes
- Attributs (classe, nom, visibilité)
- Opérations (paramètres)
- Contraintes, invariants
- Généricité (classes paramétrées)
- Stéréotypes

Composite Structure Diagram

Diagramme de composite structure

- Structure Interne
  - Spécification d'éléments créés à l'intérieur d'un classificateur
  - Eléments : instances, références

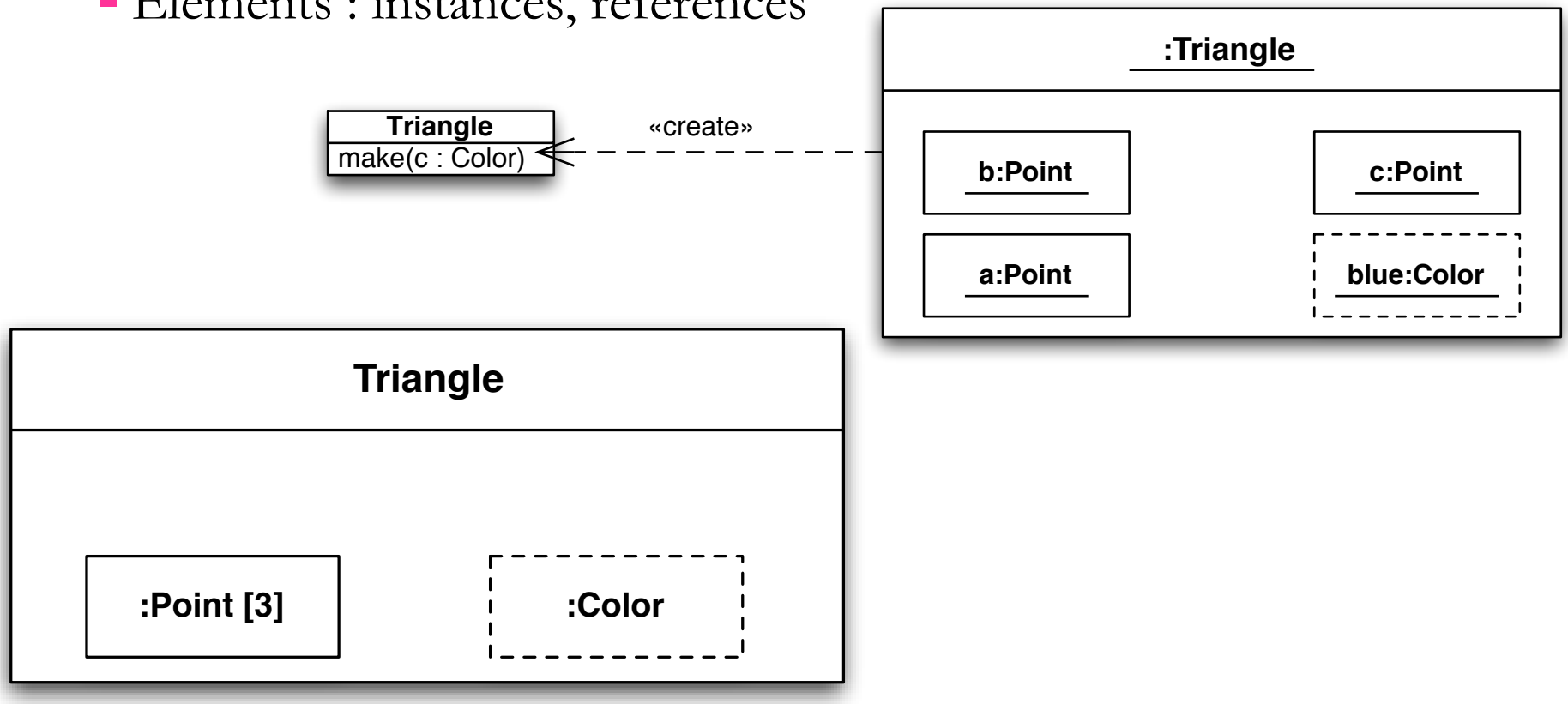
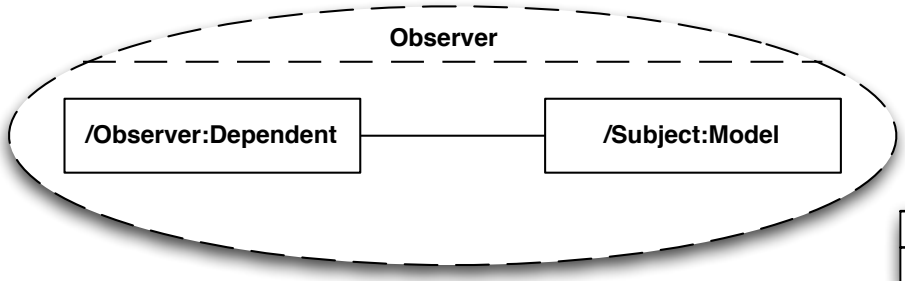


Diagramme de composite structure

- Collaboration
  - Spécification de la structure d'un ensemble d'éléments (rôles) qui réalisent une tache commune
  - Représentation de la structure d'un patron de conception
  - Eléments : rôle (d'une classe participant à une collaboration), connecteurs (permettant la communication entre deux classes)
  - Les propriétés définies par les classificateurs doivent être possédées par les classes jouant leurs rôles



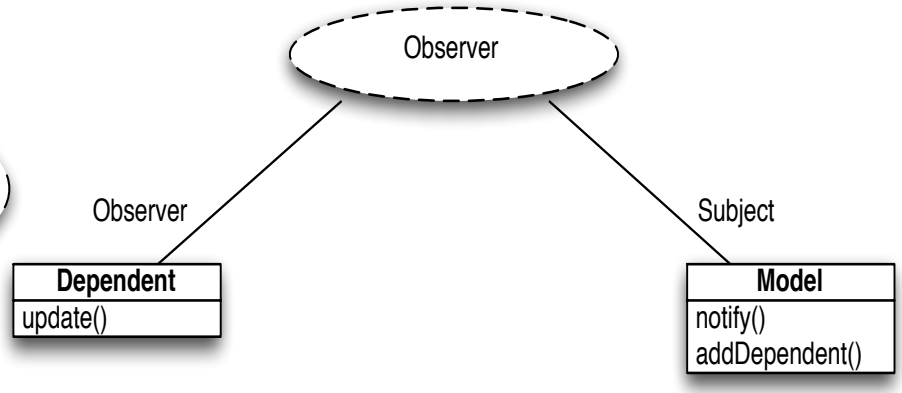
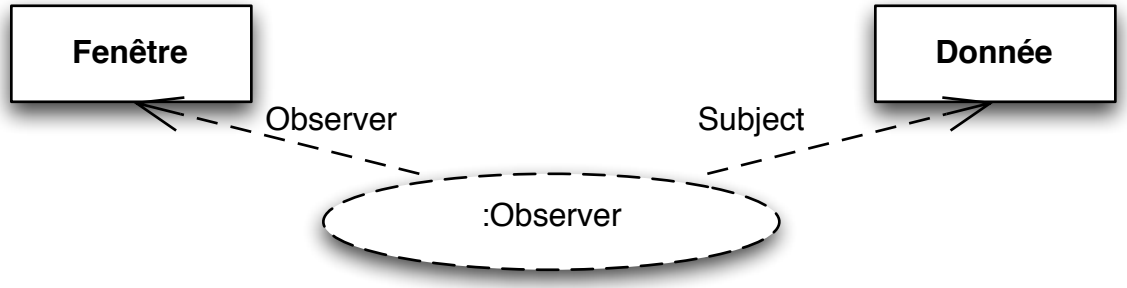


Diagramme de composite structure

- Collaboration
  - Exemple :



Package Diagram

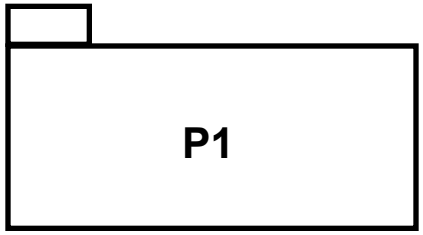
Notion de package

- Élément structurant les classes
  - Modularisation à l'échelle supérieure
  - Un package (paquetage en français) partitionne l'application :
    - Il référence ou se compose des classes de l'application
    - Il référence ou se compose d'autres packages
  - Un package réglemente la visibilité des classes et des packages qu'il référence ou le compose
  - Les packages sont liés entre eux par des liens d'utilisation, de composition et de généralisation
  - Un package est la représentation informatique du contexte de définition d'une classe

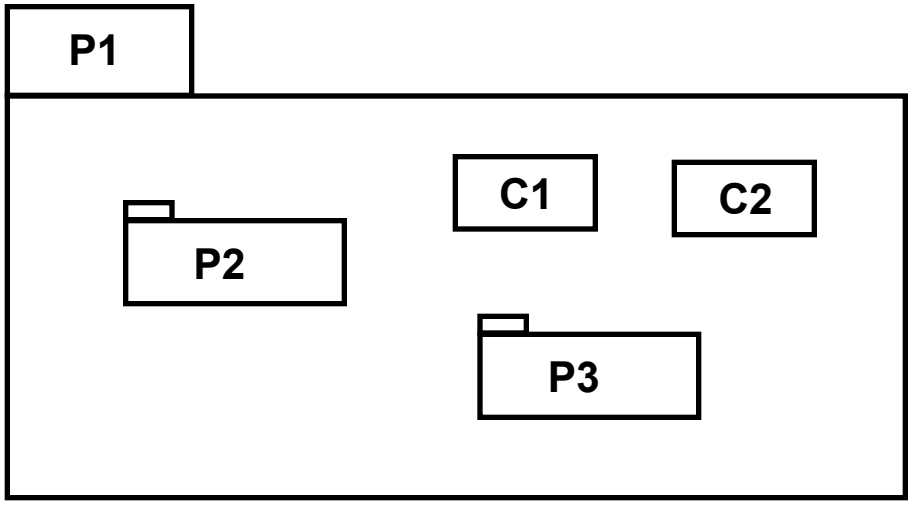
N.B.: ***une classe appartient à un et un seul package***

Représentation d'un package

- Vue graphique externe



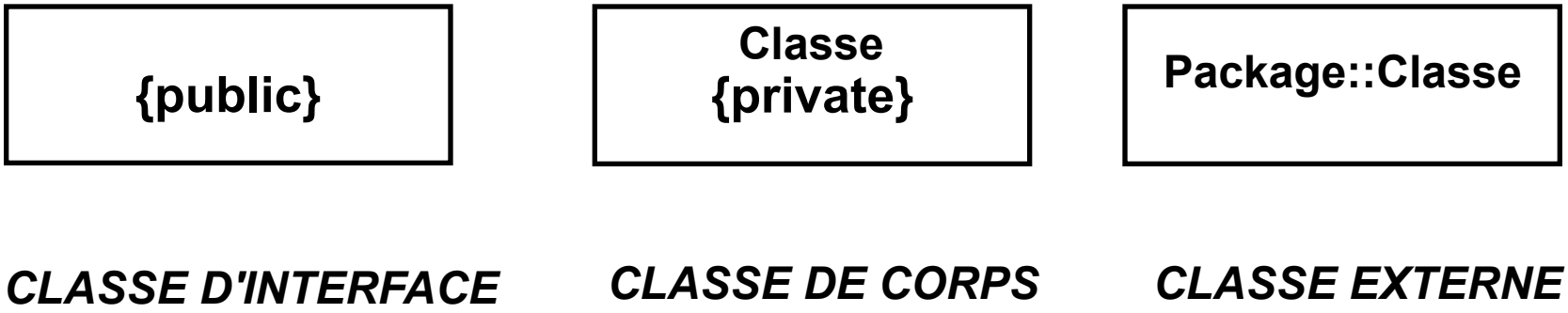
- Vue graphique externe et interne



Visibilité dans un package

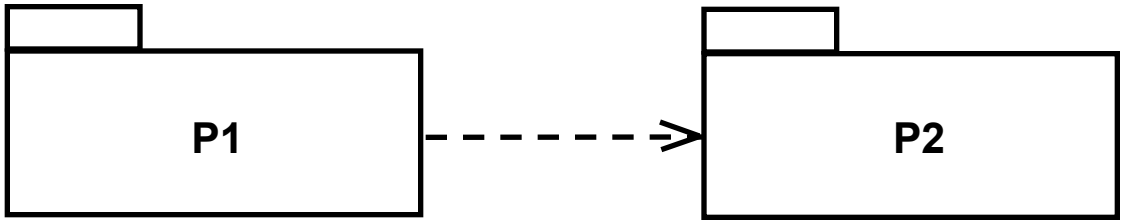
- Réglementation de la visibilité des classes
  - **Classes de visibilité publique** :
    - classes utilisables par des classes d'autres packages
  - **Classes de visibilité privée** :
    - classes utilisables seulement au sein d'un package

- Représentation graphique :



Utilisation entre packages

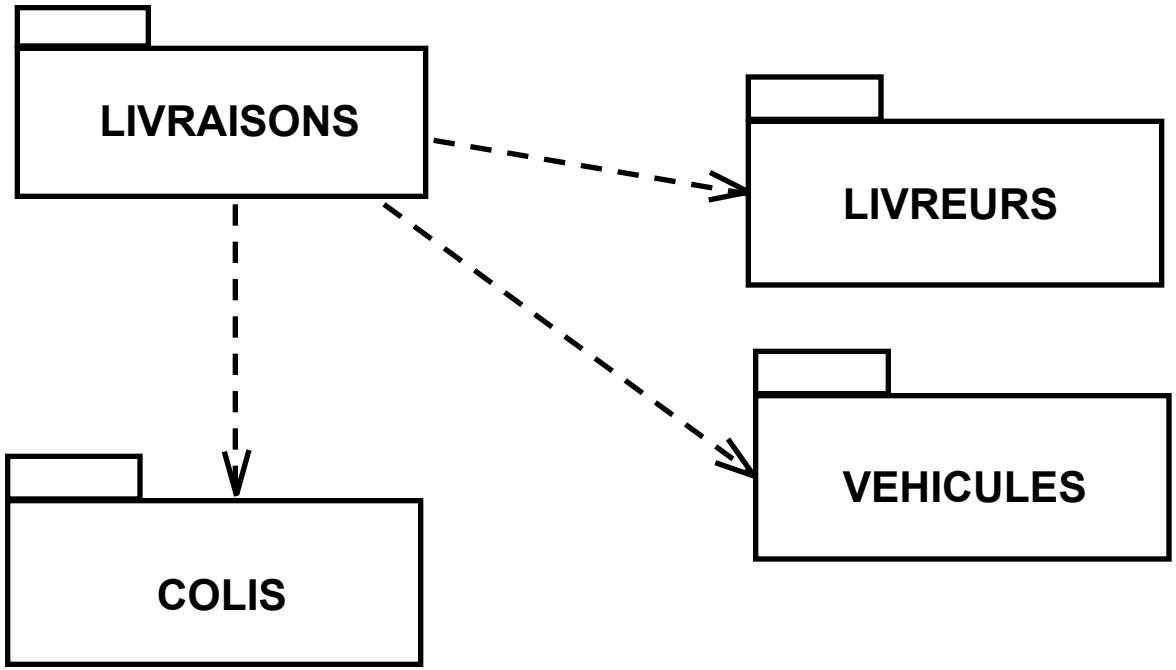
- Définition
  - Il y a utilisation entre packages si des classes du package utilisateur accèdent à des classes du package utilisé
  - Pour qu'une classe d'un package p1 puisse utiliser une classe d'un package p2, il doit y avoir au préalable une déclaration **explicite** de l'utilisation du package p2 par le package p1
- Représentation graphique



Vue externe du package P1

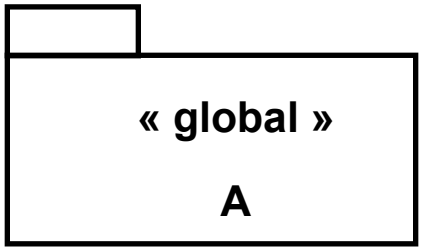
Utilisation entre packages

- Exemple (vue externe du package livraisons) :



Stéréotypes de package

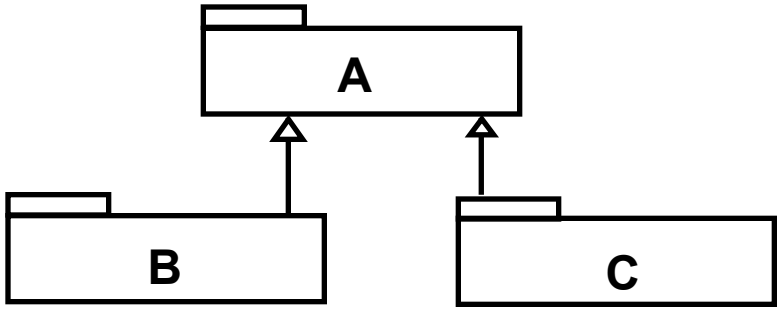
- Stéréotype « global »



- Tous les packages du système ont une dépendance avec ce package
- Ne pas abuser de ce stéréotypes ;)

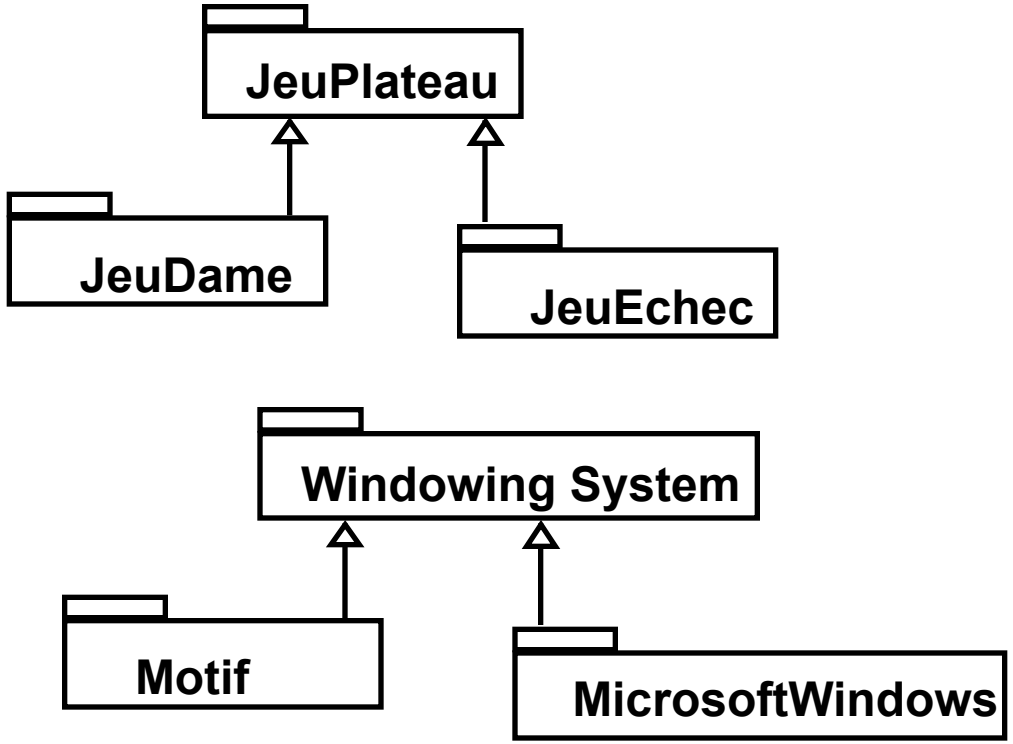
Héritage entre packages

- Le package spécifique B doit être conforme à l'interface du package A
- Intérêt : substitution



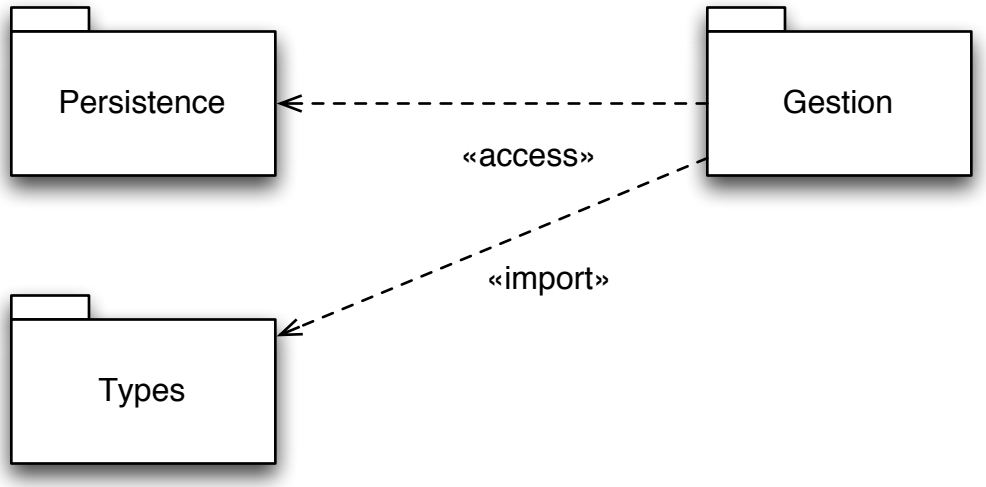
Héritage entre packages

- Exemple :



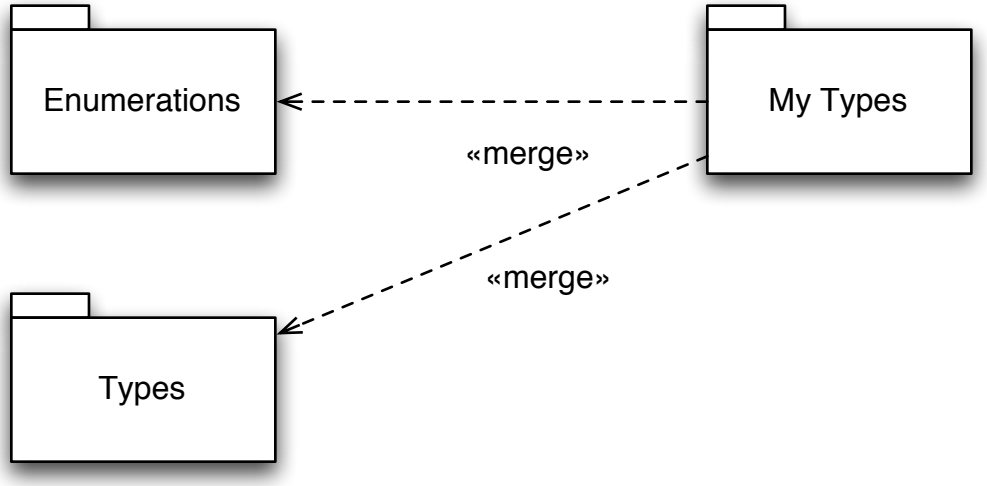
Dépendances entre packages

- Importation («import»):
  - les éléments de l'espace de nommage sont importés
- Accès («access»):
  - les éléments sont simplement utilisés



Fusion (*merge*) de packages

- Une fusion définie la manière dont un paquetage étend un autre
- Composé de liens de généralisation et de redéfinition



Utilité des packages

- Réponses au besoin
  - Contexte de définition d'une classe
  - Unité de structuration
  - Unité d'encapsulation
  - Unité d'intégration
  - Unité de réutilisation
  - Unité de configuration
  - Unité de production

Structuration par packages (*vs.*) décomposition hiérarchique

- Pour les grands systèmes, il est nécessaire de disposer d'une unité de structuration
  - À un niveau supérieur,
  - Plus souple que :
    - La composition de classe
    - Le référencement de packages

⇒ domaines de structuration :

⇒ Packages décomposables en packages

Outline

Aspects dynamiques du système

- Jusqu'ici, le système est décrit *statiquement*:
  - Décrivent les messages (méthodes ou opérations) que les instances des classes peuvent recevoir mais ne décrivent pas l'émission de ces messages
  - Ne montrent pas le lien entre ces échanges de messages et les processus généraux que l'application doit réaliser
- Il faut maintenant décrire comment le système évolue dans le temps
- On se focalise alors sur les *collaborations* entre objets. Rappel :
  - objets : simples
  - gestion complexe : par collaborations entre objets simples

Behavioral View

Sequence Diagram

(scenarios)

Diagramme de séquences (scénarios)

- Représentation des interactions entre acteurs et objets
- Vision temporelle d'une interaction
  - Chaque objet est symbolisé par une barre verticale (i.e., ligne de vie)
  - Le temps s'écoule de haut en bas, de sorte que la numérotation des messages est optionnelle.
  - Diagramme dual du diagramme de collaboration
- Souvent utilisé pour représenter une instance de cas d'utilisation
- De manière plus générale, représentation temporelle d'une interaction
  - Bien adapté pour de longues séquences
  - Ne visualise pas les liens
  - Complémentaire du diagramme de collaboration

Diagramme de séquences (scénarios)

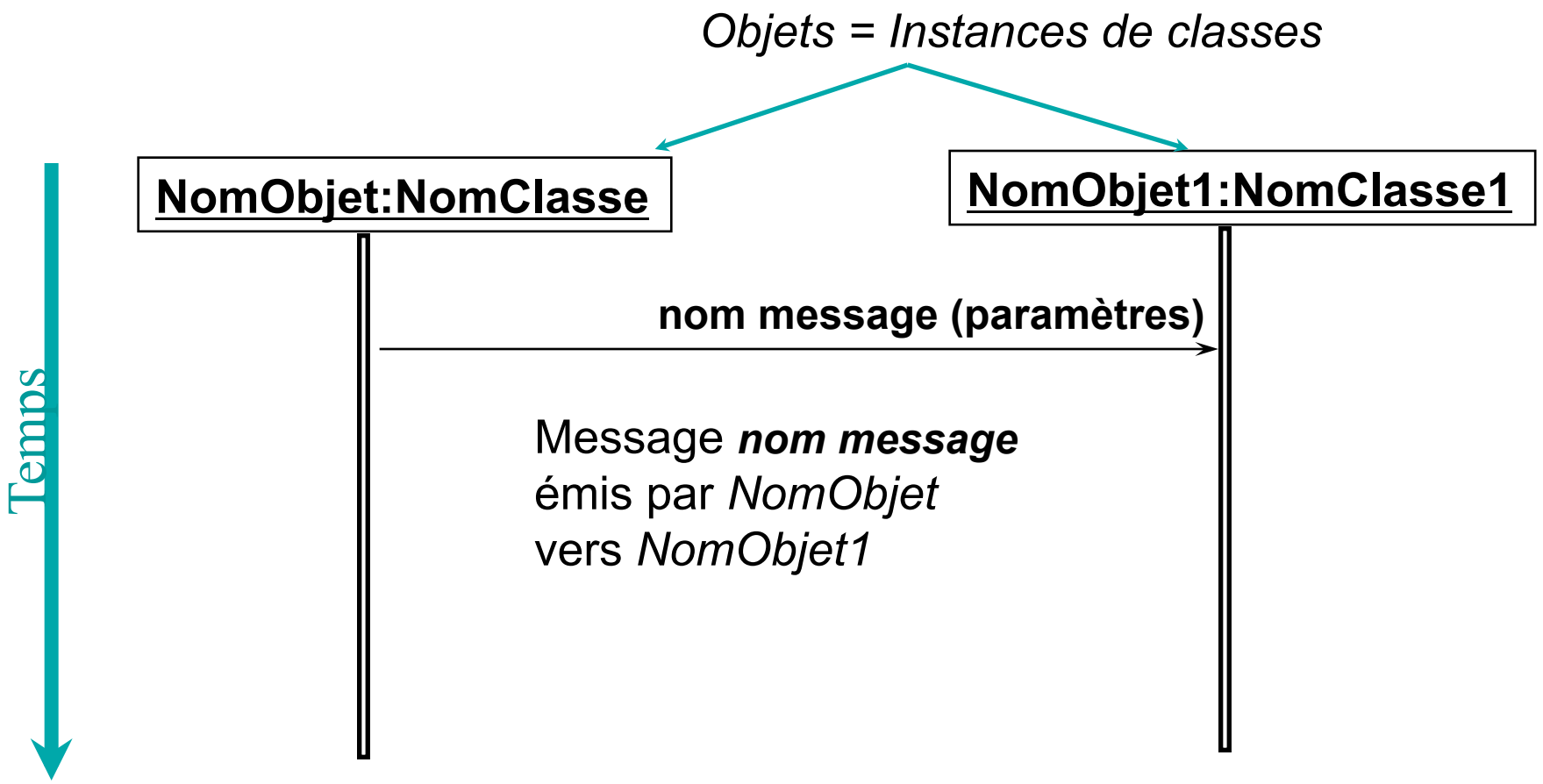
- Dérivé des scénarios de OMT :
  - Montrent des exemples de coopération entre objets dans la réalisation de processus de l'application
  - Illustrent la dynamique d'enchaînement des traitements à travers les messages échangés entre objets
  - le temps est représenté comme une dimension explicite
    - en général de haut en bas
- Les éléments constitutifs d'un scénario sont :
  - Un ensemble d'objets (et/ou d'acteurs)
  - Un message initiateur du scénario
  - La chronologie des messages échangés subséquemment
  - Les contraintes de temps (aspects temps réel)

Messages et Stimuli

- Un Stimulus est une communication entre deux instances, dans le but de déclencher une action.

- Un Message est une spécification de Stimulus, qui définit les rôles de l'émetteur et du récepteur.

Diagramme de séquences : notation

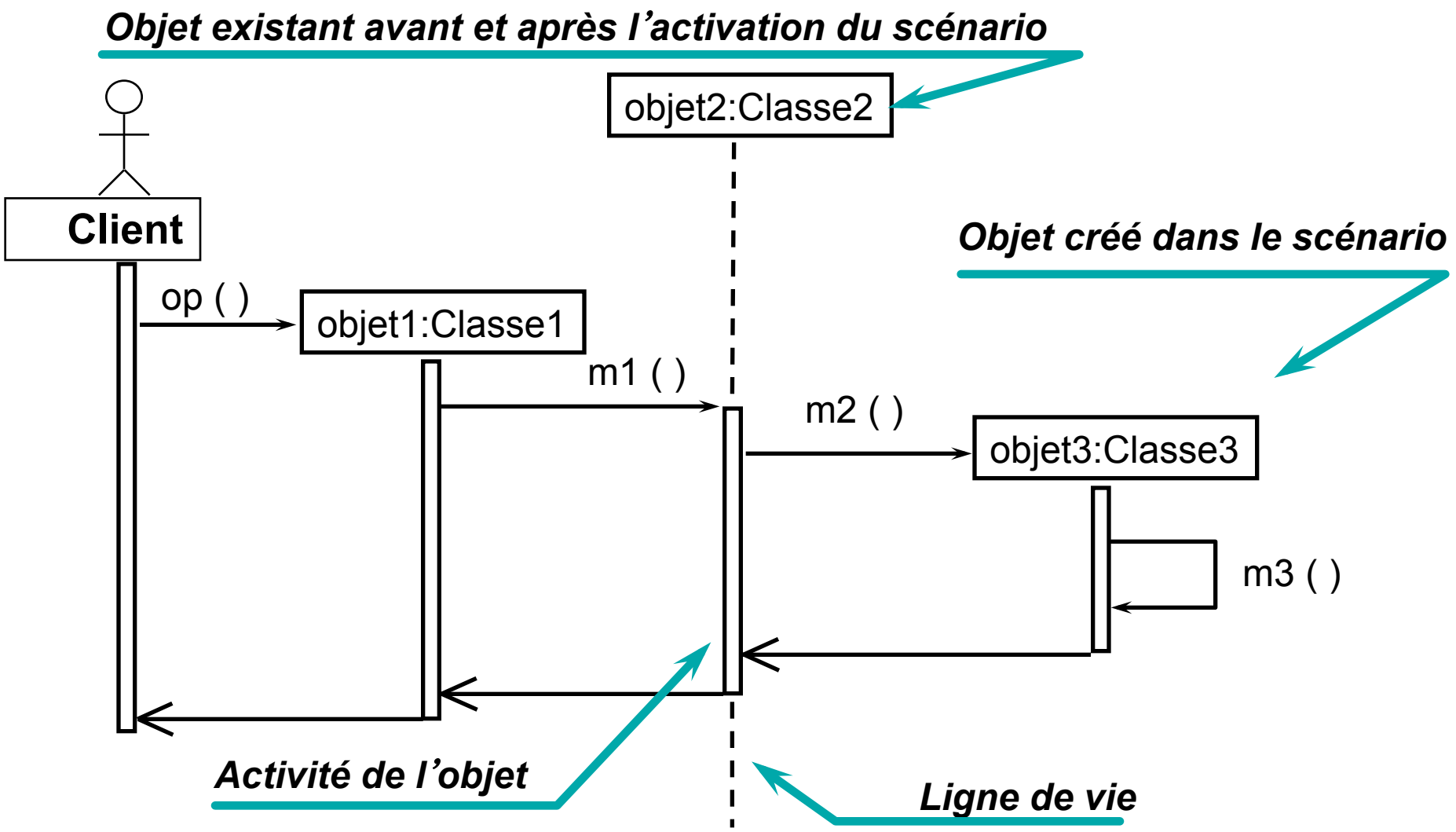


Ligne de vie et activation

- La « ligne de vie » représente l'existence de l'objet à un instant particulier
  - Commence avec la création de l'objet
  - Se termine avec la destruction de l'objet

- L'activation est la période durant laquelle l'objet exécute une action lui-même ou via une autre procédure

Diagramme de séquences : notation



Messages

- Communication entre objets
  - Des paramètres
  - Un retour

- Cas particuliers
  - Les messages entraînant la construction d'un objet
  - La récursivité
  - La destruction d'objets

Messages

- Asynchrone
- Synchrone
- Création
- Perdu
- Trouvé

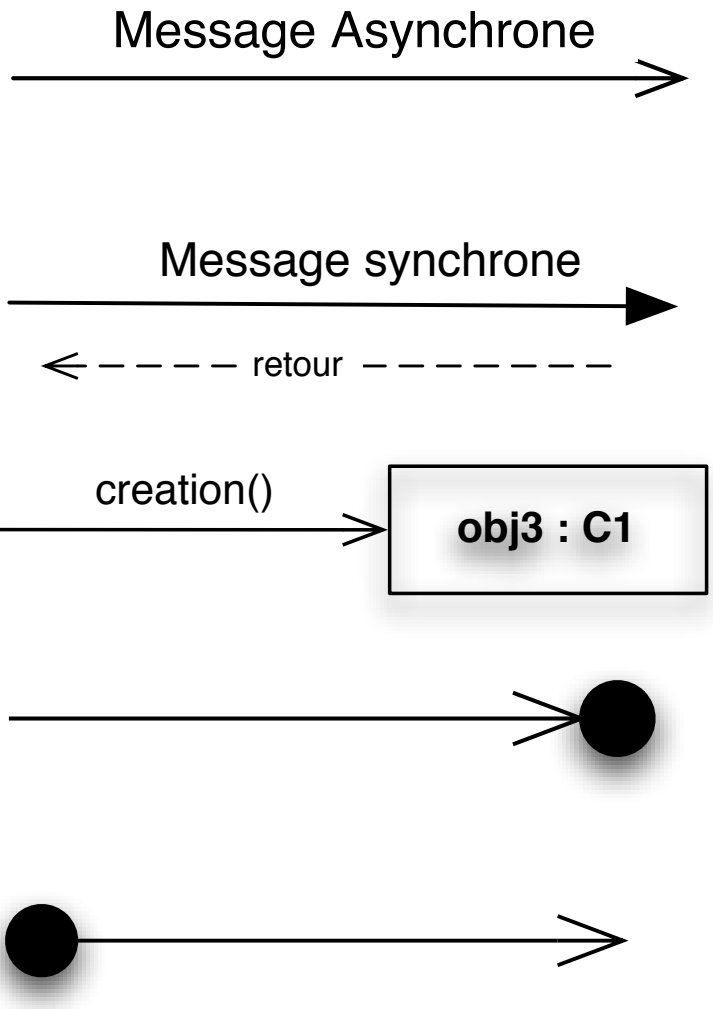
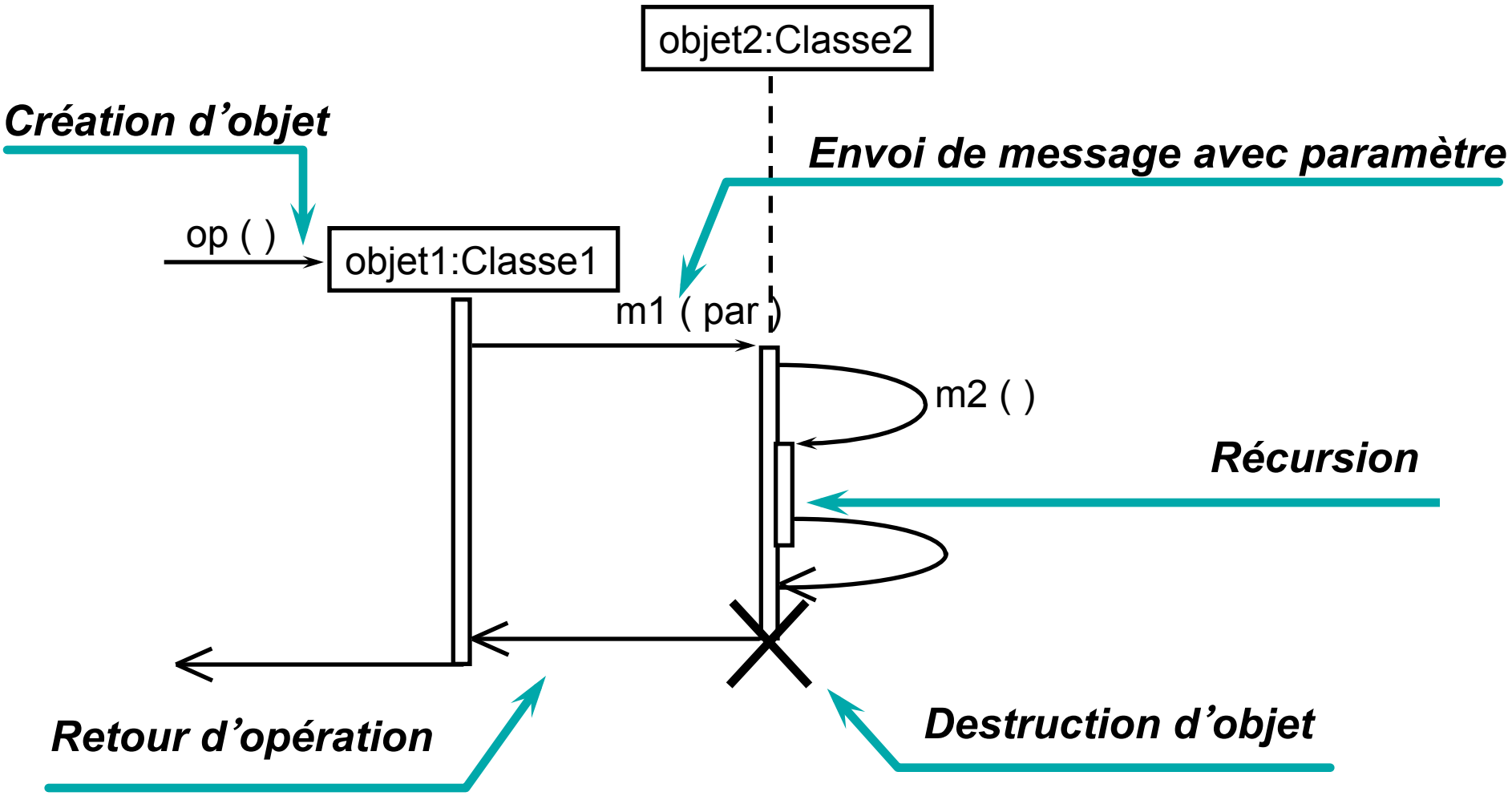
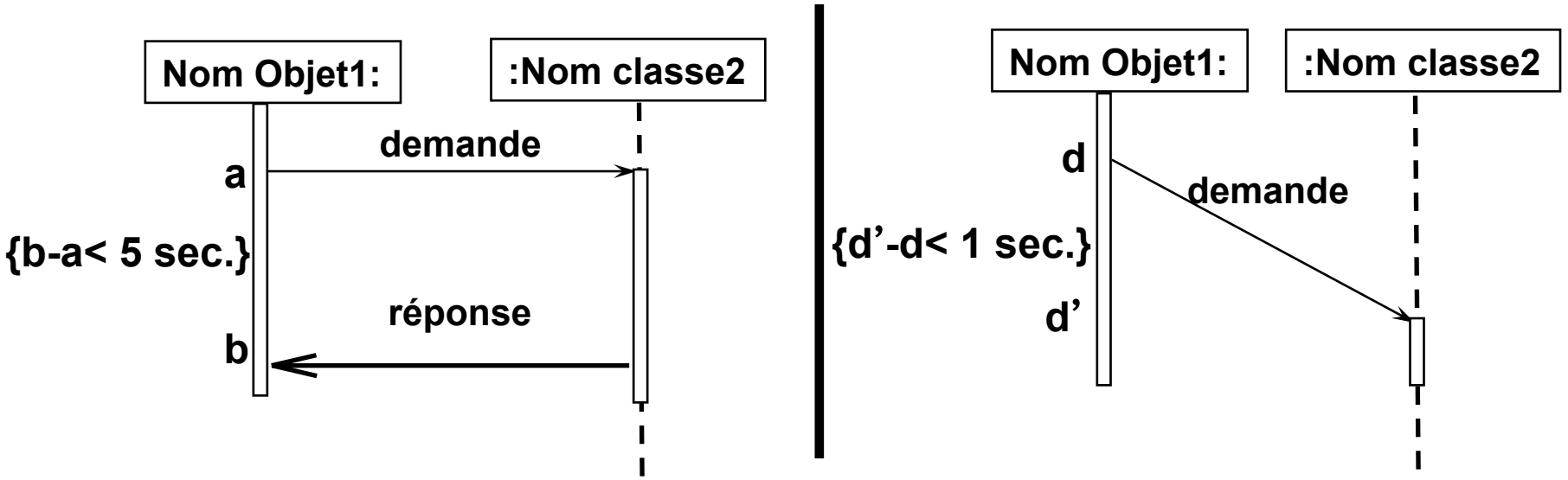


Diagramme de séquences : notation

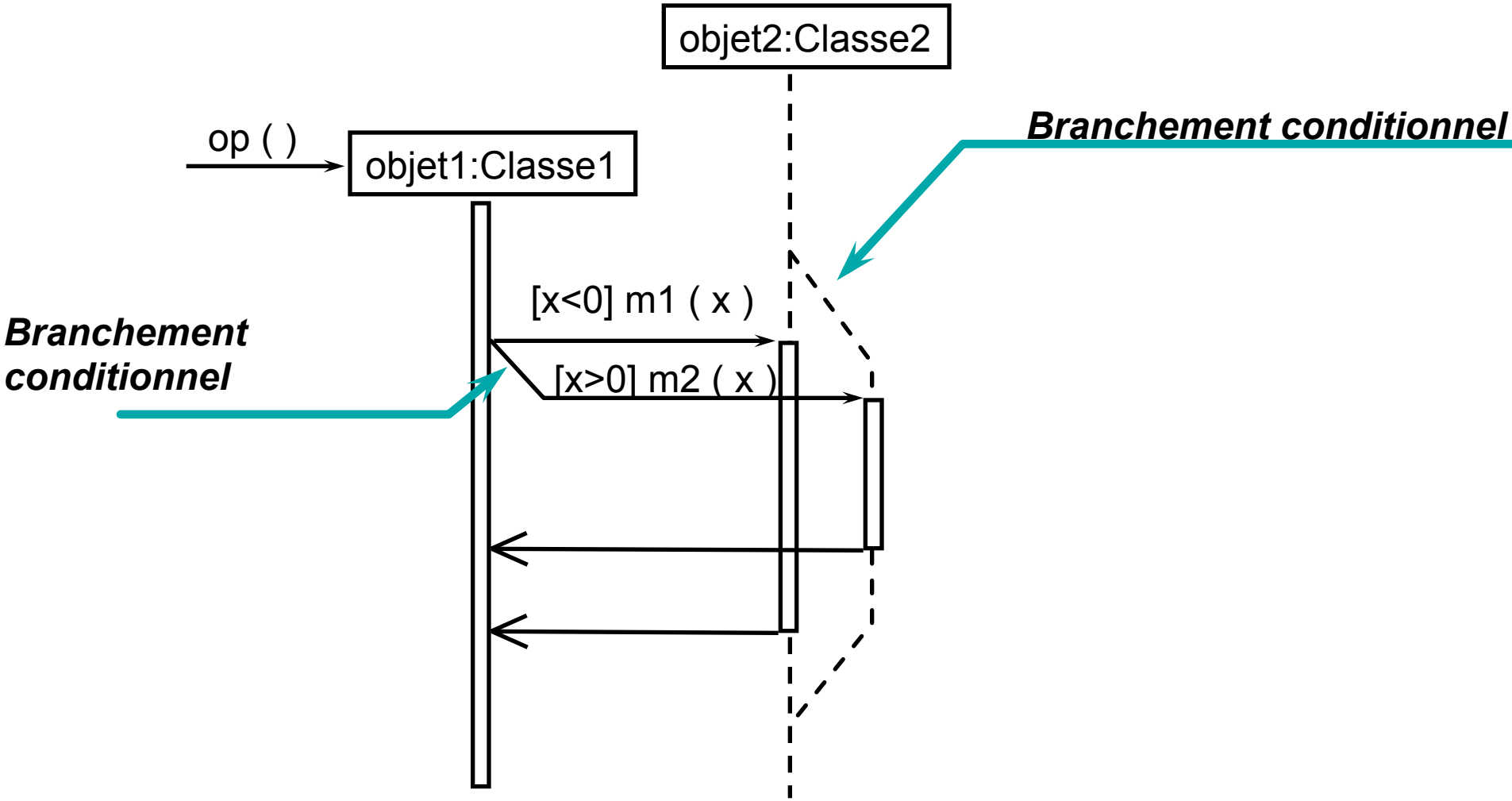


Aspects asynchrones et temps réel

- Lecture du scénario et chronologie
  - Un scénario se lit de haut en bas dans le sens chronologique d'échange des messages.
  - Des contraintes temporelles peuvent être ajoutées au scénario

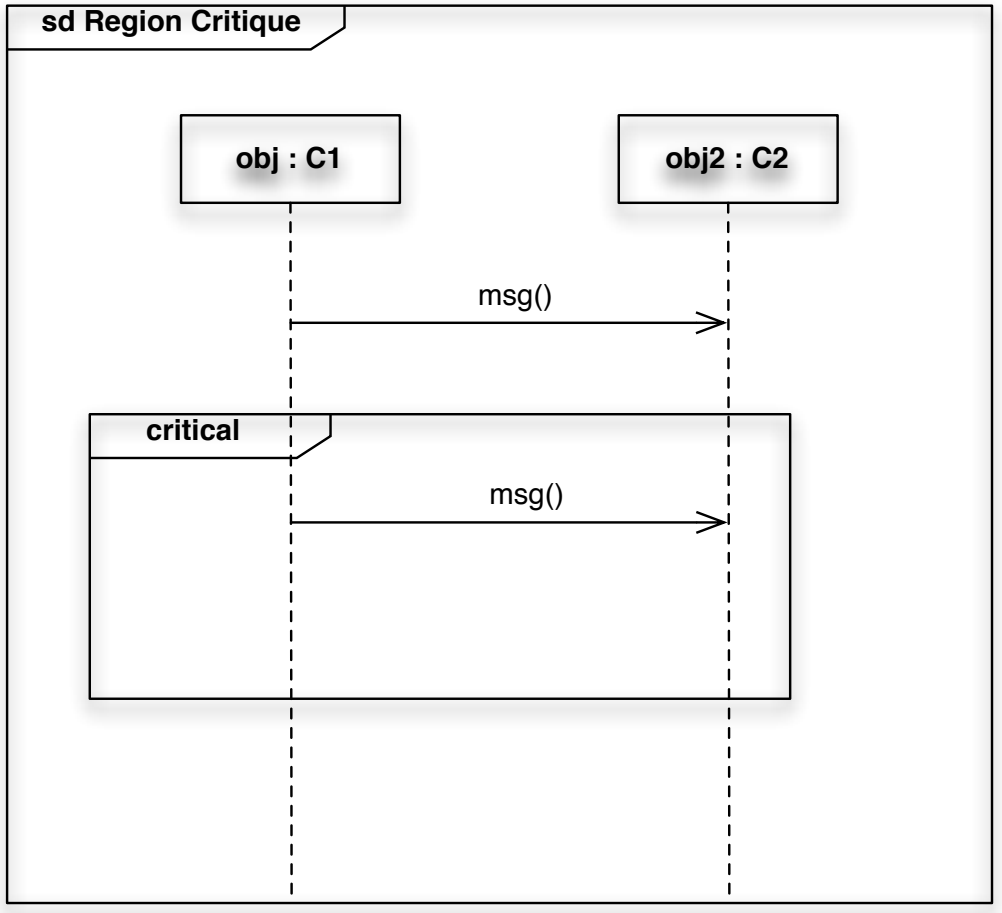


Représentation de conditionnelles



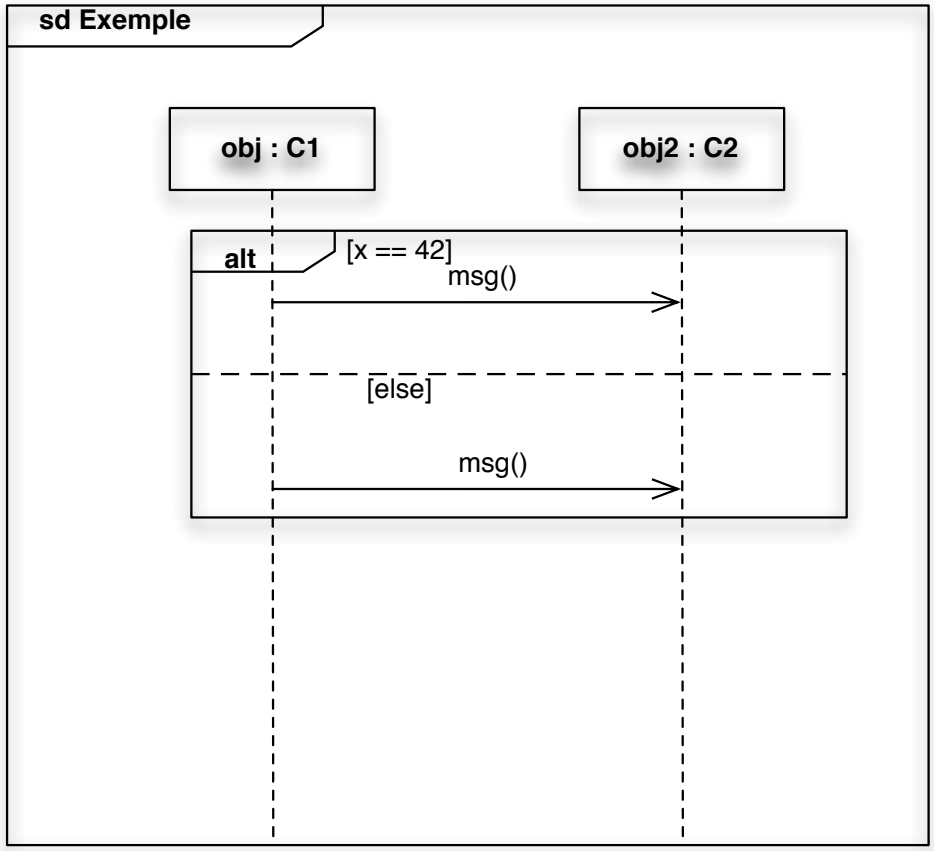
Fragments (UML 2.x)

- Région définissant une sémantique précise à l'intérieur d'une interaction
- Raccourcis pour l'écriture de traces
- Composé de [1..*] "opérandes"



Fragments - alt

- Alternatives (alt): choix de comportement, entre deux opérandes



Fragments - autres

- Option (**opt**): l'opérande est optionnelle. Elle peut ne pas exister
- Break (**break**): l'opérande est exécutée, à la place du reste de l'interaction (raccourci pour alternative)
- Parallèle (**par**): le comportement spécifié par les deux opérandes peut s'exécuter en parallèle (fusion entre les messages)
- Négatif: le fragment représente des traces invalides
- Région critique (**critical**): les traces spécifiées ne peuvent pas être intercalées
- Assertion (**assert**): spécification de la seule continuation valable
- Ignorer et Considérer (**ignore** | **consider**): spécification des messages significatifs
- Boucle (**loop**): l'opérande sera répétée autant de fois que défini par une garde
- Autres: strict, ordonnancement strict, ordonnancement faible

Behavioral View

Colaboration Diagram

(between objects)

Diagramme de collaboration

- Les scénarios et diagrammes de collaboration:
  - Montrent des exemples de coopération des objets dans la réalisation de processus de l'application
- Les scénarios :
  - Illustrent la dynamique d'enchaînement des traitements d'une application en introduisant la dimension temporelle
- Les diagrammes de collaboration
  - Dimension temporelle représentée par numéros de séquence : définition d'un ordre partiel sur les opérations
  - Représentation des objets et de leurs relations
  - Utilisent les attributs et opérations

Diagrammes de collaboration

- Représentation d'une collaboration entre rôles
  - Booch : Société d'objets collaborant (UML 1.5 : de rôles communicants)
- Représentation spatiale d'une interaction
  - Mise en avant de la structure
  - Représentation des structures complexes (récursives par exemple)
- Pas d'axe temporel
  - Diagramme dual du diagramme de séquence
- Des rôles ou des objets dans une situation donnée
- Des liens relient les objets qui se connaissent
- Les messages échangés par les objets sont représentés le long de ces liens
- L'ordre d'envoi des messages est matérialisé par un numéro de séquence

Diagrammes de collaboration

- Représentation de collaborations de rôles

  Description de la réalisation d'un Classifier ou d'une opération

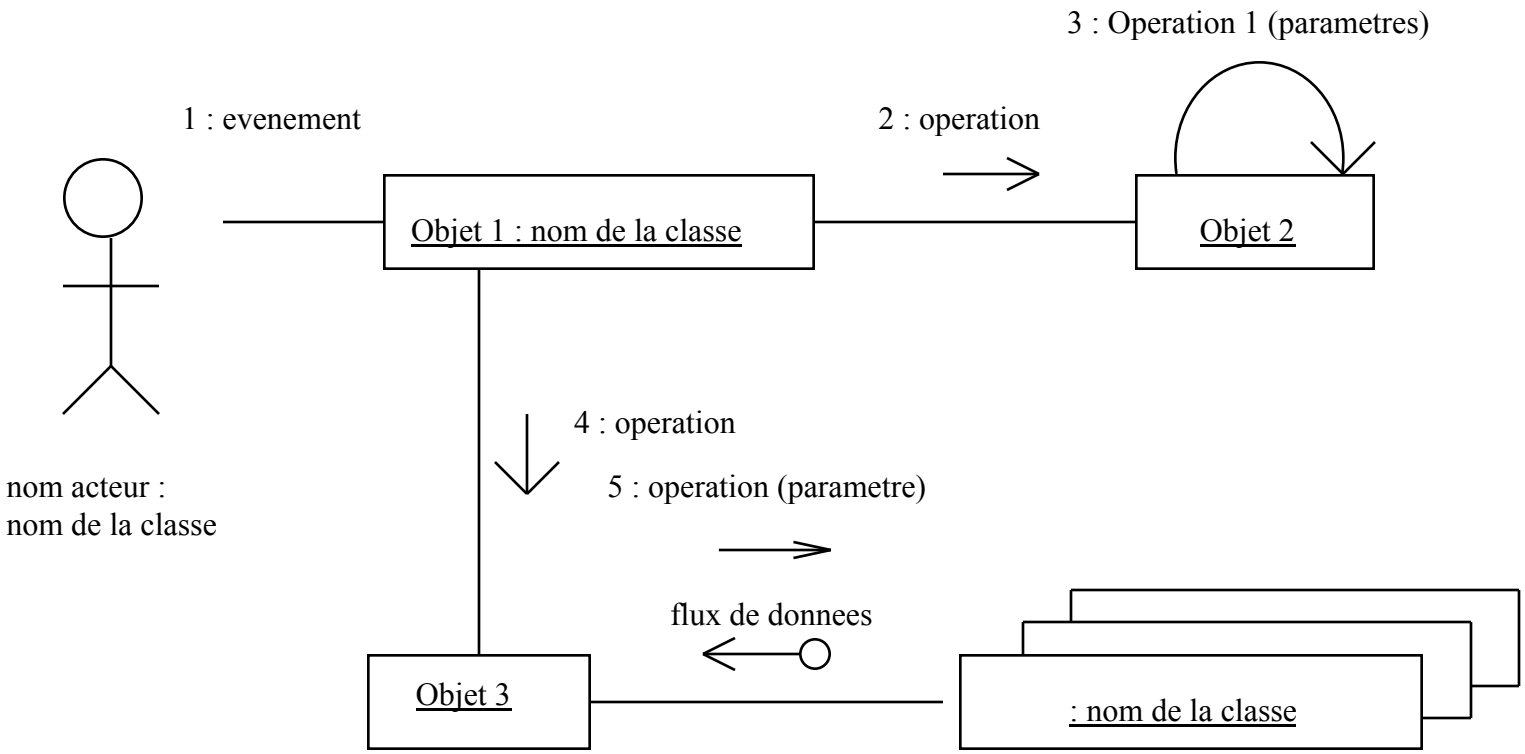
  Ensemble de rôles (ClassifierRoles + AssociationRoles)

  / ClassifierRoleName : ClassifierName

- Représentation de collaborations d'instances
  - Ensemble d'objets (Objets + Liens)
  - Conforme à un diagramme de collaboration de rôles

- Représentation d'interactions
  - Ensembles d'objets + Stimuli (Instances de Messages)

Diagrammes de collaboration : notation



Messages (exemples)

- **4 : Afficher (x, y)**

  --message simple
- **3.3.1 : Afficher (x, y)**

  --message imbriqué
- **4.2 : âge := Soustraire (Today, Birthday)**

  --message imbriqué avec valeur retournée
- **[Age >= 18 ans] 6.2 : Voter ()**

  --message conditionnel
- **a.4, b.6 / c.1 : Allumer (Lampe)**

  -- synchronisation avec d'autres flots d'exécution
- **1 * : Laver ()**

  --itération
- **3.a, 3.b / 4 *||[i := 1..n] : Eteindre ()**

  --itération parallèle

Utilisation des diagrammes de collaboration

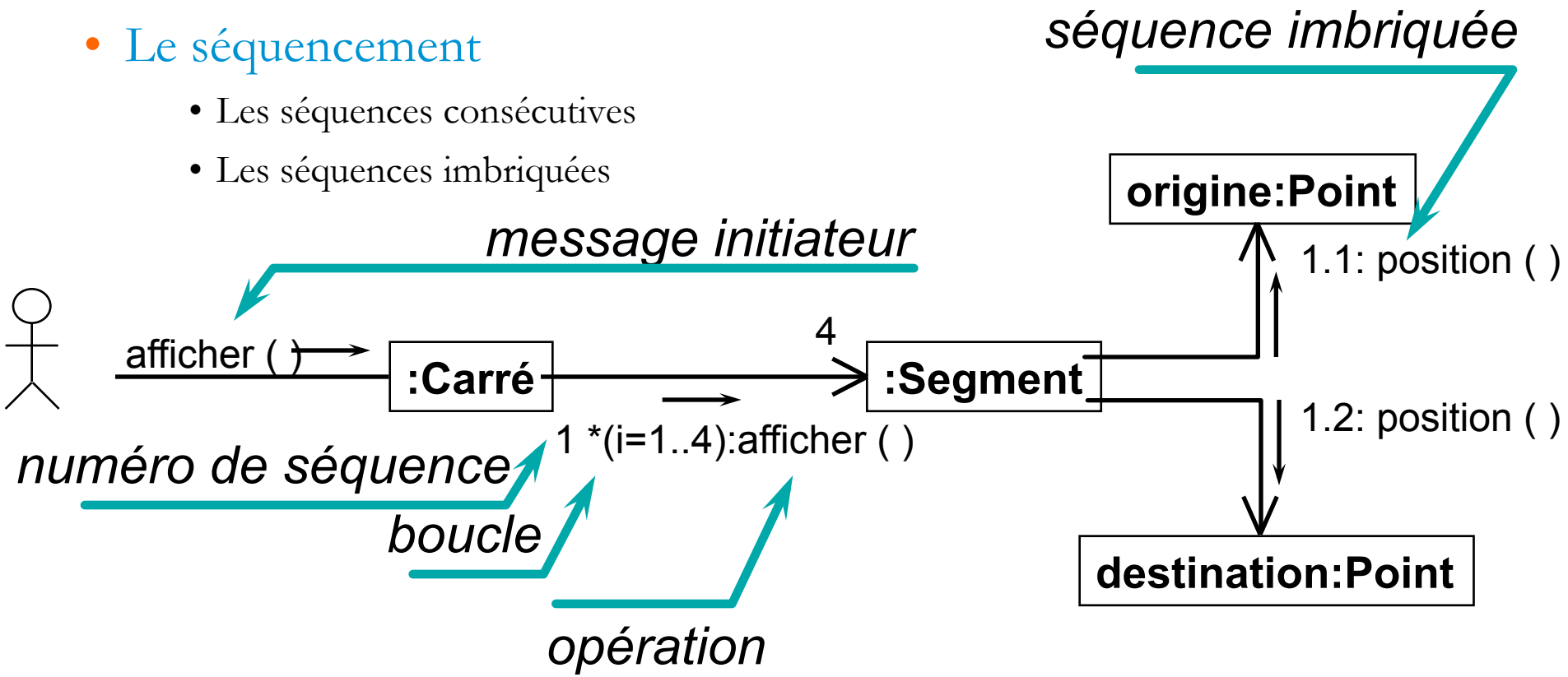
- Ils peuvent être attachés à :
  - Une classe
  - Une opération
  - Un use-case
- Ils s'appliquent
  - En spécification
  - En conception (illustration de *design patterns*)

Eléments constitutifs

- Un contexte contenant les éléments mis en jeu durant l'opération :
  - Un acteur
  - Un ensemble d'objets, d'attributs et de paramètres
  - Des relations entre ces objets
- Des interactions
  - Des messages
  - Un message initiateur du diagramme provenant d'un
    - Acteur de l'application,
    - Objet de l'application.
  - Les numéros de séquence des messages échangés entre les objets de cet ensemble suite au message initiateur

Diagrammes de collaboration : notation

- Les messages
  - Opérations
  - Réception d'événements
- Le séquencement
  - Les séquences consécutives
  - Les séquences imbriquées



Questions auxquelles répondent les collaborations

- Quel est l'objectif ?
- Quels sont les objets ?
- Quelles sont leurs responsabilités ?
- Comment sont-ils interconnectés ?
- Comment interragissent-ils ?

State Machine Diagram

Machines à états

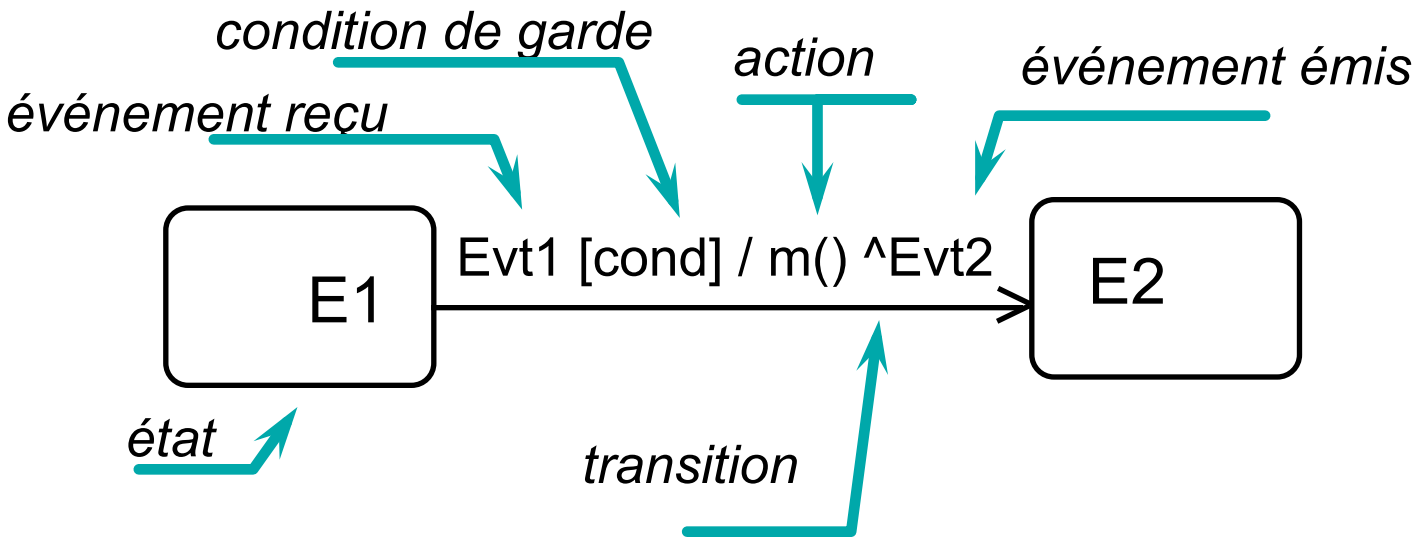
- Machines à états = diagrammes d'états-transitions

- Il existe deux sortes de digrammes d'état
  - De comportement (behavioral state machine)
  - De protocole (protocol state machine)

Machines à états comportementale

- Attachés à une classe ou à une opération
  - Généralisation des scénarios
  - Description systématique des réactions d'un objet aux changements de son environnement
- Décrivent les séquences d'états d'un objet ou d'une opération :
  - En réponse aux «stimulis» reçus
  - En utilisant ses propres actions (transitions déclenchées)
- Réseau d'états et de transitions
  - Automates étendus
  - Essentiellement *Diagrammes d'Harel (idem OMT)*

Machines à états : notation

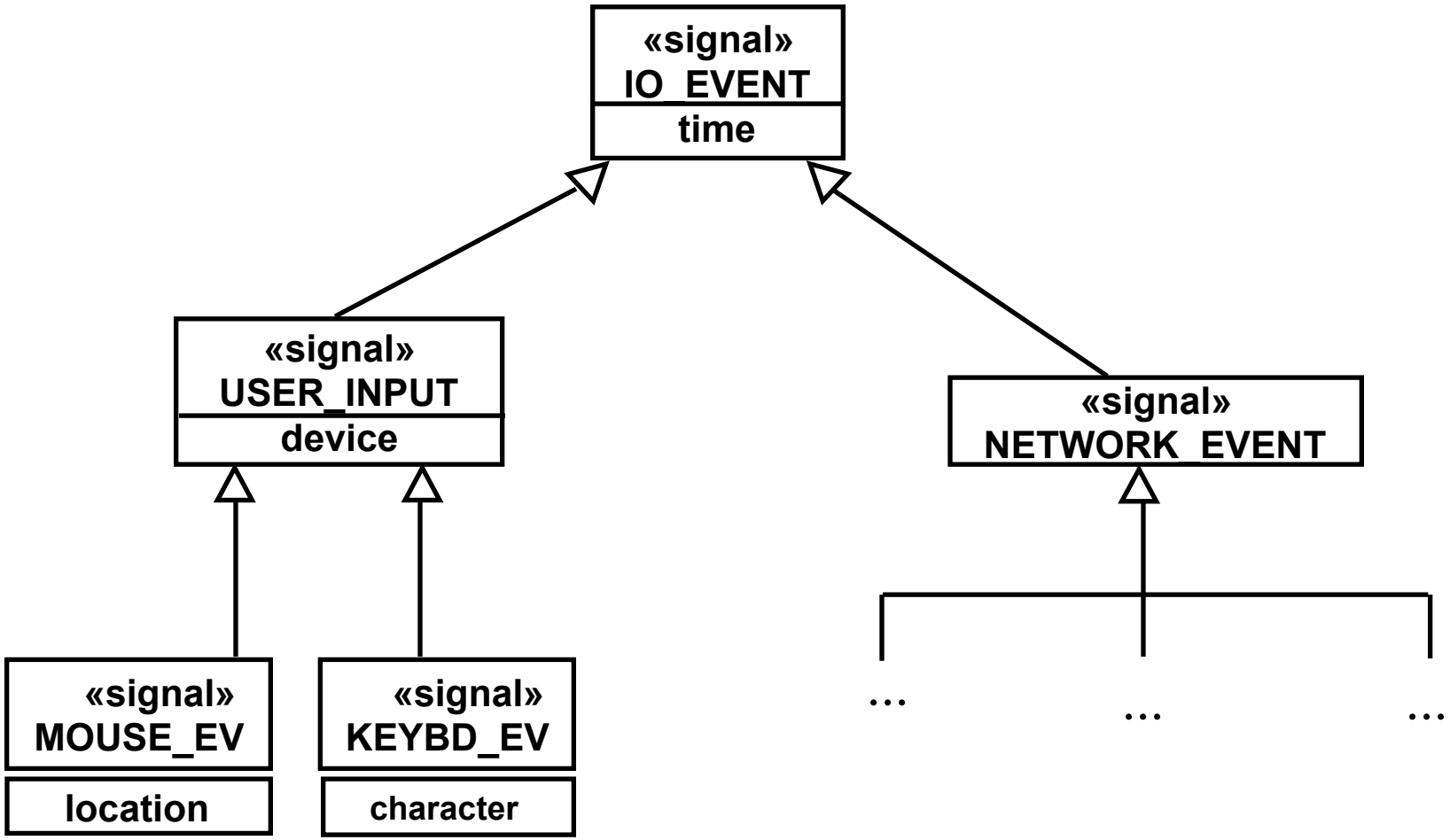


Notion d'événements

- Stimuli auxquels réagissent les objets
  - Occurrence déclenchant une transition d'état
- Abstraction d'une information instantanée échangée entre des objets et des acteurs
  - Un événement est instantané
  - Un événement correspond à une communication unidirectionnelle
  - Un objet peut réagir à certains événements lorsqu'il est dans certains états.
  - Un événement appartient à une *classe d'événements* (classe stéréotypée «signal»).

Notion d'événements

- Les événements sont considérés comme des objets

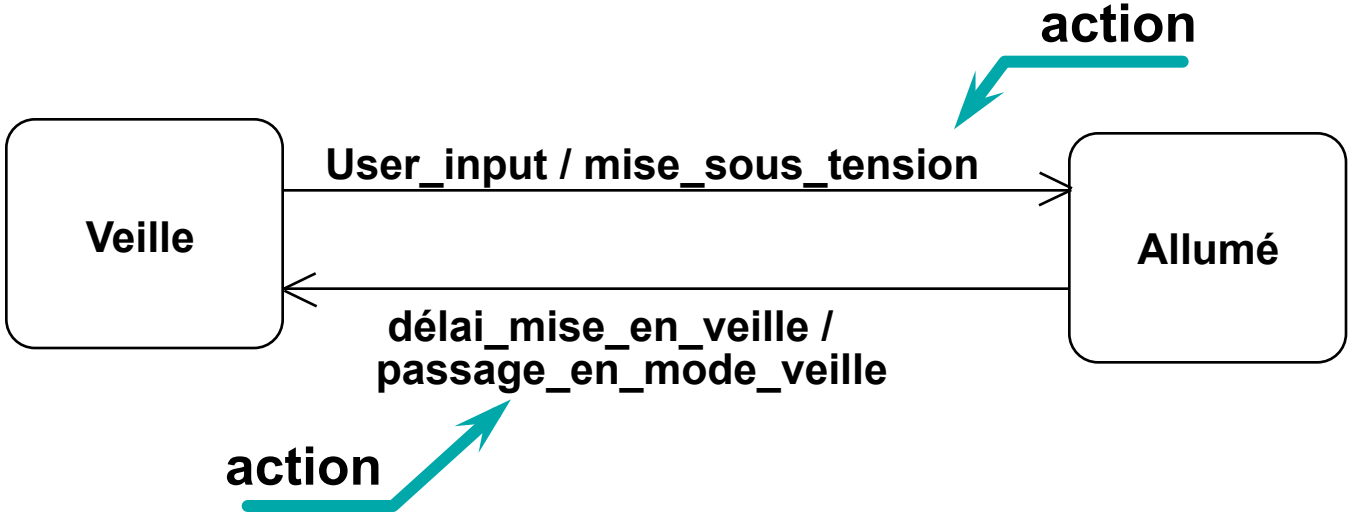


Typologie d'événements

- Réalisation d'une condition arbitraire
  - transcrit par une condition de garde sur la transition
- Réception d'un signal issu d'un autre objet
  - transcrit en un événement déclenchant sur la transition
- Réception d'un appel d'opération par un objet
  - transcrit comme un événement déclenchant sur la transition
- Période de temps écoulée
  - transcrit comme une expression du temps sur la transition

Notion d'action

- Action : opération *instantanée* (conceptuellement) et *atomique* (ne peut être interrompue)
- Déclenchée par un événement
  - Traitement associé à la transition
  - Ou à l'entrée dans un état ou à la sortie de cet état

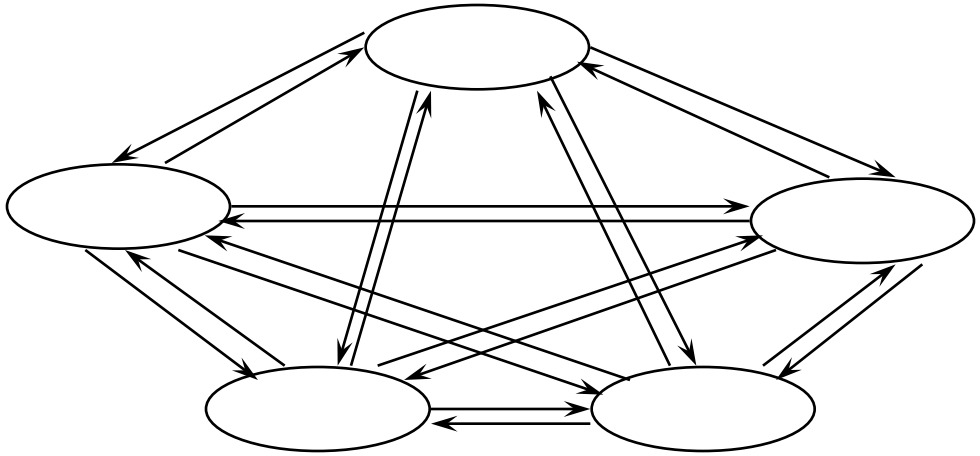


Notion d'état

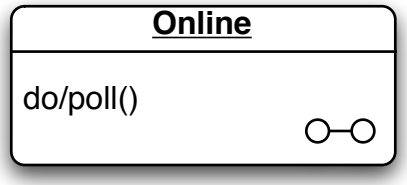
- Etat : situation stable d'un objet parmi un ensemble de situations prédéfinies
  - conditionne la réponse de l'objet à des événements
    - programmation réactive / « temps réel »
  - Intervalle entre 2 événements, il a une durée
- Peut avoir des variables internes
  - attributs de la classe supportant ce diagramme d'états

Structuration en sous-états

- Problème d'un diagramme d'états plats
  - Pouvoir d'expression réduit, inutilisable pour de grands problèmes
  - Explosion combinatoire des transitions.

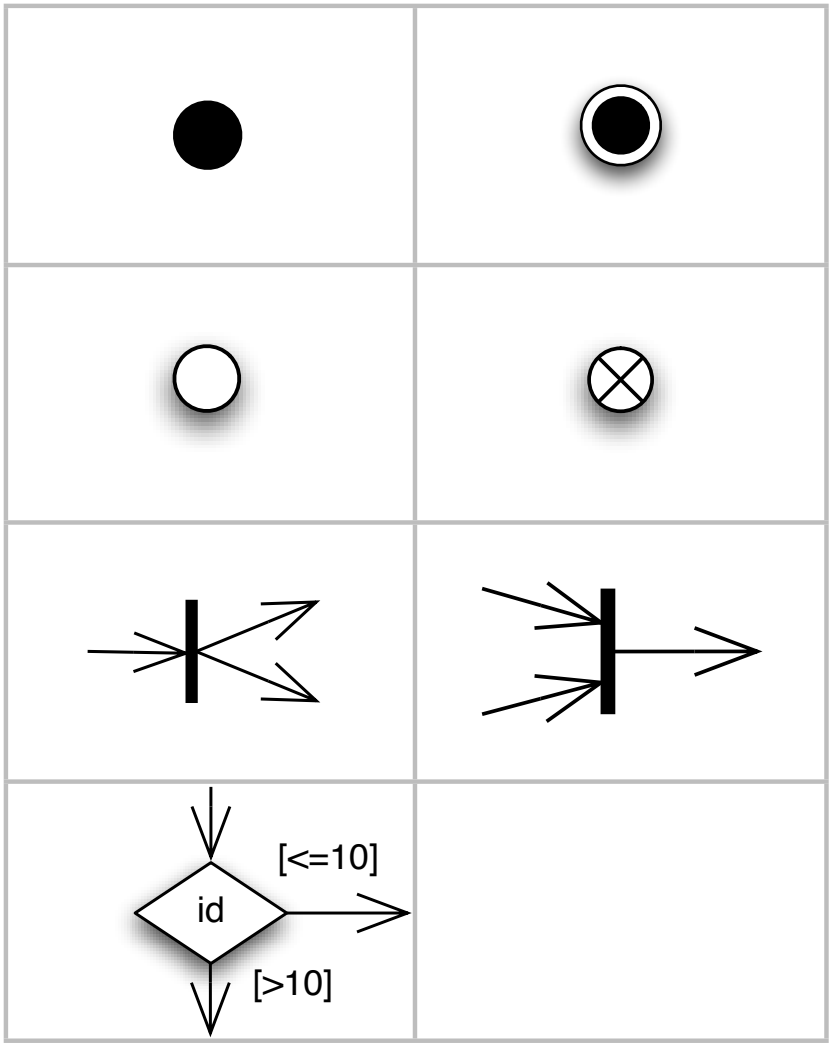


- Structuration à l'aide de super/sous états (+ hiérarchies d'événements)
  - représentés par imbrication graphique ou



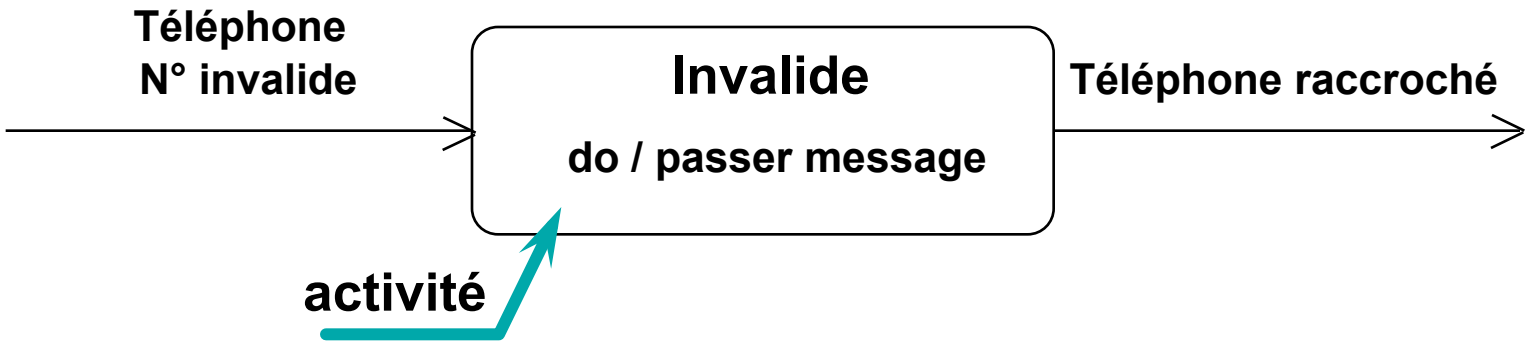
Pseudo-états

- Initial, final
- Entrée, sortie
- Fourchette, jonction
- Choix



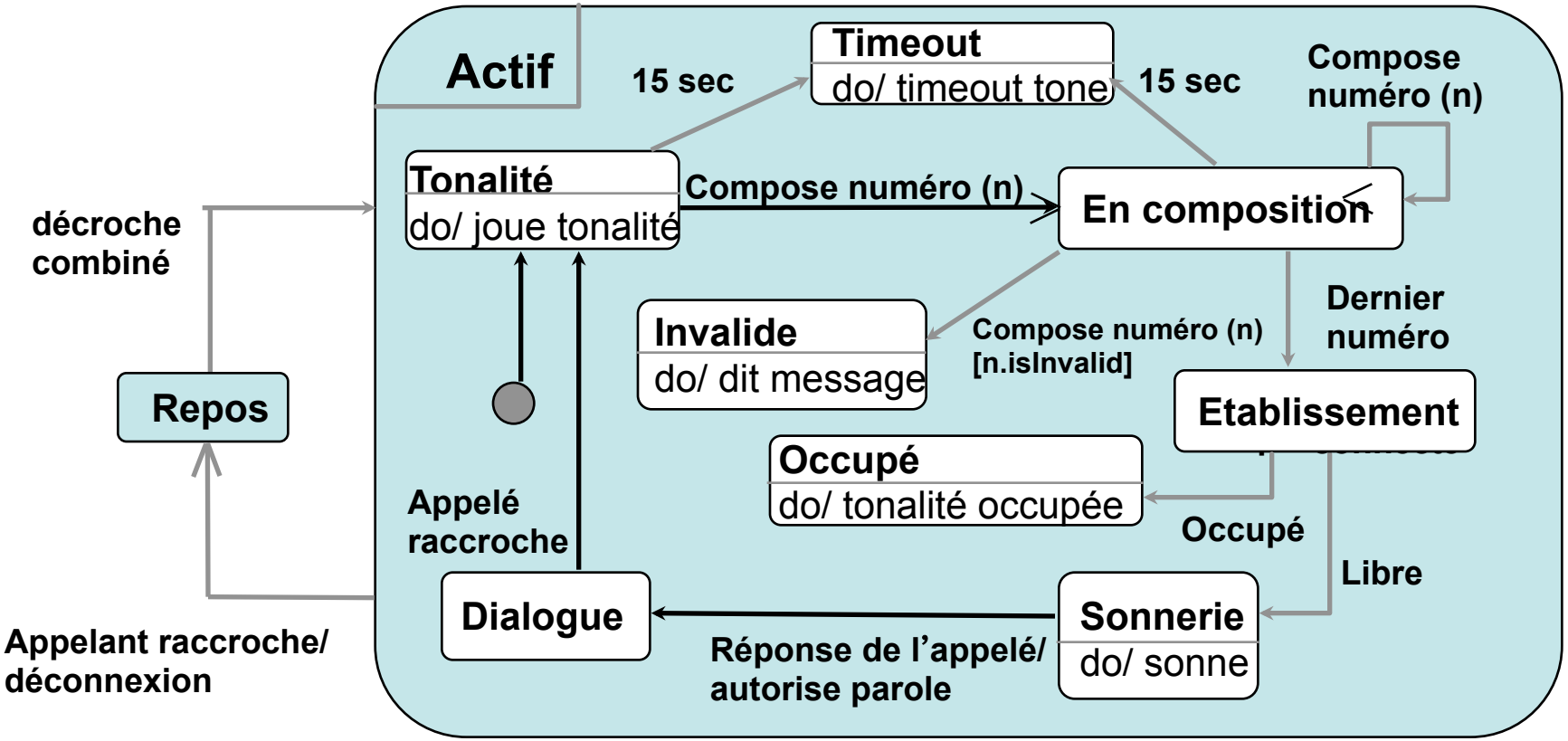
Notion d'activité dans un état

- Activité : opération se déroulant continuellement tant que l'on est dans l'état associé
  - do/ *action*



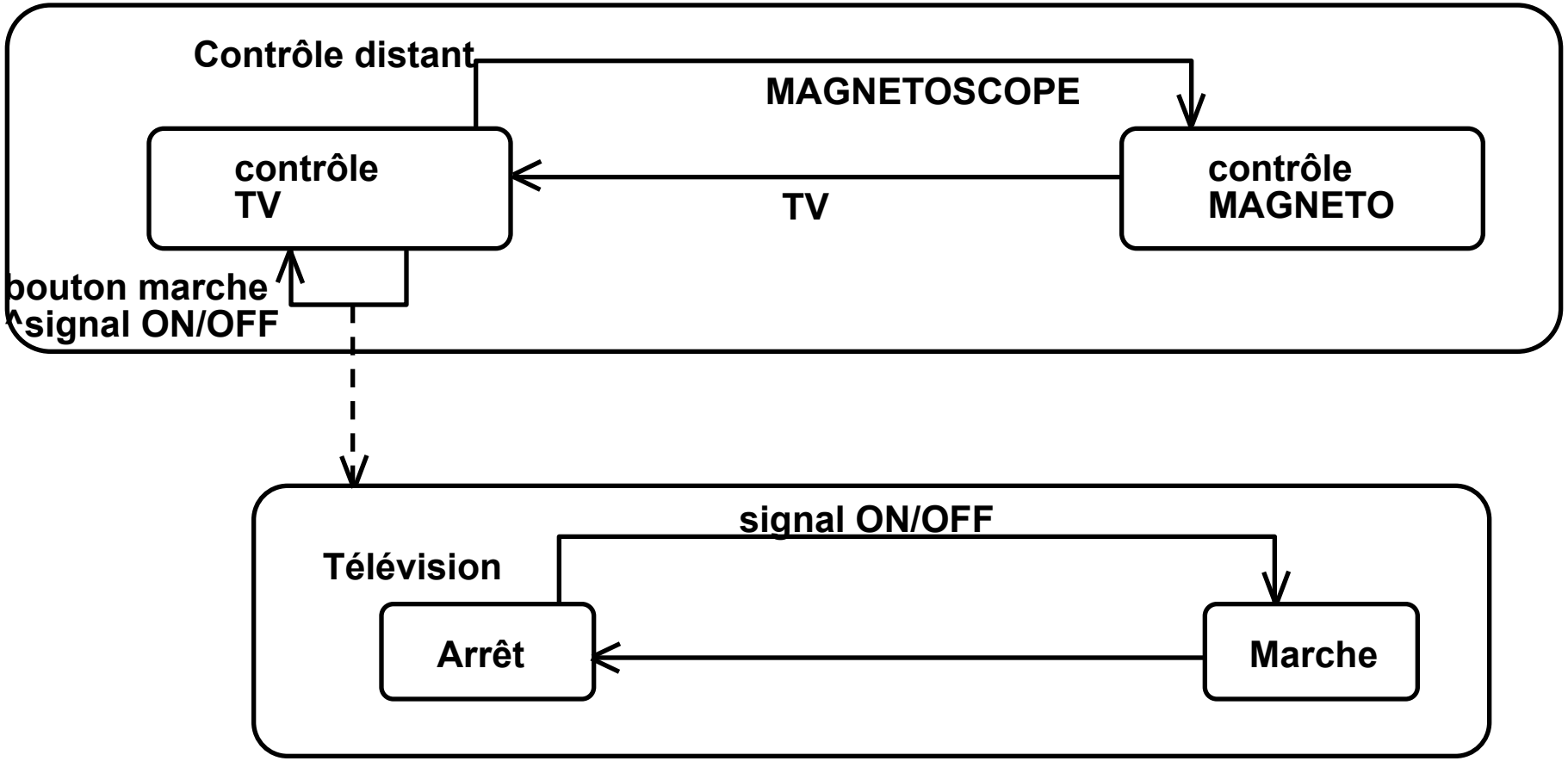
- Une activité peut être interrompue par un événement.

Exemple de diagramme d'états



Émission d'événements

- Automate d'états d'une télécommande double (TV + MAGNETOSCOPE) :

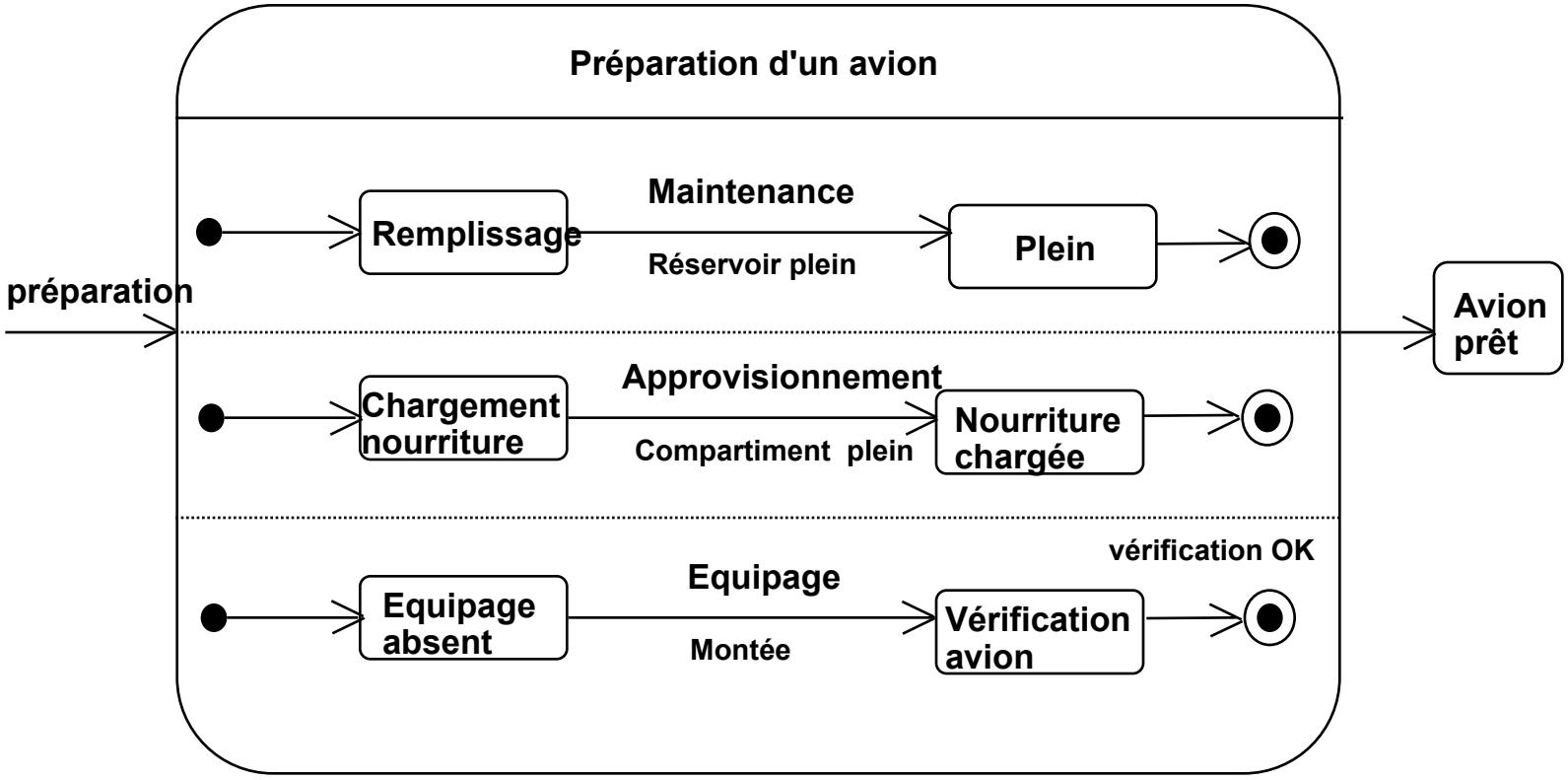


Diagrammes d'états concurrents

- Utilisation de sous-états concurrents pour ne pas à avoir à expliciter le produit cartésien d'automates
  - si 2+ aspects de l'état d'un objet sont indépendants
  - activités parallèles

- Sous-états concurrents séparés par pointillés
  - « *swim lanes* »

Diagrammes d'états concurrents : exemple

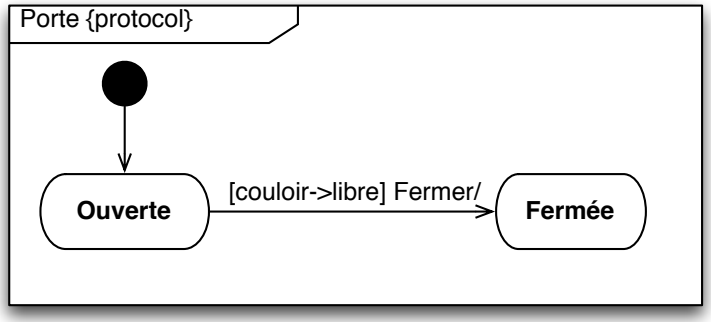


Etat-transition (résumé)

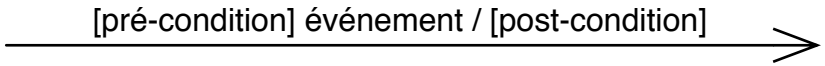
- Format :
  - **événement (arguments) [conditions] / action ^événements provoqués**
- Déclenchement :
  - par un événement (peut être nul).
    - Peut avoir des arguments.
  - Conditionné par des expressions booléennes sur l'objet courant, l'événement, ou d'autre objets.
- Tir de la transition :
  - Exécute certaines actions instantanément.
  - Provoque d'autres événements ; globaux ou vers des objets cibles.

Machine à états de protocole

- Spécialisation des machines à états de comportement
- Toujours attachées à un classificateur (e.g., une classe)
- Représente un cycle de vie d'un objet et spécifient quels messages sont acceptés à chaque état
- Notation similaire aux machines à états comportementales, mais noté {protocol}



- Transitions : Spécifient une pré et une post condition



- Etats : Spécifient un invariant

Activity Diagram

Diagramme d'activité

- Spécifie la séquence et les conditions pour coordonner différents comportements (plutôt que les classificateurs contenant ces comportements)
- Composés d'un ensemble d'actions et de flots (de contrôle et de données)
- Spécifient une opération (conception)
- Peuvent spécifier un workflow
- Sémantique basée sur les réseaux de Petri
- Attachés à une classe, une opération, ou un *use-case (workflow)*

Diagramme d'activité : exemple

opération PréparerBoisson de la classe Personne

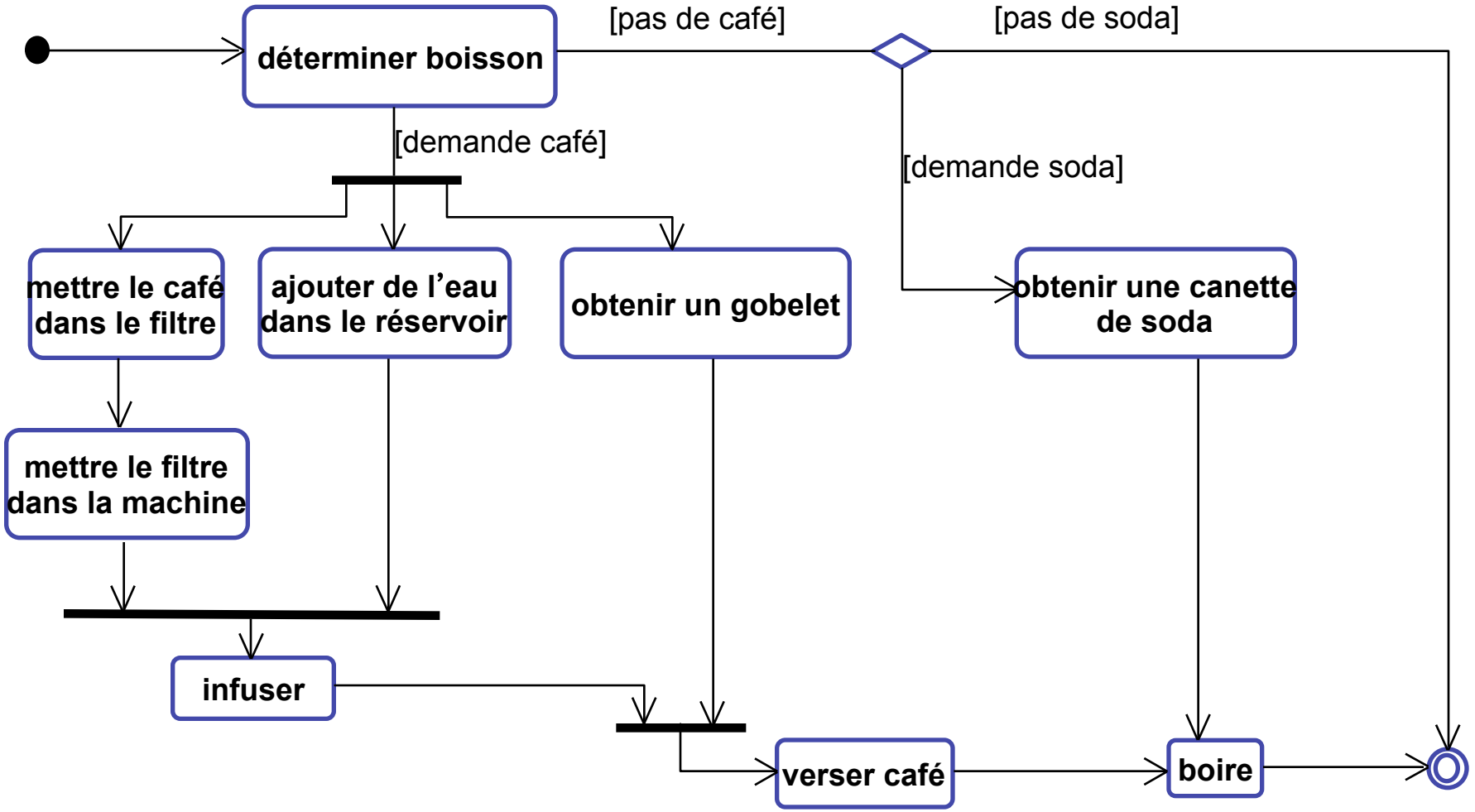
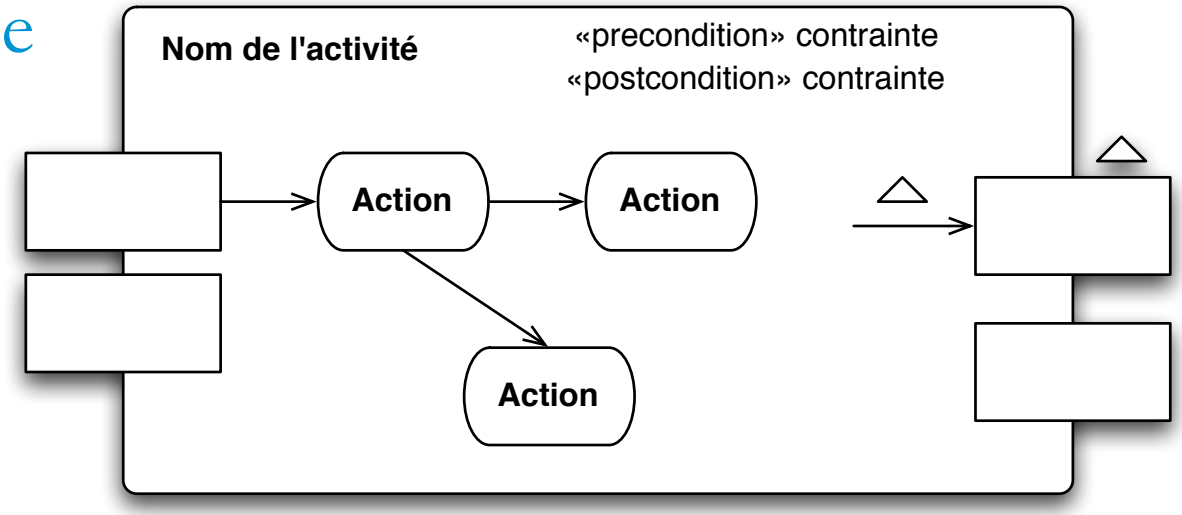


Diagramme d'activité : notation

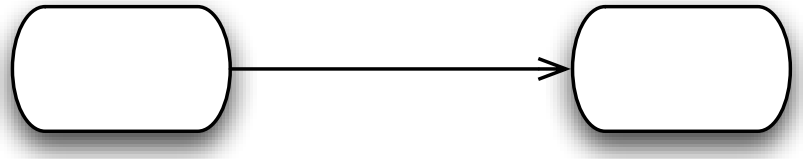
- Paramètres d'entrée et de sortie
- Pré et post-conditions
- Exceptions



{activity} Activité
Attribut : type Attribut : type
Operation(param) Operation(param)

Diagramme d'activité : notation

- Flots :
  - De contrôle: déclenche une action une fois que l'action précédente est finie
  - D'objet: chemin par lequel peuvent passer des objets et des données



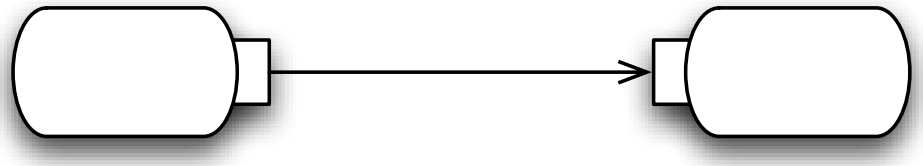
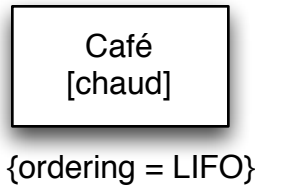


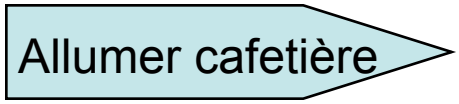
Diagramme d'activité : notation

- Objet :
  - Instance d'un classificateur, potentiellement dans un état particulier
  - Événements

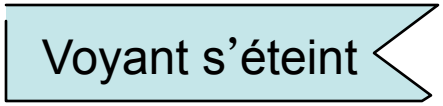


Stéréotypes optionnels

- Emission de signal

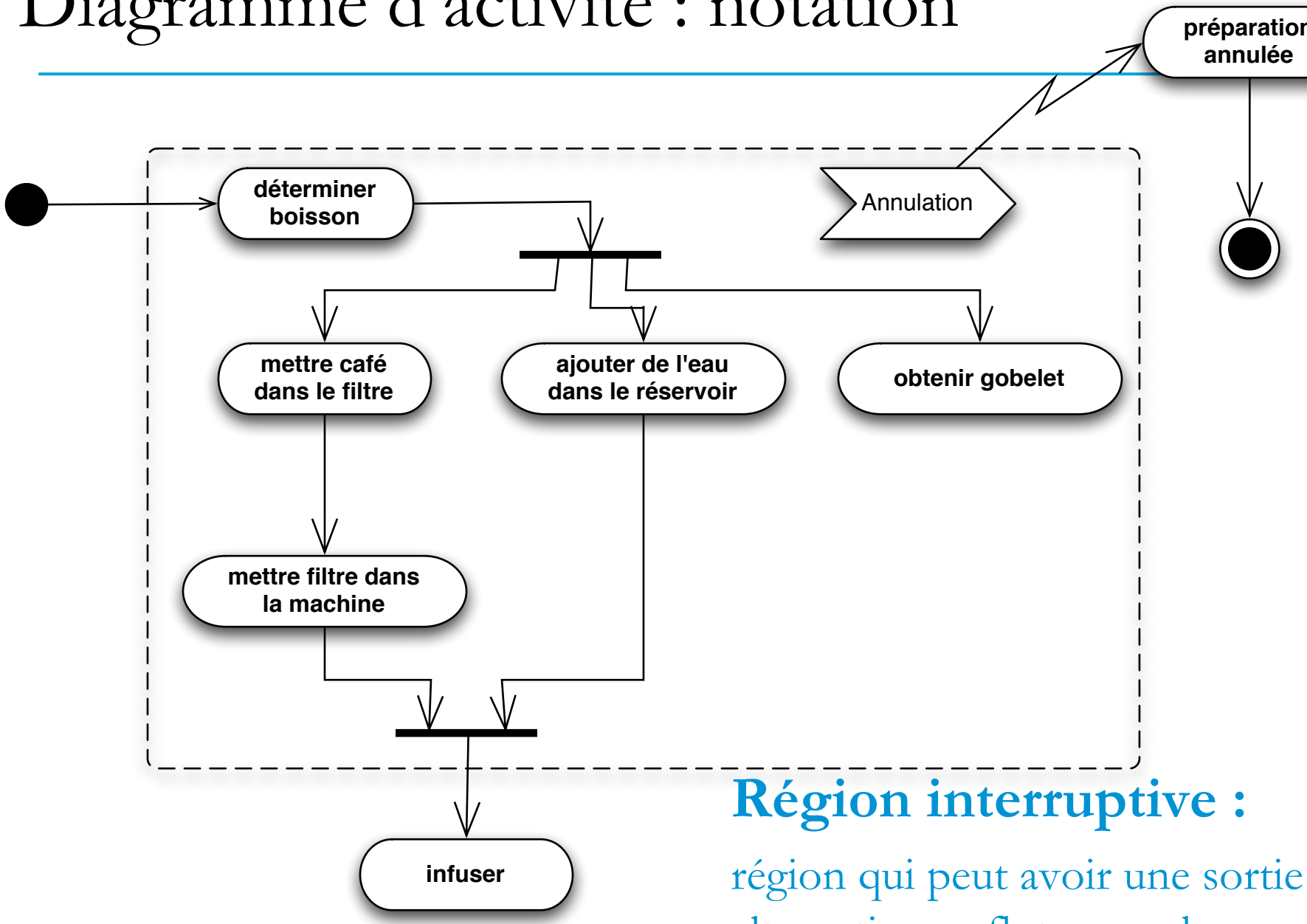


- Réception de signal



- On obtient une syntaxe graphique proche de SDL
  - langage de description de spécifications
  - populaire dans le monde télécom

Diagramme d'activité : notation



Région interruptive :

région qui peut avoir une sortie alternative au flot normal

Diagramme d'activité : notation

- Région d'expansion :
  - Région qui s'exécute plusieurs fois, selon les éléments de la collection passée en entrée
  - Types d'exécution: parallèle, itérative ou stream

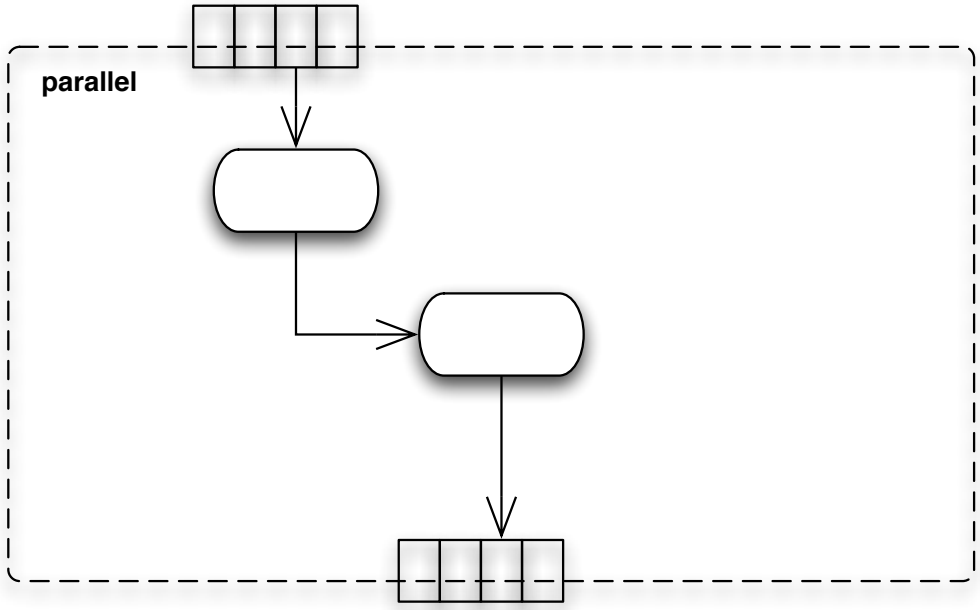
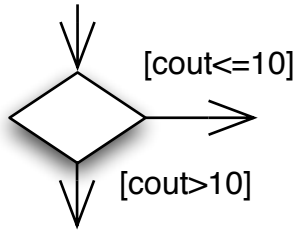
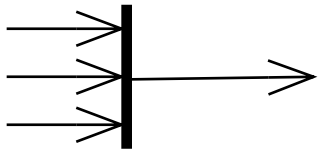
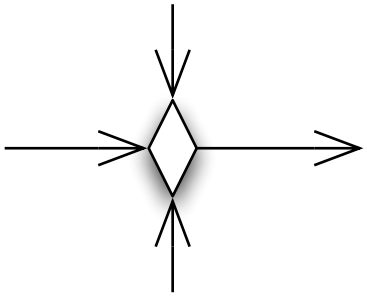


Diagramme d'activité : notation

- Autres nœuds :
  - Fin d'activité, fin de flot
  - Fourchette
  - Jointure
  - Décision: branchement sur plusieurs transitions
  - Fusion: accepte un flot parmi plusieurs







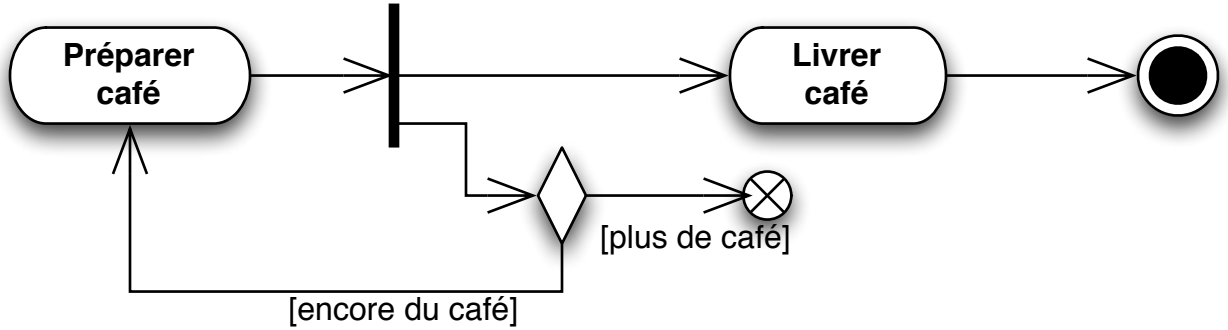
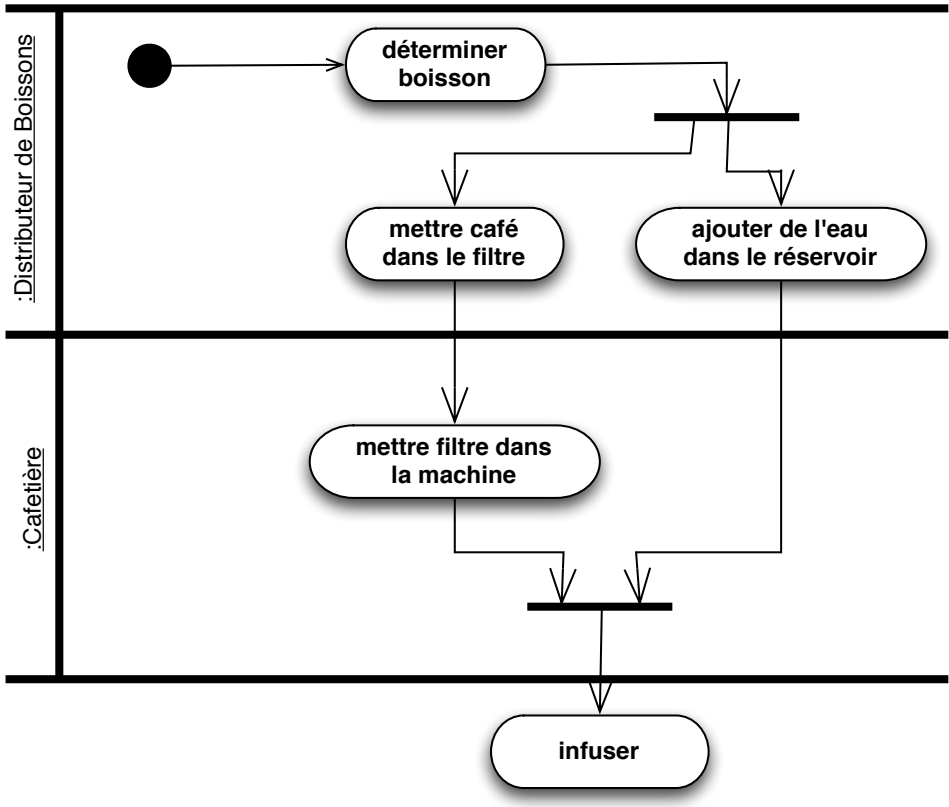


Diagramme d'activité : notation

- Partition:
  - Groupement d'actions ayant des caractéristiques communes
  - Utilisées pour allouer des actions dans des ressources différentes (Classificateurs, Nœuds)



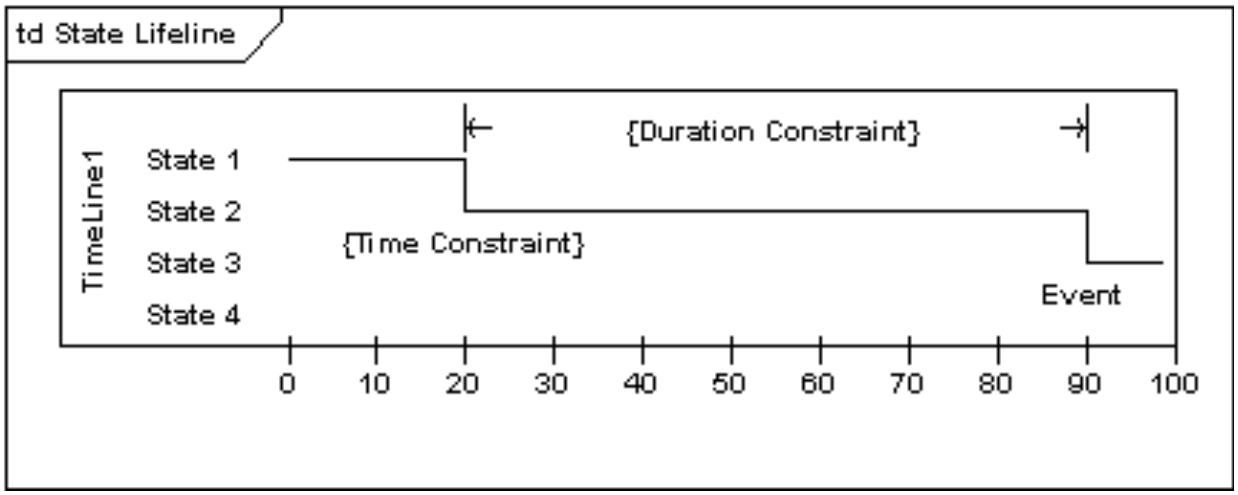
Liens modèles statiques/dynamiques

- Le modèle dynamique définit des séquences de transformation pour les objets
  - Diagramme d'état généralisant pour chaque classe ayant un comportement réactif aux événements les scénarios et collaborations de leurs instances
    - Les variables d'état sont des attributs de l'objet courant
    - Les conditions de déclenchement et les paramètres des actions exploitent les variables d'état et les objets accessibles
  - Diagrammes d'activités associés aux opérations/transitions/méthodes
- Les modèles dynamiques d'une classe sont transmis par héritage aux sous-classes

Timing Diagram

Diagramme temporel

Autre vue comportementale semblable aux diagrammes de séquence, mais présentée avec une syntaxe temporelle inspirée des diagrammes utilisé en circuits logiques



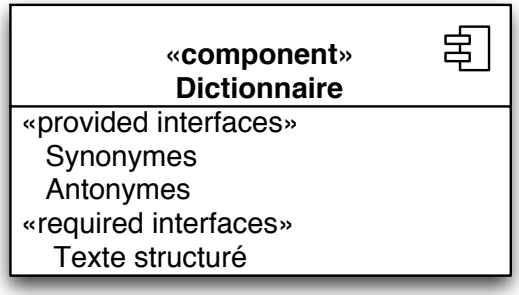
Outline

Implementation View

Component Diagram

Constituants d'un diagramme de composants

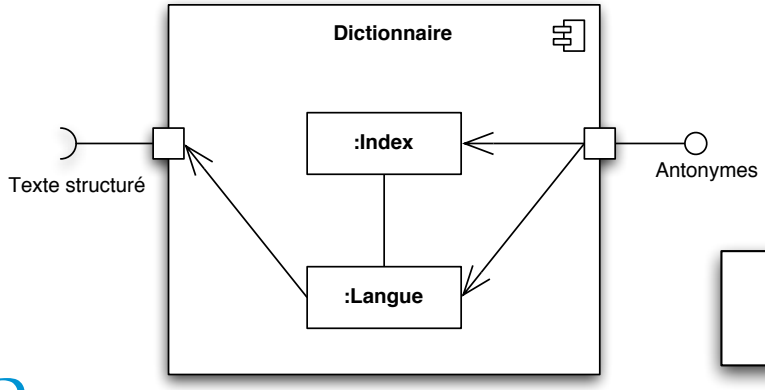
- Composant
  - Partie remplaçable d'un système
  - Son comportement est spécifié par des interfaces requises et fournies

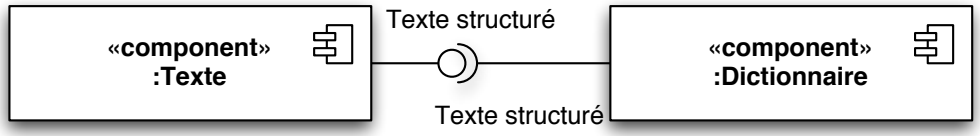


- Interface (fournies/requise)

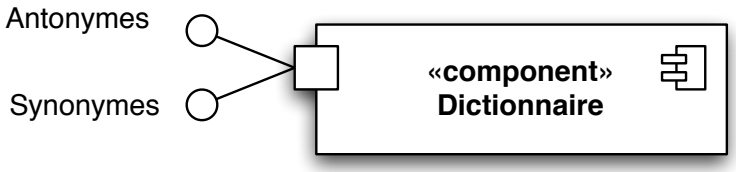
Constituants d'un diagramme de composants

- Connecteur
  - Liaison entre un contrat externe (port) et la réalisation
  - Assemblage, délégation





- Port
  - Point d'interaction entre un composant et son environnement
  - La nature de ces interactions est spécifiée par des interfaces

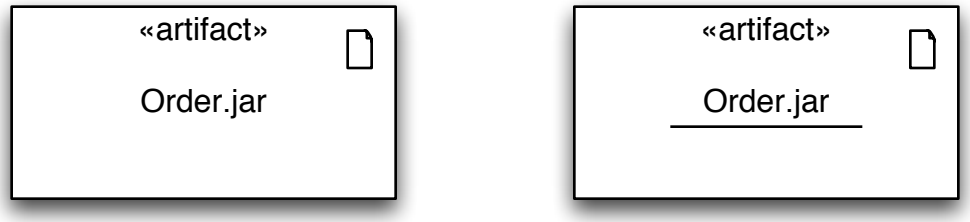


Implementation View

Deployment Diagram

Constituants d'un diagramme de déploiement

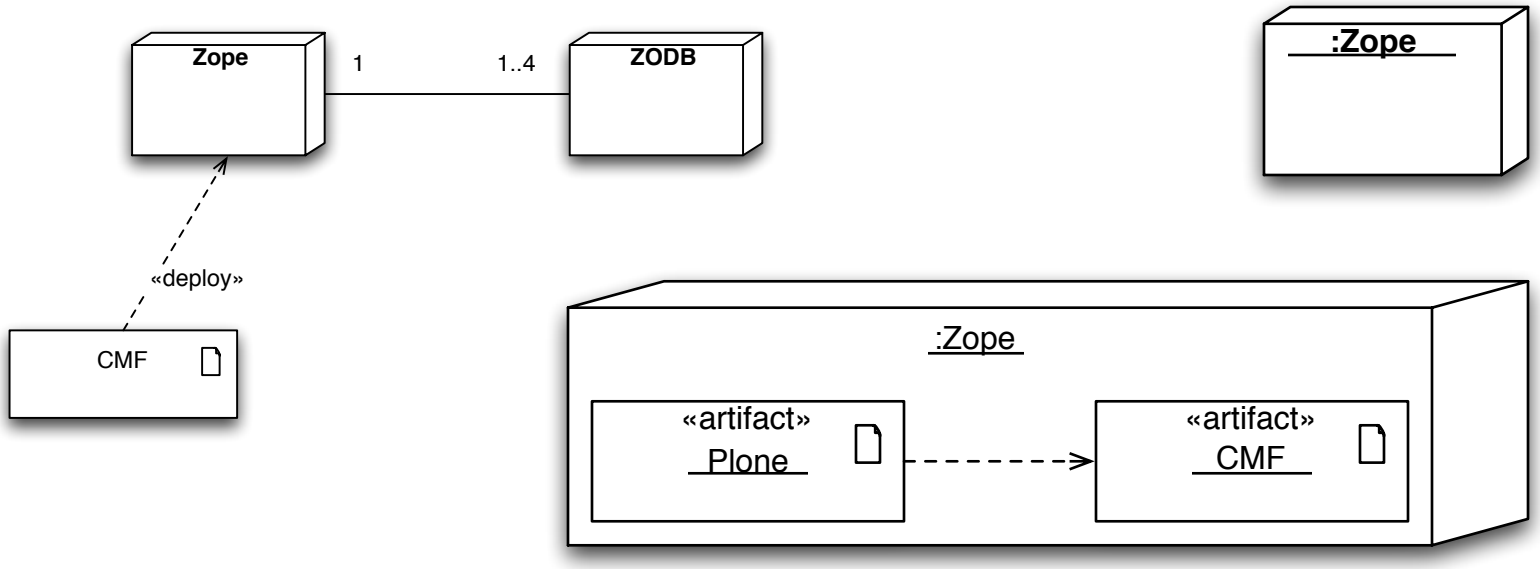
- Artefact
  - Spécification d'une pièce physique d'information utilisée dans le processus de développement
  - Fichiers source, modèles, scripts, binaires, document, etc.
  - Un artefact est un classificateur: il possèdes des propriétés et des opérations
  - Il peut s'associer avec d'autres artefacts
  - Notation :



  - Stéréotypes standards : « source », « executable »

Constituants d'un diagramme de déploiement

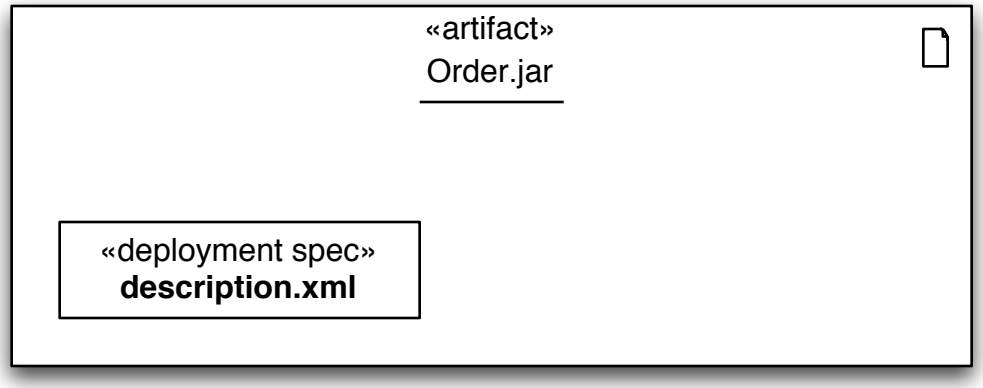
- Nœud
  - Ressource logique dans laquelle sont déployées les artefacts
  - Notation : connexion, instances



Constituants d'un diagramme de composants

- Chemin de communication
  - Association entre deux nœud, permettant l'échange de signaux et de messages

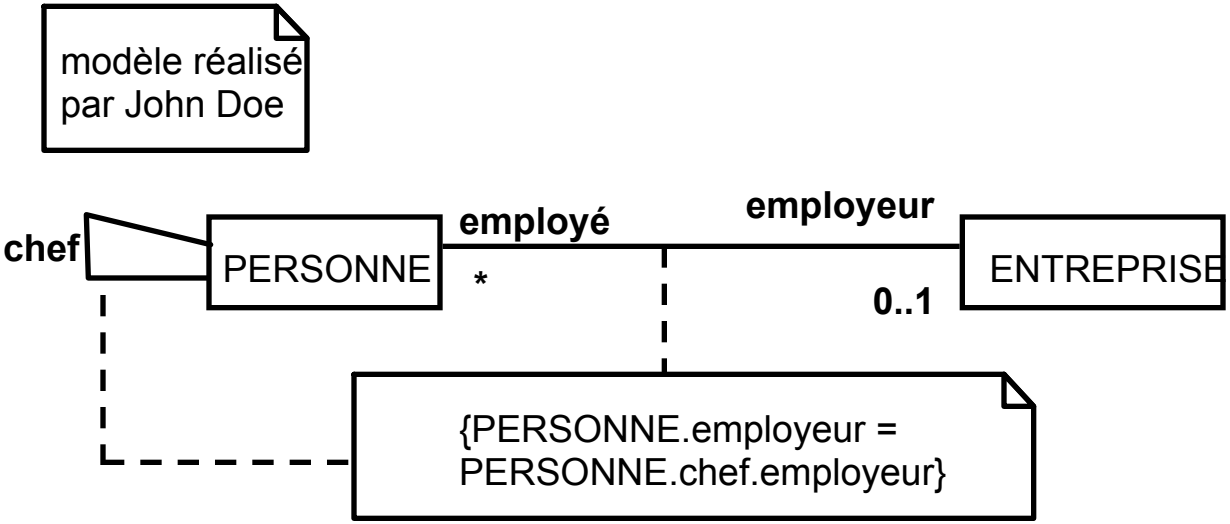
- Spécification de déploiement
  - Ressource (artefact) déterminant les paramètres d'exécution d'un artefact



Outline

Les notes

- Compléments de modélisation
  - Attachés à un élément du modèle ou libre dans un diagramme
  - Exprimés sous forme textuelle
  - Elles peuvent être typées par des stéréotypes



Extension d'UML : motivation

- Malgré sa richesse, UML n'est pas adapté à tous les domaines.
- Formes d'extension:
  - Ajout de nouveaux éléments.
  - Création de nouvelles propriétés.
  - Spécification d'une nouvelle sémantique.
- Mécanismes disponibles:
  - Stéréotypes, Étiquettes, Contraintes.

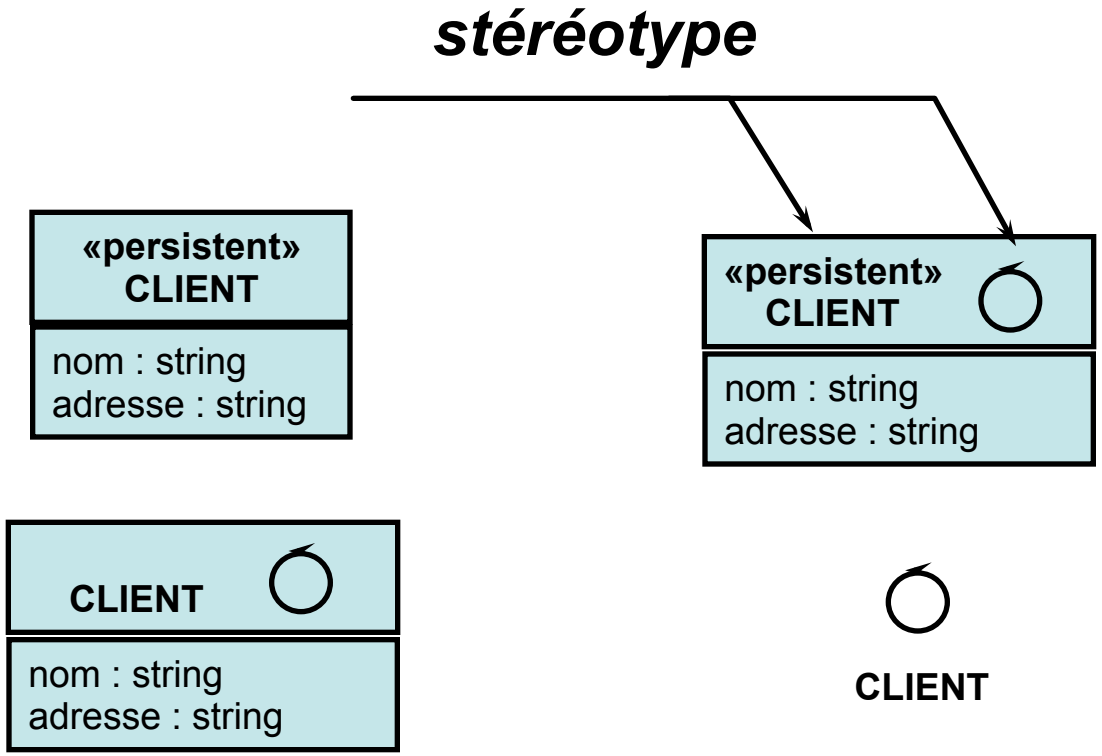
  ⇒ Profils.

Les stéréotypes

- Nouveaux éléments de modélisation instanciant
  - Des classes du méta modèle UML (pour les stéréotypes de base UML)
  - Des extensions de classes du méta modèle UML (pour les stéréotypes définis par l'utilisateur)

- Peuvent être attachés aux éléments de modélisations et aux diagrammes :
  - Classes, objets, opérations, attributs, généralisations, relations, acteurs, uses-cases, événements, diagrammes de collaboration …

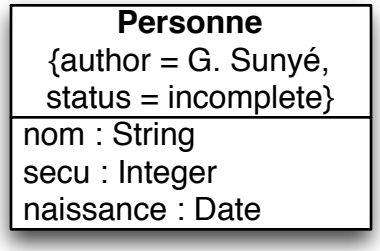
Les stéréotypes : notation



- Peuvent introduire:
  - une nouvelle notation
  - des contraintes d'utilisation
- Très utiles pour l'interprétation d'un modèle

Etiquettes (tagged values)

- Pair de la forme “étiquette=valeur”, attachée aux éléments de modélisation



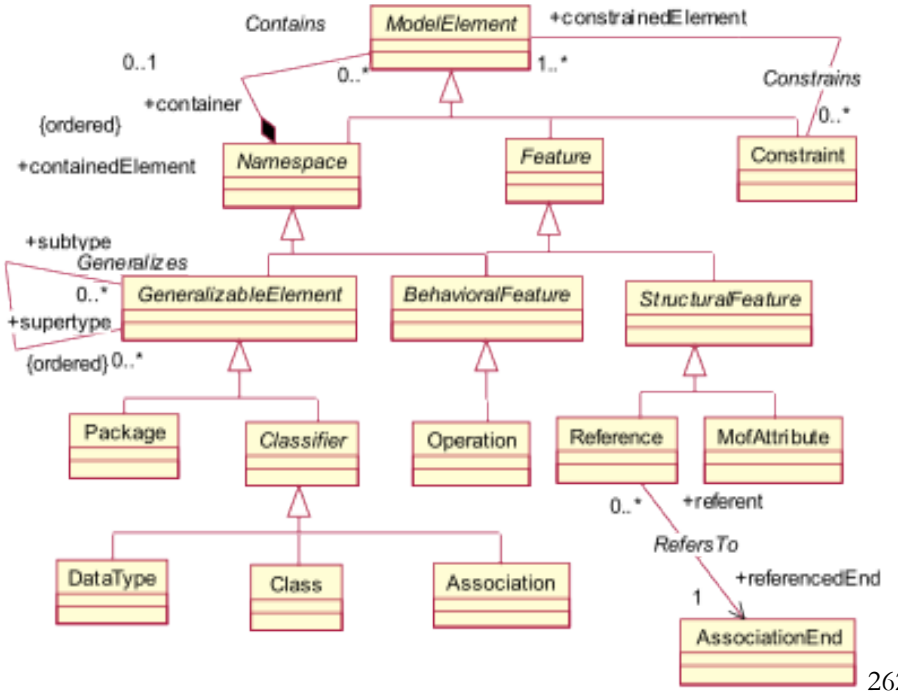
Les profils UML

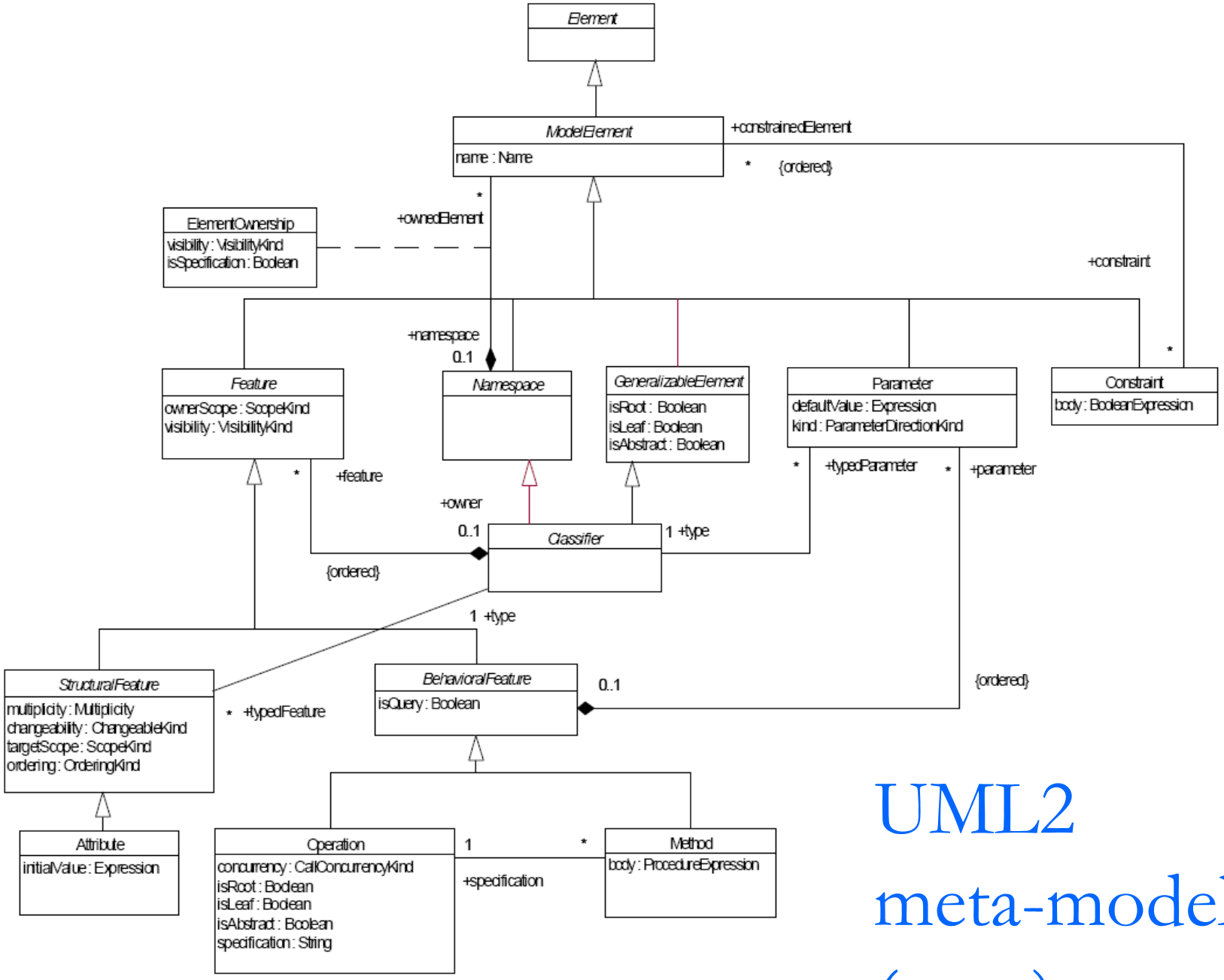
- Mécanisme d'extension, permettant d'adapter UML à l'aide d'un ensemble de stéréotypes
- Le profil "Standard" contient les stéréotypes utilisés dans UML
- Autres profils: J2EE/EJB, COM, .NET, CCM, etc.

Outline

Assigning Meaning to Models

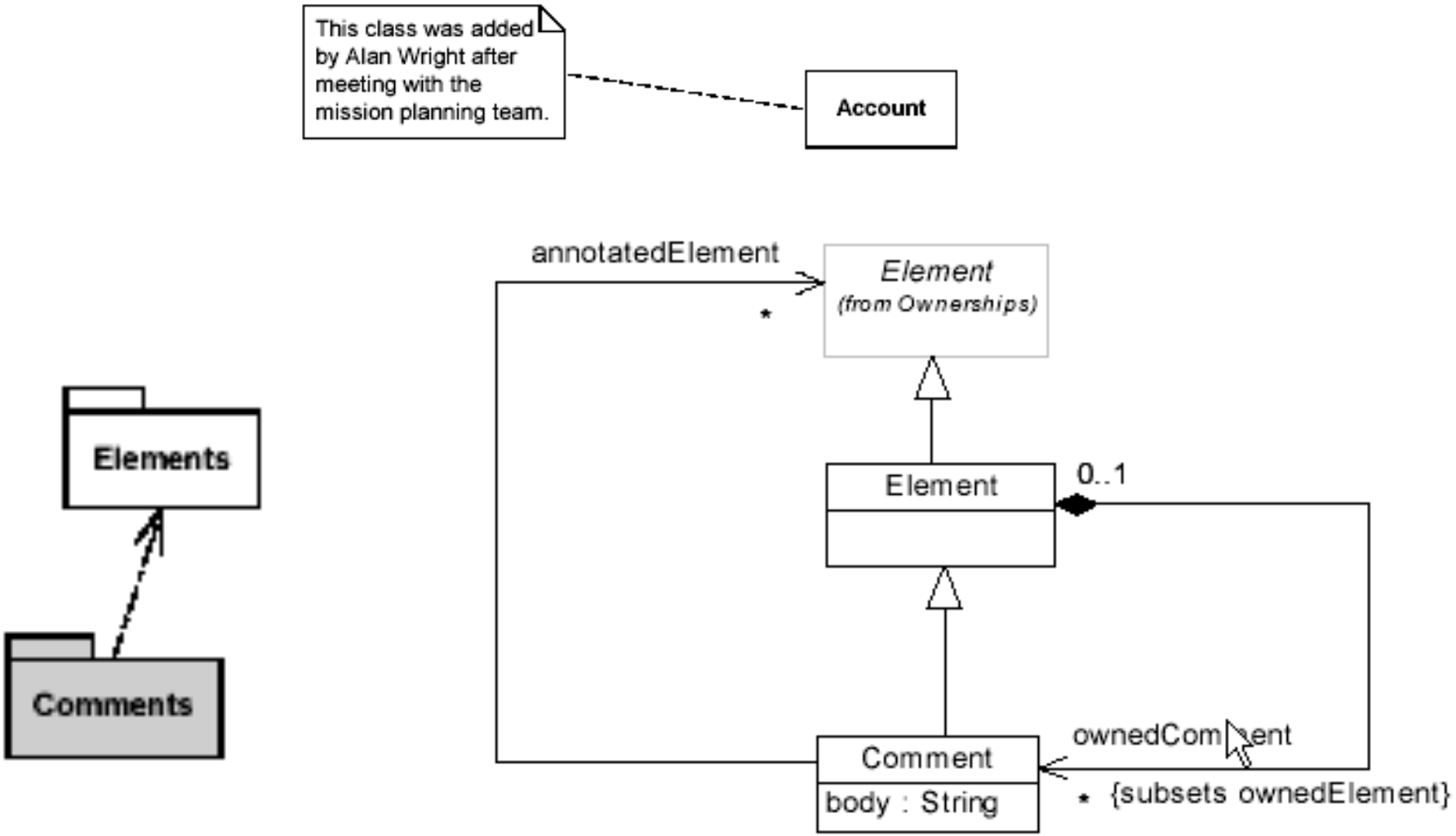
- If a UML model is no longer just
  - fancy pictures to decorate your room
  - a graphical syntax for C++/Java/C#/Eiffel...
- Then tools must be able to manipulate models
  - Let's make a model
  - of what a model is!
  - => *meta-modeling*
    - & meta-meta-modeling..





UML2 meta-model (part.)

Zoom: comments



Generalizations

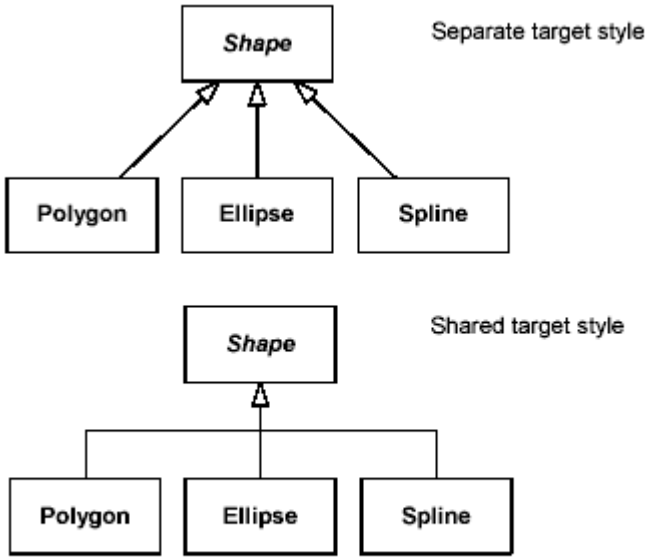


Figure 3-33. Examples of generalizations betwe

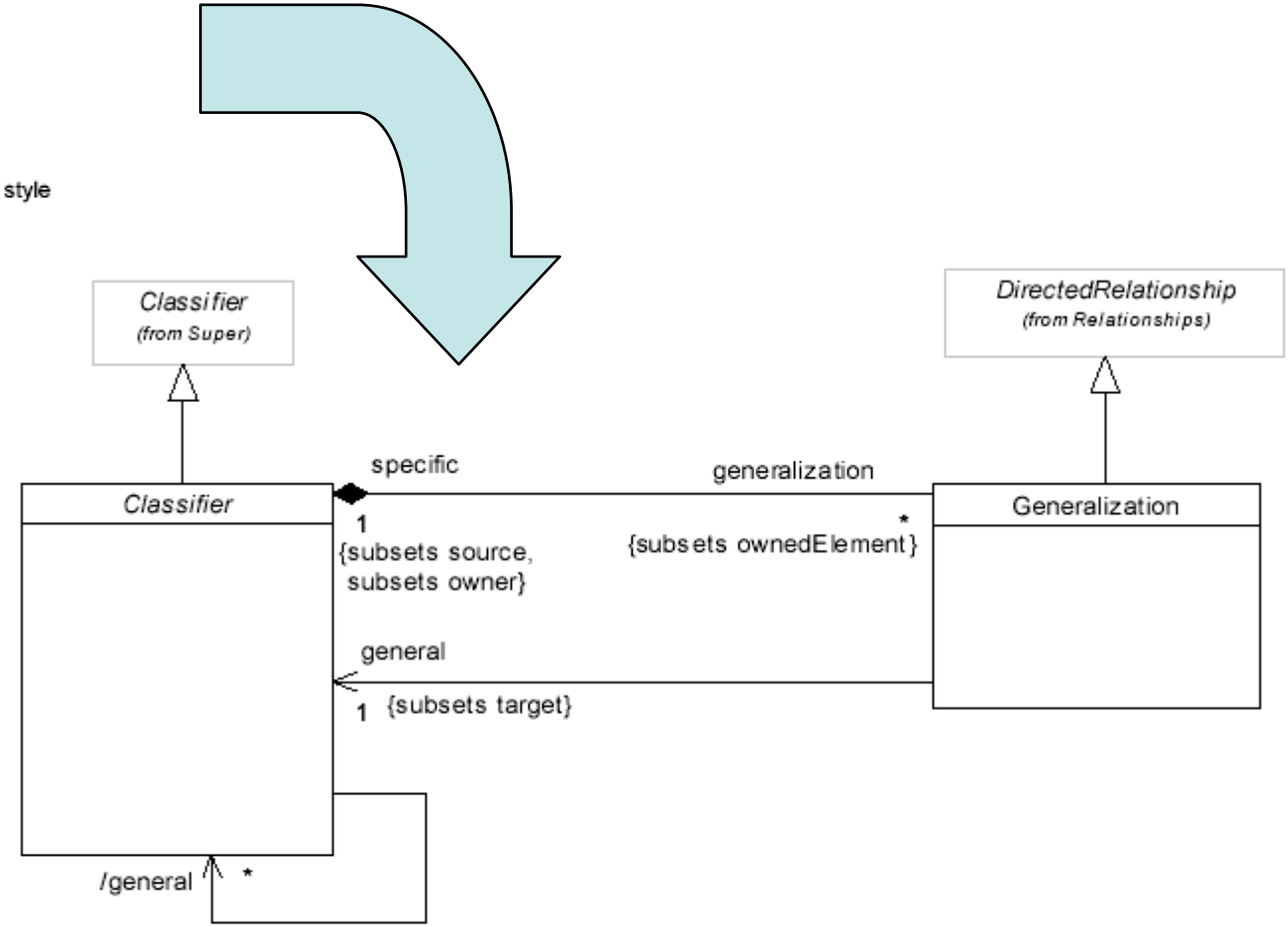
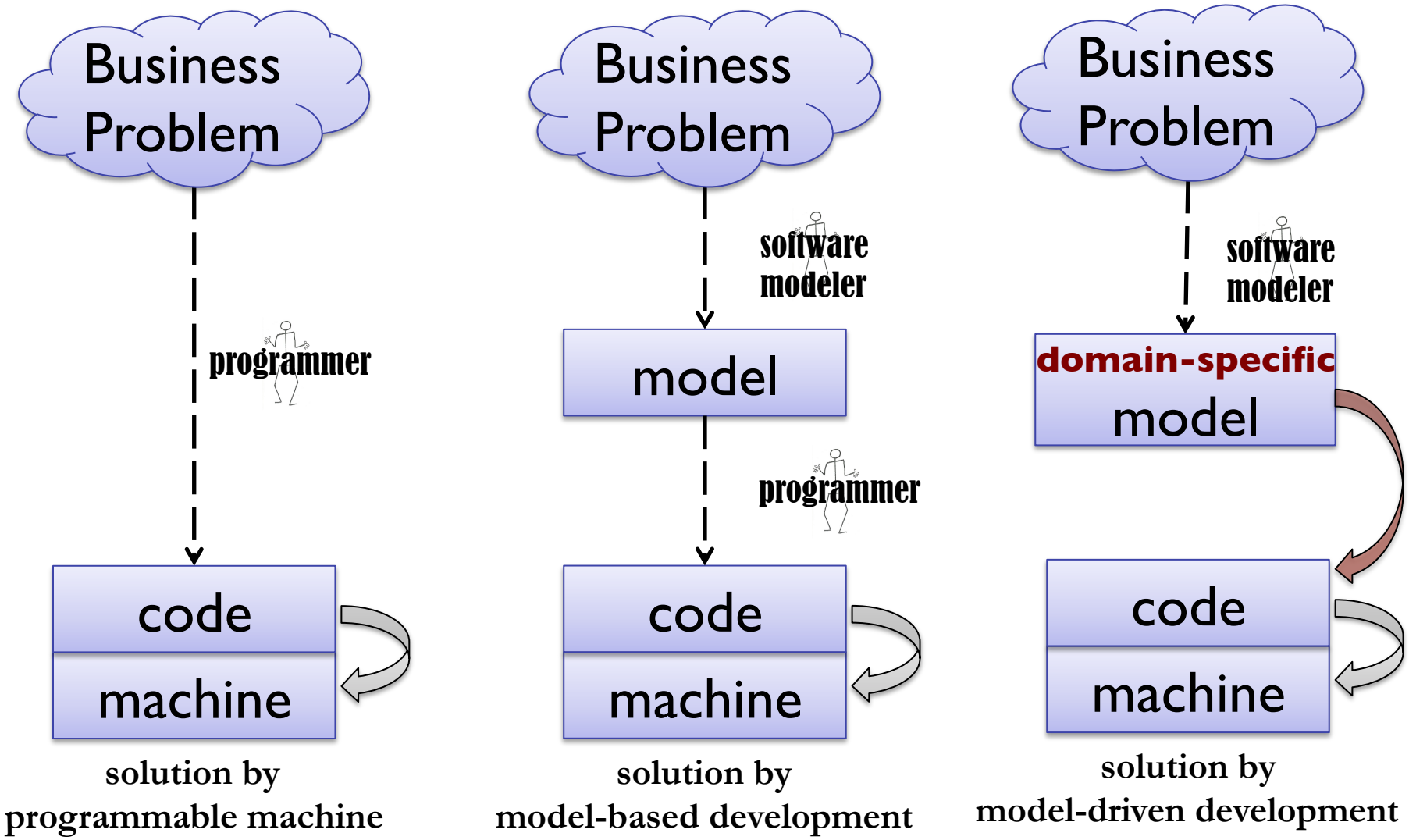


Figure 3-32. The elements defined in the Generalizations package.

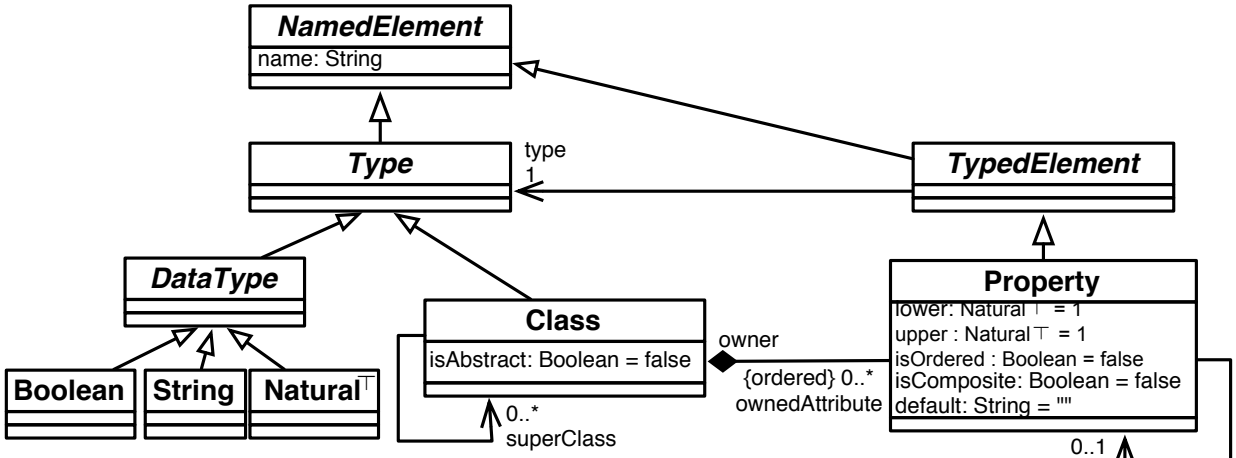
Evolution in Software Modeling



From Gregor Engels (Universität Paderborn, Germany)
Panel "When will Code become Irrelevant?", MoDELS 2011

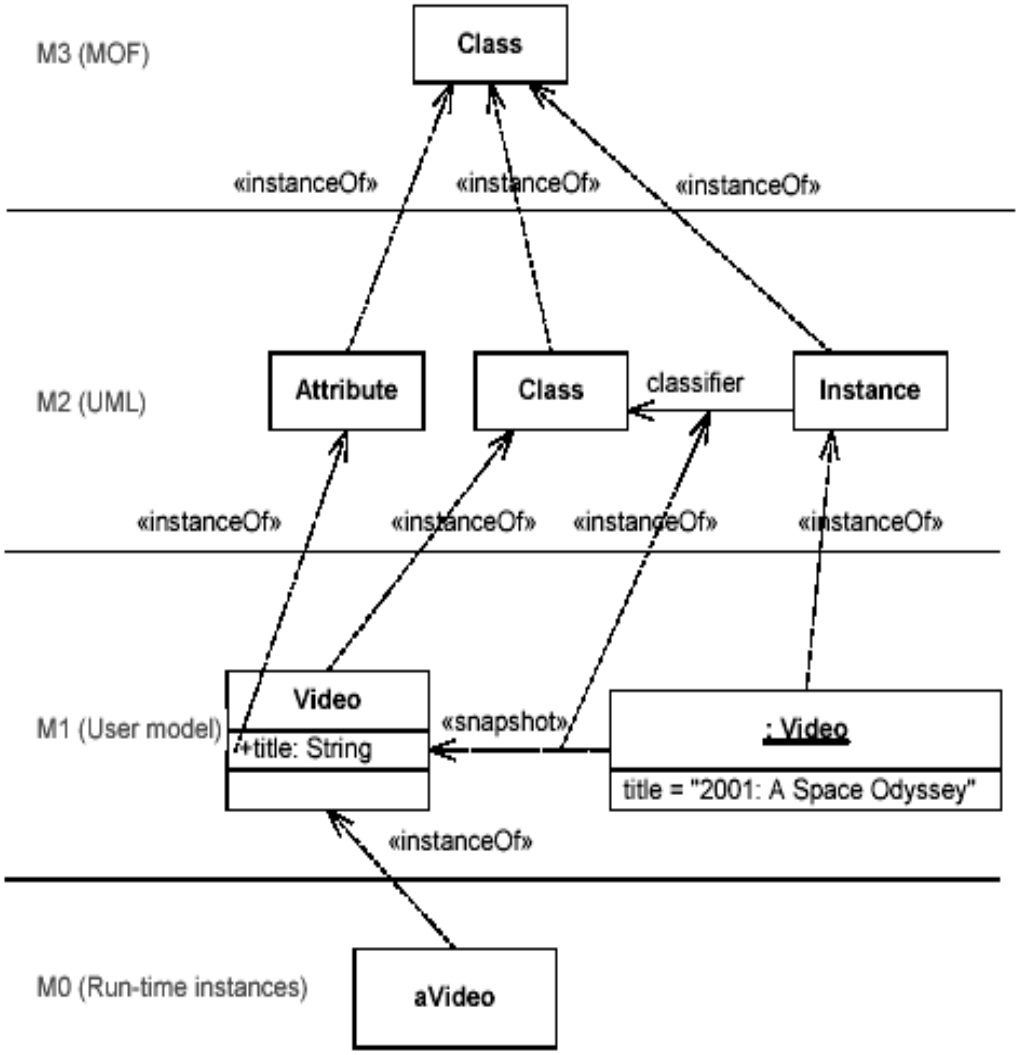
Assigning Meaning to MetaModels

- OMG (Essential) MOF:
  - Provides language constructs for specifying a DSL metamodel
    - mainly based on Object-Oriented constructs: package, classes, properties (attribute and reference), and multiple inheritance.
    - specificities: composition, opposite…
  - Cf. http://www.omg.org/spec/MOF/

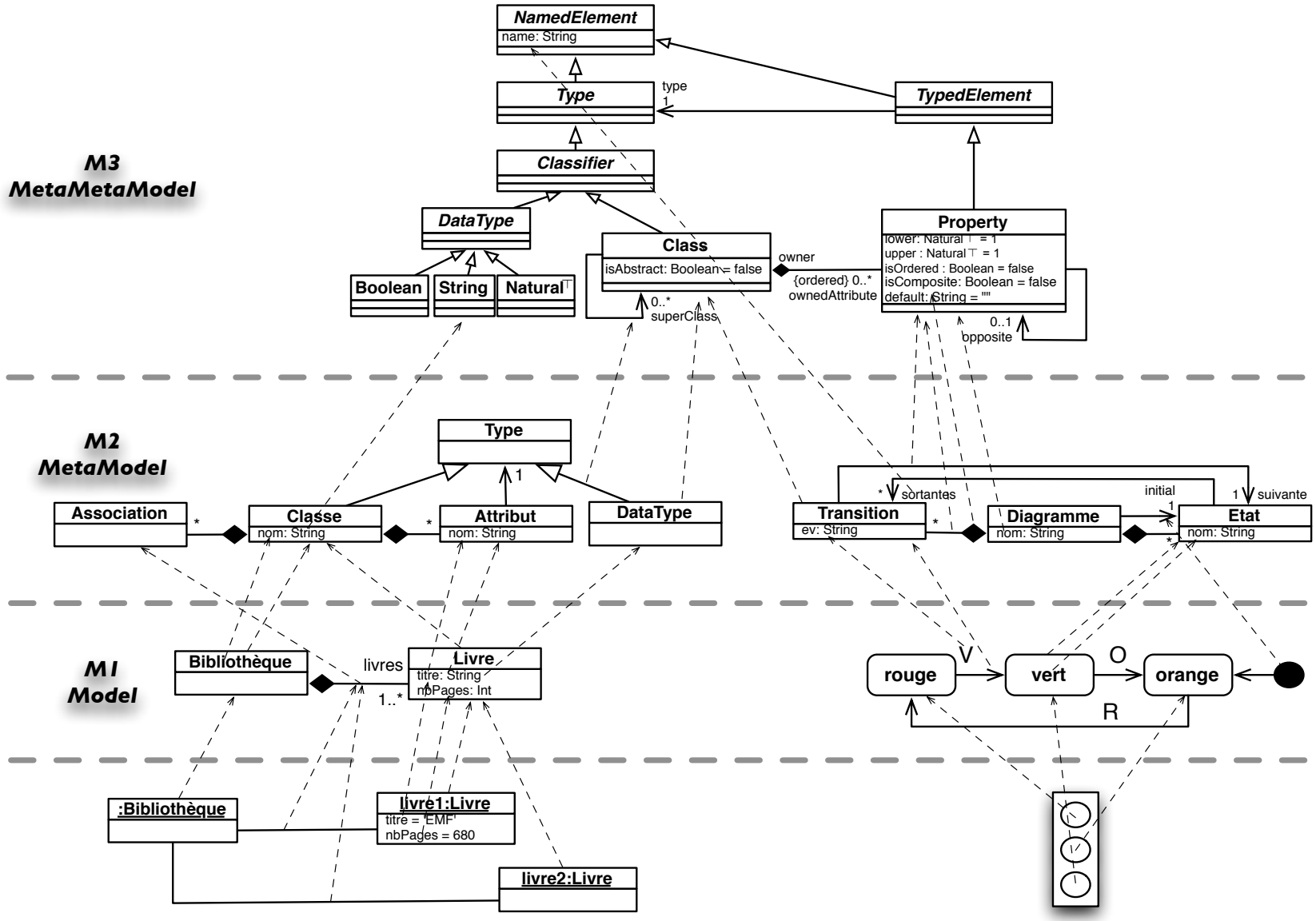


Excerpt from EMOF

The 4 layers in practice



The 4 layers in practice



Outline

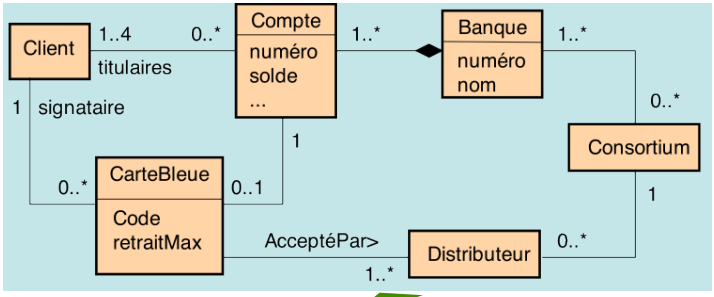
Some UML Tools

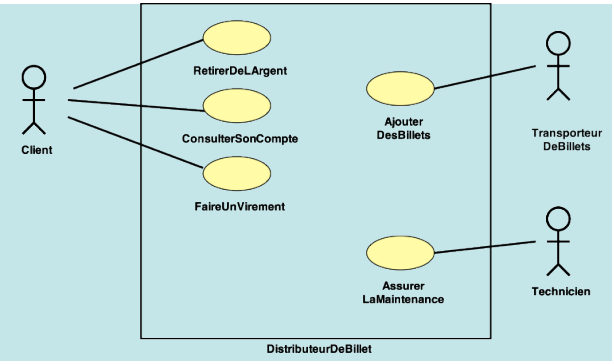
- Some open source tools:
  - ➥Eclipse Papyrus MDT, Modelio (Modeliosoft)…
- Some commercial tools:
  - ➥Magic Draw (No Magic), Enterprise Architect (Sparx Systems), Objecteering (Objecteering Software)…
- *Drawing tools (to be avoided):*
  - ➥Dia, Visio…
- (Some) more complete lists:
  - http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Unified_Modeling_Language_tools
  - http://www.umltools.net

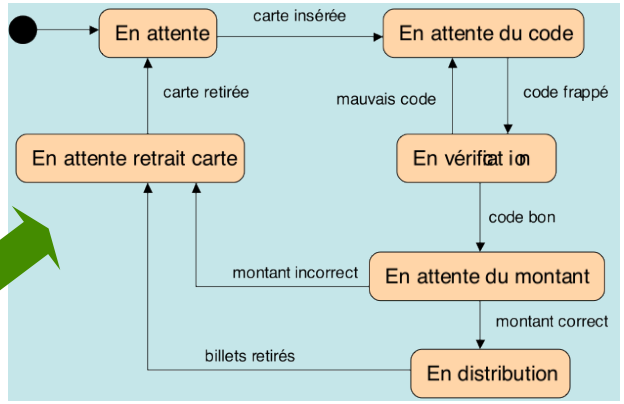
Eclipse Papyrus MDT

- Environment for editing any kind of EMF model and particularly supporting UML and related modeling languages such as SysML and MARTE.
- Papyrus also offers an advanced support of UML profiles
- Official Eclipse project for UML2

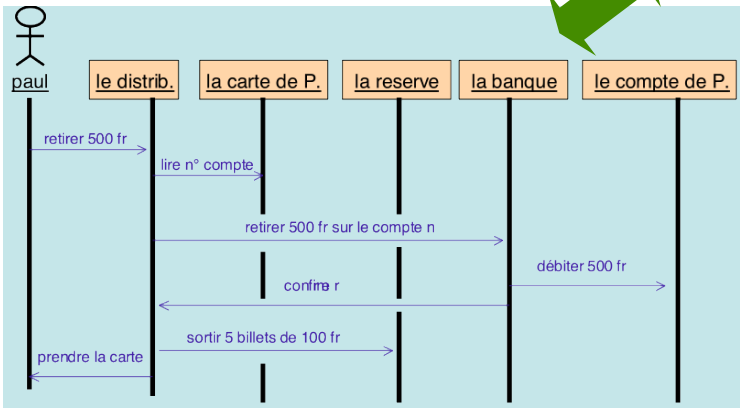
Outline

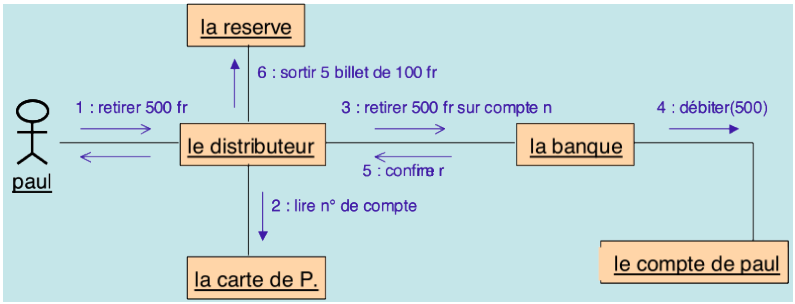

Client
1..4
titulaires
0..*
Compte
numéro
solde
...
1..*
Banque
numéro
nom
1..*
0..*
Consortium
1
signataire
1
0..*
CarteBleue
Code
retraitMax
0..1
AcceptéPar>
Distributeur
0..*
1..*


Client
RetirerDeLArgent
ConsulterSonCompte
FaireUnVirement
Ajouter
DesBillets
Assurer
LaMaintenance
Transporteur
DeBillets
Technicien
DistributeurDeBillet


En attente
carte insérée
En attente du code
carte retirée
mauvais code
code frappé
En attente retrait carte
En vérification
code bon
montant incorrect
En attente du montant
montant correct
billets retirés
En distribution

système


paul
le distrib.
la carte de P.
la reserve
la banque
le compte de P.
retirer 500 fr
lire n° compte
retirer 500 fr sur le compte n
débiter 500 fr
confirmer
sortir 5 billets de 100 fr
prendre la carte


la reserve
6 : sortir 5 billet de 100 fr
1 : retirer 500 fr
3 : retirer 500 fr sur compte n
4 : débiter(500)
paul
le distributeur
la banque
5 : confirmer
2 : lire n° de compte
la carte de P.
le compte de paul

UML 2.x : Structural Modeling Diagrams

- Structure diagrams define the static architecture of a model. They are used to model the 'things' that make up a model - the classes, objects, interfaces and physical components. In addition they are used to model the relationships and dependencies between elements.

  - Package diagrams are used to divide the model into logical containers or 'packages' and describe the interactions between them at a high level
  - Class or Structural diagrams define the basic building blocks of a model: the types, classes and general materials that are used to construct a full model
  - Object diagrams show how instances of structural elements are related and used at run-time.
  - Composite Structure diagrams provide a means of layering an element's structure and focusing on inner detail, construction and relationships
  - Component diagrams are used to model higher level or more complex structures, usually built up from one or more classes, and providing a well defined interface
  - Deployment diagrams show the physical disposition of significant artefacts within a real-world setting.

UML 2.x : Behavioral Modeling Diagrams

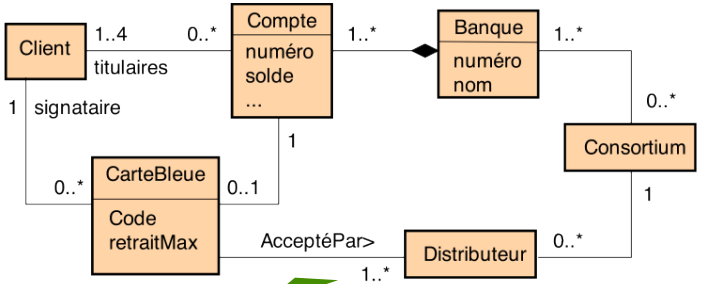
- Behavior diagrams capture the varieties of interaction and instantaneous state within a model as it 'executes' over time.
  - Use Case diagrams are used to model user/system interactions. They define behavior, requirements and constraints in the form of scripts or scenarios
  - Activity diagrams have a wide number of uses, from defining basic program flow, to capturing the decision points and actions within any generalized process
  - State Machine diagrams are essential to understanding the instant to intant condition or "run state" of a model when it executes
  - Communication diagrams show the network and sequence of messages or communications between objects at run-time during a collaboration instance
  - Sequence diagrams are closely related to Communication diagrams and show the sequence of messages passed between objects using a vertical timeline
  - Timing diagrams fuse Sequence and State diagrams to provide a view of an object's state over time and messages which modify that state
  - Interaction Overview diagrams fuse Activity and Sequence diagrams to provide allow interaction fragments to be easily combined with decision points and flows

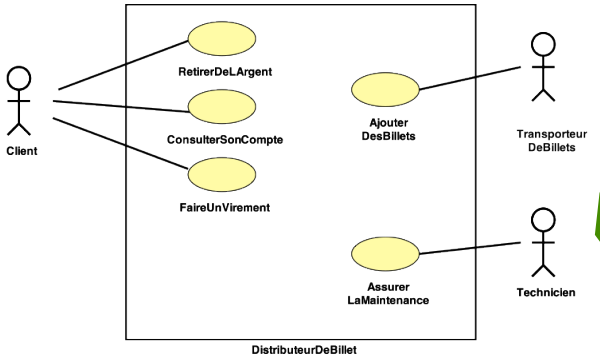
Oui, Oui, Oui, mais ...

pour "l'informaticien moyen"

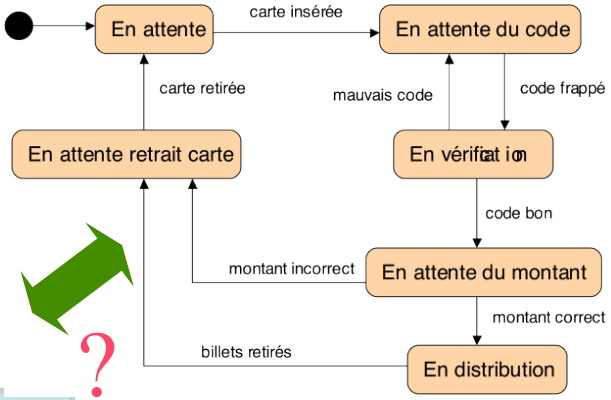
la seule chose importante dans le logiciel
c'est ...

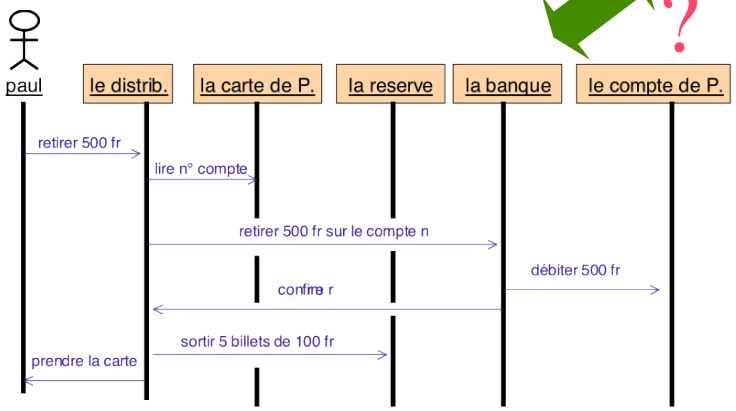
le Code !

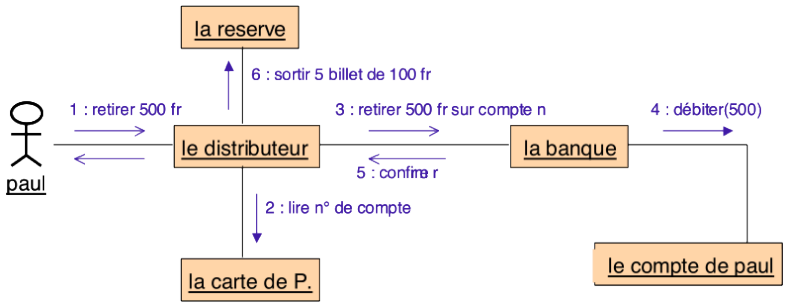




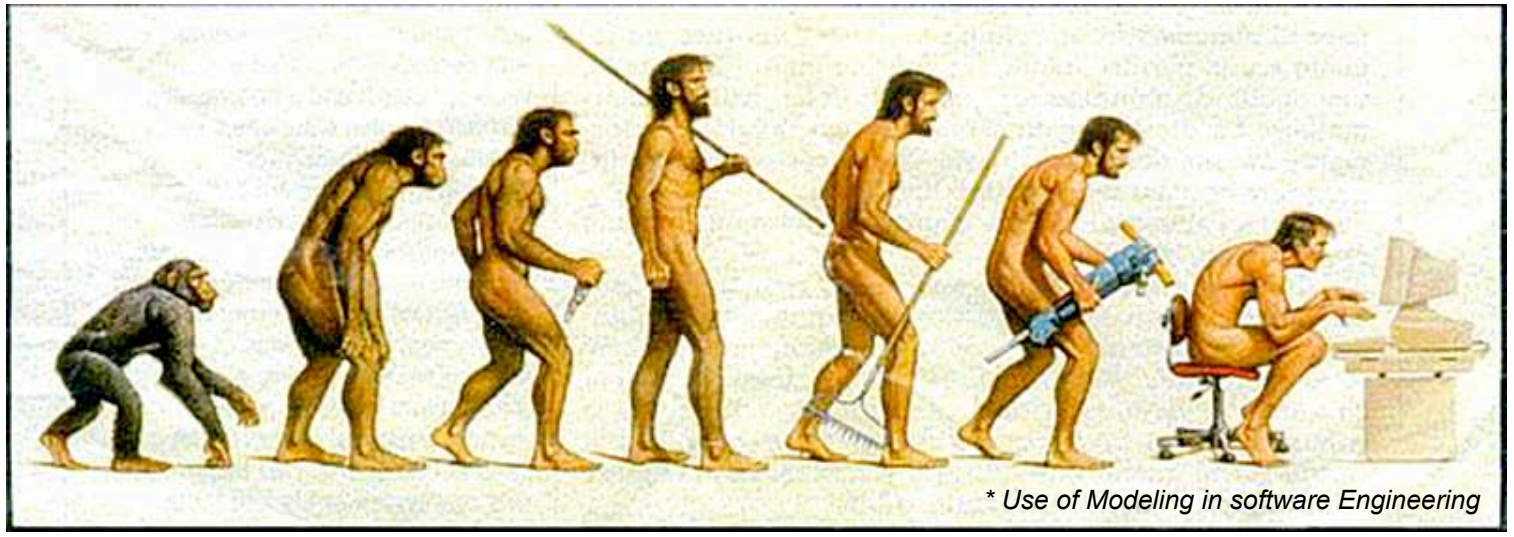

```
class Compte {
   private Vector opérations ;
   private int découvertMax ;
   private Client titulaire ;
   public int lireSolde()
     { int r = 0 ;
       for (i=0;opérations.size();i++)
         r = r = opérations.at(i).montant ;
       return r ; }
   public void débiter( int montant )
     { if (montant<=0
         ll lireSolde()-montant < lireSolde)
         throw new Exception() ;
       ...
     }
}
```







Adoption of Software Modeling



Analysis
Design
Development
Test
Deployment
Maintenance
Runtime

?

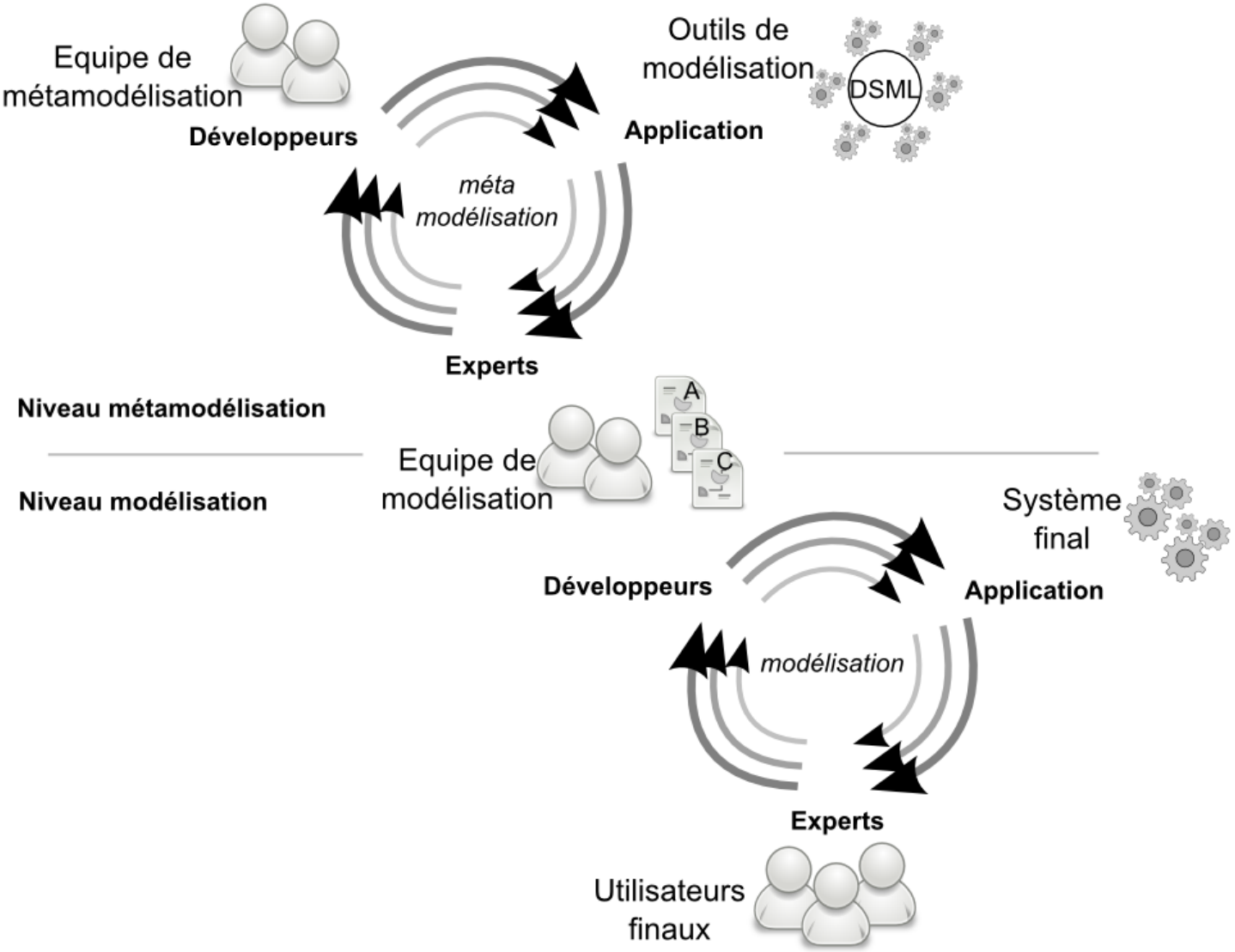
design,
documentation

analysis ...
detailed design

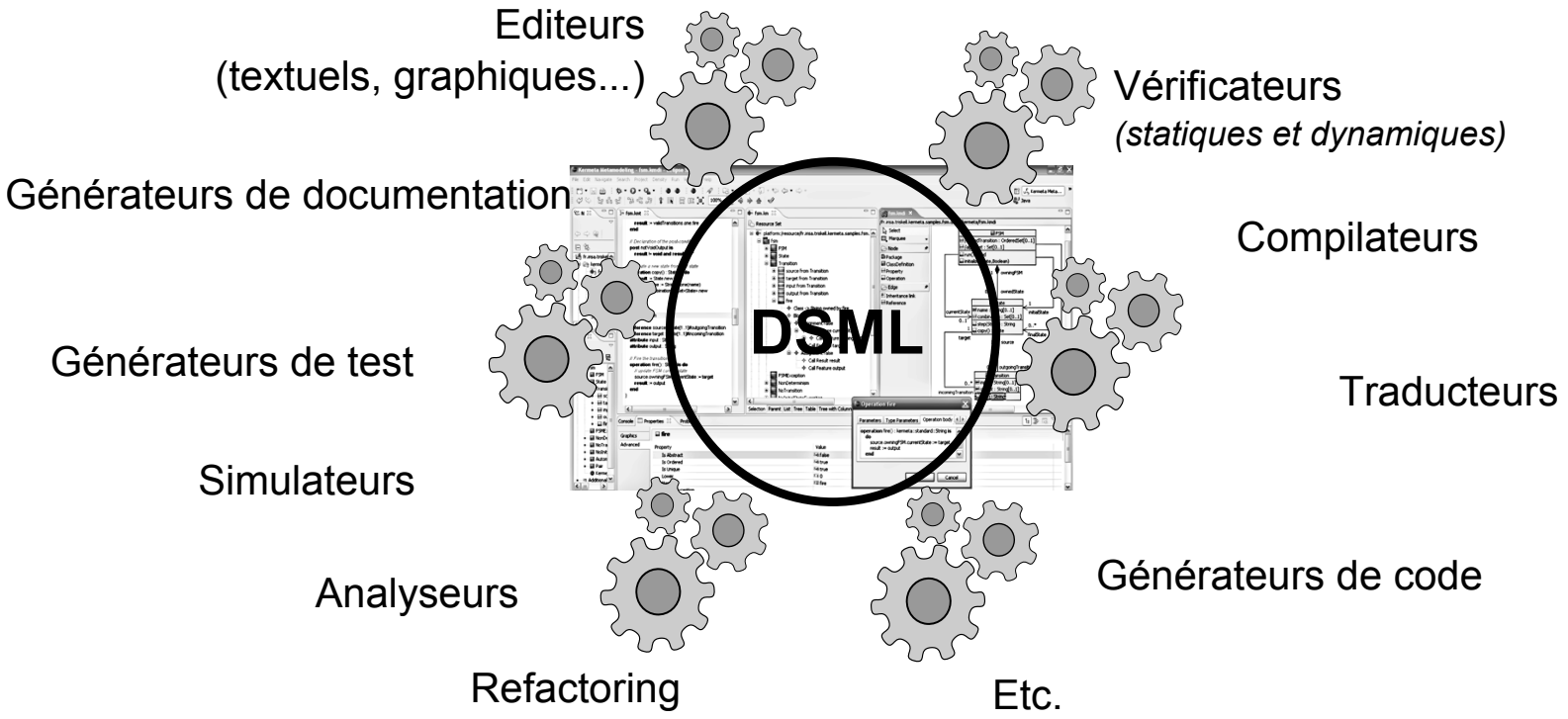
requirement management,
systems engineering ...
V&V, (code, test) generation.

... DSML, transformation/
composition ...
maintenance ... runtime.

Modeling and Metamodeling



Metamodeling



MDE Principles

1. Everything relevant to the development process is a model
2. All the meta-models can be written in a language of a unique meta-meta-model
   - Same M3 helps Interoperability of tools defined at M2
3. A development process can be modeled as a partially ordered set of model transformations, that take models as input and produce models as output

Consequences

1. Models are aspect oriented. Conversely: Aspects are models
2. Transformations are aspects weavers. They can be modeled.
3. Every meta-model defines a domain specific language
4. Software development has two dimensions: M1-model development and M2-transformation development

- Related: Software Language Engineering

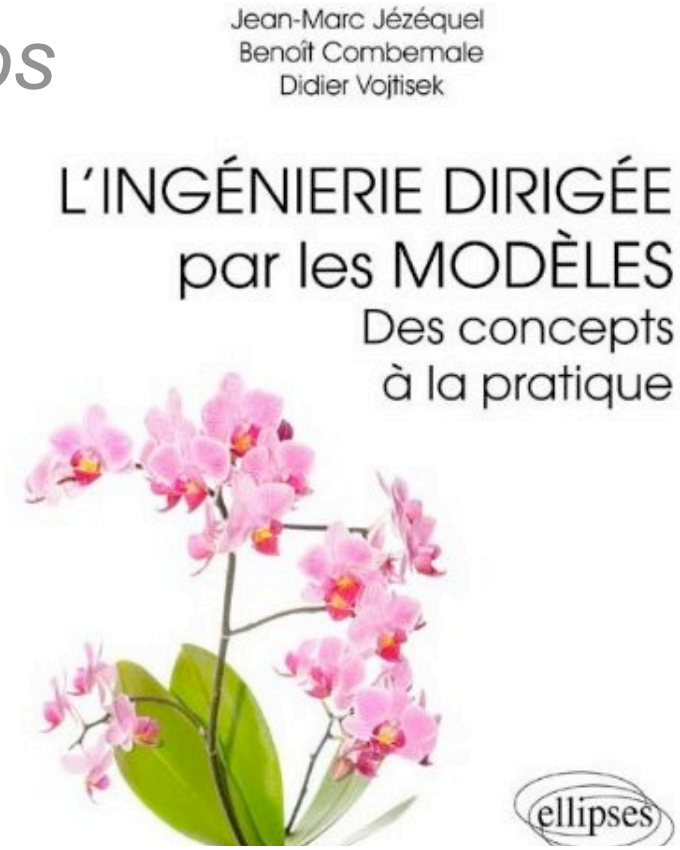
Ingénierie Dirigée par les Modèles
Des concepts a la pratique

Maîtrisez la complexité de vos développements logiciels !

Une approche didactique et pragmatique pour les étudiants et ingénieurs dans l'ingénierie du logiciel, et pour les responsables de projets informatiques.

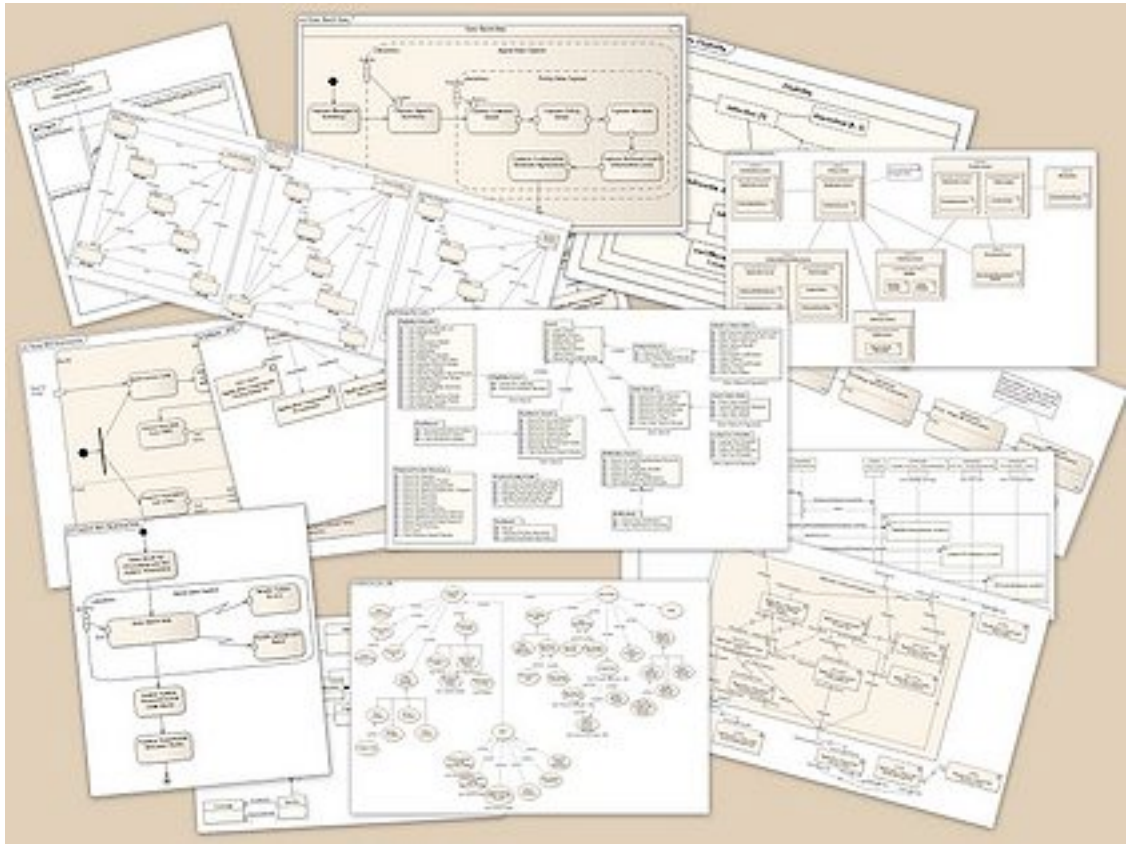
http://www.amazon.fr/dp/2729871969





Challenges

- Language definition problems (Q/V/T)
  - Expressive, easy to use language(s) for transformations
- Technological Issues
  - Tool set, interoperability…
- Software Engineering Issues
  - From requirements to tests and SCM
- Theoretical issues
  - A transformation is a *mapping* between semantic domains
    - Beyond Code Generation: Proof, Performance Evaluation, Test Synthesis…
  - Compositional weaving, cf. Aspect Oriented Software Dvp



Cf. http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language