

Object Constraint Language (OCL)

Eric Cariou

Université de Bretagne Occidentale

UFR Sciences & Techniques – Département Informatique

Eric.Cariou@univ-brest.fr

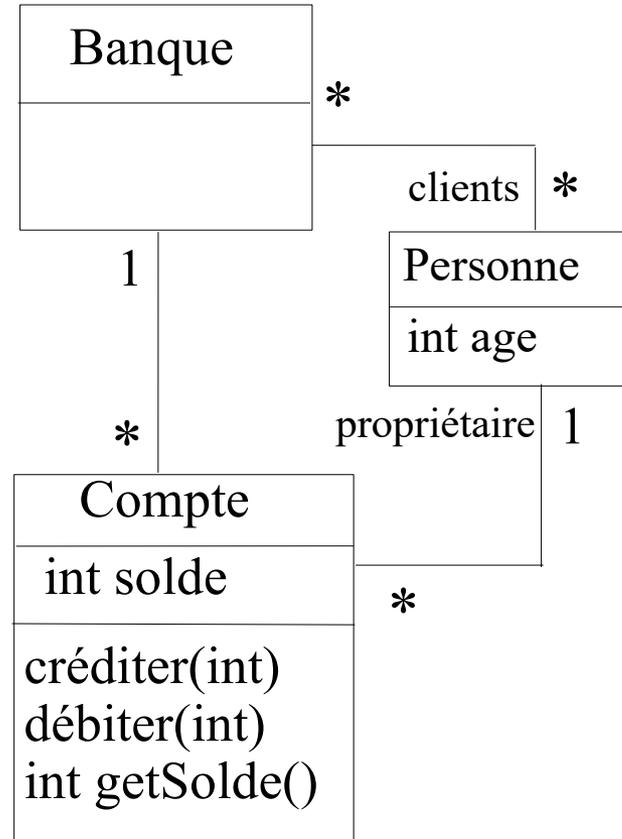
Plan

1. Pourquoi OCL ? Introduction par l'exemple
2. Les principaux concepts d'OCL
3. Exemple d'application sur un autre modèle

Exemple d'application

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

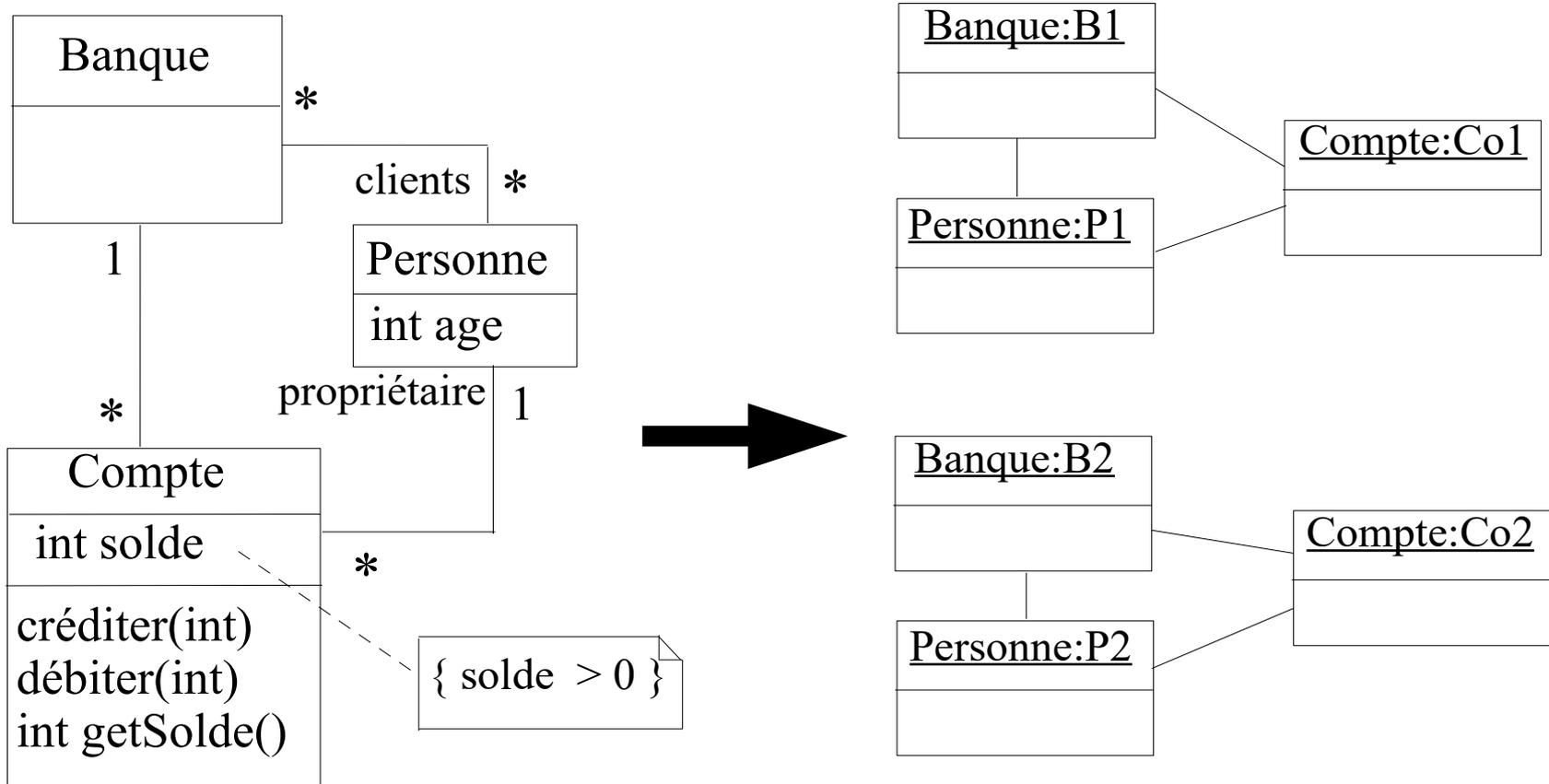
Diagramme de classe



Manque de précision

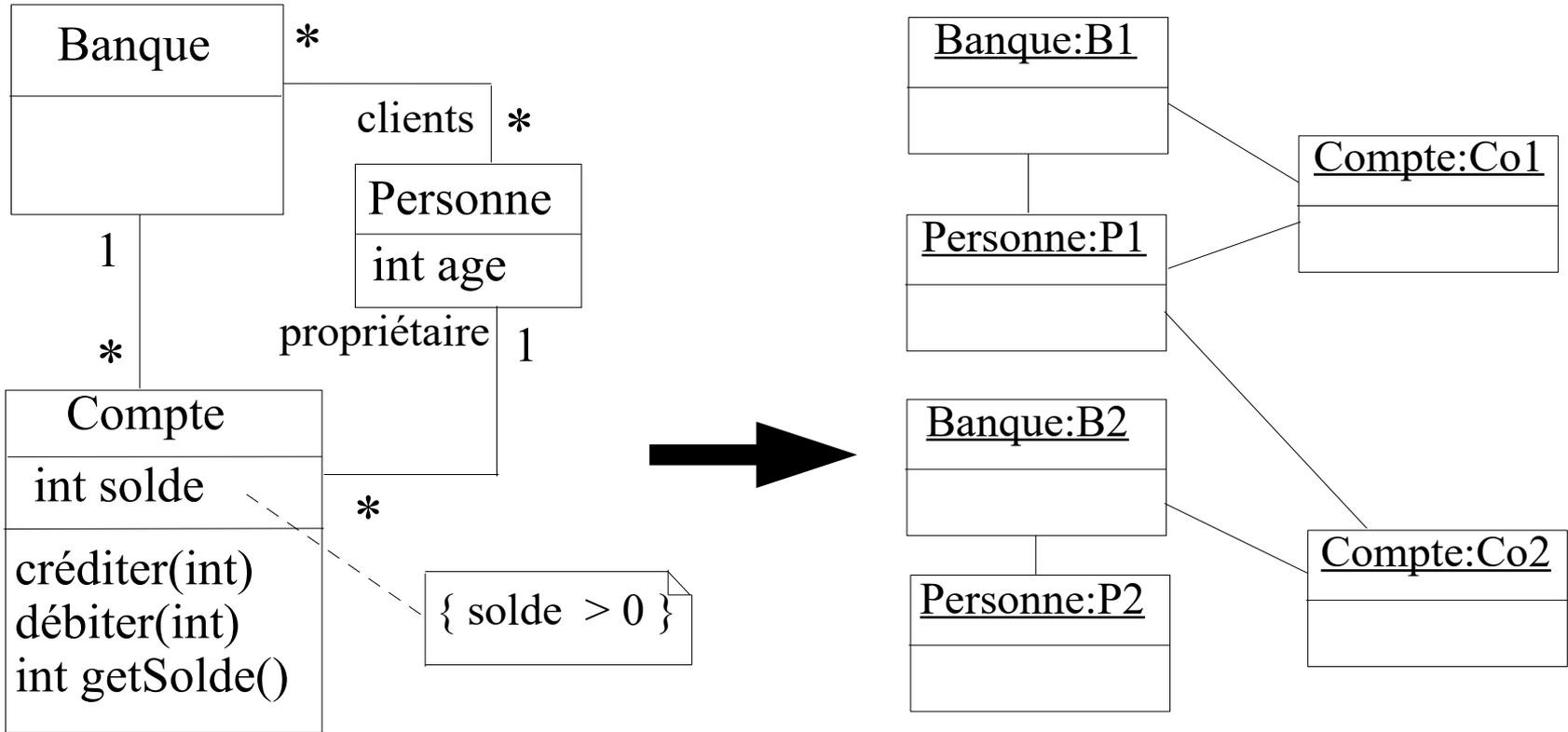
- ◆ Le diagramme de classe ne permet pas d'exprimer tout ce qui est défini dans la spécification informelle
- ◆ Exemple
 - ◆ Le solde d'un compte doit toujours être positif : ajout d'une contrainte sur cet attribut
- ◆ Le diagramme de classe permet-il de détailler toutes les contraintes sur les relations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

Diagramme d'instances



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

Diagramme d'instances



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

Diagrammes UML insuffisants

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

Plan

1. Pourquoi OCL ? Introduction par l'exemple
2. *Les principaux concepts d'OCL*
3. Exemple d'application sur un autre modèle

Le langage OCL

- ◆ Norme de l'OMG
 - ◆ Version courante : 2.4 (2014)
 - ◆ <https://www.omg.org/spec/OCL>
 - ◆ Peut s'appliquer sur tout type de modèle, indépendant d'un langage de modélisation donné
- ◆ OCL permet principalement d'exprimer deux types de contraintes sur l'état d'un ou plusieurs objets
 - ◆ Des invariants qui doivent être respectés en permanence
 - ◆ Des pré et post-conditions pour une opération
 - ◆ Précondition : doit être vérifiée avant l'exécution
 - ◆ Postcondition : doit être vérifiée après l'exécution
- ◆ Attention
 - ◆ Une expression OCL décrit une contrainte à respecter et non pas le « code » d'une méthode

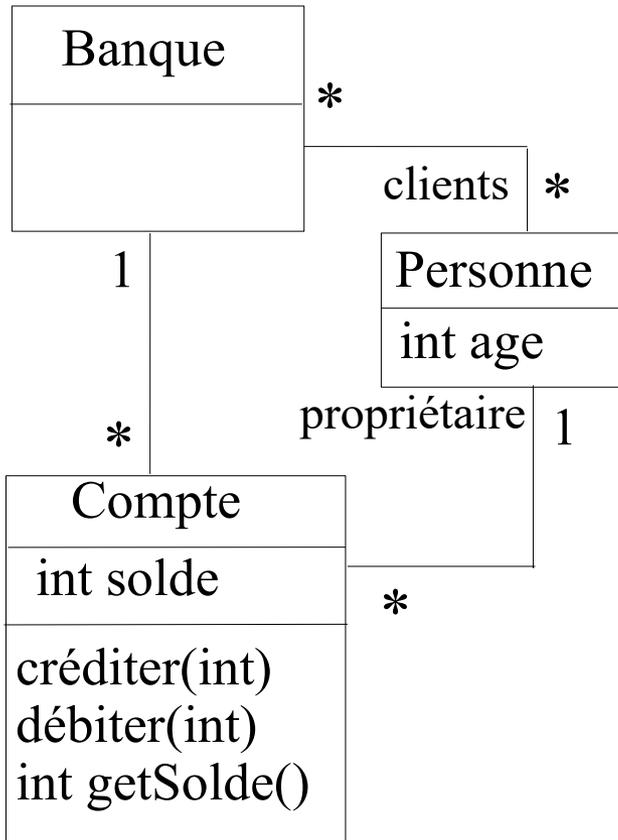
Utilisation d'OCL dans le cadre d'UML

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

Utilisation d'OCL en IDM

- ◆ Définition de méta-modèles en Ecore/EMF
 - ◆ *Well-formedness rules*
 - ◆ Règles de bonne formation définies par des invariants OCL pour compléter la structure du méta-modèle
 - ◆ Permet d'assurer que les modèles sont bien formés
- ◆ Utilisé dans beaucoup d'outils IDM
 - ◆ Permet de faire des requêtes pour filtrer et récupérer des éléments d'un modèle
 - ◆ Dans le cadre de l'UE « programmation générative »
 - ◆ Langage de transformation ATL
 - ◆ Génération de code avec Acceleo

Exemple OCL sur l'application bancaire



context Compte

inv: solde > 0

context Compte::débiter(somme : Integer)

pre: somme > 0

post: solde = solde@pre - somme

context Compte

inv: banque.clients -> includes (propriétaire)

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

Contexte

- ◆ Une expression OCL est toujours définie dans un contexte
 - ◆ Ce contexte est une classe
- ◆ Mot-clé : **context**
- ◆ Exemple
 - ◆ **context** Compte
 - ◆ L'expression OCL s'applique à la classe Compte, c'est-à-dire à toutes les instances de cette classe

Invariants

- ◆ Un invariant exprime une contrainte sur un objet ou un groupe d'objets qui doit être respectée en permanence
- ◆ Mot-clé : **inv**
- ◆ Exemple
 - ◆ **context** Compte
inv: solde > 0
 - ◆ Pour toutes les instances de la classe Compte, l'attribut solde doit toujours être positif

Pré et postconditions

- ◆ Pour spécifier une opération
 - ◆ Précondition : état qui doit être respecté avant l'appel de l'opération
 - ◆ Postcondition : état qui doit être respecté après l'appel de l'opération
 - ◆ Mots-clés : **pre** et **post**
- ◆ Dans la postcondition, deux éléments particuliers sont utilisables
 - ◆ Pseudo-attribut **result** : référence la valeur retournée par l'opération
 - ◆ `mon_attribut@pre` : référence la valeur de *mon_attribut* avant l'appel de l'opération
- ◆ Syntaxe pour préciser la signature de l'opération
 - ◆ `context ma_classe::mon_op(liste_param) : type_retour`

Pré et postconditions

◆ Exemples

◆ **context** Compte::débiter(somme : Integer)

pre: somme > 0

post: solde = solde@pre – somme

- ◆ La somme à débiter doit être positive pour que l'appel de l'opération soit valide
- ◆ Après l'exécution de l'opération, l'attribut solde *doit* avoir pour valeur sa valeur avant l'appel à laquelle a été soustrait la somme passée en paramètre

◆ **context** Compte::getSolde() : Integer

post: result = solde

- ◆ Le résultat retourné doit être le solde courant

◆ Attention

- ◆ On ne décrit pas comment l'opération est réalisée mais des contraintes sur l'état avant et après son exécution

Conception par contrat pour opérations

- ◆ Pre et postconditions permettent de faire une conception par contrat
 - ◆ Contrat passé entre l'appelant d'une opération et l'appelé (celui qui exécute l'opération)
 - ◆ Si l'appelant respecte les contraintes de la précondition alors l'appelé s'engage à respecter la post-condition
 - ◆ Si l'appelant ne respecte pas la précondition, alors le résultat de l'appel est indéfini
- ◆ Pour exemple précédent
 - ◆ Si l'appelant de l'opération *débiter* passe une somme positive en paramètre, alors le compte est bien débité de cette somme

Accès aux objets, navigation

- ◆ Dans une contrainte OCL associée à un objet, on peut
 - ◆ Accéder à l'état interne de cet objet (ses attributs)
 - ◆ Naviguer dans le diagramme : accéder de manière transitive à tous les objets (et leur état) avec qui il est en relation
- ◆ Nommage des éléments pour y accéder
 - ◆ Attributs ou paramètres d'une opération : utilise leur nom directement
 - ◆ Objet(s) en association : on utilise au choix
 - ◆ Le nom de la classe associée (avec la première lettre en minuscule)
 - ◆ Le nom de l'association si elle nommée
 - ◆ Le nom du rôle d'association du côté de la classe vers laquelle on navigue s'il est nommé
- ◆ La navigation retourne
 - ◆ Si cardinalité de 1 pour une association : un objet
 - ◆ Si cardinalité > 1 : une collection d'objets

Accès aux objets, navigation

- ◆ Pseudo-attribut particulier
 - ◆ `self` : référence l'objet de départ, d'où part la navigation
- ◆ Exemples, dans contexte de la classe `Compte`
 - ◆ `solde` : attribut référencé directement
 - ◆ `banque` : objet de la classe `Banque` (référence via le nom de la classe) associé au compte
 - ◆ `propriétaire` : objet de la classe `Personne` (référence via le nom de rôle d'association) associée au compte
 - ◆ `banque.clients` : ensemble des clients de la banque associée au compte (référence par transitivité)
 - ◆ `banque.clients.age` : ensemble des âges de tous les clients de la banque associée au compte
- ◆ Le propriétaire d'un compte doit avoir plus de 18 ans
 - ◆ **context** `Compte`
inv: `self.propriétaire.age >= 18`

Opérations sur objets et collections

- ◆ OCL propose un ensemble de primitives utilisables sur les collections
 - ◆ `size()` : retourne le nombre d'éléments de la collection
 - ◆ `isEmpty()` : retourne vrai si la collection est vide
 - ◆ `notEmpty()` : retourne vrai si la collection n'est pas vide
 - ◆ `count(obj)` : le nombre d'occurrences de l'objet `obj` dans la collection
 - ◆ `includes(obj)` : vrai si la collection inclut l'objet `obj`
 - ◆ `excludes(obj)` : vrai si la collection n'inclut pas l'objet `obj`
 - ◆ `including(obj)` : la collection référencée doit être cette collection en incluant l'objet `obj`
 - ◆ `excluding(obj)` : idem mais en excluant l'objet `obj`
 - ◆ `includesAll(col)` : la collection contient tous les éléments de la collection `col`
 - ◆ `excludesAll(col)` : la collection ne contient aucun des éléments de la collection `col`
- ◆ Syntaxe d'utilisation : *objetOuCollection -> primitive*

Opérations sur objets et collections

- ◆ Exemples, invariants dans le contexte de la classe Compte
 - ◆ propriétaire -> size() = 1 : le nombre d'objets Personne associés à un compte est de 1
 - ◆ Vrai par principe à cause de la cardinalité de 1 qui doit être respectée
 - ◆ On manipule ici un objet (cardinalité de 1) comme une collection contenant l'objet
 - ◆ banque.clients -> size() >= 1 : une banque a au moins un client
 - ◆ banque.clients -> includes(self.propriétaire) : l'ensemble des clients de la banque associée au compte contient le propriétaire du compte
 - ◆ banque.clients.compte -> includes(self) : le compte appartient à un des clients de sa banque

Opérations sur objets et collections

- ◆ Autre exemple
 - ◆ Un nouveau compte est créé pour une personne. La banque doit gérer ce nouveau compte. Le client passé en paramètre doit posséder ce compte. Le nouveau compte est retourné par l'opération.
 - ◆ **context** Banque::creerCompte(p : Personne) : Compte
post: result.oclIsNew() **and**
compte = compte@pre -> including(result) **and**
p.compte = p.compte@pre -> including(result)
- ◆ Il n'est pas utile de rajouter les contraintes
result.propretaire = p **and** result.banque = self
- ◆ En effet, les associations ici sont bidirectionnelles
 - ◆ Si un compte appartient à un ensemble de comptes d'une banque, ce compte est associé par principe à cette banque
 - ◆ Si un compte appartient à un ensemble de comptes d'une personne, ce compte a par principe cette personne comme propriétaire

Opérations sur objets et collections

- ◆ `oclIsNew()`
 - ◆ Primitive indiquant qu'un objet doit être créé pendant l'appel de l'opération
 - ◆ Ne peut être utilisé que dans une postcondition
- ◆ `and`
 - ◆ « et logique » : l'invariant, pré ou postcondition est vrai si toutes les expressions reliées par le « and » sont vraies
 - ◆ Il existe en OCL les autres opérateurs logiques classiques que l'on combine comme on veut : `or`, `not`, `xor`
 - ◆ Possibilité de parenthéser pour changer les priorités ou éviter des ambiguïtés

Relations ensemblistes entre deux collections

- ◆ union : l'union des deux collections
- ◆ intersection : l'intersection des deux collections
- ◆ - : la collection en y retirant les éléments qui se trouvaient aussi dans l'autre collection
- ◆ symmetricDifference : la collection qui contient les éléments n'existant que dans une des deux collections
- ◆ Exemples
 - ◆ $(col1 -> intersection(col2)) -> isEmpty()$
 - ◆ Renvoie vrai si les collections *col1* et *col2* n'ont pas d'élément en commun
 - ◆ $col1 = col2 -> union(col3)$
 - ◆ La collection *col1* doit être l'union des éléments de *col2* et de *col3*

_filtre de collections

- ◆ A partir d'une collection, on peut en récupérer une sous-partie ou une autre collection
- ◆ Primitives offrant ces services et s'appliquant sur une collection *col*
 - ◆ `select` : retourne le sous-ensemble de la collection *col* dont les éléments respectent la contrainte spécifiée
 - ◆ `reject` : idem mais ne garde que les éléments ne respectant pas la contrainte
 - ◆ `collect` : retourne une collection (de taille identique) construite à partir des éléments de *col*. Le type des éléments contenus dans la nouvelle collection peut être différent de celui des éléments de *col*.
 - ◆ `collectNested` : idem que `collect` sauf qu'en cas de collections imbriquées retournées, `collect` fait une mise à plat et pas `collectNested`
 - ◆ `sortedBy` : retourne la même collection mais avec les éléments triés selon l'expression passée en paramètre
 - ◆ `any` : retourne un objet de la collection qui respecte l'expression passée en paramètre

Contraintes sur éléments d'une collection

- ◆ OCL permet de vérifier des contraintes sur les éléments d'une collection
- ◆ Primitives offrant ces services et s'appliquant sur une collection *col*
 - ◆ `exists` : retourne vrai si au moins un élément de *col* respecte la contrainte spécifiée et faux sinon
 - ◆ `forall` : retourne vrai si tous les éléments de *col* respectent la contrainte spécifiée (pouvant impliquer à la fois plusieurs éléments de la collection)
 - ◆ `one` : retourne vrai si un et un seul des éléments de *col* respecte la contrainte spécifiée
 - ◆ `isUnique` : réalise un `collect` puis retourne vrai si tous les éléments de la nouvelle collection sont différents

Opérations sur éléments d'une collection

- ◆ Syntaxe des opérations citées : 3 usages
 - ◆ `collection -> primitive(expression)`
 - ◆ La primitive s'applique aux éléments de la collection et pour chacun d'entre eux, l'expression *expression* est vérifiée. On accède implicitement aux attributs/rerelations d'un élément.
 - ◆ `collection -> primitive(elt : type | expression)`
 - ◆ On fait explicitement apparaître le type des éléments de la collection (ici *type*). On accède aux attributs/rerelations de l'élément courant en utilisant *elt* (c'est la référence sur l'élément courant)
 - ◆ `collection -> primitive(elt | expression)`
 - ◆ On nomme l'attribut courant (*elt*) mais sans préciser son type

Opérations sur éléments d'une collection

- ◆ Dans le contexte de la classe Banque
 - ◆ `compte -> select(c | c.solde > 1000)`
 - ◆ Retourne une collection contenant tous les comptes bancaires dont le solde est supérieur à 1000 €
 - ◆ `compte -> reject(solde > 1000)`
 - ◆ Retourne une collection contenant tous les comptes bancaires dont le solde n'est pas supérieur à 1000 €
 - ◆ `compte -> collect(c : Compte | c.solde)`
 - ◆ Retourne une collection contenant l'ensemble des soldes de tous les comptes
 - ◆ `compte -> select(solde > 1000) -> collect(c | c.solde)`
 - ◆ Retourne une collection contenant tous les soldes des comptes dont le solde est supérieur à 1000 €

Opérations sur éléments d'une collection

- ◆ **context** Banque
inv: not (clients -> exists (age < 18))
 - ◆ Il n'existe pas de clients de la banque dont l'age est inférieur à 18 ans
 - ◆ Peut aussi s'écrire :
context Banque **inv:** clients -> forAll (c | c.age >= 18)
- ◆ **context** Personne **inv:**
Personne.allInstances() -> forAll(p1, p2 |
p1 <> p2 **implies** p1.nom <> p2.nom)
 - ◆ Le forAll à deux variables va former tous les combinaisons possibles de 2 éléments de la collection et vérifier la contrainte pour chaque couple
 - ◆ Deux personnes différentes ont un nom différent
 - ◆ allInstances()
 - ◆ Primitive s'appliquant sur une classe (et non pas un objet) et retournant toutes les instances de la classe référencée (ici la classe Personne)

Types OCL : types de base

- ◆ Types de base et exemples d'opérations associées
 - ◆ Integer
 - ◆ 1, -2, 145
 - ◆ *, +, -, /, abs()
 - ◆ Real
 - ◆ 1.5, -123.4
 - ◆ *, +, -, /, floor()
 - ◆ String
 - ◆ 'bonjour'
 - ◆ concat(), size(), substring()
 - ◆ Boolean
 - ◆ true, false
 - ◆ and, or, not, xor, implies, if-then-else
 - ◆ La plupart des expressions OCL sont de types Boolean
 - ◆ Notamment les expressions formant les inv, pre et post

Types OCL : types de collection

- ◆ 4 types de collections
 - ◆ Set : ensemble au sens mathématique, pas de doublons, pas d'ordre
 - ◆ OrderedSet : idem mais avec ordre (les éléments ont une position dans l'ensemble)
 - ◆ Bag : comme un Set mais avec possibilité de doublons
 - ◆ Sequence : un Bag dont les éléments sont ordonnés
- ◆ Exemples :
 - ◆ { 1, 4, 3, 5 } : Set(Integer)
 - ◆ { 1, 4, 1, 3, 5, 4 } : Bag(Integer)
- ◆ Notes
 - ◆ Un collect renvoie un Bag, un sortBy un OrderedSet
 - ◆ Possibilité de transformer un type de collection en un autre type de collection avec opérations OCL dédiées

Opérations sur collections ordonnées

- ◆ `first()` : le premier élément de la collection
- ◆ `last()` : le dernier élément de la collection
- ◆ `at(index : Integer)` : l'élément de la collection se trouvant en position *index*
- ◆ `indexOf(elt)` : la position de l'élément *elt* dans la collection
- ◆ `append(elt)` : la collection augmentée de l'élément *elt* placé à la fin
- ◆ `prepend(elt)` : la collection augmentée de l'élément *elt* placé au début
- ◆ `insertAt(index : Integer, elt)` : la collection augmentée de l'élément *elt* placé à la position *index*
- ◆ `subOrderedSet(lower : Integer, upper : Integer)` : l'ordered set contenant les éléments de la position *lower* à *upper* à partir d'un ordered set
- ◆ `subSequence(lower : Integer, upper : Integer)` : la séquence contenant les éléments de la position *lower* à *upper* à partir d'une séquence
- ◆ `reverse()` : la même collection mais avec les éléments inversés en position

Types OCL : types de collection

- ◆ Collections imbriquées
 - ◆ Via navigation, on peut récupérer des collections ayant pour éléments d'autres collections
 - ◆ Deux modes de manipulation
 - ◆ Explicitement comme une collection de collections [de collections ...]
 - ◆ Collection unique : on « aplatit » le contenu de toutes les collections imbriquées en une seule à un seul niveau
 - ◆ Opération `flatten()` pour aplatir une collection de collections
- ◆ Tuples/n-uplet
 - ◆ Données contenant plusieurs champs
 - ◆ Ex: `Tuple { nom:String = 'toto', age:Integer = 21 }`
 - ◆ Peut manipuler ce type de données en OCL

Types OCL : conformance de types

- ◆ Conformance de type
 - ◆ Prise en compte des spécialisations entre classes du modèle
 - ◆ Opérations OCL dédiées à la gestion des types
 - ◆ `oclIsTypeOf(type)` : vrai si l'objet est du type *type*
 - ◆ `oclIsKindOf(type)` : vrai si l'objet est du type *type* ou un de ses sous-types
 - ◆ `oclAsType(type)` : l'objet est « casté » en type *type*
- ◆ Types internes à OCL
 - ◆ Conformance entre les types de collection
 - ◆ Collection est le super-type de Set, Bag et Sequence
 - ◆ Conformance entre collection et types des objets contenus
 - ◆ `Set(T1)` est conforme à `Collection(T2)` si T1 est sous-type de T2 ...
 - ◆ Integer est un sous-type de Real

Conditionnelles

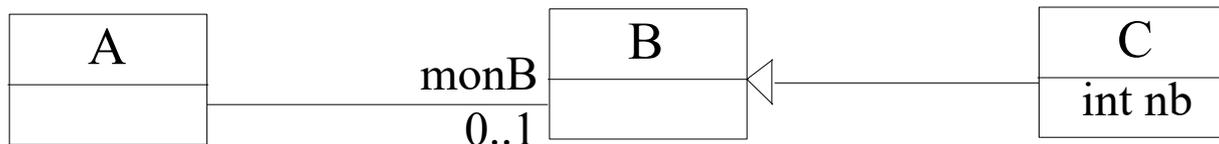
- ◆ Certaines contraintes sont dépendantes d'autres contraintes
- ◆ Deux formes pour gérer cela
 - ◆ **if** *expr1* **then** *expr2* **else** *expr3* **endif**
 - ◆ Si l'expression *expr1* est vraie alors *expr2* doit être vraie sinon *expr3* doit être vraie
 - ◆ *expr1* **implies** *expr2*
 - ◆ Si l'expression *expr1* est vraie, alors *expr2* doit être vraie également.
 - ◆ Si *expr1* est fausse, alors l'expression complète est vraie
- ◆ Il n'existe pas de **if ... then** sans la branche **else**
 - ◆ Il faut utiliser le **implies** pour cela

Conditionnelles

- ◆ **context** Personne **inv**:
if age < 18
then compte -> isEmpty()
else compte -> notEmpty()
endif
- ◆ Une personne de moins de 18 ans n'a pas de compte bancaire alors qu'une personne de plus de 18 ans possède au moins un compte
- ◆ **context** Personne **inv**:
compte -> notEmpty() **implies** banque -> notEmpty()
- ◆ Si une personne possède au moins un compte bancaire, alors elle est cliente d'au moins une banque

Associations en cardinalité 0..1

- ◆ Avec une cardinalité 0..1, il y a soit au bout de l'association un objet ou rien
- ◆ `oclIsUndefined()` : retourne vrai si l'objet n'existe pas, faux sinon
- ◆ `oclIsDefined()` n'existe pas !
- ◆ Exemple
- ◆ Si un objet de type *A* a sa référence vers un objet de type *B* positionnée, on vérifie si ce *B* est un *C* que son attribut *nb* est positif



context A inv:

not self.monB.oclIsUndefined() implies

(self.monB.oclIsTypeOf(C) implies

self.monB.oclAsType(C).nb > 0)

Commentaires et nommage de contraintes

◆ Commentaire en OCL : utilisation de --

◆ Exemple

context Personne **inv**:

if age < 18 -- vérifie age de la personne

then compte -> isEmpty() -- pas majeur : pas de compte

else compte -> notEmpty() -- majeur : doit avoir au moins un compte

endif

◆ On peut nommer des contraintes

◆ Exemple

◆ **context** Compte

inv soldePositif: solde > 0

◆ **context** Compte::débitier(somme : Integer)

pre sommePositive: somme > 0

post sommeDébitée: solde = solde@pre - somme

Variables

- ◆ Pour faciliter l'utilisation de certains attributs ou calculs de valeurs on peut définir des variables
- ◆ Dans une contrainte OCL : `let ... in ...`
 - ◆ **context** Personne
inv: `let argent = compte.solde -> sum() in age >= 18 implies argent > 0`
 - ◆ Une personne majeure doit avoir de l'argent
 - ◆ `sum()` : fait la somme de tous les objets de la collection
- ◆ Pour l'utiliser partout : `def`
 - ◆ **context** Personne
def: `argent : Integer = compte.solde -> sum()`
 - ◆ **context** Personne
inv: `age >= 18 implies self.argent > 0`

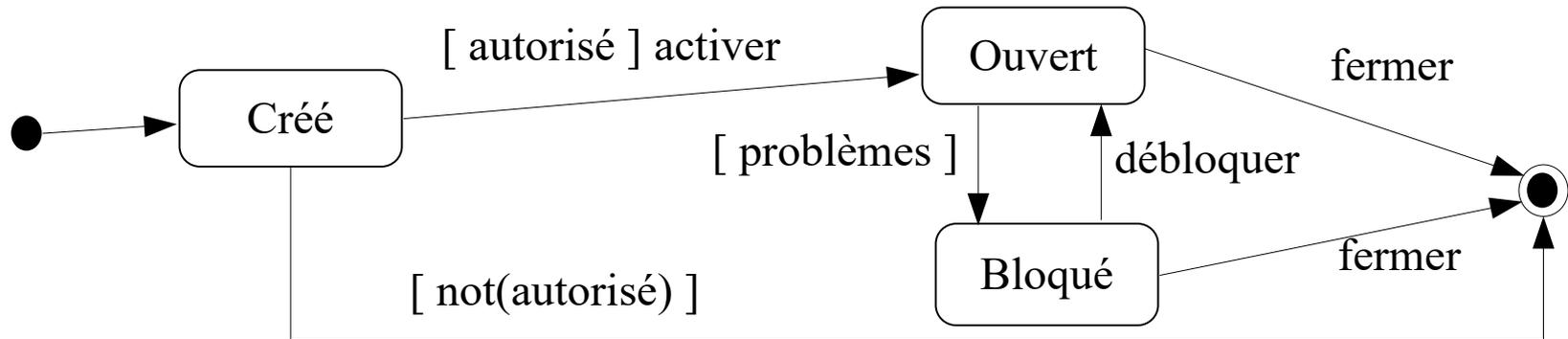
Définition de fonctions de type query

- ◆ Opérateur « def » permet également de définir des fonctions d'interrogation du modèle (query)
 - ◆ Avec paramètres et type de retour au besoin
 - ◆ Pour faciliter la navigation et la sélection d'éléments sur le modèle
- ◆ Exemple: les comptes dont le solde est supérieur à une certaine somme *val*
 - ◆ **context** Banque **def:** soldesSup(val : Integer) : Set(Compte) = self.comptes -> select (c | c.solde > val)
 - ◆ S'utilise ensuite comme une opération de la classe Banque dont on se sert pour écrire une contrainte
 - ◆ **context** Banque
inv: self.soldesSup(1000) -> notEmpty()

Gestion attributs/opérations d'une classe

- ◆ Peut utiliser une opération d'une classe dans une contrainte
 - ◆ Si pas d'effets de bords (de type « query »)
 - ◆ Car une contrainte OCL exprime une contrainte sur un état mais ne précise pas qu'une action a été effectuée
 - ◆ Exemple
 - ◆ **context** Banque
 - inv:** compte -> forAll(c | c.getSolde() > 0)
 - ◆ getSolde() est une opération de la classe Compte. Elle calcule une valeur mais sans modifier l'état d'un compte
 - ◆ On définit alors en OCL la valeur retournée par cette opération
 - context** Banque::getSolde() : Integer
 - body:** self.solde
- ◆ Pour les attributs
 - ◆ Peut définir leur valeur initiale (init) ou un attribut dérivé (derive)
 - ◆ Exemple : 50€ offerts par la banque à la création d'un compte
 - context** Compte::solde
 - init:** 50

Liens avec diagrammes d'états



- ◆ Possibilité de référencer un état d'un diagramme d'états associé à l'objet
 - ◆ `oclInState(etat)` : vrai si l'objet est dans l'état *etat*
 - ◆ Pour sous-états : *etat1::etat2* si *etat2* est un état interne de *etat1*
- ◆ Exemple
 - ◆ **context** `Compte::débitier(somme : Integer)`
pre: `somme > 0 and self.oclInState(Ouvert)`
 - ◆ L'opération `débitier` ne peut être appelée que si le compte est dans l'état ouvert

Liens avec diagrammes d'états

- ◆ On ne peut pas avoir plus de 5 comptes ouverts dans une même banque

context Compte::activer()

pre: self.oclInState(Créé) **and**

proprietaire.compte -> select(c |
self.banque = c.banque) -> size() < 5

post: self.oclInState(Ouvert)

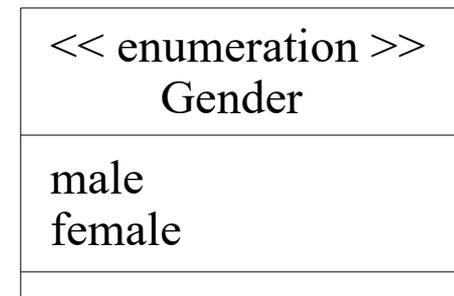
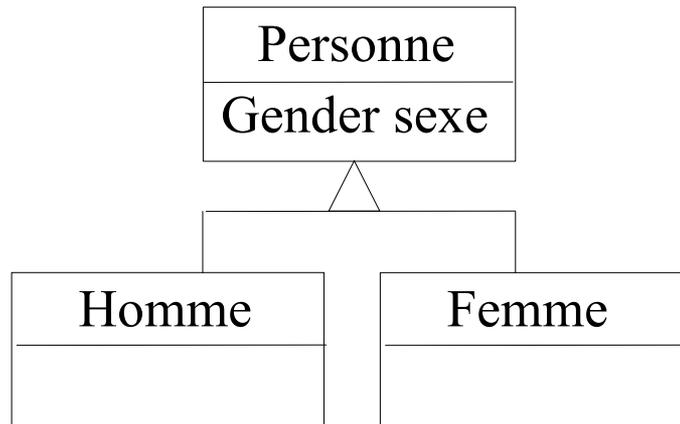
- ◆ On peut aussi exprimer la garde [autorisé] en OCL

- ◆ **context** Compte

def: autorisé : Boolean = proprietaire.compte -> select(c |
self.banque = c.banque) -> size() < 5

Énumération

- ◆ Utilisation d'une valeur d'une énumération
 - ◆ *NomEnum::valeur*
 - ◆ Ancienne notation : *#valeur*



- ◆ **context** Homme
inv: sexe = Gender::male
- ◆ **context** Femme
inv: sexe = #female

Propriétés

- ◆ De manière générale en OCL, une propriété est un élément pouvant être
 - ◆ Un attribut
 - ◆ Un bout d'association
 - ◆ Une opération ou méthode de type requête
- ◆ Accède à la propriété d'un objet avec « . »
 - ◆ Exemples
 - ◆ **context** Compte **inv**: self.solde > 0
 - ◆ **context** Compte **inv**: self.getSolde() > 0
- ◆ Accède à la propriété d'une collection avec « -> »
 - ◆ On peut utiliser « -> » également dans le cas d'un objet (= collection d'1 objet)

Accès aux attributs pour les collections

- ◆ Accès à un attribut sur une collection
 - ◆ Exemple dans contexte de Banque :
compte.solde
 - ◆ Renvoie l'ensemble des soldes de tous les comptes
- ◆ Forme raccourcie et simplifiée de
 - ◆ compte -> collect (solde)

Propriétés prédéfinies en OCL

◆ Pour objets

- ◆ `oclIsTypeOf(type)` : l'objet est du type *type*
- ◆ `oclIsKindOf(type)` : l'objet est du type *type* ou un de ses sous-types
- ◆ `oclInState(etat)` : l'objet est dans l'état *état*
- ◆ `oclIsNew()` : l'objet est créé pendant l'opération
- ◆ `oclAsType(type)` : l'objet est « casté » en type *type*
- ◆ `oclIsUndefined()` : la propriété (association par exemple) n'a pas été initialisée (équivalent d'un « null »)

◆ Pour collections

- ◆ `isEmpty()`, `notEmpty()`, `size()`, `sum()`
- ◆ `includes()`, `excludes()`, `includingAll()` ...
- ◆ ...

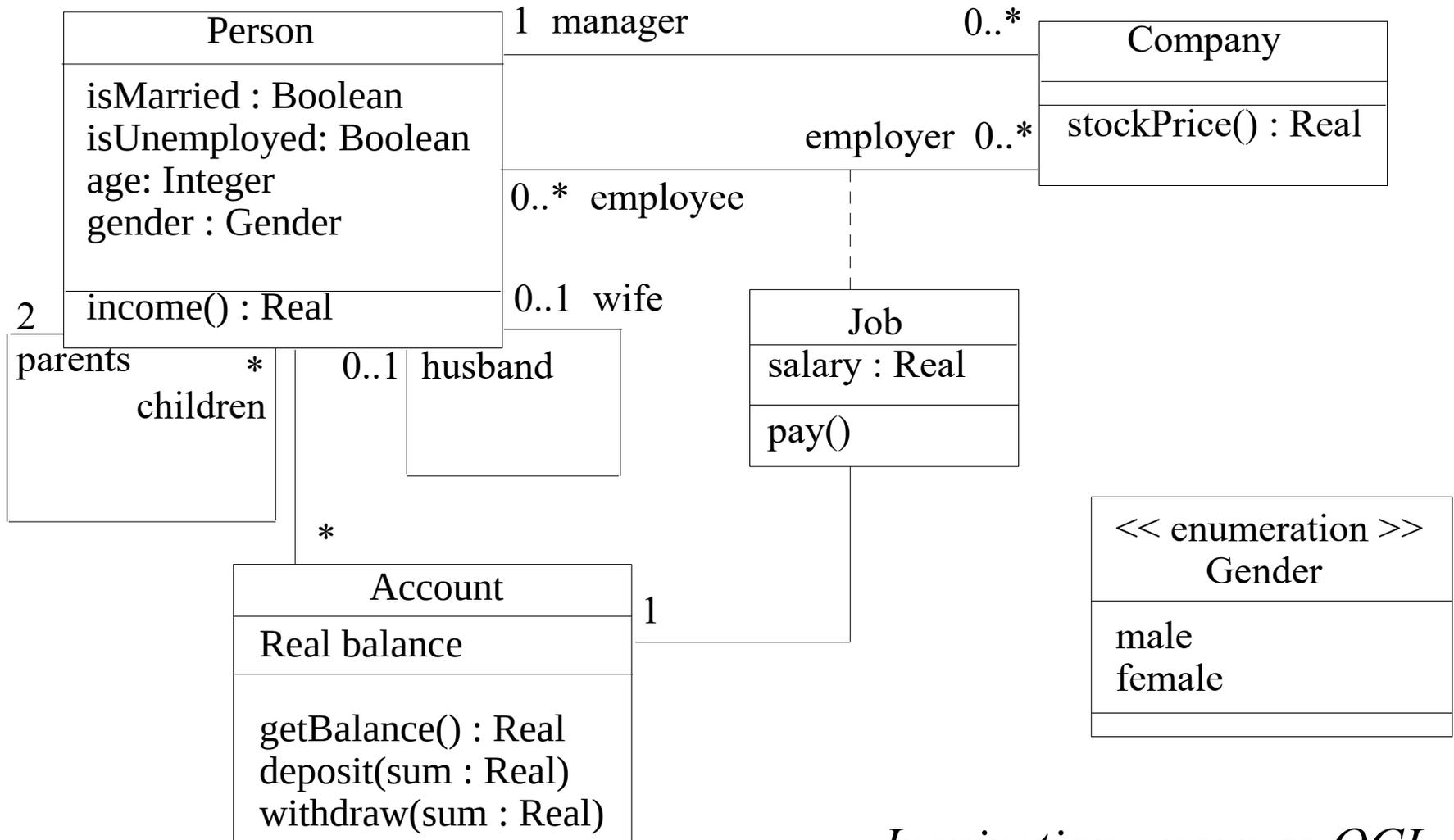
Règles de précedence

- ◆ Ordre de précedence pour les opérateurs/primitives du plus au moins prioritaire
 - ◆ @pre
 - ◆ . et ->
 - ◆ not et -
 - ◆ * et /
 - ◆ + et -
 - ◆ if then else endif
 - ◆ >, <, <= et >=
 - ◆ = et <>
 - ◆ and, or et xor
 - ◆ implies
- ◆ Parenthèses permettent de changer cet ordre

Plan

1. Pourquoi OCL ? Introduction par l'exemple
2. Les principaux concepts d'OCL
3. *Exemple d'application sur un autre modèle*

Diagramme de classe



Inspiration : normes OCL

Contraintes sur employés d'une compagnie

- ◆ Dans une compagnie, un manager doit travailler et avoir plus de 40 ans
- ◆ Le nombre d'employé d'une compagnie est non nul

context Company

inv:

self.manager.isUnemployed = false **and**
self.manager.age > 40 **and**
self.employee -> notEmpty()

Lien salaire/chomage pour une personne

- ◆ Une personne considérée comme au chômage ne doit pas avoir des revenus supérieurs à 500 €

context Person **inv:**

let money : Real = self.job.salary->sum() **in**

if isUnemployed **then**

 money < 500

else

 money >= 500

endif

Embauche d'un nouvel employé

- ◆ Un employé qui est embauché n'appartenait pas déjà à la compagnie

context Company::hireEmployee(p : Person)

post:

employee = employee@pre -> including(p) **and**
employee@pre -> excludes(p) **and**
stockPrice() = stockPrice()@pre + 10

- ◆ Équivalent (ou presque) à

context Company::hireEmployee(p : Person)

pre: employee -> excludes(p)

post:

employee -> includes(p) **and**
stockPrice() = stockPrice()@pre + 10

Revenus selon l'age

- ◆ Selon l'age de la personne, ses revenus sont
 - ◆ 1% des revenus des parents quand elle est mineure (argent de poche)
 - ◆ Ses salaires quand elle est majeure

```
context Person::income() : Real
body:
if age < 18 then
    (parents.job.salary -> sum()) * 1%
else
    self.job.salary -> sum()
endif
```

Versement salaire

- ◆ Salaire payé :
context Job::pay()
post: account.balance = account.balance@pre + salary
- ◆ Depuis OCL 2.0 : peut aussi préciser que l'opération *deposit* doit être appelée
- ◆ **context** Job::pay()
post: account ^ deposit(salary)
- ◆ *objet ^ operation(param1, ...)* : renvoie vrai si un message *operation* est envoyé à *objet* avec la liste de paramètres précisée (si pas de valeur particulière : utilise « ? : type »)
- ◆ Note
 - ◆ On s'éloigne des principes d'OCL (langage de contraintes et pas d'actions) et généralement exprimable en UML avec diagrammes d'interactions (séquence, collaboration)
 - ◆ Néanmoins, permet ici de retrouver le principe d'encapsulation en objet : l'attribut *balance* d'un compte n'est normalement pas accessible directement

Contraintes sur les parents/enfants

- ◆ Un enfant a un père et une mère biologiques

context Person

def: parent1 = parents -> asSequence() -> at(0)

def: parent2 = parents -> asSequence() -> at(1)

context Person

inv:

if parent1.gender = #male

then -- parent1 est un homme

 parent2.gender = #female

else -- parent1 est une femme

 parent2.gender = #male

endif

Contraintes de mariage

- ◆ Mariage hétérosexuel seulement ici : on vérifie qu'un homme a une épouse de sexe féminin et inversement
- ◆ Pour être marié, il faut avoir plus de 18 ans

```
context Person def: conjoint : Person =  
if self.husband.oclIsUndefined()  
then self.wife  
else self.husband  
endif
```

```
context Person inv:  
(self.isMarried implies self.age >= 18 and not self.conjoint.oclIsUndefined())  
and (not self.wife.oclIsUndefined() implies  
  self.wife.gender = #female and  
  self.gender = #male and  
  self.wife.isMarried and  
  self.wife.husband = self) )  
and (not self.husband.oclIsUndefined() implies  
  self.husband.gender = #male and  
  self.gender = #female and  
  self.husband.isMarried and  
  self.husband.wife = self )
```

Contraintes de descendance

- ◆ On ne peut pas se retrouver dans ses descendants (enfants, petits-enfants, arrière-petits-enfants ...)
- ◆ Utilise la fermeture transitive : crée une collection en suivant récursivement une association, ici, celle des enfants

context Person **inv**:

self -> closure(children) -> excludes(self)

- ◆ Autre façon de faire : écrire une fonction OCL récursive

context Person **def**: pasDansDescendants(p : Person) : Boolean =

if self.children -> isEmpty() **then** true

else

if self.children -> includes(p) **then** false

else self.children -> forAll (c | c.pasDansDescendants(p))

endif

endif

context Person **inv**:

self.pasDansDescendants(self)

Contraintes de descendance

- ◆ Les enfants sont plus jeunes que leurs parents
context Person **inv**:
self.children -> forAll(c | c.age < self.age)
- ◆ Cette simple contrainte fait que la précédente n'est plus utile car on ne pourra pas se retrouver dans ses descendants à cause de cette contrainte d'âge
- ◆ Ça n'est pas un problème d'avoir des contraintes se recoupant tant qu'elles ne sont pas contradictoires
 - ◆ Ici de plus, la contrainte de non appartenance à ses descendants est implicite par rapport à la contrainte d'âge
 - ◆ Il n'est donc pas inutile de la définir explicitement ou au moins de préciser que la contrainte d'âge implique la contrainte de descendance
- ◆ La difficulté principale avec OCL est d'arriver à trouver toutes les contraintes requises pour avoir une spécification complètement définie