

## Master MIDO- 2ème année

# Mise à Niveau UML

## Maude Manouvrier

- Vocabulaire, méthodologie et thèmes de l'orienté objet
- Modèle de classes
- Modèle d'états
- Modèle d'interactions

# Bibliographie

Ouvrages/Documents utilisés pour préparer ce cours :

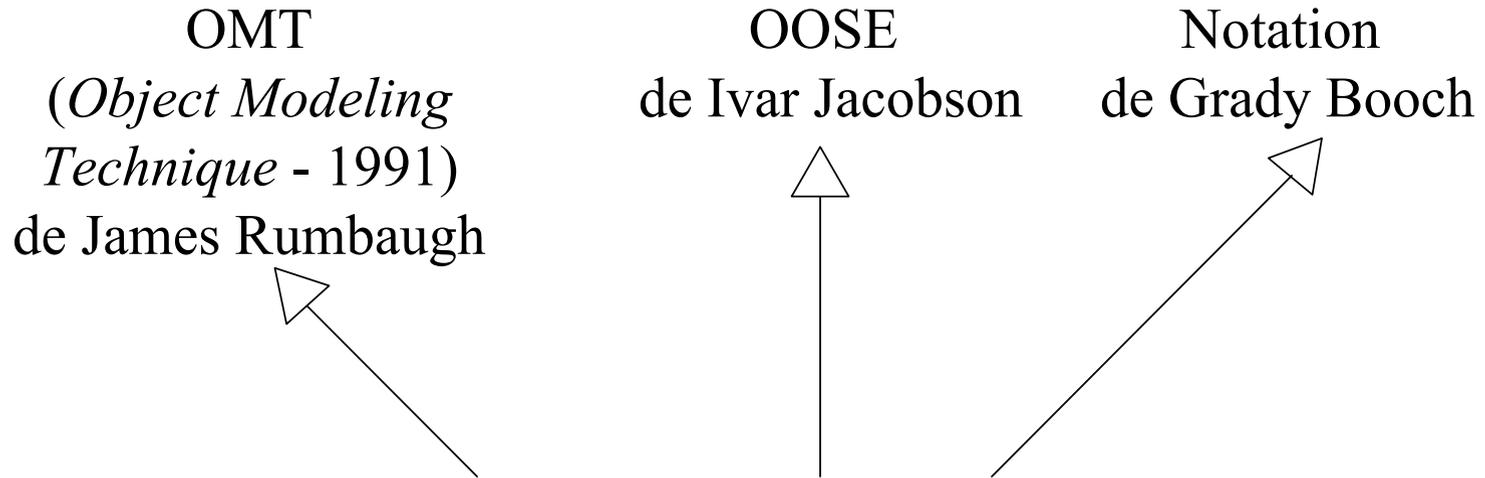
- ***Modélisation et conception orientées objet avec UML2* de Michael Blaha et James Rumbaugh, 2ème édition, Pearson Education France, 2005 – Traduction de l'ouvrage *Applying Object-Oriented Modeling and Design with UML*, Prentice Hall 2005**
- ***The Unified Modeling Language Reference Manual*, 2nd Edition de James Rumbaugh, Ivar Jacobson et Grady Booch, Addison Wesley Professional, 2004 – Traduction française : *UML 2.0, Guide de Référence*, CampusPress**
- ***Le guide de l'utilisateur UML* de Grady Booch, James Rumbaugh et Ivar Jacobson, Eyrolles, 2000 – Traduction de l'ouvrage *The Unified Modeling Language User Guide*; Addison-Wesley, 1998**
- **Transparents de cours de Robert Ogor :**  
<http://www-inf.int-evry.fr/COURS/IO21/COURS/CourseNSTBr.pdf>
- **Transparents de cours de Marie-José Blin**

# Bibliographie

## Livres contenant des exercices corrigés :

- ***UML 2 par la pratique : Études de cas et exercices corrigés*** de Pascal Roques, 4ème édition, Eyrolles, 2005
- ***UML 2*** de Benoît Charroux, Aomar Osmani, et Yann Thierry-Mieg, coll. Synthex, Pearson Education, 2005

# Historique



## **UML - *Unified Modeling Language***

Standard de modélisation objet  
adopté en 1997 par l'*Object Management Group* (OMG)

- Révision des spécifications initiales en 2001 – UML 1
- Approbation de la version **UML 2.0** en 2004

# Vocabulaire orienté objet (1/3)

- **Orienté objet** : organisation d'un logiciel sous la forme d'une collection d'**objets indépendants incorporant structure de données et comportement** [BR05]
- **Objet**
  - Entité discrète et distinguable, concrète ou abstraite  
*Ex. Ce transparent; l'enseignant M. Manouvrier; la stratégie pédagogique de cette mise à niveau*
  - Identité intrinsèque - **Identifiant unique**  
*Deux objets sont distincts, mêmes s'ils ont des valeurs d'attributs identiques*

# Vocabulaire orienté objet (2/3)

- **Classification** : regroupement des objets ayant même structure de données (**attributs**) et même comportement (**opérations**)

Ex. *TransparentDeCours; Enseignant*

- **Classe** : abstraction décrivant un ensemble d'objets potentiellement infini [BR05]

**Objets Bulles et Légendes**



*Abstraction* →

**Classe *BulleEtLégende***

**Attributs**

forme

couleurDeTrait

couleurDeRemplissage

**Opérations**

dessiner

effacer

déplacer

modifierTaille

# Vocabulaire orienté objet (3/3)

- **Instance d'une classe** : objet appartenant à la classe
- **Héritage** : partage de **propriétés** entre classes sur la base d'une relation hiérarchique
  - **Super-classe** (classe mère)
  - **Sous-classe** (classe fille) : spécialisation de la super-classe  
Héritage des propriétés de la super-classe
- **Polymorphisme** : possibilité de comportements différents d'une même opération dans différentes classes
  - **Opération** : action exécutée par un objet ou transformation subie par un objet
  - **Méthode** : implémentation d'une opération par une classe  
*Plusieurs méthodes pour une même opération*  
*Une méthode par classe pour une opération donnée*

# Méthodologie orientée objet

- **Spécification initiale** : collaboration entre les analystes métier et les utilisateurs pour la genèse de l'application
- **Analyse**
  - Étude et re-formulation des besoins : collaboration avec le client pour comprendre le problème
  - **Modèle d'analyse** : abstraction concise et précise de l'objectif du système à développer (pas de la façon de le construire)
    - **Modèle de domaine** : description des objets du monde réel manipulés par le système
    - **Modèle de l'application** : parties du système visibles par l'utilisateur
- **Conception** : stratégie de haut niveau (**architecture du système**) pour résoudre le problème posé
  - Établissement des stratégies de conception générales
  - Allocations prévisionnelles des ressources
- **Conception des classes** : concentration sur les structures de données et algorithmes de chaque classe
- **Implémentation**

# Thèmes de l'orienté objet

- **Abstraction**

Concentration sur ce que représente un objet et sur son comportement avant de décider de la façon de l'implémenter

- **Encapsulation**

Masquage de l'information : séparation des aspects externes d'un objet accessibles aux autres objets, des détails de l'implémentation cachés aux autres objets

- **Regroupement des données et du comportement**

**Polymorphisme**  $\Rightarrow$  transfert de la décision de quelle méthode utiliser à la hiérarchie de classes

- **Partage**

**Héritage**  $\Rightarrow$  possibilité de partager des portions de code communes et clarté conceptuelle (mise en évidence de traitement commun)

- **Mise en évidence de la nature intrinsèque des objets** : sur *ce qu'est* un objet et non sur la façon dont il est *utilisé*

- **Synergie** : combinaison des concepts d'identité, classification, héritage et polymorphisme pour former un langage objet

# Trois modèles (1/2)

- **Modèle de classes**
  - Description de la structure statique des objets du système et de leurs relations
  - **Diagramme de classes** : graphe avec pour sommets les classes et pour arcs les relations entre les classes
- **Modèle d'états**
  - Description des états successifs d'un objet au cours du temps
  - **Diagramme d'états** : graphe avec pour sommets les états et pour arcs les transitions entre états déclenchées par des événements
- **Modèles d'interactions**
  - Description de la manière de coopérer des objets pour obtenir un résultat
  - **Cas d'utilisation** axé sur une fonctionnalité
  - **Diagramme de séquence** : représentation des interactions entre objets et ordonnancement des interactions
  - **Diagramme d'activités** : détails des étapes importantes du traitement

# Trois modèles (2/2)

- Parties distinctes de la description du système mais interdépendantes
- Le plus fondamental [BR05] : **le modèle de classes**

« Il est nécessaire de décrire *ce qui* change ou se transforme avant de décrire *quand* et *comment* les changements ont lieu »

# Modélisation orientée objet

- **Modèle** : abstraction pour comprendre un problème avant de mettre en œuvre une solution [BR05]
  - Tester une entité physique avant de la construire
  - Communiquer avec les clients
  - Visualiser
  - Réduire la complexité

Deux dimensions associées à un modèle :

1. Une vue d'un système (modèle de classes, d'états ou d'interactions)
2. Un stade de développement (analyse, conception ou implémentation)

- **Trois modèles en UML**

- **Modèle de classes** : aspects orientés "données" du système
- **Modèle d'états** : aspects temporels, comportementaux et de "contrôle" du système
- **Modèle d'interactions** : collaboration entre objets

Un seul aspect du système traité par chaque modèle, mais relations entre les trois modèles

**Variation du poids des modèles en fonction du problème posé**

# Modèle de classes (1/20)

- Description de la structure statique d'un système
- Représentation graphique intuitive d'un système [BR05]
- Vocabulaire :
  - **Objets**
  - **Classes**
  - **Associations**
  - **Liens**
  - **Généralisation**
  - **Héritage**

# Modèle de classes (2/20) - **Objet**

- Concept, abstraction ou entité ayant une signification pour une application [BR05]
- Avec une contrepartie dans le monde réel, ou correspondant à une entité conceptuelle ou introduit pour les besoins de l'implémentation

*Ex. Maude Manouvrier; la formule pour calculer la moyenne d'un module; le pointeur désigné par la variable  $p$*

- **Identifié et distinguable des autres objets**

# Modèle de classes (3/20) - **Classe**

- Description d'un groupe d'objets possédant les mêmes propriétés (**attributs**) le même comportement (**opérations**), les mêmes relations et la même sémantique

## **Classe Enseignement**

### **Attributs**

intitulé

nombreHeures

### **Opérations**

plannifier

## **Classe Enseignant**

### **Attributs**

nom

prénom

dateDeNaissance

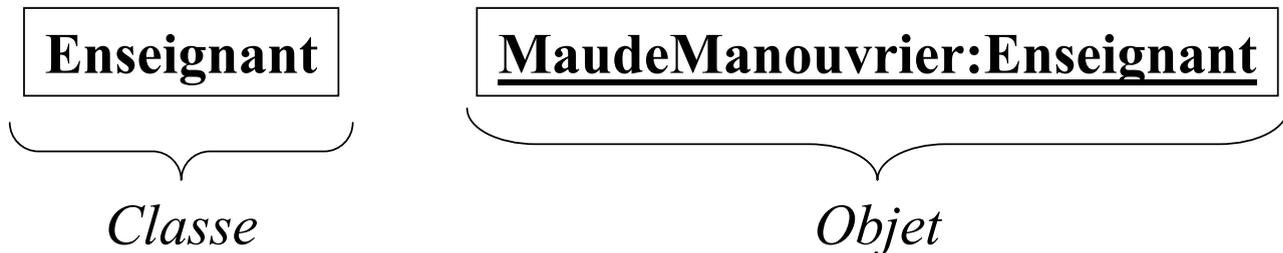
### **Opérations**

affecterEnseignement

- **Objet : instance** de classe

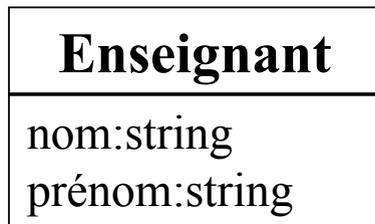
# Modèle de classes (4/20)

- **Diagrammes de classes** : Notation graphique permettant la modélisation des classes et de leurs relations
- **Diagrammes d'objets** : Représentation des objets individuels et de leurs relations

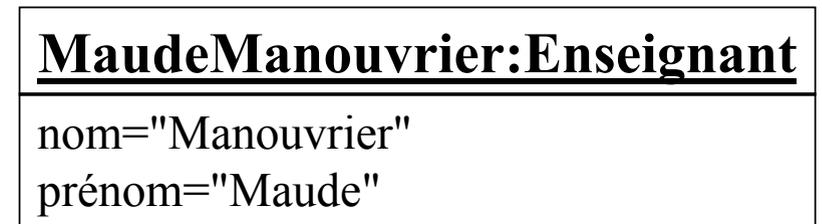


# Modèle de classes (5/20)

- **Valeur** : donnée sans identité
- **Attribut** : propriété nommée d'une classe décrivant le type d'une valeur contenue dans chaque objet de la classe
- « *Un objet est à une classe ce qu'une valeur est à un attribut* » [BR05]



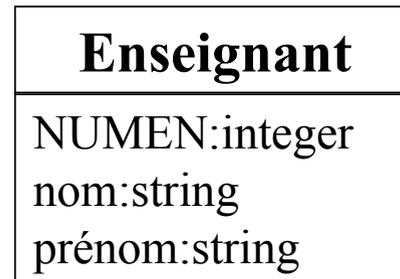
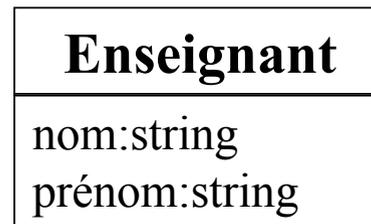
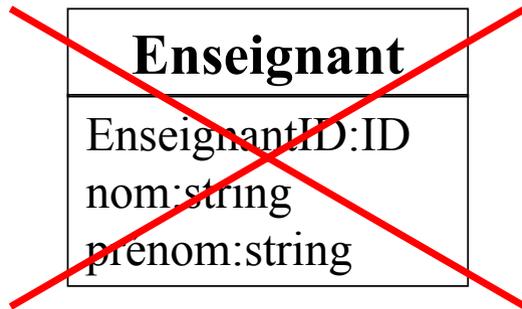
*Classe avec des attributs*



*Objet avec des valeurs*

# Modèle de classes (6/20)

- **Identifiant** : implicite
- Ne pas confondre identifiant interne et attribut d'identification ayant une contrepartie dans le monde réel



# Modèle de classes (7/20)

- **Opération** : fonction ou procédure pouvant être appliquée aux objets ou par les objets d'une classe
- **Méthode** : implémentation d'une opération pour une classe donnée

| <b>Enseignant</b>  |
|--|
| nom:string<br>prénom:string  |
| assignerEnseignement (e:Enseignement)<br>nombreHeuresEnseignement: integer |

| <b>Fichier</b>                    |
|-----------------------------------|
| nom:string<br>localisation:string |
| imprimer                          |

| <b>FichierPowerPoint</b>   |
|----------------------------|
| nombreTransparents:integer |
| imprimer                   |

# Modèle de classes (8/20)

- **Propriété** : terme générique pour attribut et opération
- **Notation des classes**

| NomDeClasse   |
|---|
| nomAttribut1 : typeDeDonnées1 = Valeur parDéfaut1<br>nomAttribut2 : typeDeDonnées2 = Valeur parDéfaut2<br>... |
| nomOpération1 (listeArguments1) : TypeDuRésultat1<br>nomOpération2 (listeArguments2) : TypeDuRésultat2<br>... |

- **Sens de flux** (*direction*) : indication si un argument est en entrée non modifiable (*in*), une sortie (*out*) ou une entrée modifiable (*inout*)

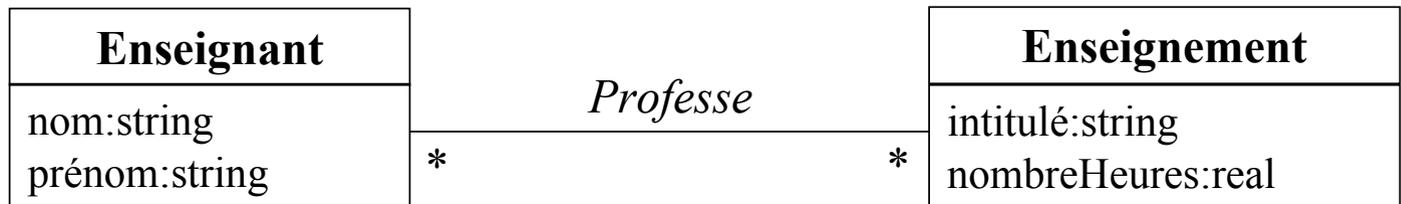
[*SensDeFlux*] **nomArgument** [: *type* = *valeurParDéfaut* ]

# Modèle de classes (9/20)

## Liens et associations

- **Lien** : connexion physique ou conceptuelle entre objets  
Ex. *MaudeManouvrier* Professe la *MiseANiveauUML*
- **Association** : description d'un groupe de liens qui partagent une structure et une sémantique commune  
Ex. *un Enseignant* Professe *un Enseignement*

### Diagramme de classes :



### Diagramme d'objets :



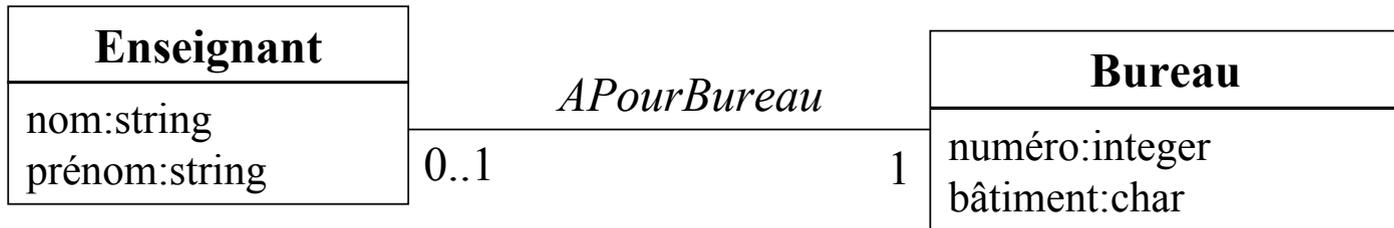
# Modèle de classes (10/20) - Multiplicité

Nombre d'instances d'une classe pouvant être liées à une instance d'une autre classe / contrainte sur le nombre d'objets liés

- « un-à-un »



- « zéro-à-un »



- « plusieurs-à-plusieurs »



# Modèle de classes (11/20)

## Liens et associations

### ■ Notation



### ■ Implémentation des associations par **référence**

*Ex. Implémentation de l'association Professe par un attribut Enseignements dans la classe Enseignant et/ou un attribut Enseignants dans la classe Enseignement*



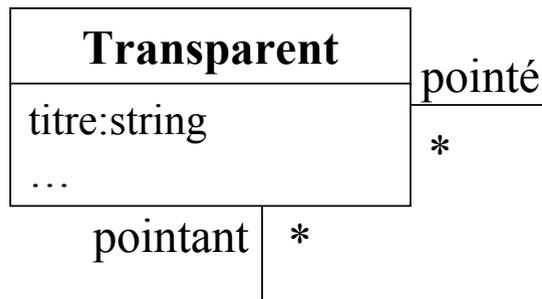
**Ne pas confondre implémentation et modélisation**

# Modèle de classes (12/20) – Noms d'extrémité

- Possibilité de nommer les extrémités d'association



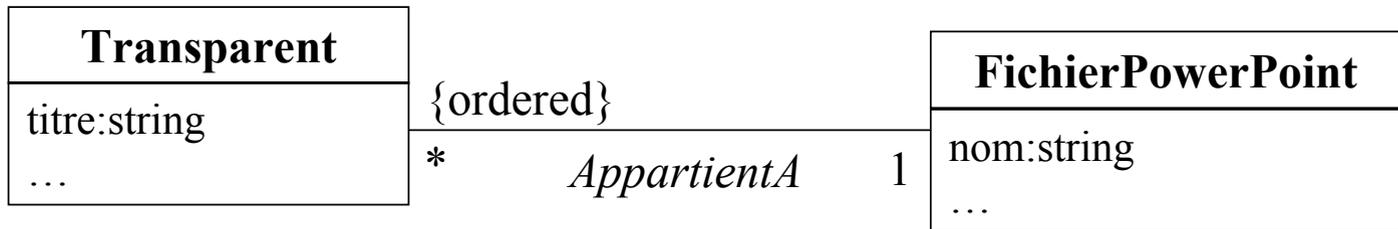
- Indispensable pour les associations entre objets de même classe



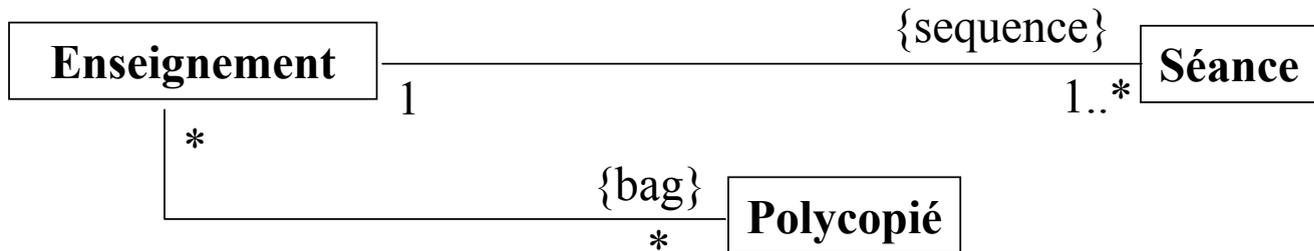
# Modèle de classes (13/20)

## Ordonnancement, *bags* et séquences

- Ordonnancement des objets situés à l'extrémité d'une association « plusieurs »

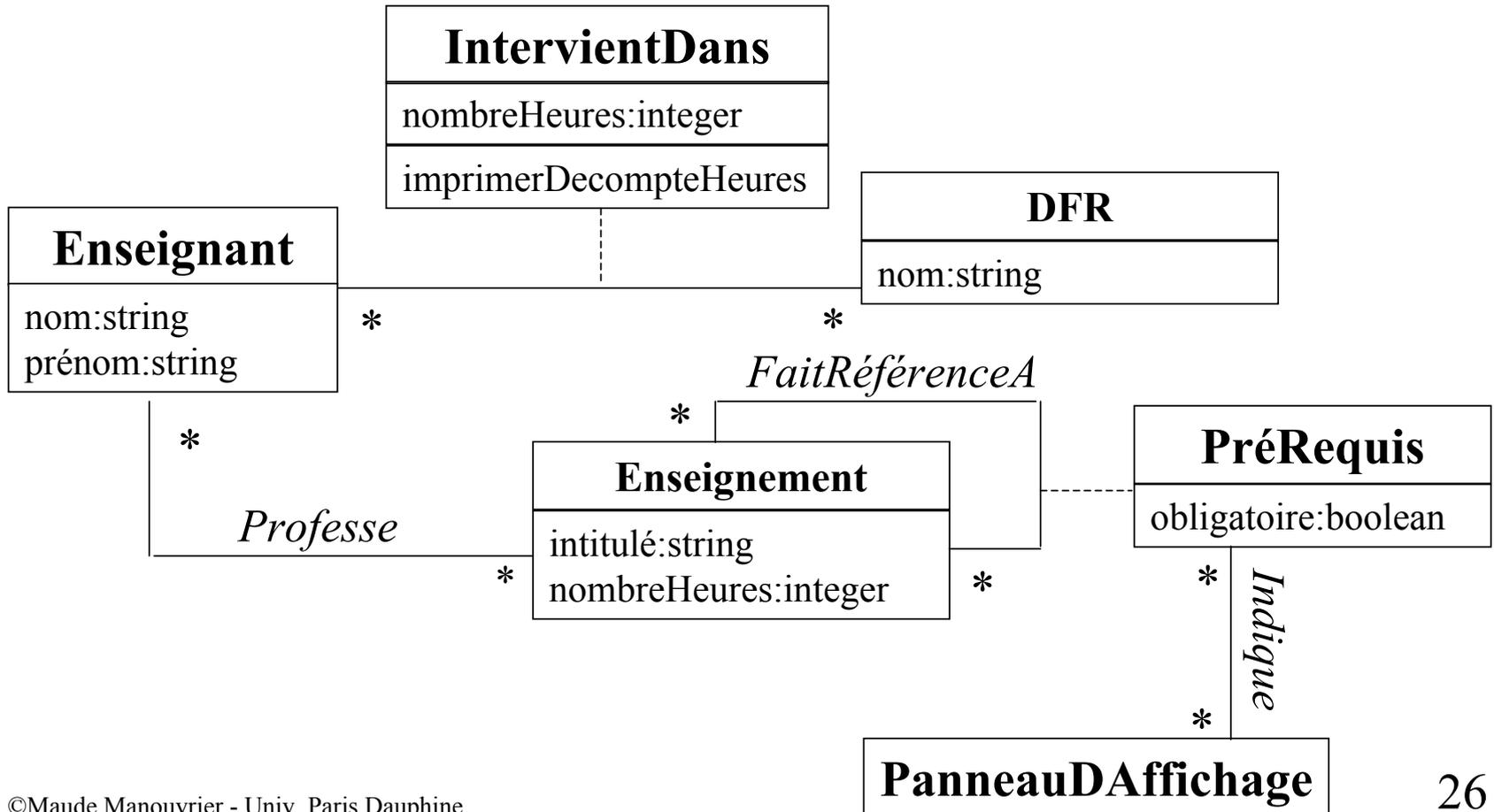


- **Bag** (sac) : collection non ordonnée avec autorisation de doublons
- **Séquence** : collection ordonnée avec autorisation de doublons



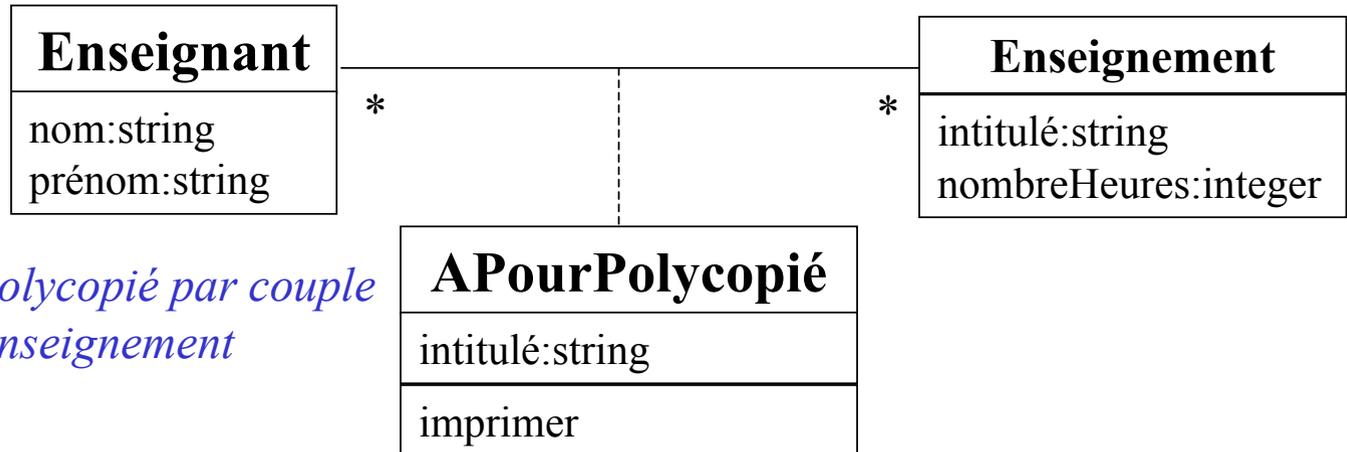
# Modèle de classes (14/20) - Classe-association

- Association qui est également une classe
- Caractérisée par des attributs et des opérations

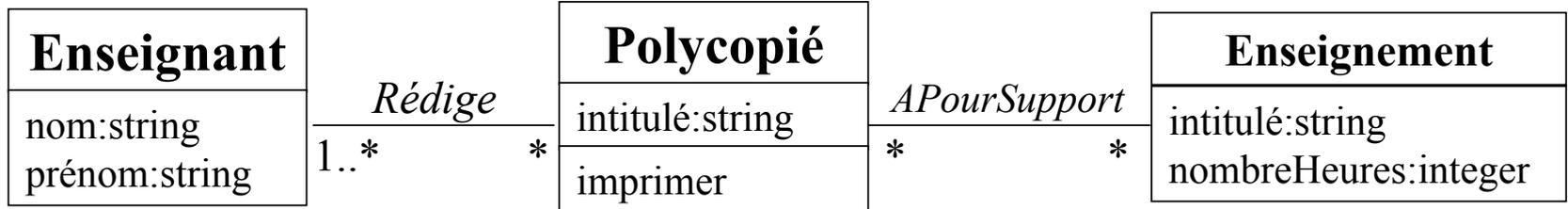


# Modèle de classes (15/20) - Classe-association

Ne pas confondre classe-association et association promue au rang de classe



*Il y a un seul polycopié par couple Enseignant / Enseignement*



*Un nombre quelconque d'occurrences de Polycopié pour chaque Enseignant et chaque Enseignement*

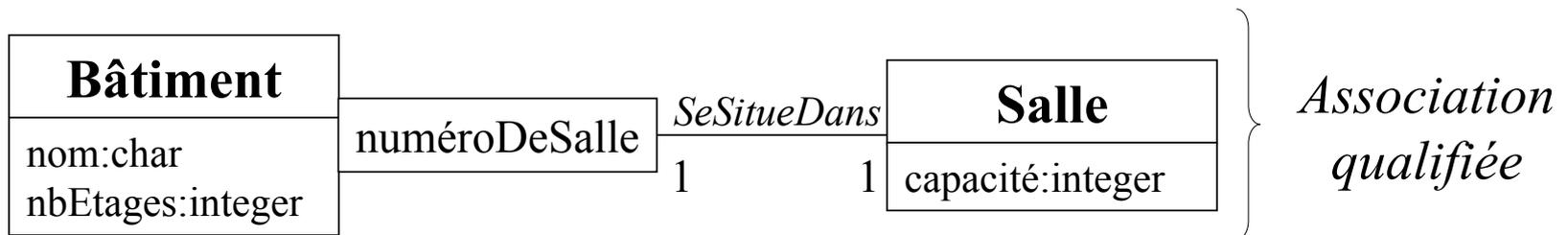
# Modèle de classes (16/20)

## Association qualifiée

- **Qualificateur :**
  - Attribut permettant de distinguer les objets situés à l'extrémité de multiplicité « plusieurs » d'une association
  - Attribut réduisant la multiplicité « plusieurs » à « un »
- **Association qualifiée :** association contenant un ou plusieurs attributs qualificateurs

Un *numéro* de *Salle* permet d'identifier une salle unique dans un *Bâtiment* donné

Un *numéro* de *Salle* est relatif à un *Bâtiment*



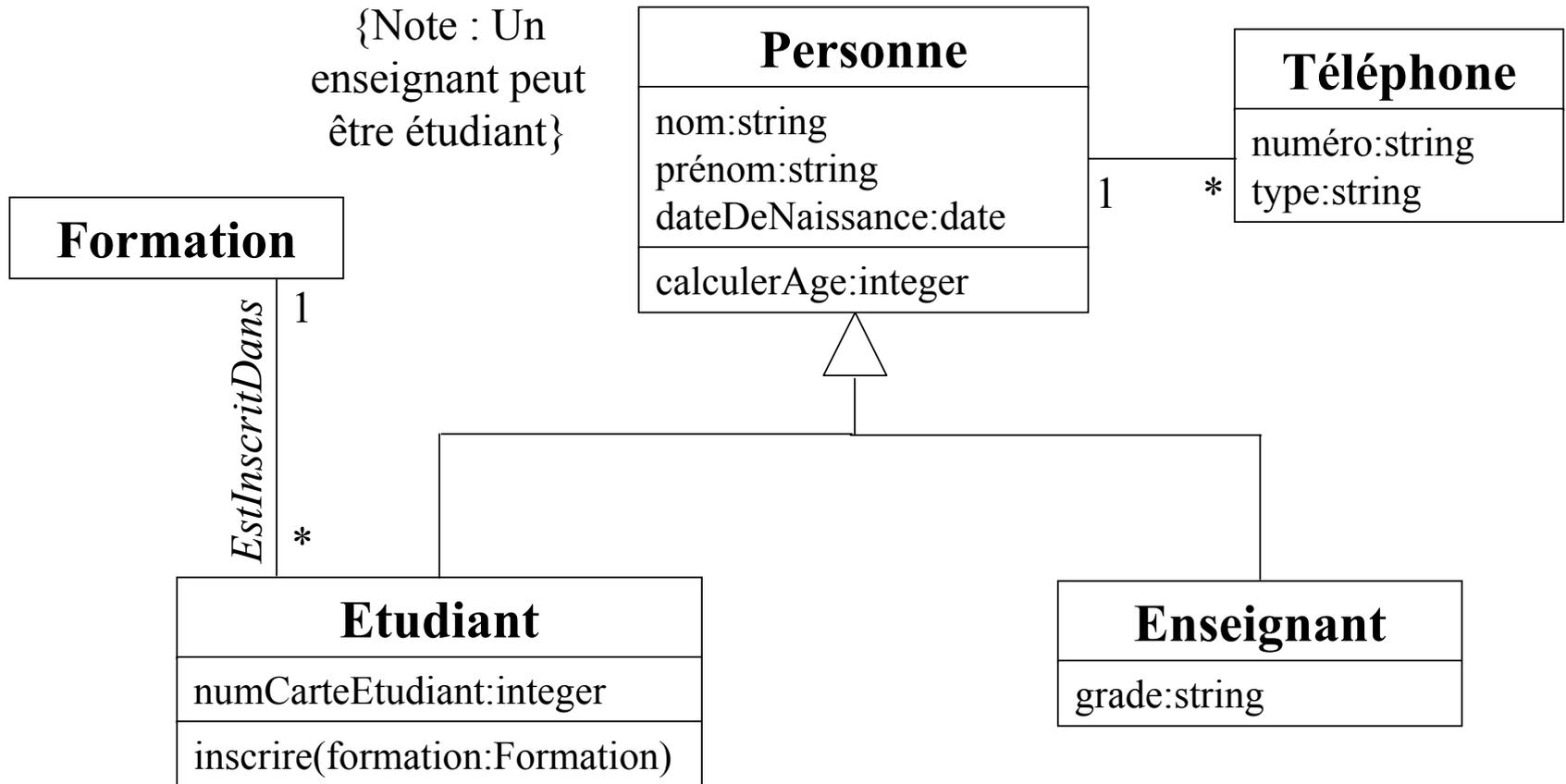
# Modèle de classes (17/20)

## Généralisation et héritage

- **Généralisation** : relation hiérarchique entre une classe (la **super-classe**) et une ou plusieurs variantes de cette classe (les **sous-classes**) [BR05]
- **Super-classe** (ou classe-mère) : attributs, opérations et associations communs
- **Sous-classe** (ou classe fille) : attributs, opérations et associations spécifiques
- **Héritage** des propriétés de la super-classe par ses sous-classes

# Modèle de classes (18/20)

## Généralisation et héritage



# Modèle de classes (19/20)

## Généralisation et héritage

Objectifs de la généralisation [BR05] :

- Prise en charge du polymorphisme
- Structuration de la description des objets
- Possibilité de réutiliser du code

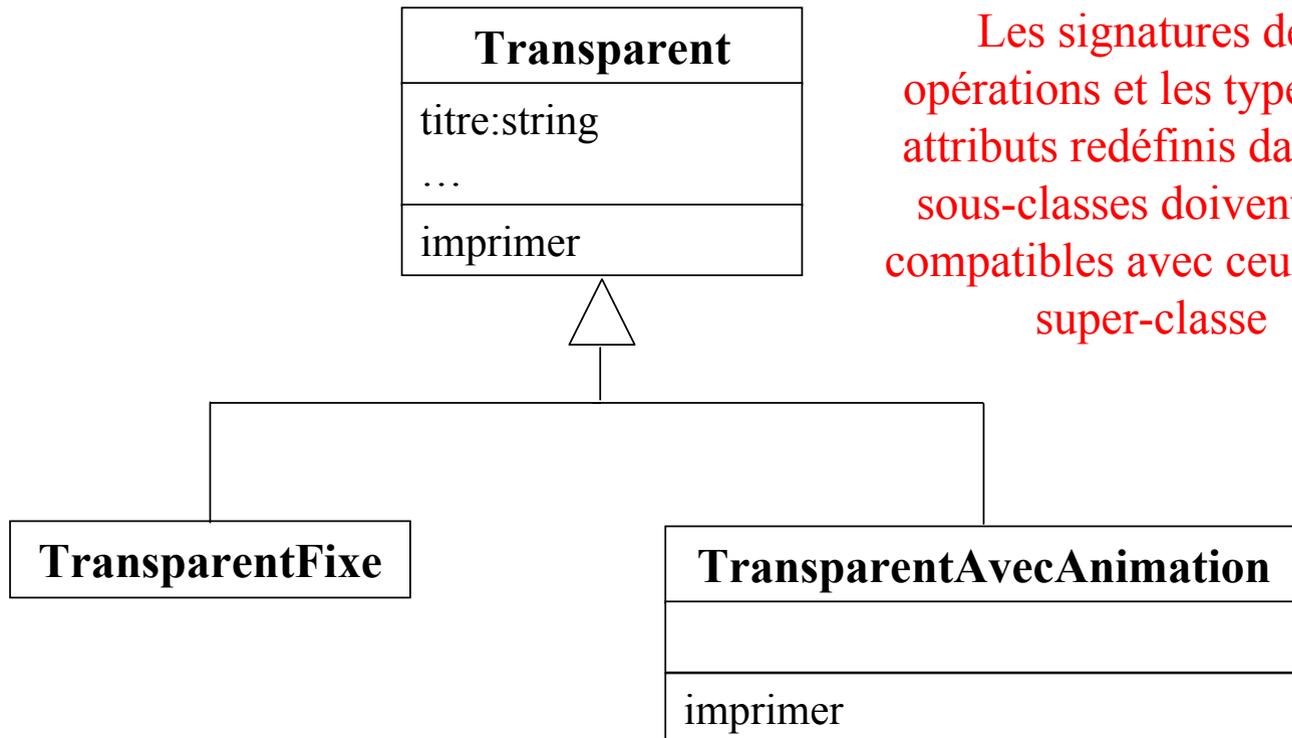
# Modèle de classes (20/20)

## Généralisation et héritage

Redéfinition des propriétés :



Les signatures des opérations et les types des attributs redéfinis dans les sous-classes doivent être compatibles avec ceux de la super-classe

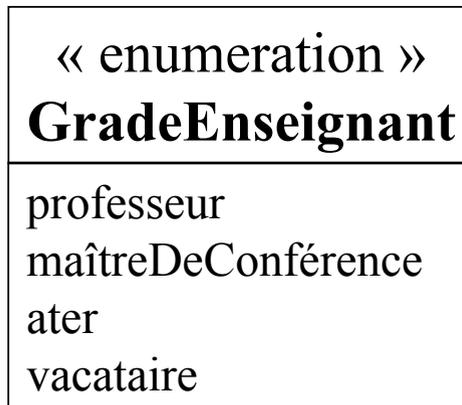
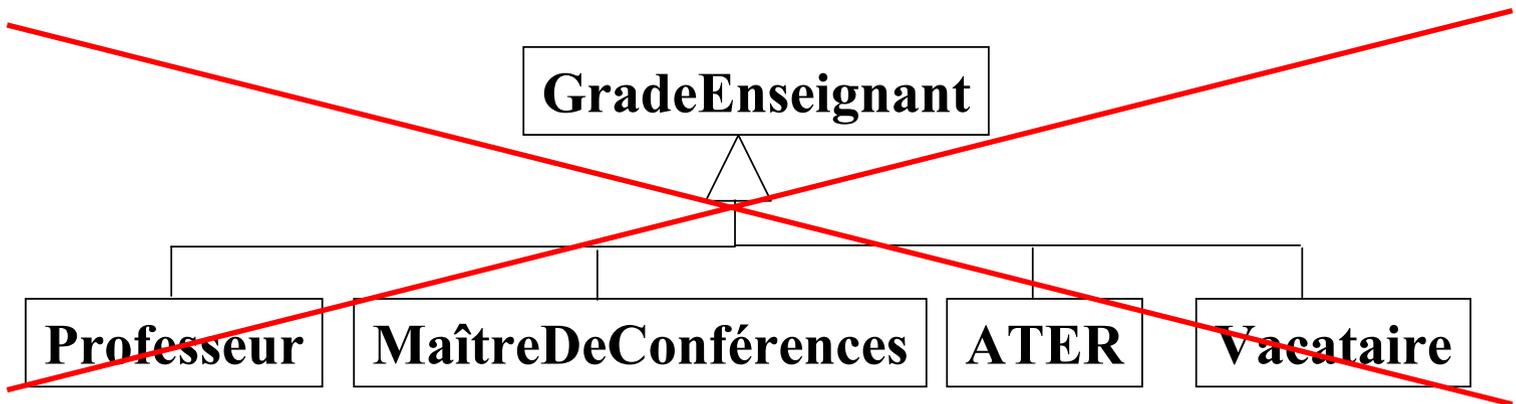


# Modèle de classes - Concepts avancés

- Concepts de classe et d'objet avancés
- Extrémité d'association
- Associations n-aires
- Agrégation
- Classes abstraites
- Héritage multiple
- Contraintes
- Données dérivées
- Packages

# Modèle de classes - Concepts avancés (1/12)

**Énumération** : type de données ayant un ensemble fini de valeurs



# Modèle de classes - Concepts avancés (2/12)

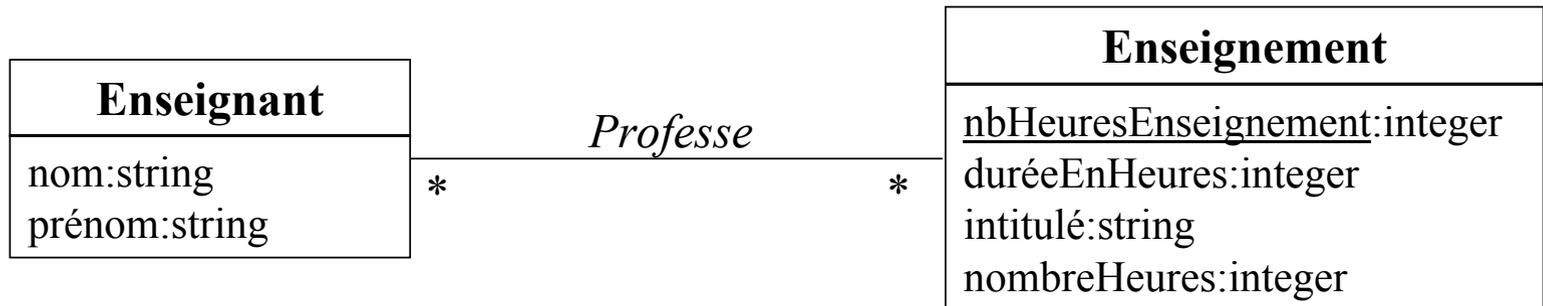
## Multiplicité des attributs

- [1] : une valeur obligatoire
- [0..1] : une seule valeur optionnelle
- [\*] : zéro ou plusieurs valeurs
- Par défaut : attribut mono-valué ([1])

| <b>Personne</b>  |
|--|
| nom:string[1]<br>prénom:string[1]<br>adresse:string[1..*]<br>numDeTéléphone:string[*]<br>dateDeNaissance:date[1] |

# Modèle de classes - Concepts avancés (3/12)

- **Portée** : indication de l'application d'une propriété à un objet (par défaut) ou à une classe
- **Attribut statique** : attribut dont la portée est la classe



# Modèle de classes - Concepts avancés (4/12)

**Visibilité** : aptitude d'une méthode à référencer une propriété depuis une autre classe

- *public* (+) : propriété accessible par n'importe quelle méthode
- *protected* (#) : propriété protégée d'une classe uniquement visible par les méthodes de la classe et de ses sous-classes
- *private* (-) : propriété uniquement visible par les méthodes de la classe où elle a été définie
- *package* (~) : propriété accessible par les méthodes définies dans le même *package*



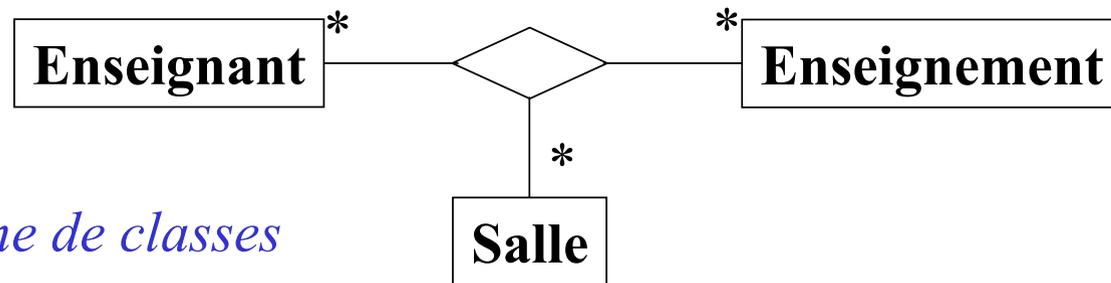
Signification pouvant varier en fonction du langage de programmation

Possibilité d'appliquer la visibilité aux extrémités d'association

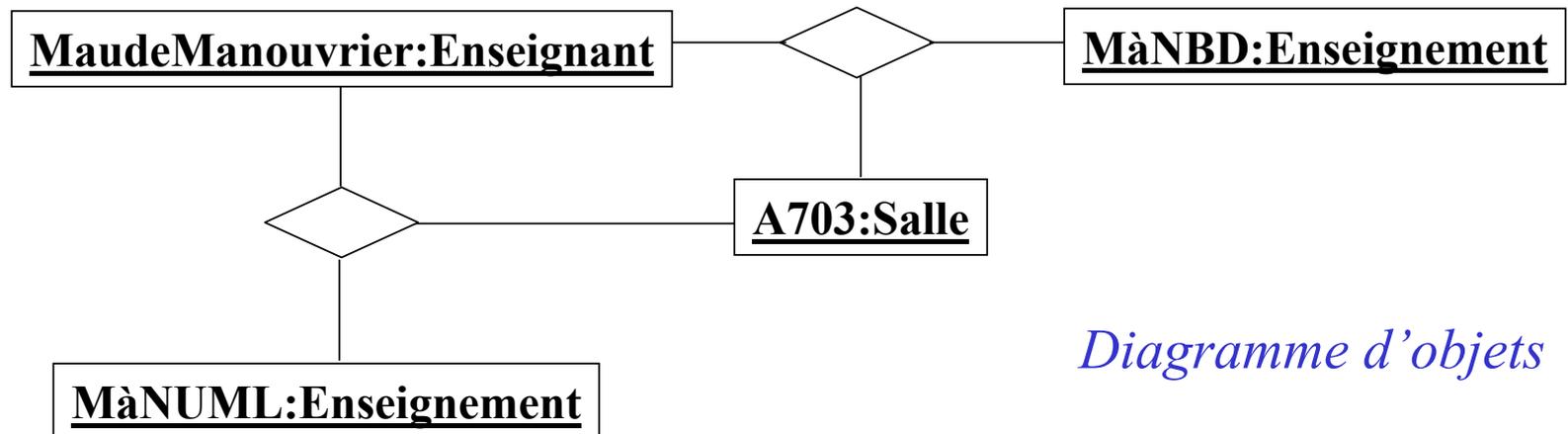
# Modèle de classes - Concepts avancés (5/12)

## Association n-aire

**A éviter ! Peut être décomposée en associations binaires**



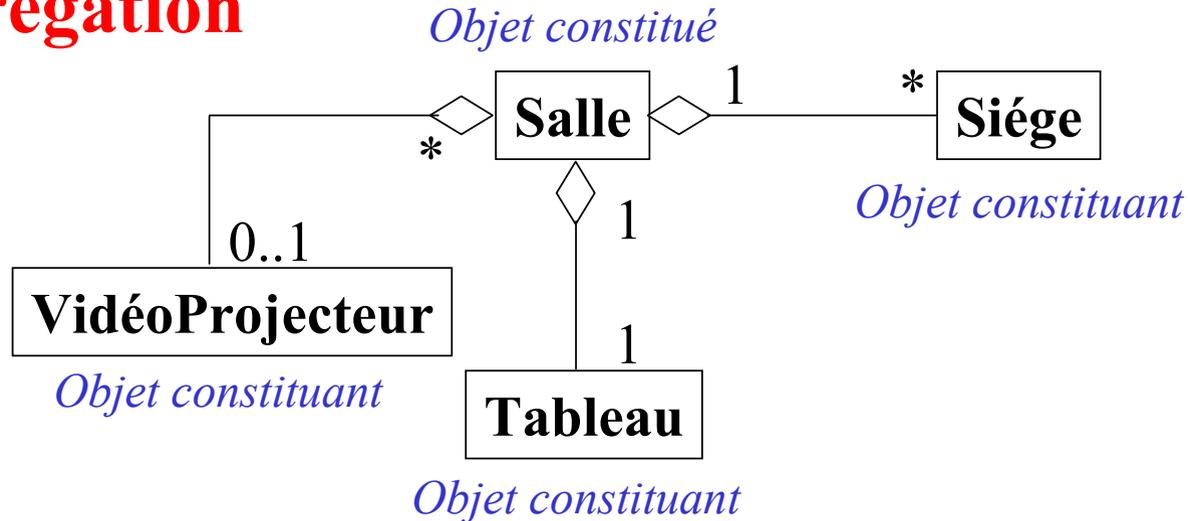
*Diagramme de classes*



*Diagramme d'objets*

# Modèle de classes - Concepts avancés (6/12)

## Agrégation



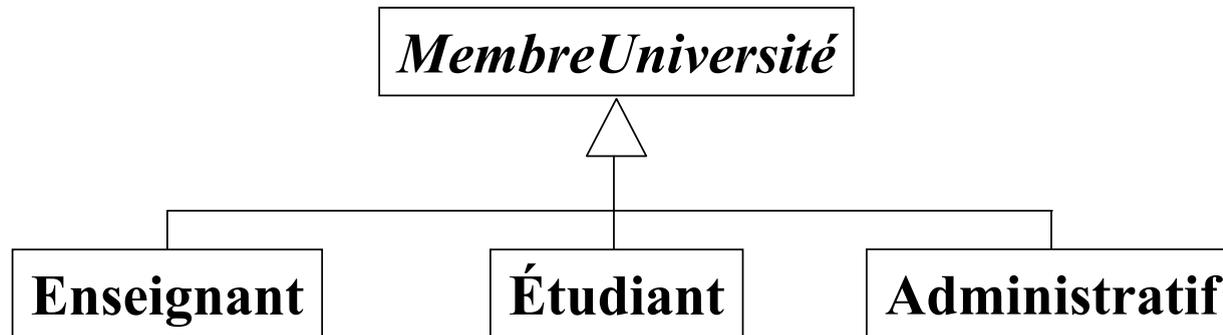
## Composition



*Appartenance des parties constituantes à un assemblage et coïncidence de leur durée de vie*

# Modèle de classes - Concepts avancés (7/12)

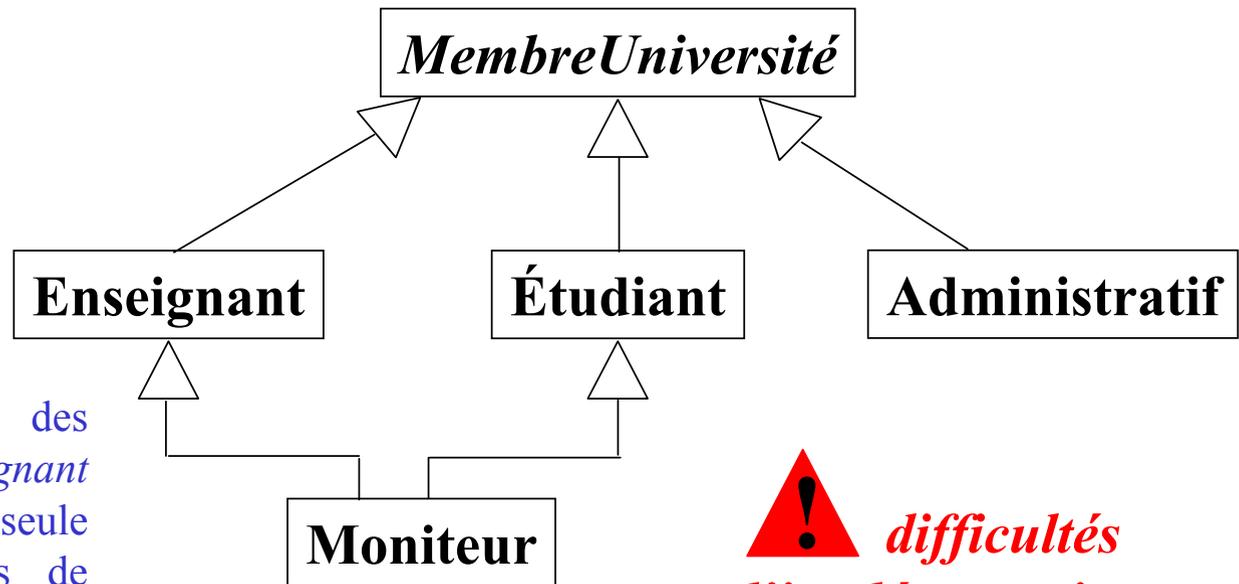
**Classe abstraite** : classe ne pouvant pas être instanciée en tant que telle



- Sous-classes d'une classe abstraite :  
obligatoirement concrètes
- Possibilité d'utiliser {abstract}

# Modèle de classes - Concepts avancés (8/12)

**Héritage multiple** : héritage permettant à une classe d'avoir plusieurs super-classes et d'hériter des propriétés de tous ses parents



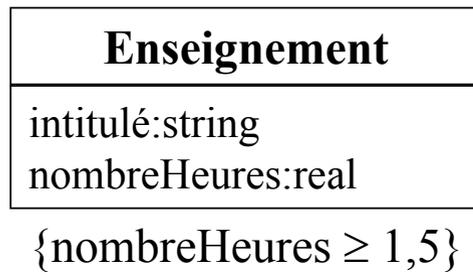
*Moniteur* hérite des propriétés de *Enseignant* et d'*Étudiant* et une seule fois des propriétés de *MembreUniversité*.

**!** *difficultés d'implémentation*

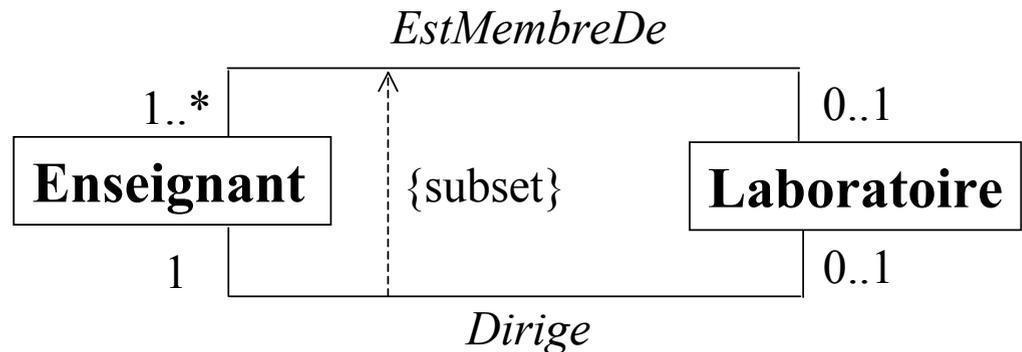
# Modèle de classes - Concepts avancés (9/12)

**Contrainte** : condition booléenne s'appliquant aux éléments d'un modèle UML

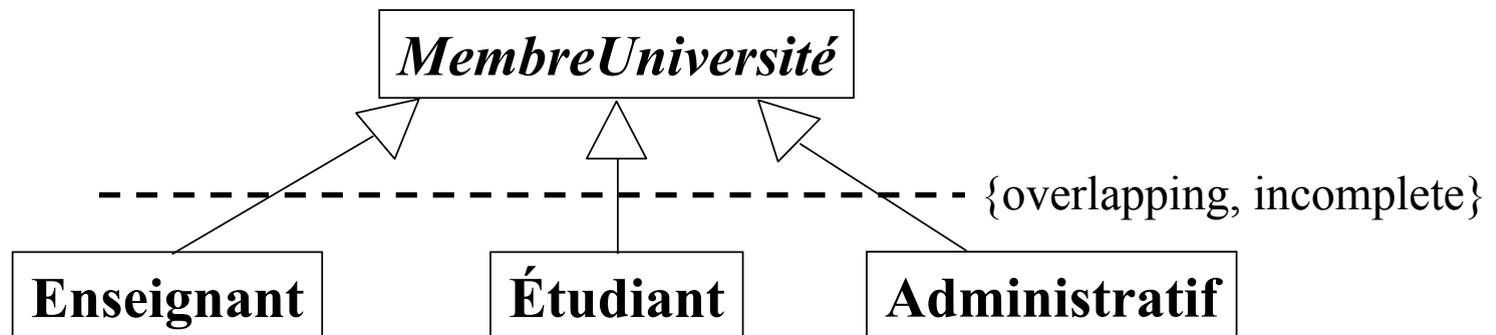
Contrainte sur les objets :



Contrainte sur les associations :

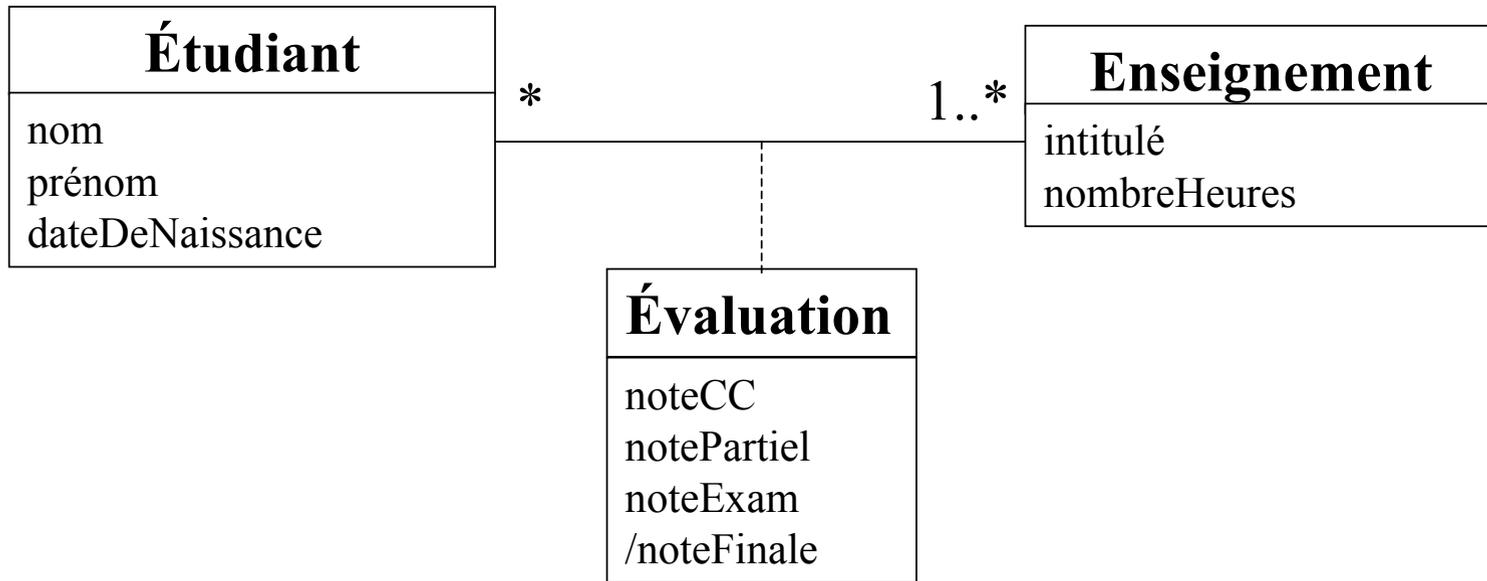


Contrainte sur les ensembles de généralisation :



# Modèle de classes - Concepts avancés (10/12)

**Élément dérivé** : donnée définie en terme d'autres éléments



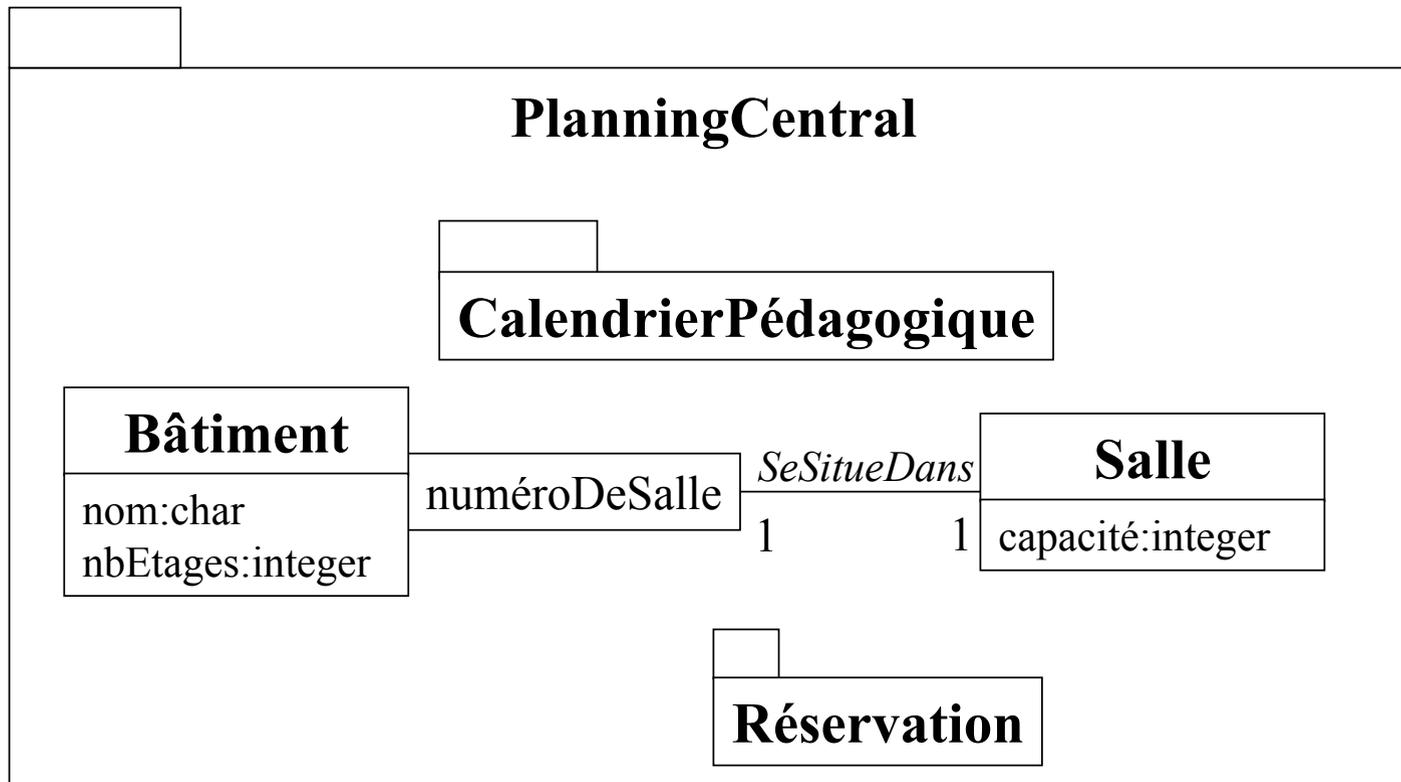
{noteFinale=noteCC\*0,3+notePartiel\*0,3+noteExam\*0,4}



*Pour des raisons de complexité d'implémentation, à utiliser avec parcimonie !*

# Modèle de classes - Concepts avancés (11/12)

**Package** : groupe d'éléments partageant un thème commun



# Modèle de classes - Concepts avancés (12/12)

## *Package* [BR05] :

- Utile pour organiser les grands modèles
- Ne définir une classe (i.e. représenter ses propriétés) que dans un seul *package*
- Référencer une classe d'un autre package en n'utilisant que le nom de la classe

# Modèle d'états (1/15)

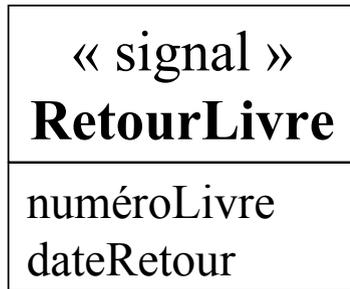
- Description des aspects d'un système relatifs à la durée et au séquençage des opérations
- Composé d'autant **diagrammes d'états** que de classes dotées d'un comportement temporel significatif pour l'application
- Vocabulaire :
  - **Événements**
  - **États**
  - **Transitions et conditions de franchissement**

# Modèle d'états (2/15) - Évènement

- Occurrence ou fait ayant lieu à un moment donné
- Modification intervenue dans l'environnement  
*Ex. Réservation annulée*
- Vérification de conditions d'erreur  
*Ex. nombre d'emprunts > 6*
- Vocabulaire :
  - **Évènement concurrents** : événements sans relation de causalité, sans effet l'un sur l'autre, dont l'exécution peut se chevaucher dans le temps
  - **Évènement de signal**
  - **Évènement de changement**
  - **Évènement temporel**

# Modèle d'états (3/15) – Évènement de signal

- **Signal** : transmission d'information explicite et unidirectionnelle d'un objet à un autre
- Regroupement des signaux dans des **classes de signaux**
- **Évènement de signal** : événement d'envoi ou de réception d'un signal



*Le livre 055.7 RAM est  
retourné le 15/09/2005*

Instance de la classe de signaux *RetourLivre*

# Modèle d'états (4/15) – Évènement

- **Évènement de changement** : Évènement engendré par la satisfaction d'une expression booléenne
- Passage de l'expression de faux à vrai  $\Rightarrow$  déclenchement de l'évènement de changement

`when (nombre d'étudiants > capacité de la salle)`

`when (nombre d'étudiants < 10)`

`when (nombre d'absences en TD > 3)`

- **Évènement temporel** : Évènement engendré par l'occurrence d'un temps absolu ou l'écoulement d'une durée

`when (date < 18/12/2005)`

`after (15 minutes)`

# Modèle d'états (5/15) - **État**

- Abstraction de valeurs et de liens d'un objet
- Spécification de la réponse d'un objet à des événements entrants
- **État vs Événement :**
  - Évènement : représentation d'un moment précis dans le temps
  - État : intervalle séparant la réception de deux événements par un objet

**LivreEmprunté**

# Modèle d'états (6/15) - État

## Caractérisation d'un état

**État** : *LibreEmprunté*

**Description** : Le livre est emprunté par l'emprunteur d'identifiant *numéroEmprunteur*, à la date *dateEmprunt*

**Séquence d'événements qui produit l'état :**

*emprunt(numéroEmprunteur,dateEmprunt)*

**Condition qui caractérise l'état :**

*Emprunteur.nbreEmprunt < NbreMaxEmprunt* et Emprunteur non pénalisé

**Évènements acceptés dans l'état :**

**événement**

*retourLivre*

**action**

*terminerEmprunt*

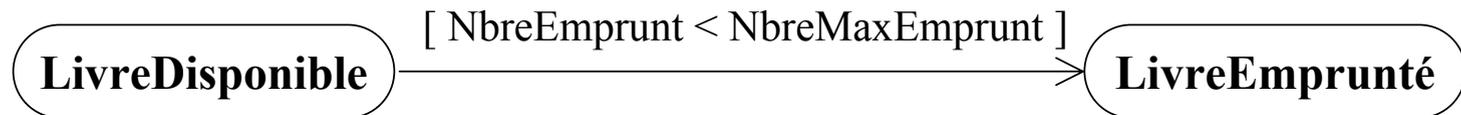
**état suivant**

*LivreDisponible*

# Modèle d'états (7/15)

## Transition et conditions de franchissement

- **Transition** : passage instantané d'un état à un autre
- **Condition de franchissement (*guard condition*)** : expression booléenne devant être vraie pour le franchissement de la transition

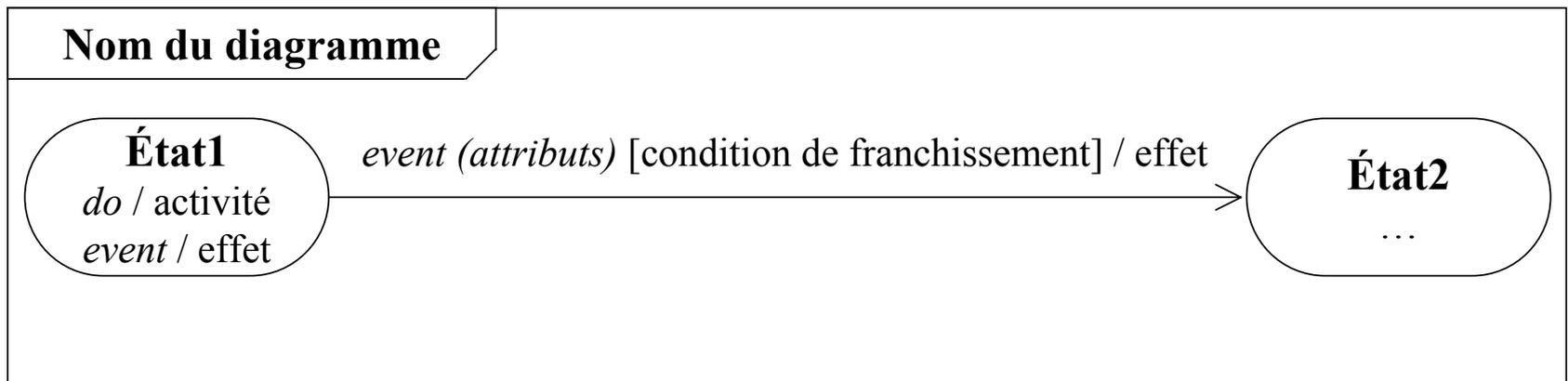


**Attention : Condition de franchissement  $\neq$  Événement**

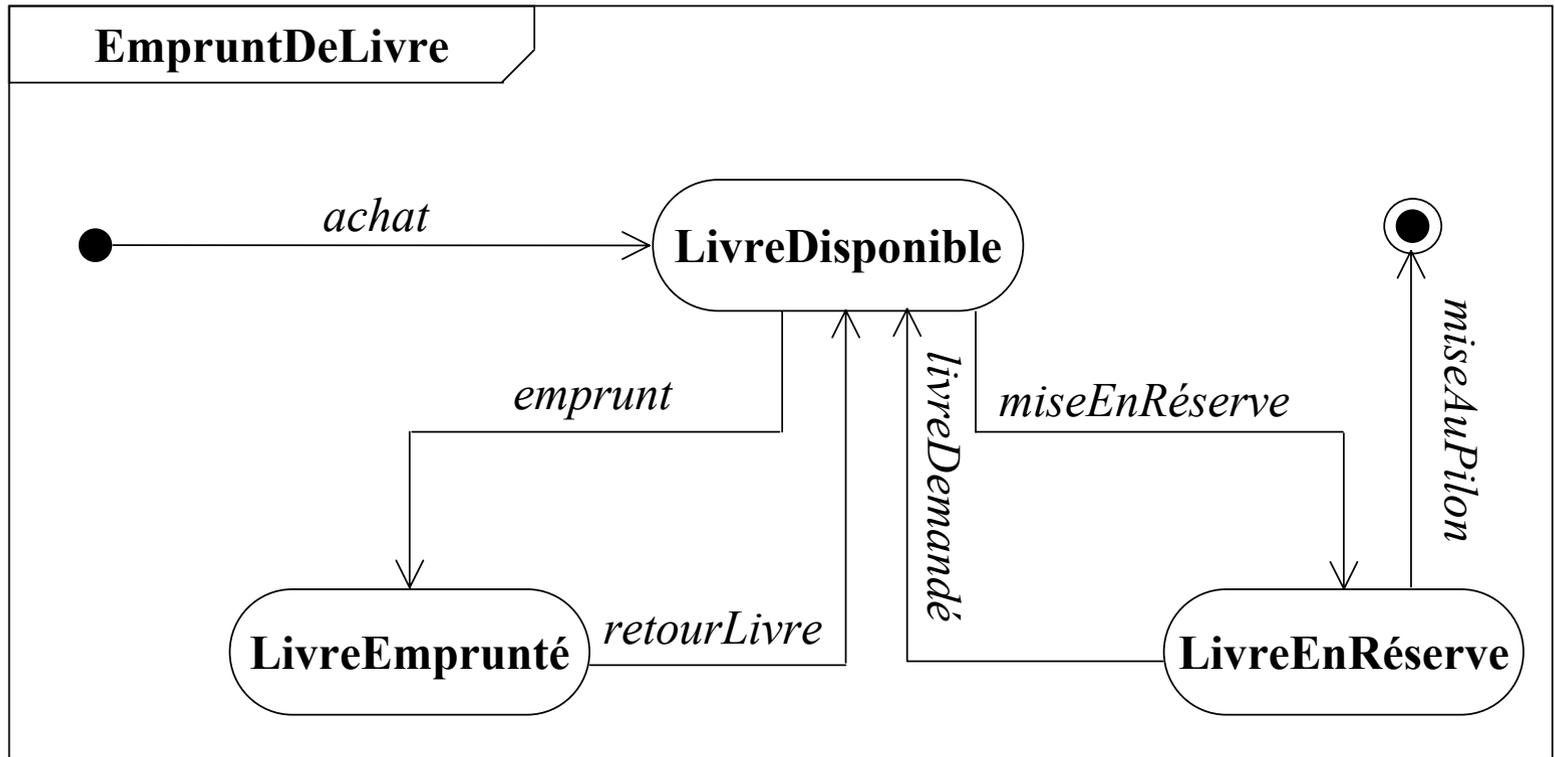
- **Condition de franchissement évaluée une seule fois**
- **Événement de changement évalué en permanence**

# Modèle d'états (8/15) - Diagramme d'états

- Graphe orienté dont les sommets sont les états et les arcs les transitions entre les états
- Spécification des successions d'états provoqués par des successions d'évènements
- Associé à une classe
- En boucle infinie ou irréversible (*one-shot*)

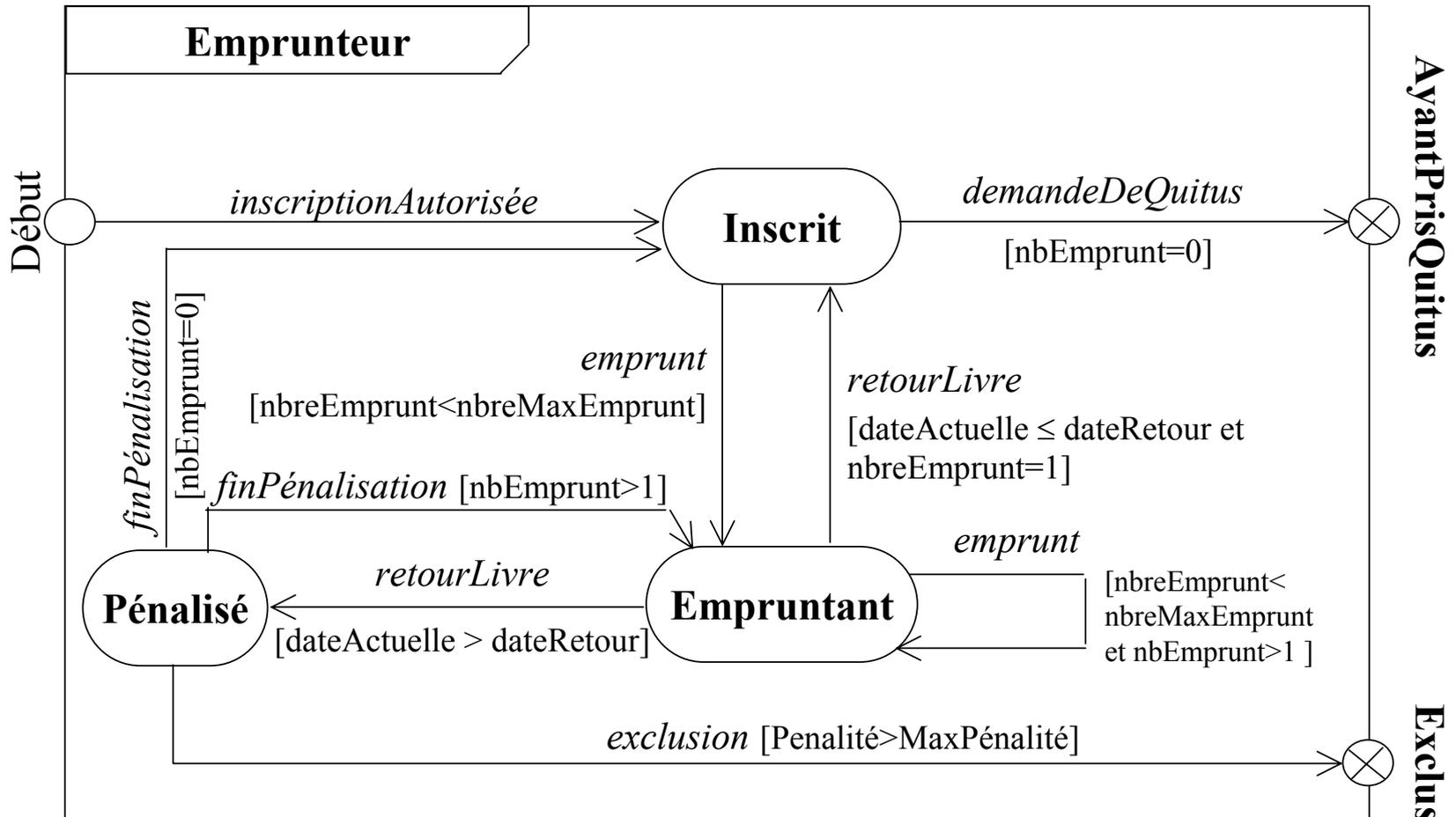


# Modèle d'états (9/15) - Diagramme d'états



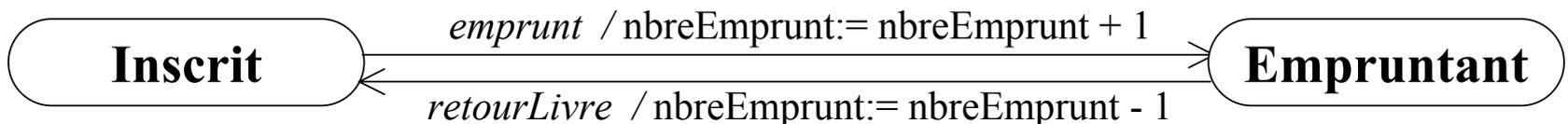
- Entrée dans l'état initial à la création de l'objet
- Destruction de l'objet à l'état final

# Modèle d'états (10/15) - Diagramme d'états



# Modèle d'états (11/15) – Effets et activités

- **Effet** : Référence à un comportement exécuté en réponse à un événement – noté par / suivi du nom de l'activité
- **Activité** : Comportement réel invoqué par un nombre quelconque d'effets
  - Effectuée suite à une transition, à l'entrée ou à la sortie d'un état, ou suite à un autre événement au sein d'un état
  - Pouvant représenter des opérations de contrôle internes (Ex. affectation de valeur à un attribut ou génération d'un autre événement)
  - Sans contrepartie dans la monde réel mais pour structurer le flux de contrôle dans une implémentation



# Modèle d'états (12/15)

## Activités *do* - Activités d'entrée et de sortie

- **Activité associée au mot-clé *do*** : Activité continue ou séquentielle exécutée sur une longue durée
  - Associée uniquement à un état (et non à une transition)
  - Pouvant être exécutée sur tout ou partie de la durée pendant laquelle un objet est dans l'état
  - Pouvant être interrompue par un événement reçu pendant son exécution

### LivreEnRéserve

*do* / clignoter « livre non disponible »

- **Activité d'entrée ou de sortie** : exécutée à l'entrée (*entry*  $\wedge$ ) ou à la sortie d'un état (*exit*  $\wedge$ )

### LivreEmprunté

*entry* / enregistrer date de retour

# Modèle d'états (13/15) – Activités

## Ordre d'exécution des activités pour un état :

1. Activités de la transition entrante
2. Activités d'entrée
3. Activités *do*
4. Activités de sortie
5. Activités de la transition sortante

Si événement provoquant des transitions hors de l'état

- ⇒ Interruption des activités *do*
- ⇒ Mais exécution de l'activité de sortie

## Auto-transition

- ⇒ exécution des activités d'entrée et de sortie

# Modèle d'états (14/15)

## Transitions d'achèvement et envoi de signaux

- **Transition d'achèvement** : Transition automatique, sans événement associé, exécutée à la fin de l'exécution des activités d'un état



Condition de franchissement testée une seule fois.

Si vérification d'aucune condition de franchissement  $\Rightarrow$  état toujours actif ou objet « bloqué » au sein de l'état

Pour prévoir toutes les conditions possibles : *else*

- **Envoi de signaux** : Interaction du système d'objets par échange de signaux

```
send cible.S(attributs)
```

- **Condition de concurrence critique (*race condition*)** : état final affecté par l'ordre d'exécution des signaux reçus

# Modèle d'états (15/15)

## Conseils pratiques [BR05] :

- Ne construire de diagrammes d'états que pour les classes ayant un comportement temporel significatif, i.e. les classes répondant différemment à différents événements ou ayant plus d'un état
- Pas de nécessité de construire un diagramme d'états pour toutes les classes
- Bien concevoir les conditions de franchissement pour ne pas bloquer un objet dans un état
- Faire attention aux conditions de concurrence quand un état peut recevoir des signaux de plus d'un objet

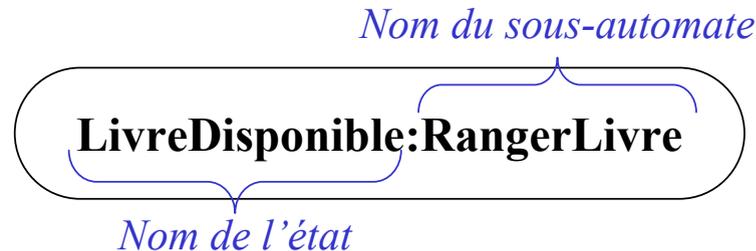
# Modèle d'états - Concepts avancés

- Diagrammes d'états imbriqués
- États imbriqués
- Concurrency
- Relations entre modèle de classes et modèle d'états

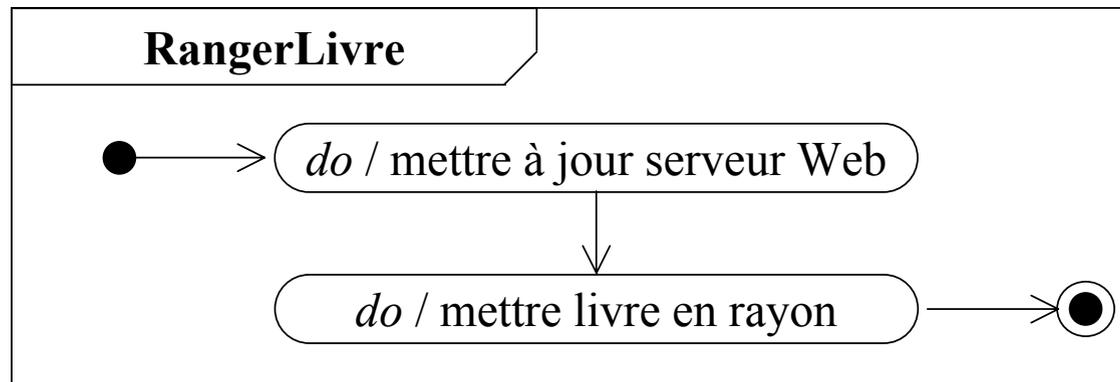
# Modèle d'états - Concepts avancés (1/7)

## Diagrammes d'états imbriqués

Possibilité de détailler un état par un sous-automate



*Diagramme d'états  
de plus bas niveau  
détaillant l'état  
LivreDisponible*



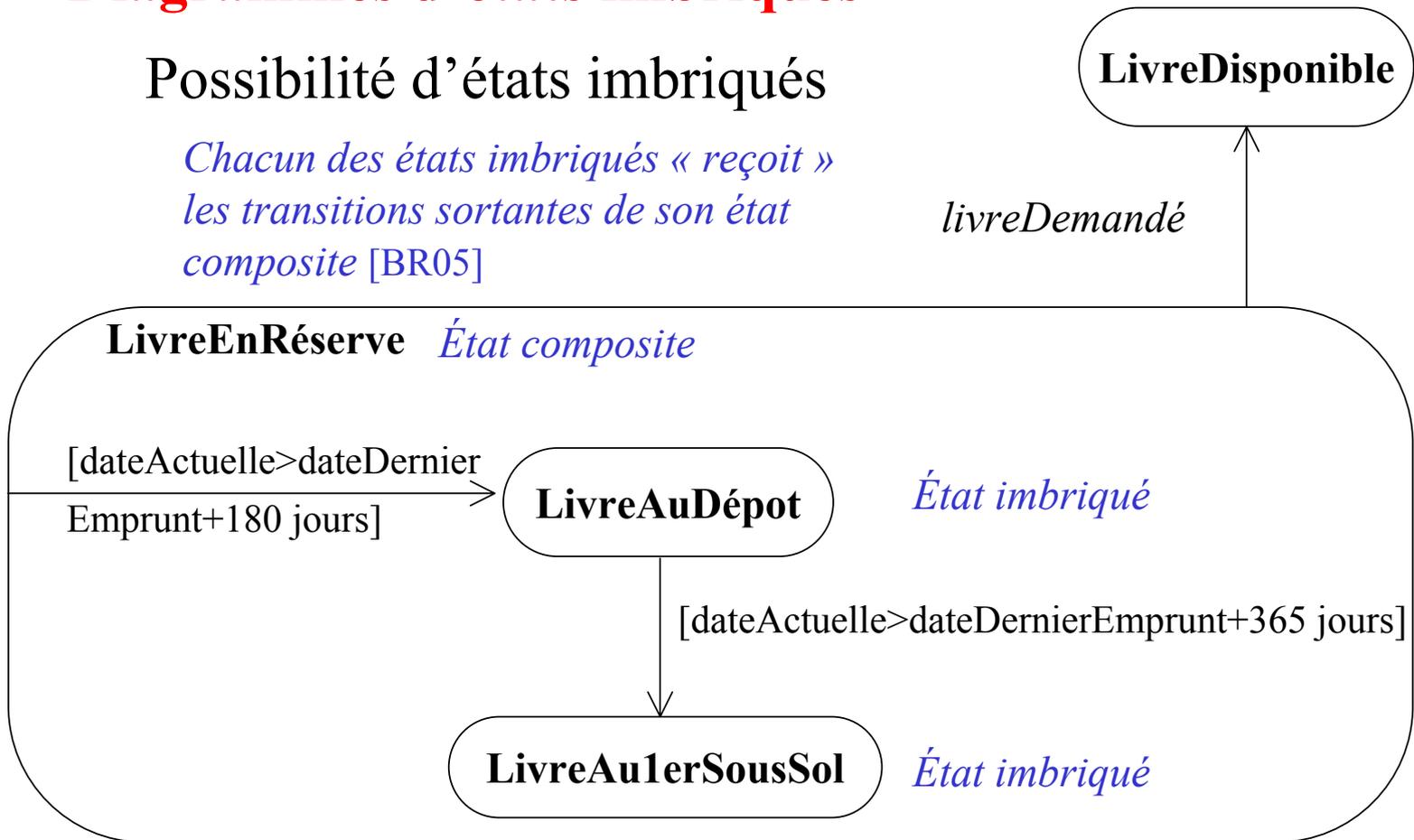
*A utiliser de préférence pour des modèles de plus de 10 à 15 états [BR05]*

# Modèle d'états - Concepts avancés (2/7)

## Diagrammes d'états imbriqués

Possibilité d'états imbriqués

*Chacun des états imbriqués « reçoit »  
les transitions sortantes de son état  
composite [BR05]*



*A utiliser quand une même transition s'applique à plusieurs états [BR05]*

# Modèle d'états - Concepts avancés (3/7)

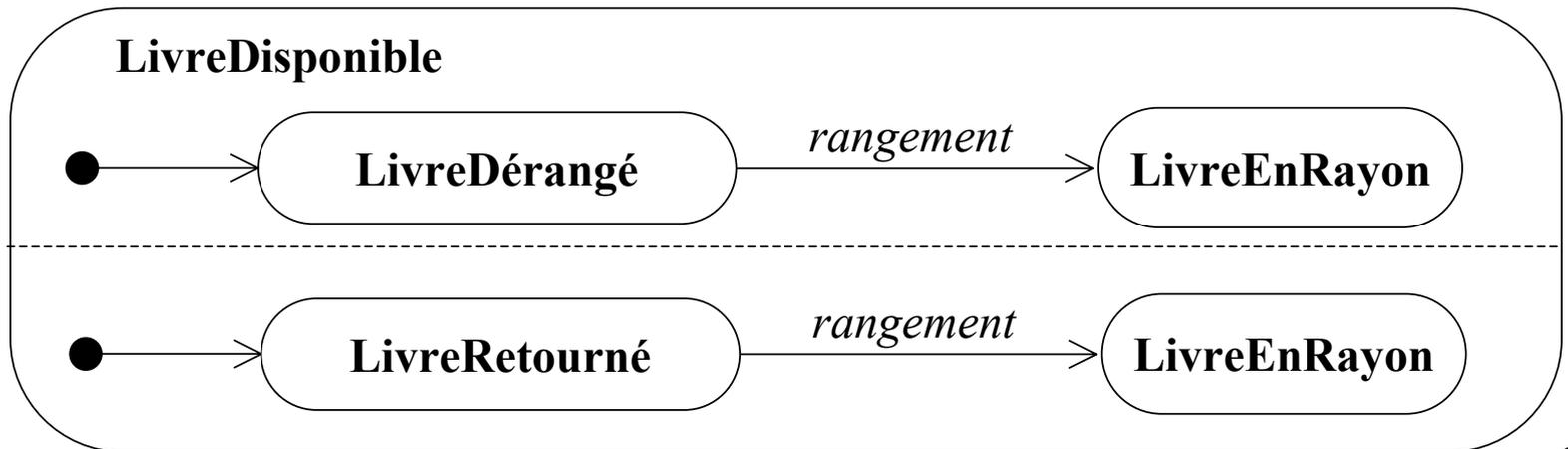
## Concurrence :

- **Concurrence d'agrégation** ◀

Diagramme d'état d'un assemblage = collection des diagrammes d'états de ses sous-parties

- **Concurrence à l'intérieur d'un objet**

Possibilité de partitionner un objet en sous-ensembles d'attributs et de liens, chacun des sous-ensembles ayant un diagramme d'états

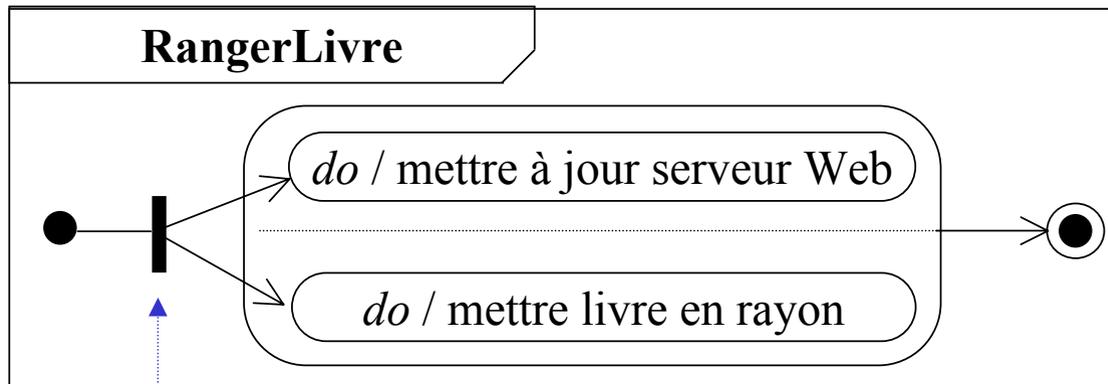


# Modèle d'états - Concepts avancés (4/7)

## Synchronisation du contrôle des activités concurrentes

Possibilité pour un même objet d'exécuter des activités concurrentes

- ⇒ Pas de synchronisation des activités
- ⇒ Mais division du contrôle des activités
- ⇒ Et synchronisation du contrôle



*Division du contrôle en deux parties concurrentes (fork)*

# Modèle d'états - Concepts avancés (5/7)

## Relations modèle de classes – modèle d'états

- **Modèle de classes :**
  - Description des objets, valeurs et liens pouvant exister dans un système
  - Modélisation des différences intrinsèques entre objets
- **Modèle d'états :**
  - Spécification des séquences possibles de modification des objets du modèle de classes
  - Modélisation des différences temporaires entre objets
- **Diagramme d'états** = description de tout ou partie du comportement des objets d'une classe donnée
- **État** = valeurs et liens détenus par un objet

# Modèle d'états - Concepts avancés (6/7)

## Relations modèle de classes – modèle d'états (suite)

- **Agrégation d'objets**  $\Rightarrow$ 
  - Des états indépendants propres à chaque partie d'une agrégation
  - L'état de l'assemblage = combinaison des états de toutes ses parties
  
- **Hiérarchie de classes d'objets**  $\Rightarrow$ 
  - Héritage par les sous-classes des modèle d'états de leur classe ancêtre
  - Possibilité pour les sous-classes d'avoir leur propre diagramme d'états, traitant de préférence uniquement des attributs propres aux sous-classes

# Modèle d'états - Concepts avancés (7/7)

## Relations modèle de classes – modèle d'états (suite)

- Possibilité de définir les signaux à travers différentes classes - parallèles aux classes d'objets
- Possibilité d'implémenter les transitions comme des opérations sur des objets (avec comme nom d'opération : le nom du signal correspondant)



Pouvoir d'expression plus puissant des signaux car dépendance entre la réponse à un événement et l'état de l'objet recevant l'événement

# Modèle d'interactions (1/17)

- **Modèle de classes** = représentation des objets et de leurs relations
- **Modèle d'états** = description du cycle de vie des objets
- **Modèle d'interactions** = expression de la façon dont les objets interagissent pour produire des résultats utiles à l'application [BR05]
- Plusieurs niveaux d'abstraction du modèle d'interactions :
  - **Cas d'utilisation** : description de l'interaction du système avec les acteurs extérieurs
  - **Diagrammes de séquence** : représentation des messages échangés entre ensemble d'objets au fil du temps
  - **Diagramme d'activités** : représentation du flux de contrôle entre les étapes de traitement

# Modèle d'interactions (2/17)

## Cas d'utilisation

### ■ Acteur

= Utilisateur externe direct du système

= Objet ou ensemble d'objets communiquant directement avec le système sans en faire partie

= Tout ce qui interagit directement avec le système

*Ex. Un employé d'une bibliothèque*

### ■ Cas d'utilisation

- Identification des fonctionnalités pouvant être fournies par un système en interagissant avec les acteurs

*Ex. L'employé enregistre un emprunt*

- Organisation des fonctionnalités selon le point de vue utilisateur

# Modèle d'interactions (3/17) – Cas d'utilisation

## Caractérisation d'un cas d'utilisation

**Cas d'utilisation** : Enregistrer un emprunt de livre

**Résumé** : Un emprunt d'un livre pour un membre de la bibliothèque est enregistré

**Acteur** : Un employé de la bibliothèque

**Pré-conditions** : L'emprunteur doit être inscrit à la bibliothèque et ne pas avoir atteint le quota d'emprunts ou être exclu ou pénalisé et le livre doit pouvoir être emprunté

**Description** : Le système de gestion de la bibliothèque est dans l'état « Enregistrement d'un emprunt ». L'employé lit la carte de membre de l'emprunteur. Après saisie, le système de prêts indique s'il reconnaît l'emprunteur et si l'emprunteur est autorisé à emprunter. L'employé lit le code barre du livre à emprunter. Si le livre peut être emprunté, (1) l'emprunt est enregistré pour l'emprunteur et le livre, (2) la date de retour du livre est enregistrée et affichée, (3) le nombre de livres pouvant être encore empruntés par l'emprunteur est mis à jour et affiché.

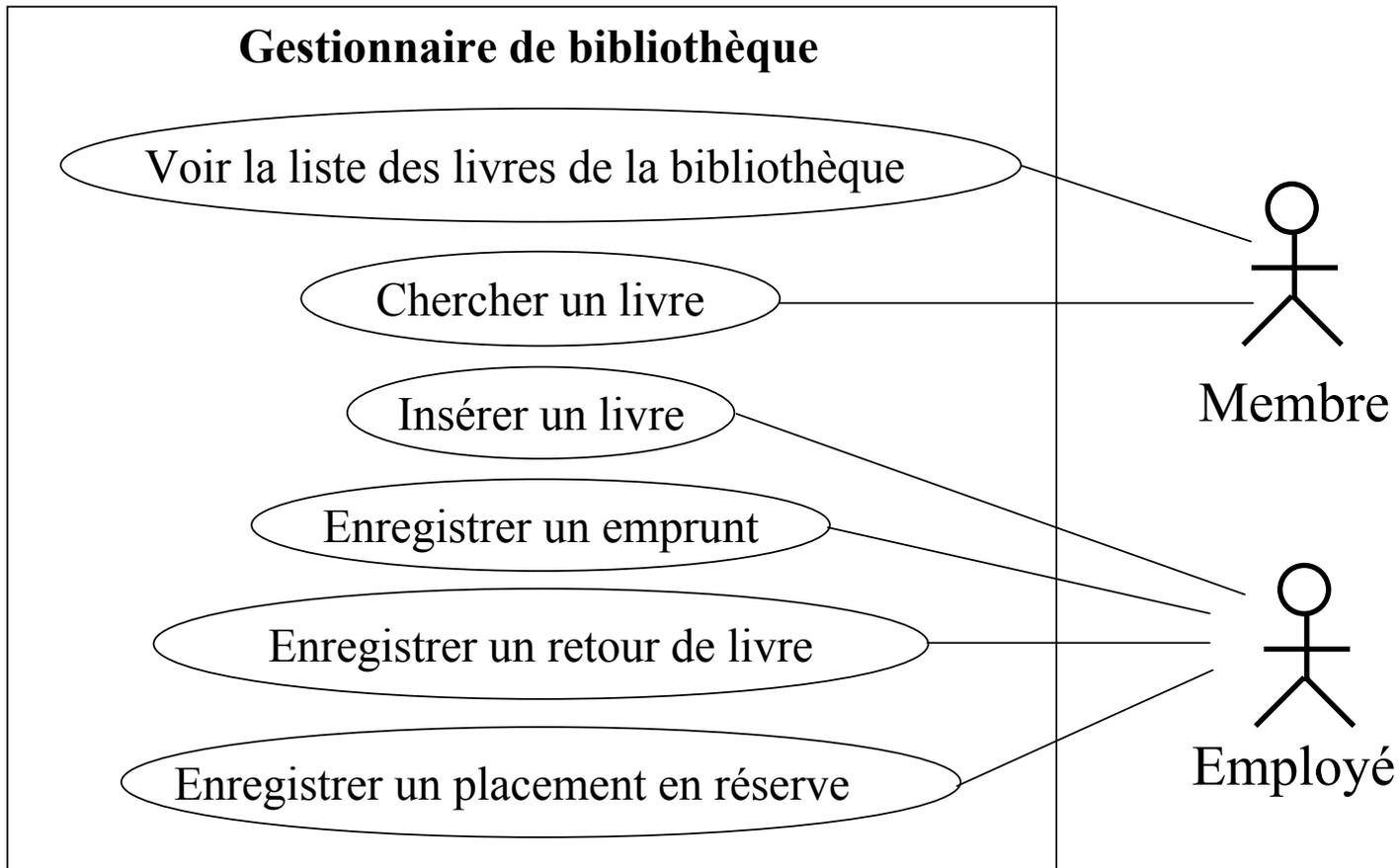
**Exceptions** :

*Annulation* : Si l'emprunteur ne peut pas emprunter ou si le livre ne peut pas être emprunté, le système de prêt revient à l'écran « Enregistrement d'un emprunt ».

**Post-conditions** : La date de retour du livre emprunté et le nombre de livres pouvant être encore empruntés par l'emprunteur sont affichés.

# Modèle d'interactions (4/17) – Cas d'utilisation

## Diagramme d'un cas d'utilisation d'un système de gestion d'une bibliothèque



# Modèle d'interactions (5/17)

## Conseils pratiques de [BR05] :

- Fixer précisément les limites du systèmes
- Limiter un acteur à un objectif unique et cohérent quitte à capturer les objectifs d'un même objet réel à travers plusieurs acteurs
- Ne pas définir trop étroitement les cas d'utilisation
- Lier les acteurs et les cas d'utilisation
- Ne pas chercher à trop formaliser
- Structurer les cas d'utilisation des grands systèmes

# Modèle d'interactions (6/17)

## Modèles de séquences

- Précision des thèmes fonctionnels introduits par les cas d'utilisation
- Ajout de détails et précision de la description informelle des cas d'utilisation
- Deux modèles :
  - **Scénarios** : séquence d'événements ayant lieu lors du fonctionnement du système (ex. exécution d'un cas d'utilisation) - décrite sous forme textuelle
  - **Diagrammes de séquence** : Représentation des participants à une interaction et de leurs messages échangés

# Modèle d'interactions (7/17) – Scénario

- Séquence d'événements se produisant lors d'une exécution particulière d'un système
- Représentation de l'historique de l'exécution d'un système réel existant ou d'un prototype d'exécution d'un système envisagé
- De portée variée :
  - Comprenant tous les événements du système
  - Ou n'incluant que les événements affectant certains objets ou générés par certains objets
- Étape d'un scénario
  - = Commandes logiques
  - ≠ Simples clics de souris

# Modèle d'interactions (8/17) – Scénario

Scénario d'une session d'un système de gestion de bibliothèque

Maude Manouvrier se connecte au module de « Recherche d'un livre »

Le système affiche le formulaire de saisie de recherche d'un livre

Maude Manouvrier saisit le terme « UML » dans le champ « Mot-clé »

Le système recherche, parmi les livres, ceux dont la liste de mots-clés correspondante contient le mot « UML »

Le système retourne les titres des livres répondant à la requête

Maude Manouvrier clique sur l'ouvrage intitulé « Modélisation et conception orientées objet avec UML 2 »

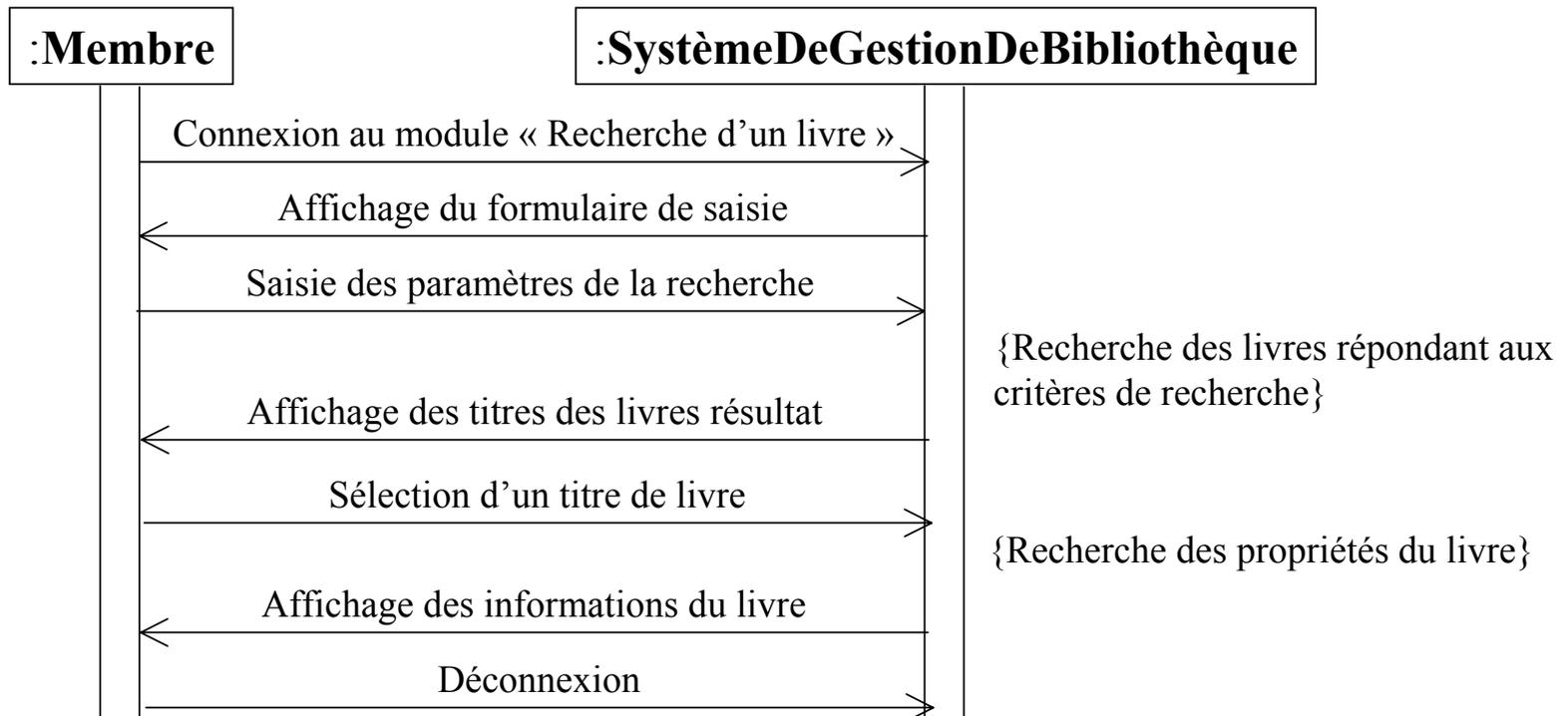
Le système affiche les informations correspondant à ce livre

Maude Manouvrier se déconnecte

# Modèle d'interactions (9/17)

## Diagrammes de séquence

Représentation des participants à une interactions et de leurs messages échangés



# Modèle d'interactions (10/17)

## Diagrammes de séquence

- Nécessité d'avoir plusieurs diagrammes de séquence pour décrire le comportement de chaque cas d'utilisation
- Représentation d'une séquence de comportement par diagramme de séquence
- Nécessité de tracer un diagramme de séquence pour chaque condition d'exception contenue dans un cas d'utilisation
- Impossibilité de représenter tous les scénarios
- Mais nécessité de détailler tous les cas d'utilisation et tous les types de comportement possibles avec des diagrammes de séquence

# Modèle d'interactions (11/17)

## Conseils pratiques de [BR05] :

- Réaliser au moins un scénario par cas d'utilisation
- Synthétiser les scénarios par des diagrammes de séquence
- Subdiviser les interactions complexes
- Réaliser un diagramme de séquence par condition d'erreur

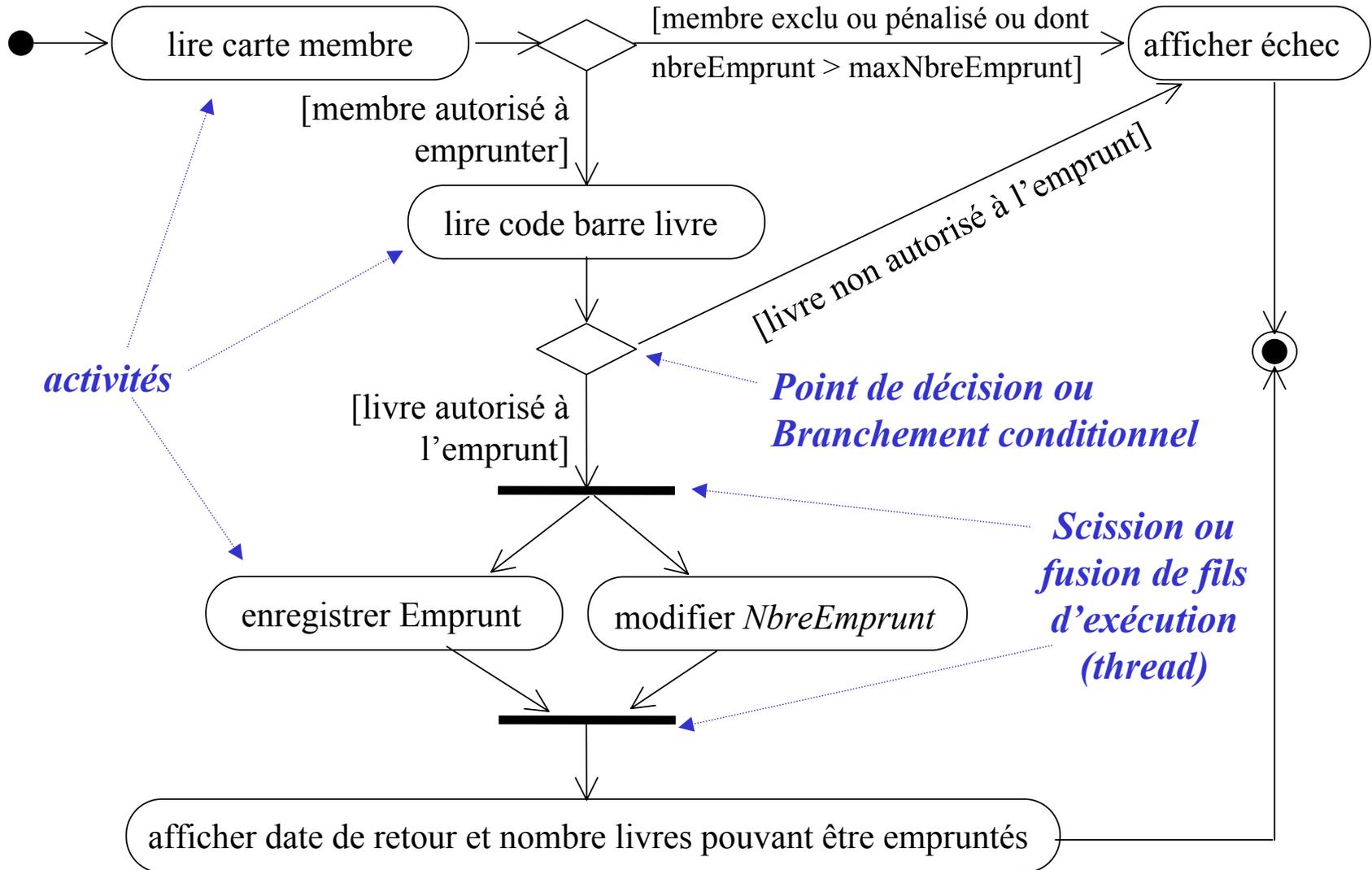
# Modèle d'interactions (12/17)

## Modèle d'activités

### Diagramme d'activités :

- Représentation des étapes d'un processus complexe (ex. algorithme ou *workflow*) et des contraintes de séquençement
- Expression du flux de contrôle, comme un diagramme de séquences, mais avec une attention particulière sur les opérations plutôt que les objets
- Suite d'étapes correspondant aux activités décrites dans le modèle d'états

# Modèle d'interactions (13/17) - **Modèle d'activités**



# Modèle d'interactions (14/17)

## Modèle d'activités

### Diagramme d'activités :

- Possibilité de décomposer une activité en activités plus fines



- Nécessité d'avoir un même niveau de détail pour toutes les activités d'un même diagramme

- Possibilité d'utiliser la condition [*else*]



- Aucune garantie possible sur le choix de l'activité exécutée en cas de satisfaction de plusieurs conditions

- Possibilité d'avoir des activités concurrentes

# Modèle d'interactions (15/17)

## Modèle d'activités

### Diagramme d'activités exécutables

- Possibilité de placer un *jeton d'activité* sur une activité pour indiquer son exécution
- Possibilité d'avoir plusieurs jetons en cas de concurrence
- Scission de contrôle  $\Rightarrow$  augmentation du nombre de jetons

# Modèle d'interactions (16/17)

## Conseils pratiques de [BR05] :

- Ne pas se servir des diagramme d'activités comme d'organigrammes pour développer des logiciels
- Équilibrer les diagrammes d'activités
- Concevoir avec soin les branchements conditionnels et les conditions
- Utiliser avec prudence les activités concurrentes
- Exécuter les diagrammes d'activités pour comprendre le déroulement d'un processus

# Modèle d'interactions (17/17)

- **Cas d'utilisation** : partition d'un système en fonctionnalités discrètes et significatives pour les acteurs (extérieurs au système)
- Possibilité de détailler les cas d'utilisation par des **scénarios** et des **diagrammes de séquence**
- **Diagramme de séquence** : représentation claire des objets participant à une interaction et des messages émis ou reçus par ces objets
- **Diagramme d'activités** : description des détails d'un traitement

# Modèle d'interactions

## Concepts avancés

- Relations entre cas d'utilisation
- Modèles de séquence procédurale
- Notation spéciales des modèles d'activités

# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (1/10)

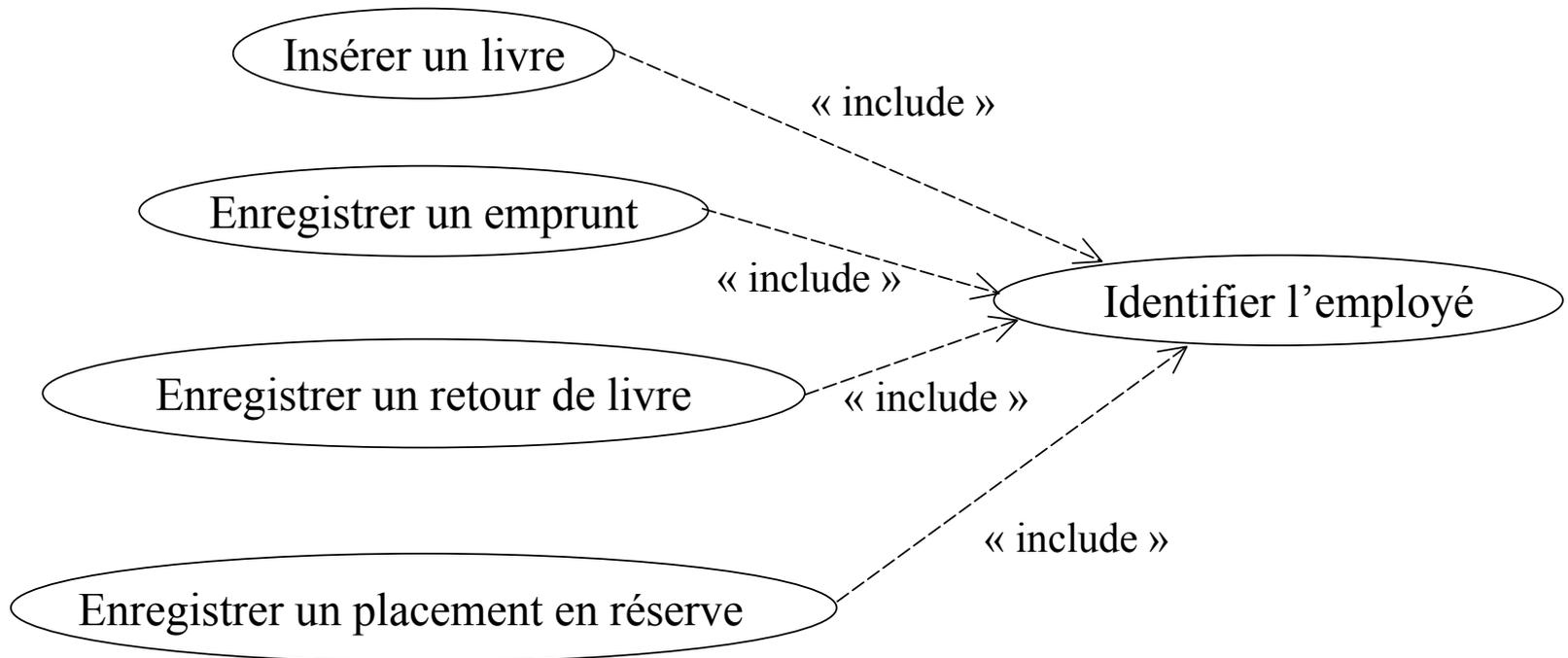
### **Relation *include***

- Insertion d'un cas d'utilisation dans la séquence de comportements d'un autre cas d'utilisation
- Mise en commun de comportements communs à plusieurs cas d'utilisation
- Cas d'utilisation inclus :
  - Sous-routine
  - Unité de comportement significative pour les acteurs
  - Possibilité d'utiliser les cas d'utilisation inclus isolément

# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (2/10)

### Relation *include*

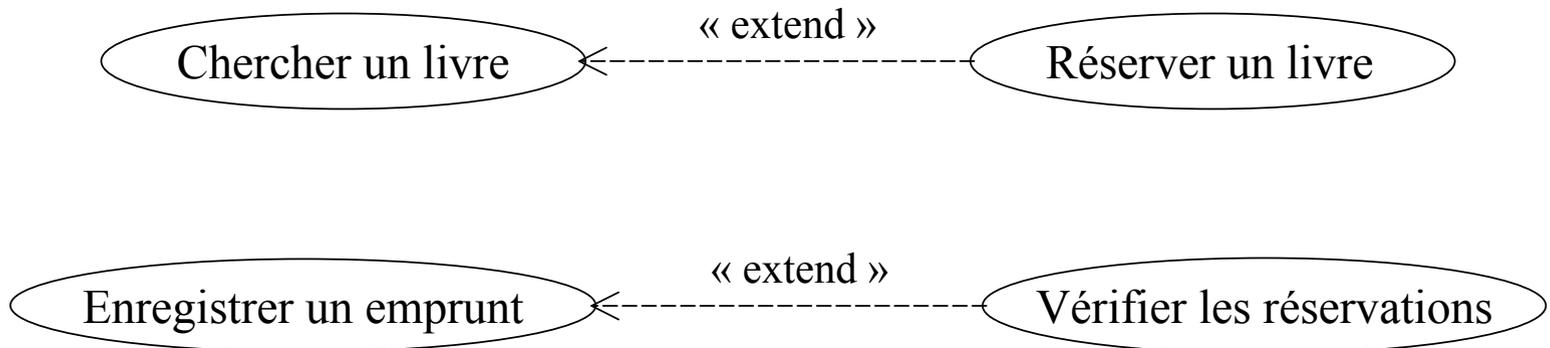


# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (3/10)

### Relation *extend*

- Ajout d'un comportement incrémental à un cas d'utilisation
- Extension possible d'un cas d'utilisation de base
- Association d'une condition à la relation « *extend* »

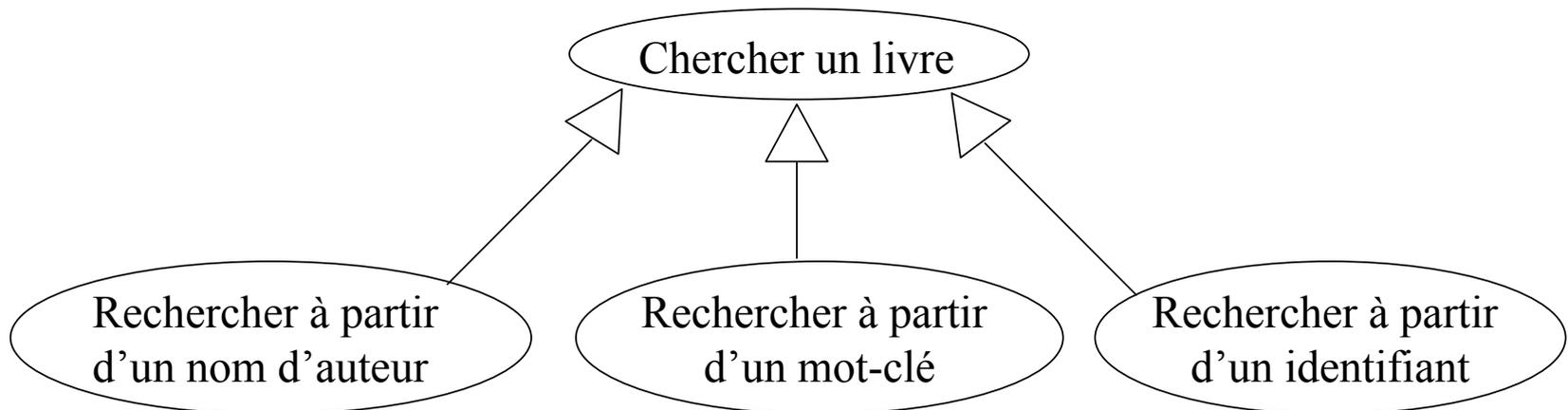


# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (4/10)

### Généralisation des cas d'utilisation

- Représentation des variantes d'un cas d'utilisation
- Cas d'utilisation parent = représentation d'une séquence de comportements générale
- Cas d'utilisation enfant = insertion d'étapes supplémentaires ou affinage de certaines étapes du cas d'utilisation parent



*Les cas d'utilisation enfant ajoutent des étapes de comportement devant apparaître à la position appropriée dans la séquence de comportement du parent*

# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (5/10)

### Conseils pratiques de [BR05] :

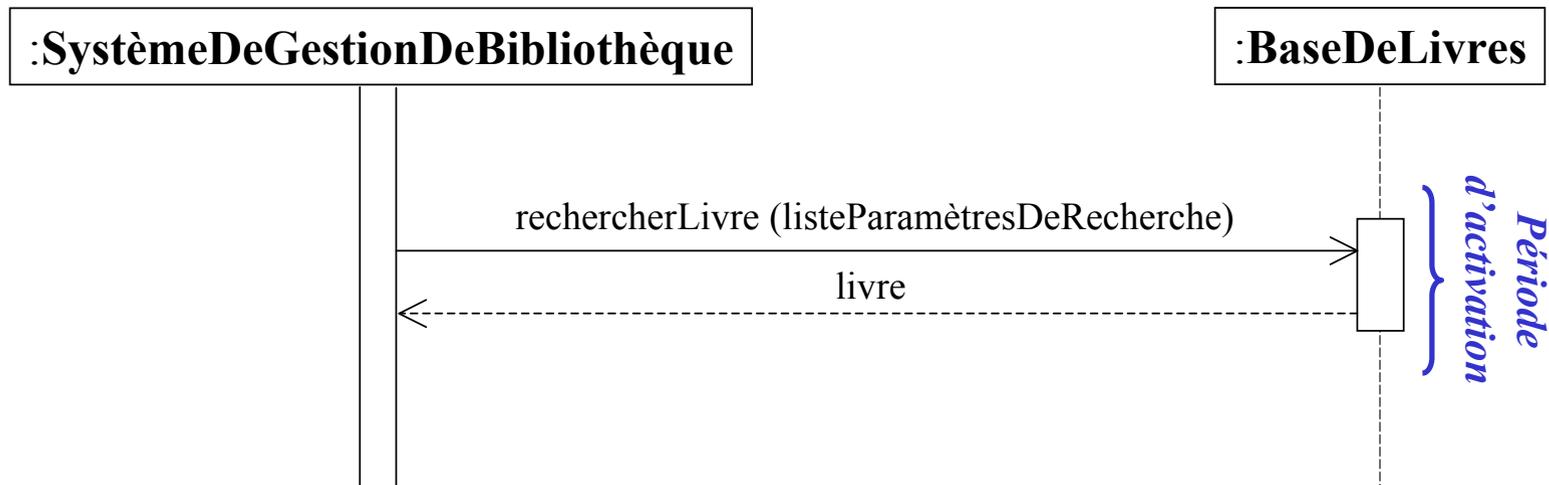
- Utiliser la généralisation de cas d'utilisation pour représenter un cas d'utilisation à plusieurs variantes mais pas pour partager un fragment de comportement
- Utiliser la relation « *include* » pour partager un fragment de comportement correspondant à une activité significative
- Utiliser la relation « *extend* » pour définir un cas d'utilisation ayant des caractéristiques optionnelles

# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (6/10)

### Diagramme de séquence avec objets passifs

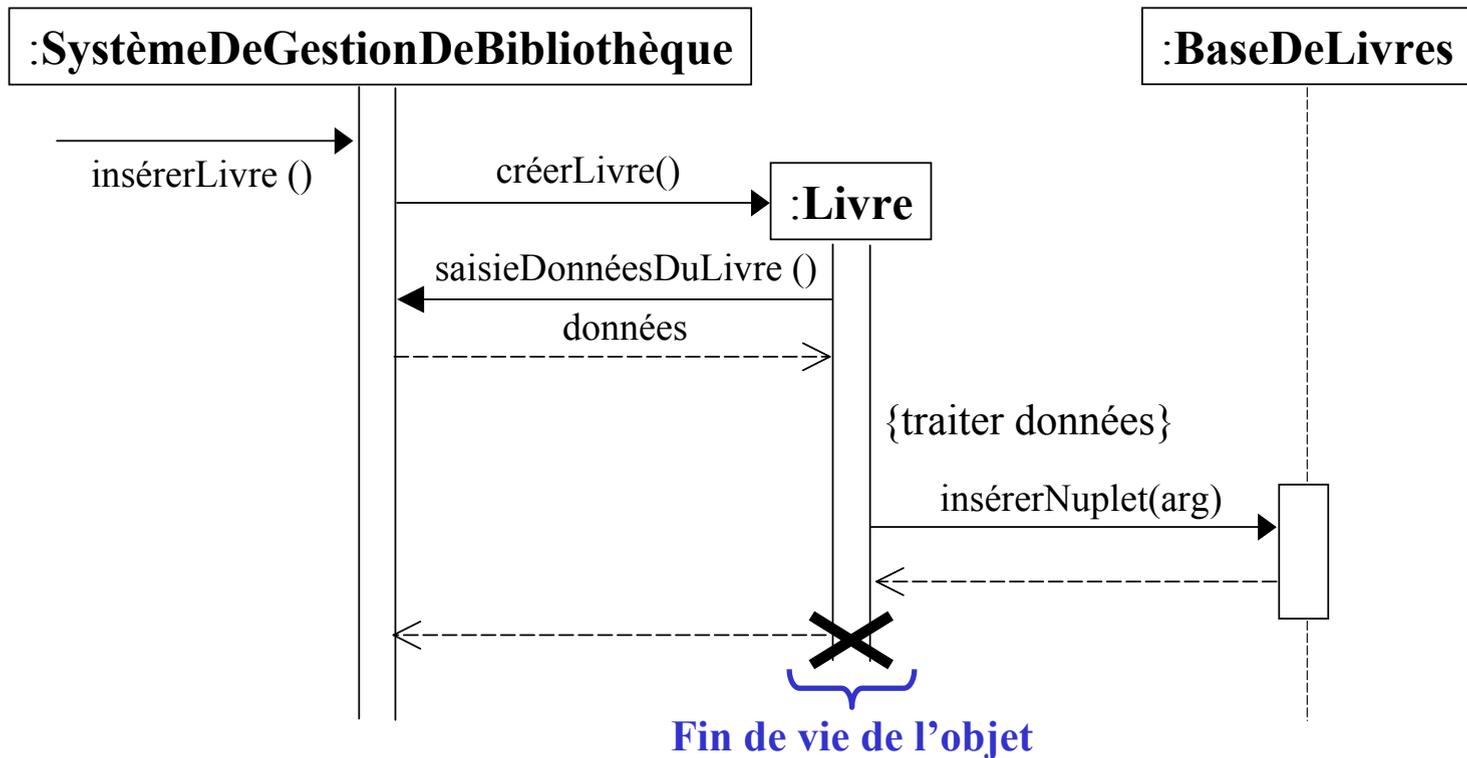
- Notation dédiée permettant d'illustrer les appels de procédures
- Déclenchement d'un comportement d'un objet passif  
⇒ activation de l'objet passif



# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (7/10)

### Diagramme de séquence avec objets temporaires

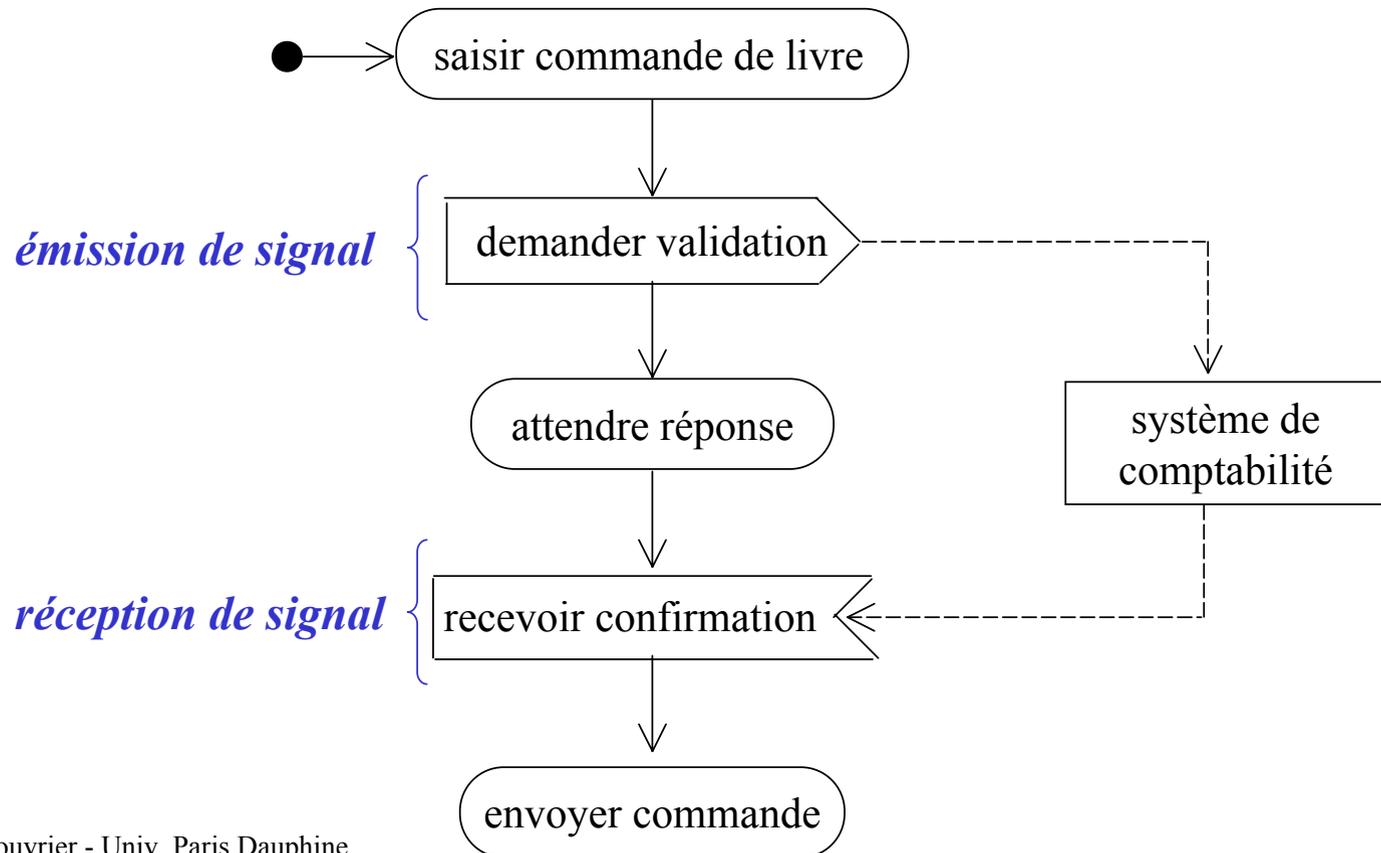


*Ne représenter les détails d'implémentations que pour les diagrammes difficiles ou particulièrement importants [BR05]*

# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (8/10)

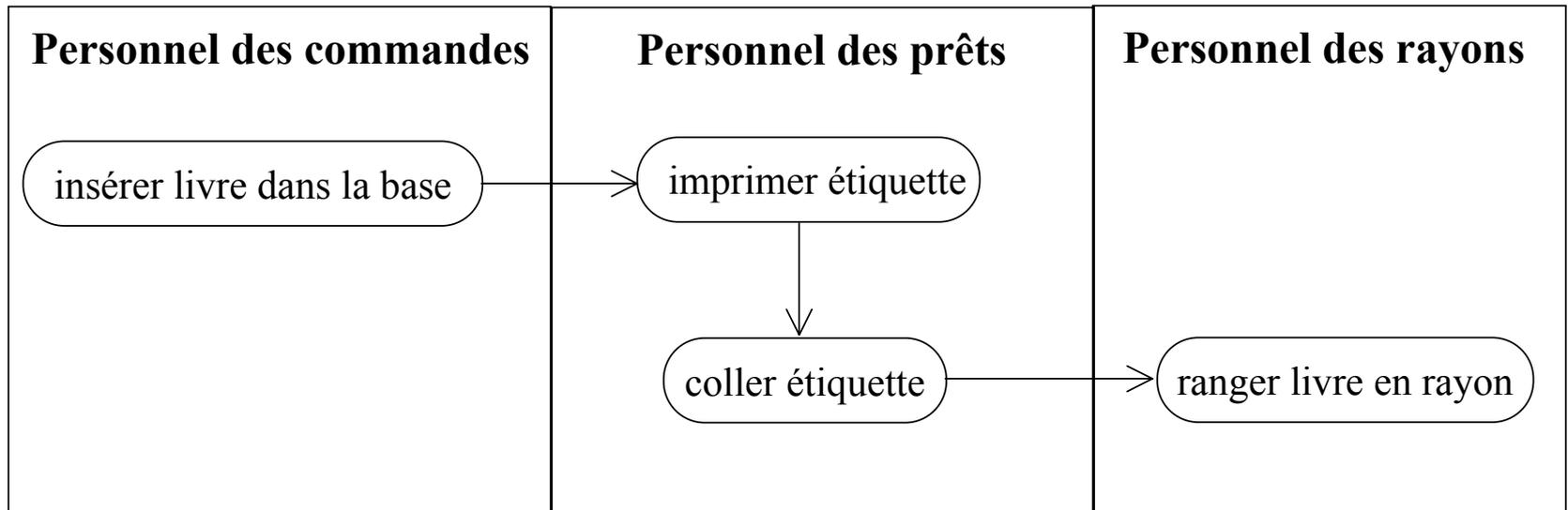
### Émission et réception de signaux dans les diagrammes d'activités



# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (9/10)

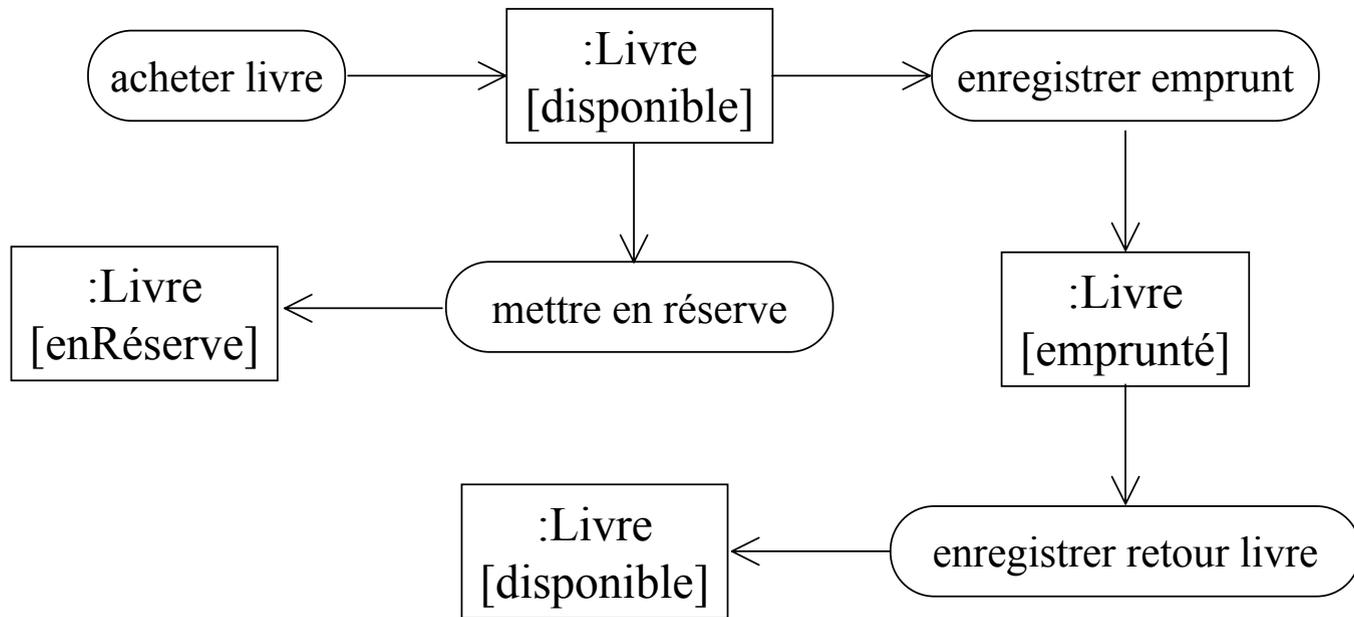
**Couloir d'activités** : répartition des activités aux entités organisationnelles



# Modèle d'interaction

## Concepts avancés (10/10)

**Flux d'objets** : visualisation des relations entre une opération et les objets apparaissant en arguments ou en résultat de l'opération



# Résumé (1/7)

Trois points de vue différents mais apparentés :

- **Modèle de classes** : description des objets d'un système et de leurs relations
- **Modèle d'états** : description du cycle de vie des objets
- **Modèle d'interactions** : description de la façon dont les objets interagissent

# Résumé (2/7)

## Modèle de classes

- Description de la structure statique des objets : identité, relations avec les autres objets, attributs et opérations
- Cadre d'insertion pour les modèles d'états et d'interactions
- Concepts importants :
  - **Classe** : ensemble d'objets similaires
  - **Association** : ensemble de liens similaires entre objets
  - **Généralisation** : structuration de la description des objets en les organisant en fonction de leurs différences et de leurs similarités

# Résumé (3/7)

## Modèle d'états

- Description des aspects temporels d'un objet
- **Événement** :
  - Marque d'un changement
  - Stimuli externe
- **État** :
  - Définition du contexte d'un événement
  - Valeurs d'un objet
- **Diagramme d'états** :
  - Description du comportement générique des objets d'une classe
  - Représentation des séquences d'états et d'événements pour une classe d'objets donnée

# Résumé (4/7)

## Modèle d'interactions

- Description de la façon dont les objets collaborent pour obtenir des résultats
- Complément du modèle d'états
- Différents niveaux d'abstraction pour modéliser les interactions :

Niveau de détails

- • **Cas d'utilisation** : représentation des interactions du système avec les acteurs extérieurs
- **Diagrammes de séquence** : représentation des interactions entre objets et de leur succession dans le temps
- **Diagramme d'activités** : représentation des interactions avec mise en évidence du flux de contrôle entre les différentes étapes de traitement

+

# Résumé (5/7)

## Relations entre les 3 modèles

- Mêmes concepts (données, séquençement et opérations) mais avec accentuation différente
- Modèle de classes :
  - Description de la structure des données sur lesquelles les modèles d'états et d'interactions opèrent
  - Correspondance entre les opérations du modèle de classe et les événements, les conditions et les activités
- Modèle d'états :
  - Description de la structure du contrôle des objets
  - Représentation des décisions dépendant des valeurs des objets, entraînant les modifications de ces valeurs et les changements d'états
- Modèle d'interactions :
  - Concentration sur les échanges entre les objets
  - Vue globale du système

# Résumé (6/7)

## Relations entre les 3 modèles

- Généralisation de classes
  - Héritage des attributs, opérations, associations, diagrammes d'états de la super-classe par ses sous-classes
  - Possibilité d'utiliser ou redéfinir les propriétés de la super-classe dans les sous-classes
  - « *Le diagramme d'états d'une sous-classe doit être une addition orthogonale au diagramme d'états de la super-classe* » [BR05]
- Généralisation de signaux
  - Héritage d'attributs de signaux
  - Signal réel = feuille d'un arbre de généralisation de signaux
  - Signal entrant  $\Rightarrow$  franchissement des transitions associées à ses signaux ancêtres
- Généralisation de cas d'utilisation
  - Cas d'utilisation parent = séquence générale de comportements
  - Cas d'utilisation enfant = spécialisation du cas parent par insertion d'étapes supplémentaires ou redéfinition d'étapes existantes

# Résumé (7/7)

## Relations entre les 3 modèles

- Agrégation d'objets :
  - Décomposition d'un assemblage en éléments orthogonaux ayant une interaction limitée
  - Diagramme d'états d'un agrégat = collection des diagrammes d'états de chacun de ses éléments constituants
  
- Agrégation d'états :
  - Possibilité de décomposer un état en états plus petits, chacun opérant indépendamment et possédant son propre diagramme
  - État de l'objet constitué d'un état de chaque sous-diagramme

# Résumé des notations (1/16)

## Modèles de classes

**NomDeClasse**

**NomDObjet:NomDeClasse**

**NomDeClasse**

nomAttribut1 [Mult.] : typeDeDonnées1 = Valeur parDéfaut1  
nomAttribut2 [Mult.] : typeDeDonnées2 = Valeur parDéfaut2

...

nomOpération1 (listeArguments1) : TypeDuRésultat1  
nomOpération2 (listeArguments2) : TypeDuRésultat2

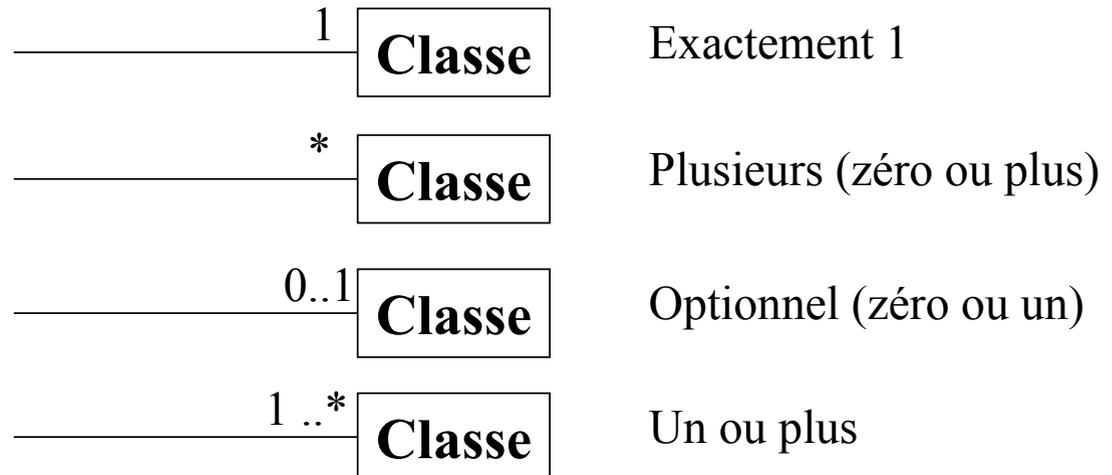
...

**NomDObjet:NomDeClasse**

nomAttribut1=valeur1  
nomAttribut2=valeur2

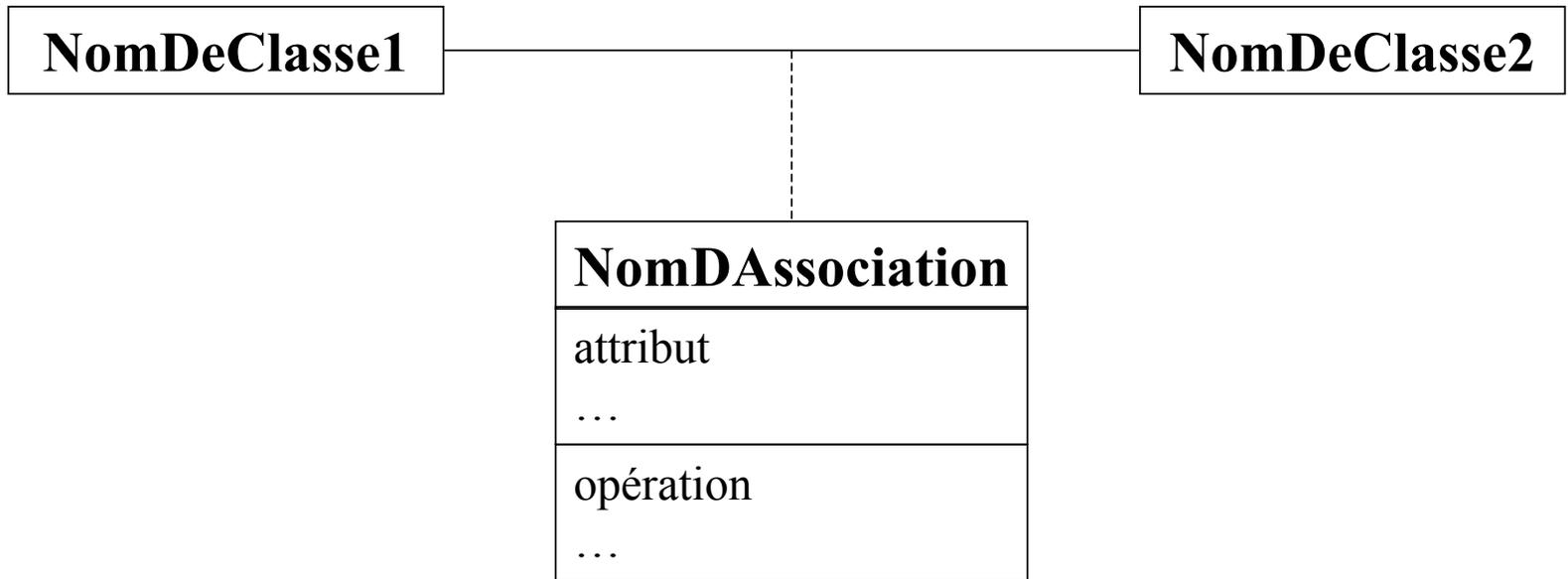
# Résumé des notations (2/16)

## Modèles de classes



# Résumé des notations (3/16)

## Modèles de classes



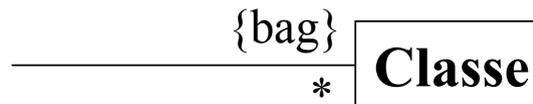
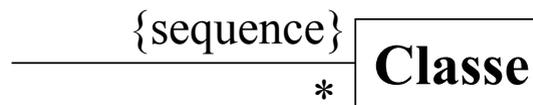
### Classe-Association

# Résumé des notations (4/16)

## Modèles de classes



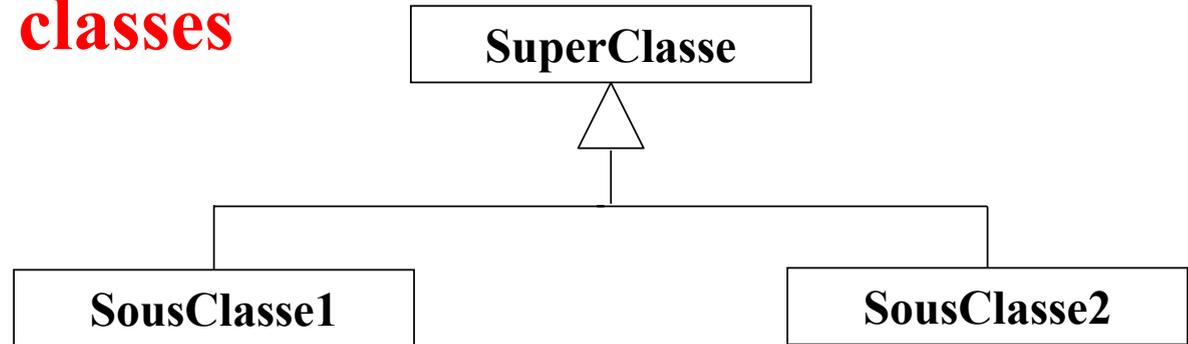
### Association qualifiée



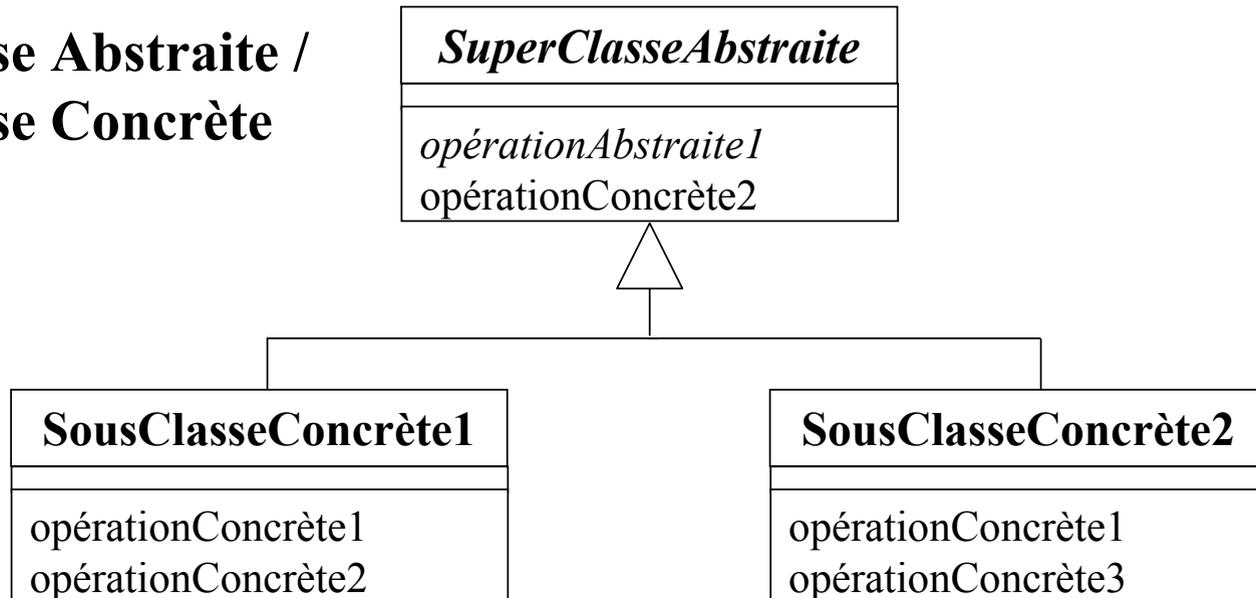
# Résumé des notations (5/16)

## Modèles de classes

### Héritage



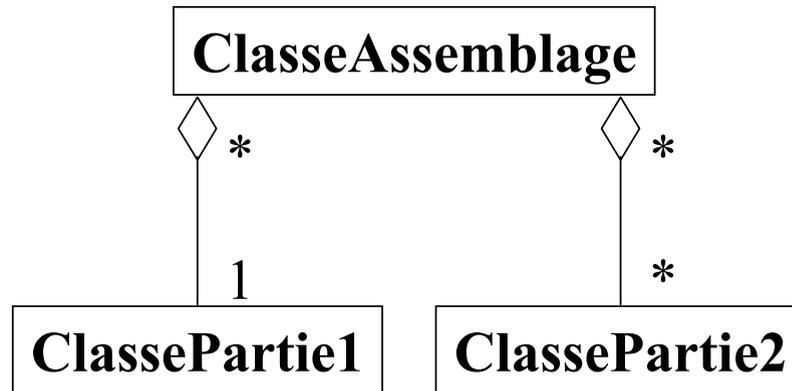
### Classe Abstraite / Classe Concrète



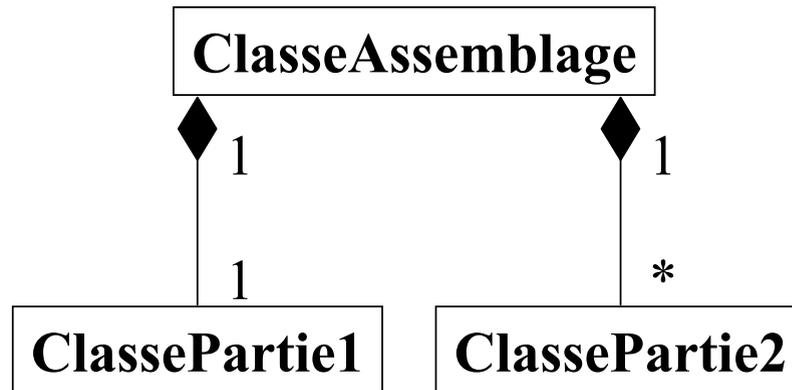
# Résumé des notations (6/16)

## Modèles de classes

**Agrégation**



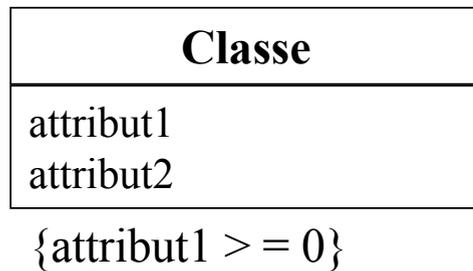
**Composition**



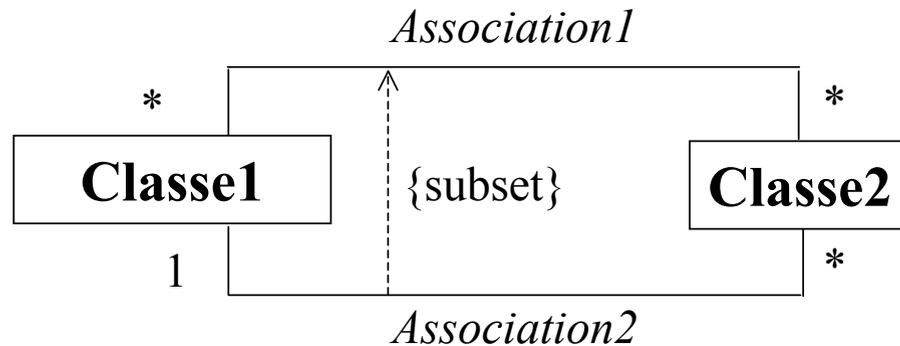
# Résumé des notations (7/16)

## Modèles de classes

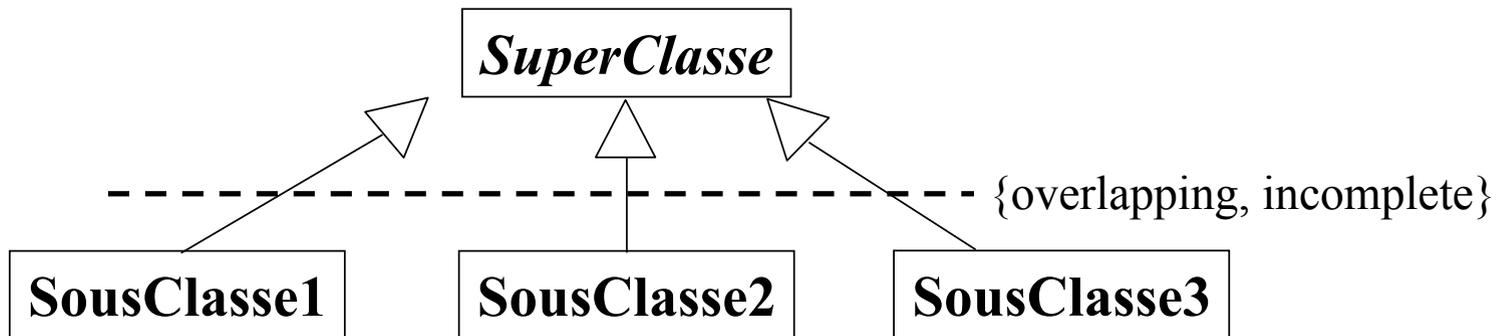
Contrainte sur les objets :



Contrainte sur les associations :

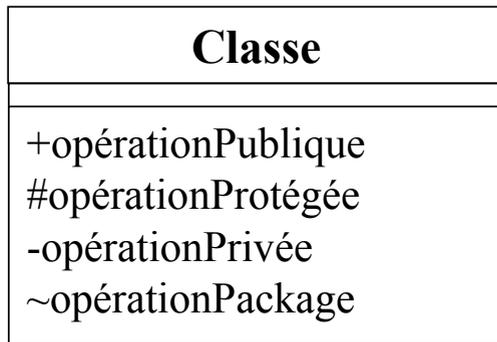


Contrainte sur les ensembles de généralisation :



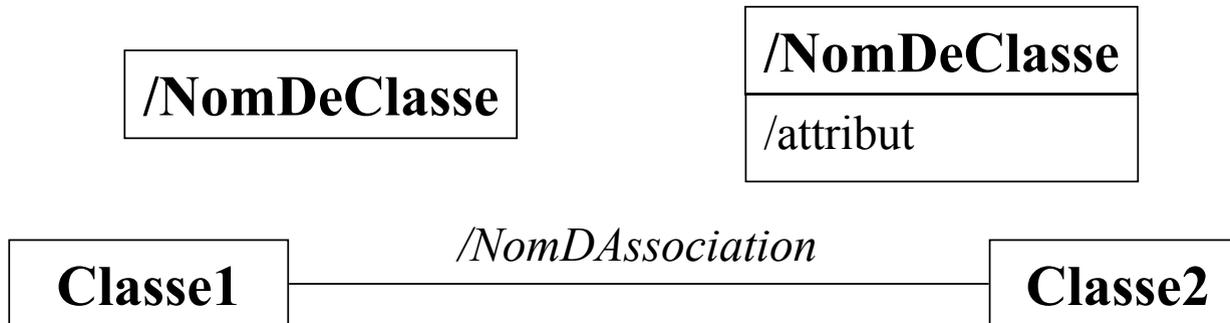
# Résumé des notations (8/16)

## Modèles de classes



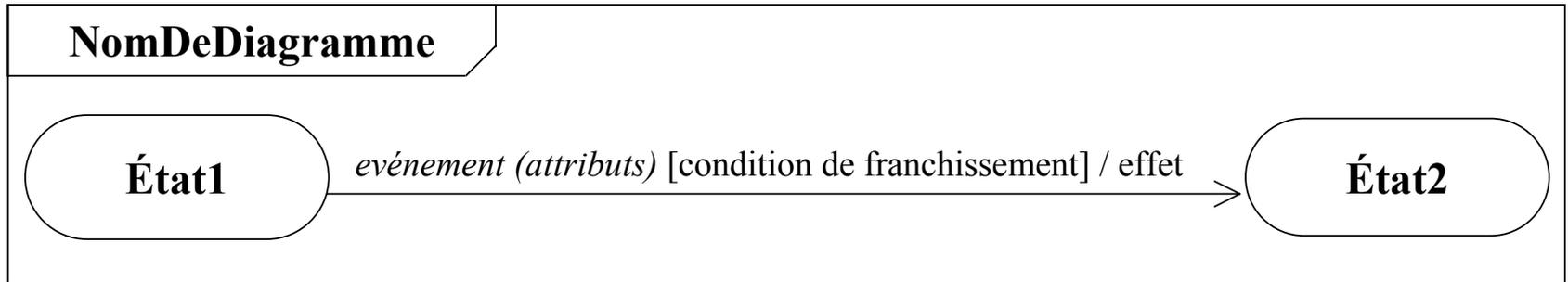
**Visibilité**

**Élément dérivé :**



# Résumé des notations (9/16)

## Modèles d'états

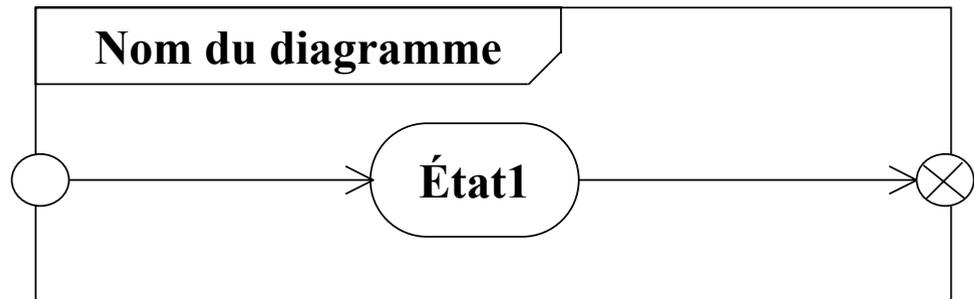


État Initial

État Final

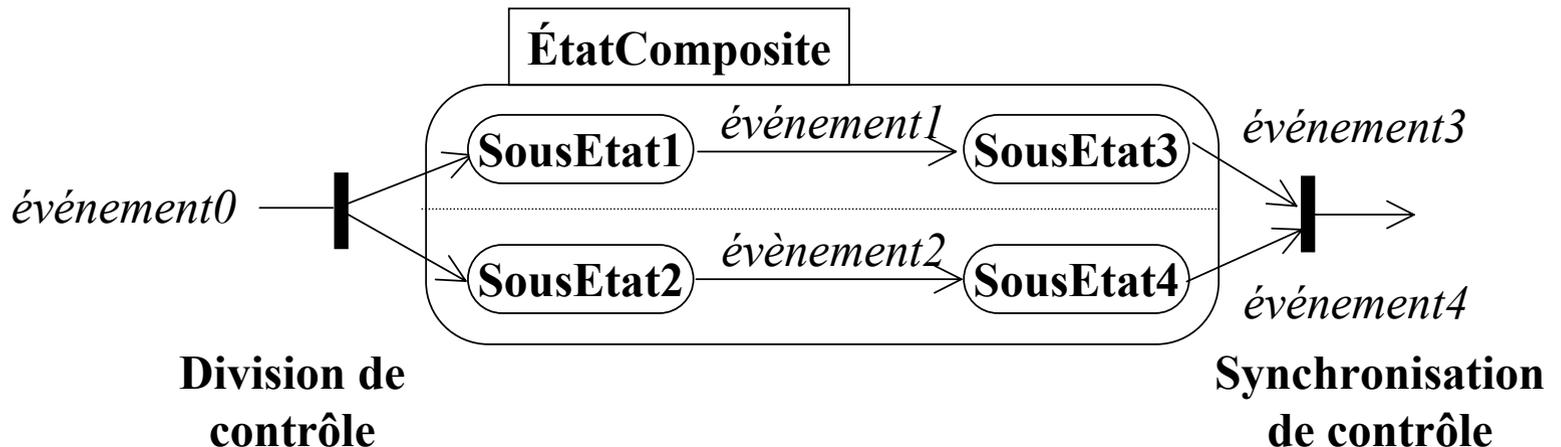
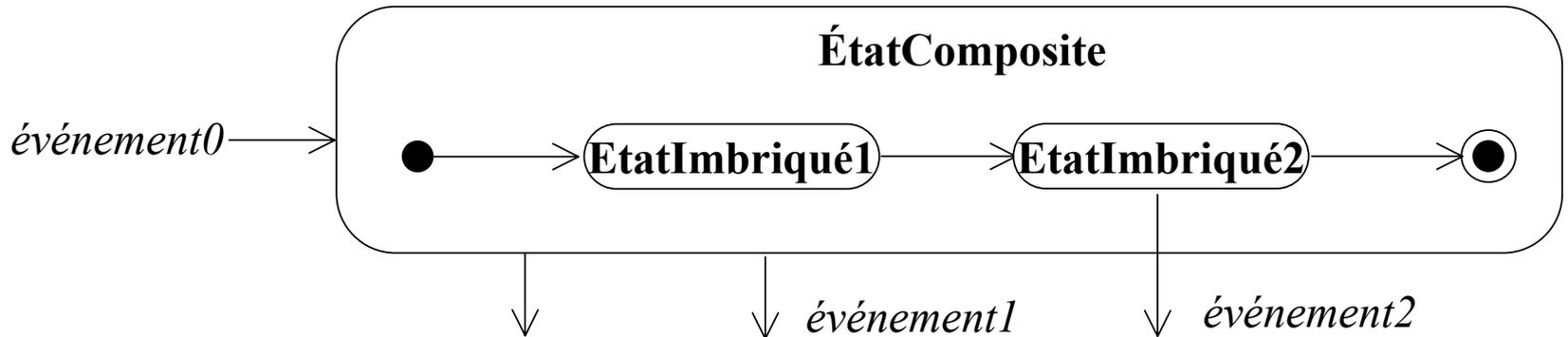


Points d'entrée  
et de sortie



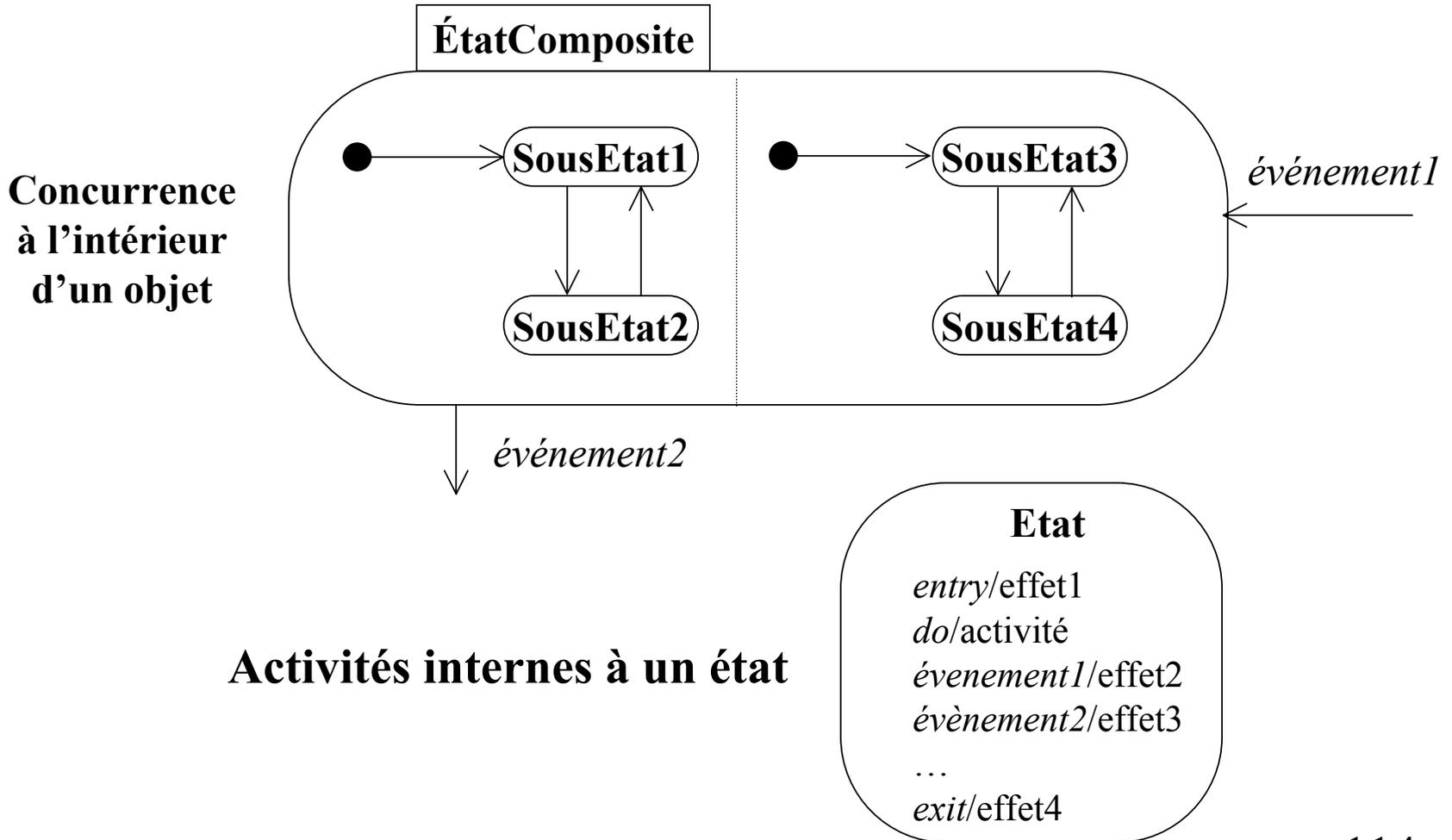
# Résumé des notations (10/16)

## Modèles d'états



# Résumé des notations (11/16)

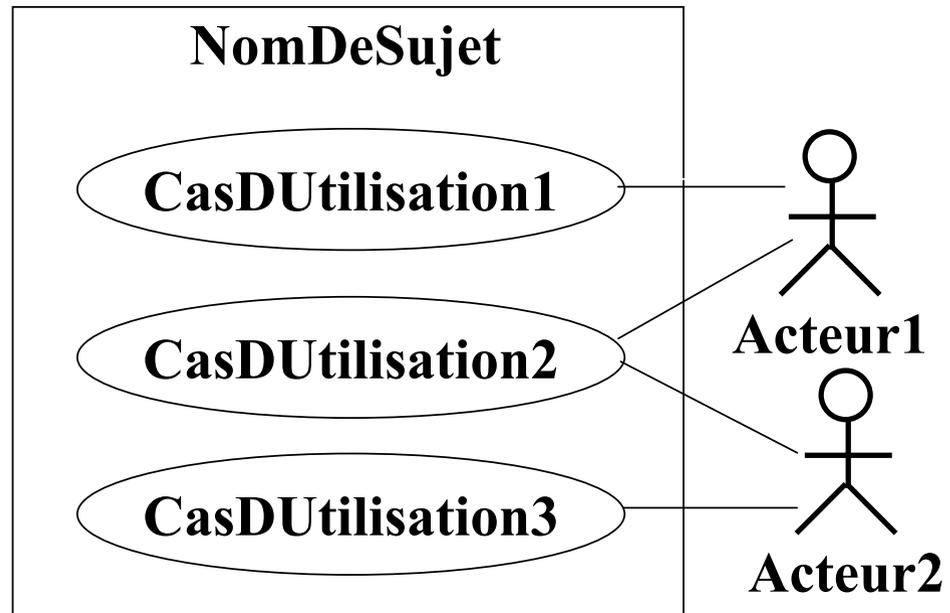
## Modèles d'états



# Résumé des notations (12/16)

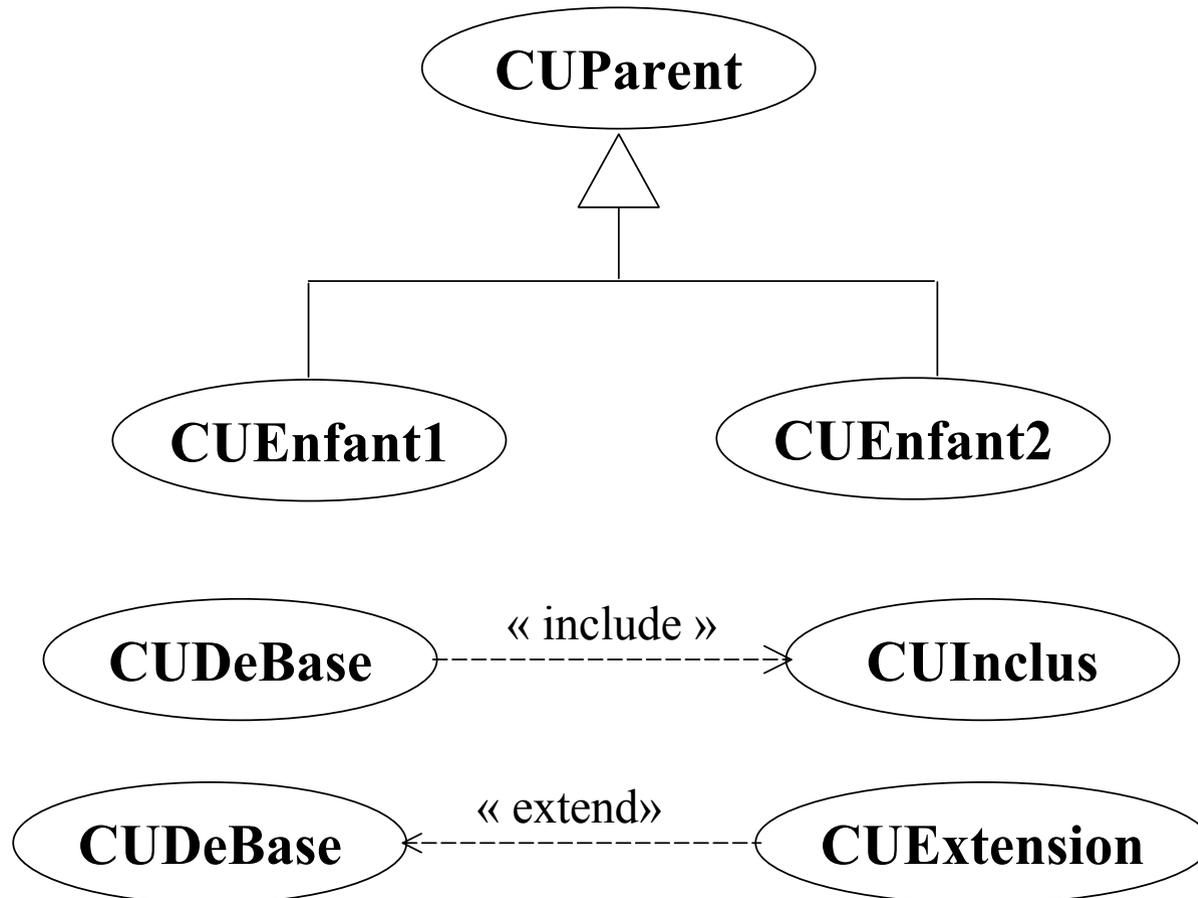
## Modèles d'interactions

**Diagramme  
de cas  
d'utilisation**



# Résumé des notations (13/16)

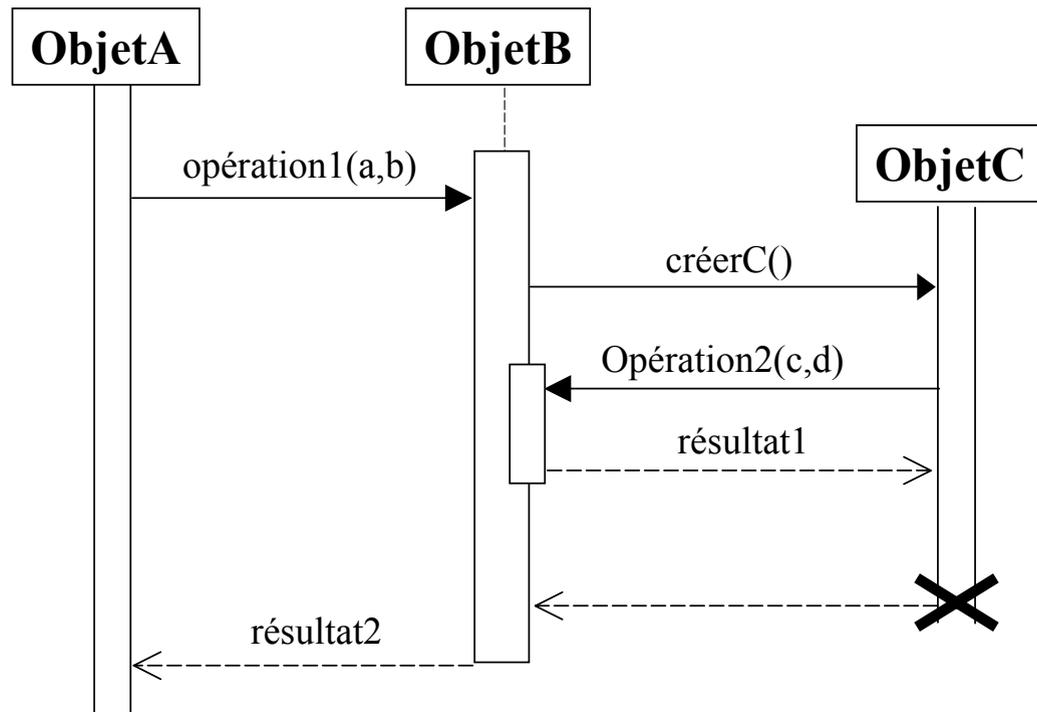
## Modèles d'interactions



# Résumé des notations (14/16)

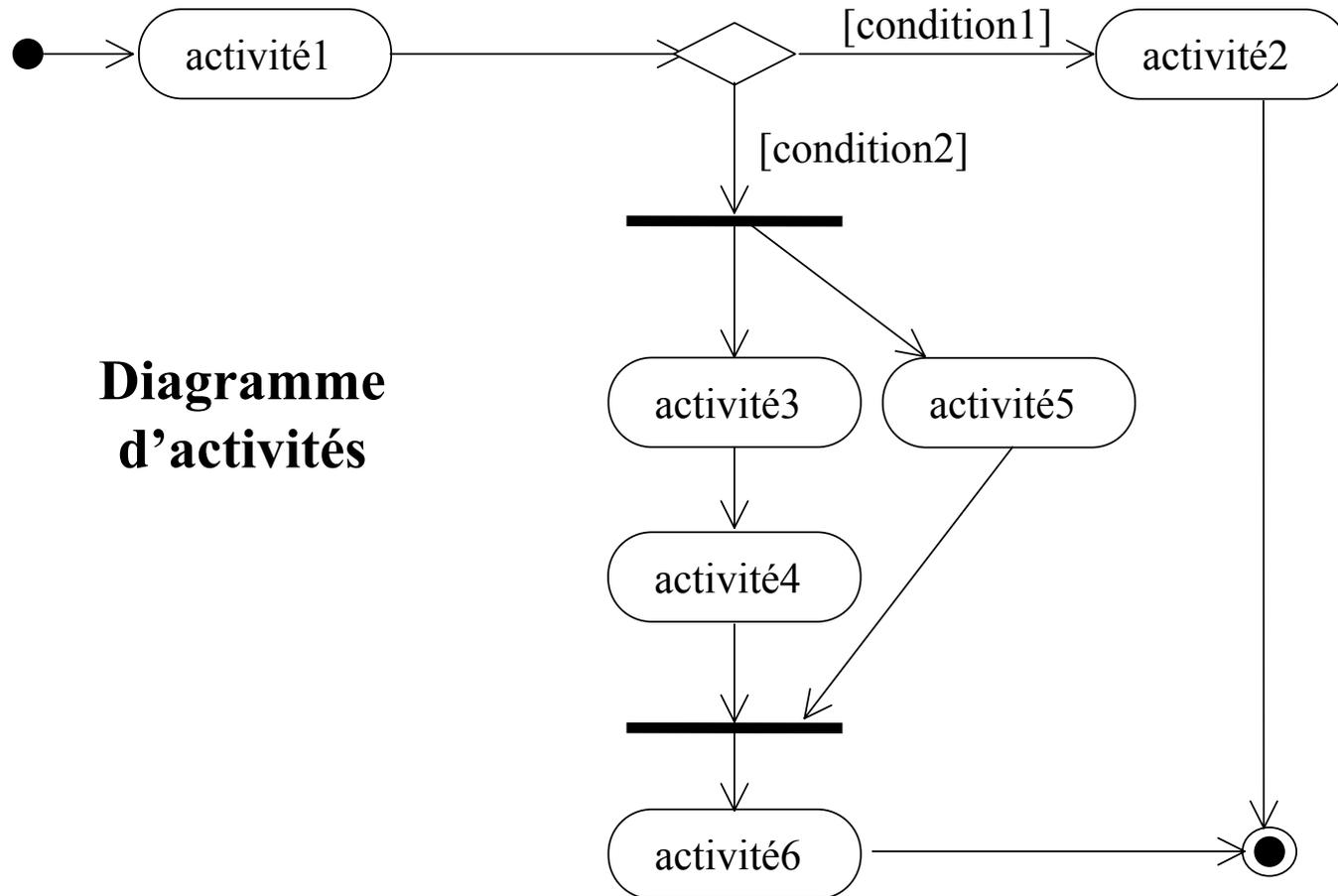
## Modèles d'interactions

Diagramme de séquence



# Résumé des notations (15/16)

## Modèles d'interactions

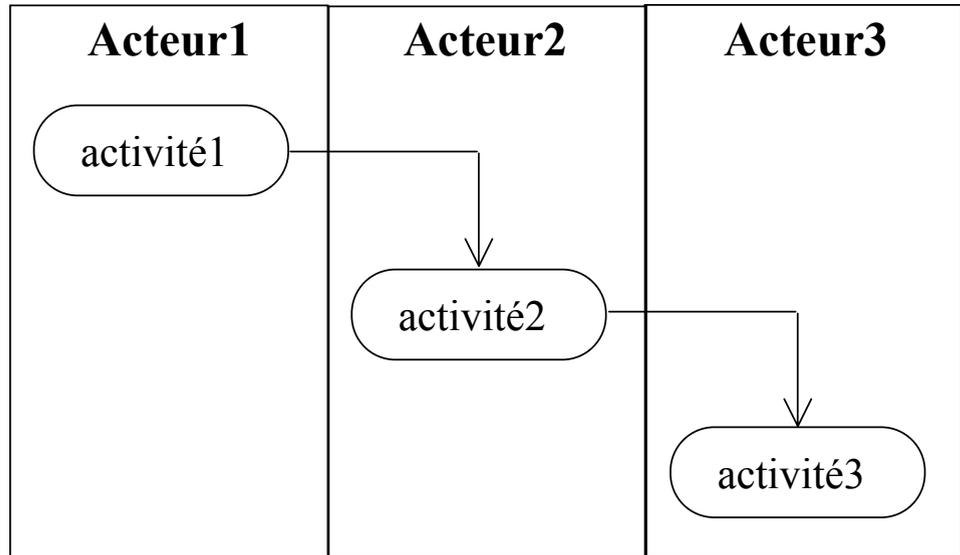


**Diagramme  
d'activités**

# Résumé des notations (16/16)

## Modèles d'interactions

**Diagramme  
d'activités avec  
couloirs d'activités**



**Diagramme  
d'activités  
avec flux  
d'objets**

