

Table des matières

Chapitre 1: Introduction à la modélisation orientée Objet.....	5
1 Le génie logiciel	5
1.1 Les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication).....	5
1.2 Les logiciels	5
1.3 Le génie logiciel.....	6
1.4 La qualité d'un logiciel.....	7
2 La modélisation orientée Objet	8
2.1 La modélisation.....	8
2.2 L'orienté Objet	10
2.3 La modélisation orientée Objet	11
2.4 La modélisation illustrée	13
Chapitre 2: UML	15
1 Le contexte et la définition	15
2 Les diagrammes en vrac.....	16
3 Les avantages et inconvénients.....	18
Chapitre 3: Les cas d'utilisation (Use Cases)	19
1 Introduction.....	19
2 Les éléments des cas d'utilisation.....	20
2.1 Les cas d'utilisation.....	20
2.2 Les acteurs	20
3 La définition du système	21
4 Le diagramme des cas d'utilisation	23
4.1 Les rôles des acteurs : primaire ou secondaire.....	23
4.2 Graphiquement.....	23
5 Les relations entre cas d'utilisation	26
5.1 Les différents types de relation	26
5.2 Cas d'utilisation interne.....	26
5.3 Relation d'extension	28
5.4 Généralisation – spécialisation	29
5.5 Les relations entre acteurs.....	30
6 Le diagramme du bateau	31
6.1 Les portées.....	31
6.2 Les objectifs.....	31
6.3 Graphiquement.....	32
7 Les scénarios d'un cas d'utilisation	34
7.1 Définition.....	34
7.2 Pantalon rayé	34
7.3 Présentation d'un scénario	35
7.4 Les niveaux d'interaction	36
7.5 Les interfaces Utilisateur.....	37
7.6 Exemple	37
8 Le modèle de description d'un cas d'utilisation	40
8.1 Le modèle complet	40
8.2 Exemple	41
8.3 Les contraintes non-fonctionnelles.....	42

8.4	Validation des cas d'utilisation et conseils.....	42
9	La dynamique des cas d'utilisation.....	44
10	Conclusion.....	45
Chapitre 4: Le diagramme de classes		47
1	Introduction.....	47
2	Les classes.....	47
2.1	Les notions de classe et d'objet.....	47
2.2	Les propriétés.....	48
2.3	Graphiquement.....	49
2.4	La classe abstraite.....	49
2.5	Les interfaces.....	49
2.6	Les attributs.....	51
2.7	Les méthodes.....	52
3	Les relations entre classes	53
3.1	L'association.....	53
3.2	L'association qualifiée.....	55
3.3	Classes – Associations.....	56
3.4	Agrégation / composition	58
3.5	Généralisation / spécialisation	59
3.6	Classification / instanciation.....	62
3.7	Dépendance	66
4	Les contraintes supplémentaires	66
5	Les stéréotypes	67
6	Les classes paramétrées	67
7	Conclusion.....	69
8	CRC Cards	70
8.1	Les principes	71
8.2	Le déroulement.....	72
8.3	Exemple	73
8.4	Conclusion.....	74
Chapitre 5: Le diagramme d'objets		77
1	Introduction.....	77
2	Notation	78
3	Les liens entre objets.....	78
Chapitre 6: Le diagramme de packages		81
1	Introduction.....	81
2	Les dépendances	81
3	Graphiquement.....	81
4	La conception des packages.....	82
5	Les autres possibilités.....	83
Chapitre 7: Le diagramme d'activités.....		85
1	Introduction.....	85
2	Les concepts	85
2.1	L'activité	85
2.2	Le nœud initial et le nœud final.....	86
2.3	La transition	86
2.4	La condition de garde	86

2.5	La décision	86
2.6	La barre de synchronisation	87
2.7	L'itération	91
2.8	Le nœud de fusion	93
3	Exemple de commande d'articles	96
4	Les partitions	98
5	Informations supplémentaires	99
6	Conclusion	100
Chapitre 8: Le diagramme d'interactions		101
1	Introduction	101
2	Le diagramme de séquence	102
2.1	Les lignes de vie	102
2.2	Les messages	102
2.3	Les activations	103
2.4	La création et la destruction d'objet	104
2.5	Le problème du return	104
2.6	Les appels récursifs	105
2.7	Les structures de contrôle	106
2.8	La marge de gauche	108
2.9	Système en boîte noire	109
3	Le diagramme de communication	110
3.1	Introduction	110
3.2	La numérotation	110
3.3	Les messages	111
3.4	Le return	111
3.5	Les acteurs	111
3.6	Conseils	111
4	Comparaison entre diagrammes de séquence et diagrammes de communication ...	112
5	Conclusion	112
Chapitre 9: Le diagramme d'états		113
1	Introduction	113
2	Les notions	113
2.1	Les états	113
2.2	Les transitions	114
2.3	Les événements internes	114
2.4	Action et activité	115
2.5	Transitions réflexives et événements internes	115
2.6	Transition automatique	115
3	Les super-états	117
4	Diagrammes d'états concurrents	119
5	L'historique	120
Chapitre 10: UML en Java		123
1	Introduction	123
2	Les types de méthodes	123
3	Les associations	124
4	Les multiplicités	125
5	Les classes paramétrées	127
6	Le diagramme de séquence	128

6.1 L'objet nommé	128
6.2 Le délai de transmission	129
6.3 Le signal	129
6.4 La création et destruction d'objet	130
6.5 L'alternative	131
6.6 L'itération	132
6.7 Le parallélisme	133
Chapitre 11: Mise en œuvre d'UML	135
1 Introduction	135
2 Identification des besoins et spécification des fonctionnalités	136
2.1 Les cas d'utilisation	136
2.2 Les prototypes de l'IHM	137
3 Analyse	138
3.1 Modèle du domaine : les CRC cards	138
3.2 Diagrammes des classes conceptuels : la découpe en couches	139
3.3 Diagrammes de navigation	141
4 Conception	141
4.1 Diagrammes d'interactions	142
4.2 Diagrammes de classes – Architecture	142
Bibliographie	145

Chapitre 1: Introduction à la modélisation orientée Objet

1 Le génie logiciel

1.1 Les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication)

L'un des phénomènes les plus marquants de ces 50 dernières années est certainement l'informatisation. Citons quelques exemples de notre vie quotidienne: les voitures possèdent des ordinateurs de bord, nous échangeons des mails avec nos amis, nos collègues ou nos patrons, nous achetons sur Internet nos vacances, nos places de concert, ...

Presque toutes les entreprises possèdent des systèmes informatiques pour gérer leurs stocks, gérer la comptabilité, ...

Bref, que ce soit à la maison ou au travail ou encore à l'école, l'informatique est omniprésente à notre époque. Les technologies de l'information et de la communication sont devenues partie intégrante de notre vie. Nous sommes tous et toutes devenus des utilisateurs directs et indirects des TIC. Nous avons tous le "tic des TIC".

Les systèmes informatiques se composent de matériels et de logiciels. Actuellement, le côté matériel est relativement fiable et le marché est standardisé. Les logiciels constituent la source des *problèmes* de l'informatique.

1.2 Les logiciels

Un **logiciel** ou une application est un ensemble de programmes, qui permet à un ordinateur ou à un système informatique d'assurer une tâche ou une fonction en particulier (exemple : logiciel de comptabilité, logiciel de gestion des prêts).

Les logiciels, suivant leur taille, peuvent être développés par une personne seule, une petite équipe, ou un ensemble d'équipes coordonnées. Le développement de grands logiciels par de grandes équipes pose d'importants problèmes de conception et de coordination. Or, le développement d'un logiciel est une phase absolument cruciale qui monopolise l'essentiel du coût d'un produit et conditionne sa réussite et sa pérennité.

En 1995, une étude du *Standish Group* dressait un tableau accablant de la conduite des projets informatiques. Reposant sur un échantillon représentatif de 365 entreprises, totalisant 8 380 applications, cette étude établissait que :

- 16,2% seulement des projets étaient conformes aux prévisions initiales,
- 52,7% avaient subi des dépassements en coût et délai d'un facteur 2 à 3 avec diminution du nombre des fonctions offertes,
- 31,1% ont été purement abandonnés durant leur développement.

Pour les grandes entreprises (qui lancent proportionnellement davantage de gros projets), le taux de succès est de 9% seulement, 37% des projets sont arrêtés en cours de réalisation, 50% aboutissent hors délai et hors budget.

L'examen des causes de succès et d'échec est instructif : la plupart des échecs proviennent non de l'informatique, mais de la maîtrise d'ouvrage, en comprenant sous ce terme à la fois les dirigeants et les concepteurs des métiers.

Pour ces raisons, le développement de logiciels dans un contexte professionnel suit souvent des règles strictes encadrant la conception et permettant le travail en groupe et la maintenance du code. Ainsi, une nouvelle discipline est née : le génie logiciel.

1.3 Le génie logiciel

Le **génie logiciel** est un domaine de recherche qui a été défini du 7 au 11 octobre 1968, à Garmisch-Partenkirchen, sous le parrainage de l'OTAN. Il a pour objectif de répondre à un problème qui s'énonçait en deux constatations : d'une part le logiciel n'était pas fiable, d'autre part, il était incroyablement difficile de réaliser dans des délais prévus des logiciels satisfaisant leur cahier des charges.

L'appellation génie logiciel concerne l'ingénierie appliquée au logiciel informatique. Cette branche de l'informatique s'intéresse plus particulièrement à la manière dont le code source d'un logiciel est spécifié puis produit. Le génie logiciel touche au cycle de vie des logiciels. Toutes les phases de la création d'un logiciel informatique y sont enseignées : l'analyse du besoin, l'élaboration des spécifications, la conceptualisation du mécanisme interne au logiciel ainsi que les techniques de programmation, le développement, la phase de test et finalement la maintenance.

Source: <http://fr.wikipedia.org>

L'objectif premier du génie logiciel était d'optimiser le coût de développement du logiciel. La crise de l'industrie du logiciel, à la fin des années 70, a montré l'importance d'élaborer une approche méthodologique.

Cette crise est caractérisée par ces quelques constats:

- l'augmentation des coûts ;
- les difficultés de maintenance et d'évolution ;
- la non fiabilité ;
- le non respect des spécifications ;
- le non respect des délais.

La maintenance est devenue une facette très importante du cycle de vie d'un logiciel. En effet, une enquête effectuée aux USA en 1986 auprès de 55 entreprises révèle que 53% du budget total d'un logiciel est affecté à la maintenance. Ce coût est réparti comme suit :

- 34% maintenance évolutive (modification des spécifications initiales) ;
- 10% maintenance adaptative (nouvel environnement, nouveaux utilisateurs) ;
- 17% maintenance corrective (correction des bogues) ;
- 16% maintenance perfective (améliorer les performances sans changer les spécifications) ;
- 6% assistance aux utilisateurs ;
- 6% contrôle qualité ;
- 7% organisation/suivi ;
- 4% divers.

Voici quelques exemples qui montrent l'ampleur de l'impact des défaillances dues au manque de méthodologie de développement :

- La sonde Mariner vers Vénus s'est perdue dans l'espace à cause d'une erreur de programme FORTRAN ;
- En 1981, le premier lancement de la navette spatiale a été retardé de deux jours à cause d'un problème logiciel. La navette a d'ailleurs été lancée sans que l'on ait localisé exactement le problème (mais les symptômes étaient bien délimités) ;
- L'explosion d'Ariane 5, le 4 juin 1996, qui a coûté un demi-milliard de dollars, est due à une faute logicielle d'une composante dont le fonctionnement n'était pas indispensable durant le vol.

1.4 La qualité d'un logiciel

Ces expériences malheureuses ont conduit de nombreux chercheurs à travailler sur la définition de la **qualité** du logiciel en termes de facteurs. Ceux-ci dépendent, entre autres, du domaine de l'application et des outils utilisés.

Citons les facteurs de la norme ISO 9126:

- **Capacité fonctionnelle (validité)** : aptitude d'un produit logiciel à remplir exactement ses fonctions, définies par le cahier des charges et les spécifications.
- **Fiabilité** (ou robustesse) : aptitude d'un produit logiciel à fonctionner dans des conditions anormales.
- **Facilité d'utilisation** : facilité d'apprentissage, d'utilisation, de préparation des données, d'interprétation des erreurs et de rattrapage en cas d'erreur d'utilisation.
- **Efficacité** : utilisations optimales des ressources matérielles.
- **Maintenabilité (extensibilité)** : facilité avec laquelle un logiciel se prête à sa maintenance, c'est-à-dire à une modification ou à une extension des fonctions qui lui sont demandées.
- **Portabilité** : facilité avec laquelle un logiciel peut être transféré sous différents environnements matériels et logiciels.

Ces facteurs sont parfois contradictoires, le choix des compromis doit s'effectuer en fonction du contexte. Il existe encore de nombreux autres facteurs de qualité mais il est peu utile de tous les énumérer.

2 La modélisation orientée Objet

2.1 La modélisation

Souvent les formations abordent d'abord la programmation ensuite la modélisation. Mettons les choses à leur place : la **programmation** est l'outil qui permet de réaliser ce qui a été conçu. Mettre l'outil avant le concept revient à apprendre à un apprenti garagiste à utiliser le tournevis, la perceuse et tous les détails de tous les outils dont il pourrait ou pas avoir besoin, sans lui expliquer à quoi ils servent vraiment ni lui montrer le véritable objectif : construire ou réparer une voiture ! Le logiciel avec ses particularités (et surtout sa complexité) est un produit exactement comme une voiture.

Concrètement, un **modèle** est une représentation abstraite et simplifiée¹, d'une entité (phénomène, processus, système, etc.) du monde réel en vue de le décrire, de l'expliquer ou de le prévoir. "Modèle" est synonyme de théorie, mais avec une connotation pratique : un modèle, c'est une théorie orientée vers l'action qu'elle doit servir.

Concrètement, un modèle permet de réduire la complexité d'un phénomène en éliminant les détails qui n'influencent pas son comportement de manière significative. Il reflète ce que le concepteur croit important pour la compréhension et la prédiction du phénomène modélisé. Les limites du phénomène modélisé dépendent des objectifs du modèle.

Pourquoi modéliser?

Modéliser un système avant sa réalisation permet de mieux comprendre le fonctionnement du système. C'est également un bon moyen de maîtriser sa complexité et d'assurer sa cohérence. Un modèle est un langage commun, précis, qui est connu par tous les membres de l'équipe (les hommes du métier et les informaticiens). Il constitue donc, à ce titre, un vecteur privilégié pour communiquer. Cette communication est essentielle pour aboutir à une compréhension commune des différentes parties prenantes (notamment entre la maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'oeuvre informatique) et précise d'un problème donné.

Effectivement, imaginez quelques instants: on requiert vos services pour la mise en place d'un nouveau système informatique. Dira-t-on "Bonjour, j'aurai besoin d'un classe `CompteEnBanque` abstraite qui sera spécialisée par deux classes `CompteEpargne` et `CompteCourant` ..." ou "Bonjour, je désire un programme pour gérer mes comptes." ? La réponse est évidente : ce n'est pas en termes informatiques que s'expriment les demandes informatiques mais bien en langage courant.

En d'autres termes, le client/l'employé énonce son problème tel qu'il le perçoit et non en termes informatiques. C'est le job de l'informaticien de comprendre, d'interpréter, d'**analyser** les besoins et de concevoir une application y répondant au mieux. Le dessin suivant illustre ces propos.

¹ C'est-à-dire qui exclut certains détails.



Figure 1 : l'analyste et son client

Soulignons aussi que pour comprendre un problème dans sa globalité, l'informaticien doit tenir compte aussi de la provenance des informations dont il dispose. Par exemple, si on désire créer un système de gestion comptable, les besoins seront exprimés différemment selon la personne source : le directeur, l'employé, les secrétaires, ...

Un problème, tel qu'énoncé par quelqu'un est donc exprimé en langage courant. Que ce soit du français, de l'anglais ou du japonais, il repose sur une langue parlée. Vous n'ignorez sûrement pas la complexité de la structure grammaticale de la langue française ainsi que celles de l'orthographe, n'est-ce pas?

Pour énoncer un problème en français, par exemple, on dispose de nombreuses possibilités d'expressions. Il existe de nombreux synonymes et manières différentes d'exprimer la même chose.

Lorsqu'on désire concevoir un programme, en Java par exemple, il s'agit en fait de traduire un énoncé exprimé dans un langage possédant une syntaxe et une sémantique extrêmement riches dans un langage très pauvre.

Effectivement, un **langage informatique** est codifié et possède une sémantique unique. **Codifié** car la syntaxe du Java (ou Cobol, C, ...) est assez pauvre: le nombre de mot appartenant au langage est limité. De plus, en général, tout mot de la grammaire d'un langage informatique possède un sens unique, une **sémantique unique**. Par exemple, `if (a+b>10)` a un sens unique : si la somme de a et b est strictement supérieure à 10.

Outre les aspects purement syntaxiques, un **langage réel** est évolutif et ambigu.

- **Évolutif** car des nouveaux mots apparaissent (et disparaissent) : par exemple, mp3. Certains mots changent d'orthographe: oignon peut maintenant s'écrire onion.
- Un langage réel est **ambigu** car certains mots changent de signification selon le contexte dans lesquels ils sont utilisés: la souris de l'ordinateur et la souris mangée par le chat. Sans compter le sens unique vu un peu plus haut et le sens unique d'une rue.

Ce problème d'interprétation de ce qui est exprimé en langage réel vers un langage informatique, relève de ce que l'on appelle la **modélisation**.

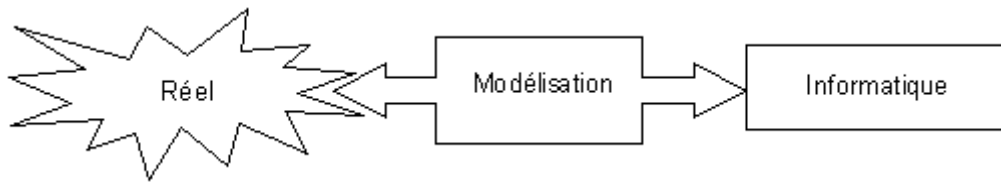


Figure 2 : modélisation

En résumé, la modélisation² consiste en une représentation abstraite d'un problème.

- **Représentation** car il s'agit de représenter dans un langage (en l'occurrence un code informatique) un problème énoncé dans un autre langage (parlé).
- **Abstraite** car ce ne sont pas les données individuelles observées d'un problème qui sont importantes mais la structure, les relations, les formats des données, ...

Par exemple, si dans un problème quelconque on parle de quelques personnes en disant que l'une a les yeux bleus et les cheveux noirs et l'autre les yeux verts et les cheveux roux, on retient qu'une personne est décrite par la couleur de ses yeux et de ses cheveux. En d'autres termes, la représentation abstraite, le **modèle**, d'une personne tient en la description de la couleur de ses cheveux et de ses yeux.

2.2 L'orienté Objet

L'**orienté Objet** est une approche de la conception de programmes qui tend à structurer les différentes parties d'un programme en objets ayant des responsabilités bien définies et interagissant entre eux pour les honorer.

Il est important de mettre en évidence la **délégation des responsabilités** entre objets. Lorsqu'on appelle une méthode d'un objet, cet objet a la responsabilité du "bon déroulement" de l'opération jusqu'à terminaison de l'opération. Évidemment, il se peut que l'appel de méthode débouche sur un autre appel de méthode d'un autre objet et ainsi de suite. Les objets se partagent donc les responsabilités du programme: chacun remplissant (implémentant) son contrat (notamment son interface).

L'orienté Objet peut se résumer en 5 grands concepts:

- **abstraction** (adaptation du programme à la logique intrinsèque du problème en créant les nouveaux types d'objets nécessaires)
- **modularisation** (séparation des entités : décomposition en classes et packages)
- **encapsulation** (regroupement et protection des données)
- **réutilisation** (agrégation/composition)
- **polymorphisme** (des objets, héritage)

² Le mot modélisation renferme le mot **modèle**.

2.3 La modélisation orientée Objet

Dans le monde orienté Objet, la modélisation informatique d'un objet du monde réel est une caractérisation de ce dernier à l'aide de 3 (ensembles d') information(s) :

- Le **nom** de l'objet ;
- Un **ensemble d'attributs** de cet objet qui compose l'**état** de l'objet;
- Un **ensemble d'actions/méthodes** qui modifient les attributs précités qui définissent le **comportement** de l'objet.

En somme, un objet = identité + état + comportement.

Le processus de modélisation orienté objet est basé sur ce principe simple : il consiste à exprimer tous les éléments du domaine d'application à l'aide du type de définition - également appelée spécification - évoqué plus haut, soit à en donner le nom, les attributs (que l'on appelle également l'état de l'objet) et les actions possibles.

Mais, pour modéliser un problème, il est impératif d'en définir auparavant le **domaine d'application**.

Le domaine d'application permet de restreindre le monde réel à la partie couverte par le logiciel à développer (en supposant que l'on souhaite réaliser une modélisation à cette fin, et non par pur plaisir intellectuel). Il s'agit de délimiter ce qui appartient au système à développer et ce qui en est exclu.

Prenons un exemple:



Pour modéliser le nain de jardin ci-contre, si on s'en tient à la définition, il faut exprimer les éléments du domaine d'application à l'aide du nom, des attributs et des actions du nain à modéliser.

Si nous considérons le nain contre, nous pourrions apprendre que son nom est Portkoi, qu'il est vêtu d'un manteau bleu, une ceinture et porte un pantalon marron, qu'il a dans sa main droite un marteau et qu'il se trouve debout. Les actions susceptibles de modifier son état sont entre autres "marcher", "s'asseoir", "changer de couleur", etc.

On remarque qu'une première difficulté survient : le monde réel est infiniment complexe, et même lorsque celui-ci se limite à un seul objet, le nain Portkoi. Nous pourrions lui trouver un nombre incalculable d'attributs (chapeau, barbe, poids, hauteur, ...) et d'actions.

C'est ici que la notion de **domaine d'application** prend tout son sens. Rappelons que le domaine d'application permet de restreindre le monde réel à la partie couverte par le logiciel à développer.

Dans quel cadre sommes-nous donc en train de modéliser ce nain de jardin?

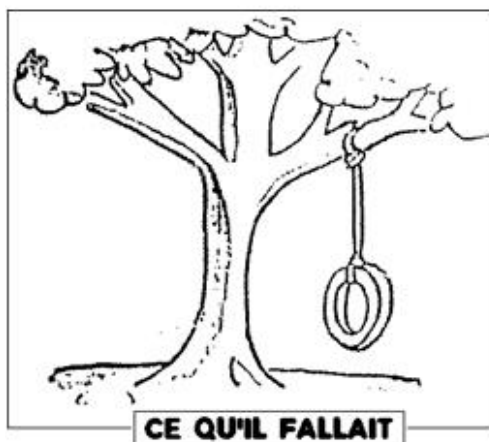
Supposons que notre programme relève de la demande d'un collectionneur de nains de jardin. La modélisation du nain Portkoi pourrait se résumer à son surnom, un détail des couleurs de ses habits, des coordonnées de son emplacement dans son jardin ainsi qu'une description de l'objet en main pour ce qui est des attributs. Les actions seront en rapport avec cette restriction du monde réel : changer d'emplacement, se casser, repeindre, pivoter, ...

Par contre si le FLNJ (Front de Libération des Nains de Jardin) désire un logiciel concernant ses grandes évasions, le nain de jardin se caractériserait avant tout par sa date de libération, ses anciens tortionnaires ainsi que son nouveau lieu de vie.

Même si ces deux modélisations concernent le même objet du monde réel (Portkoi), dans des domaines d'application différents (le collectionneur et le FLNJ), on constate des divergences sur les modèles élaborés.

2.4 La modélisation illustrée

Petit interlude tiré d'une très ancienne revue informatique :



Chapitre 2: UML

1 Le contexte et la définition

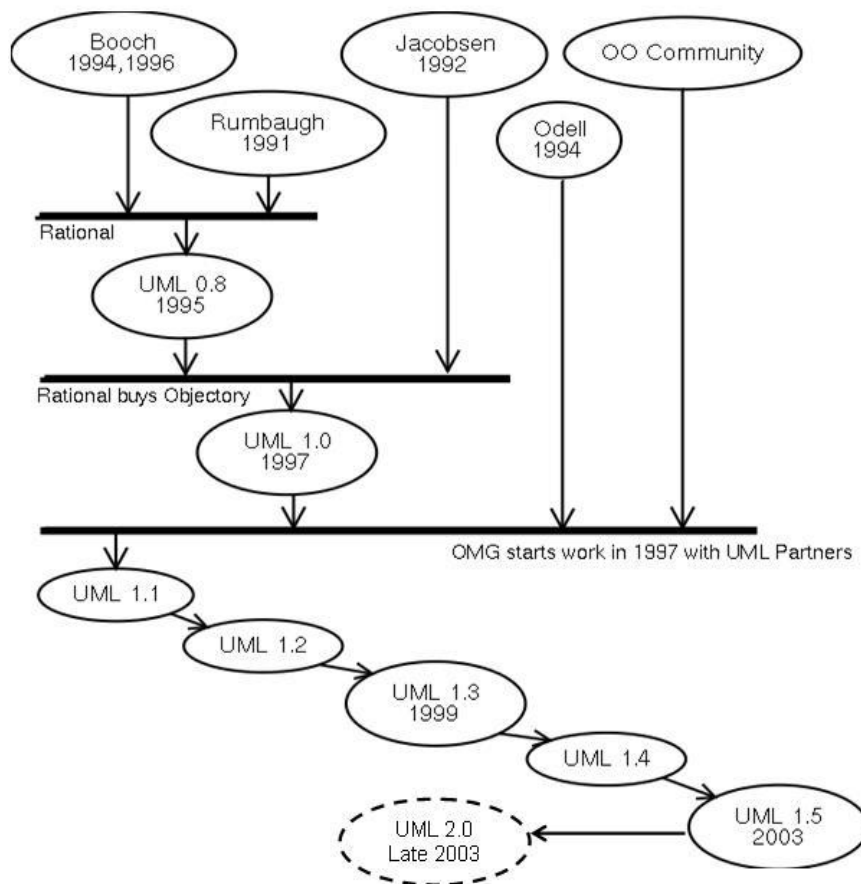


Figure 3 : évolution d'UML (https://en.wikipedia.org/wiki/Object_modeling_language)

Les méthodes utilisées dans les années 1980 pour organiser la programmation impérative (notamment Merise) étaient fondées sur la modélisation séparée des données et des traitements. Lorsque la programmation orientée Objet prend de l'importance au début des années 1990, la nécessité d'une méthode qui lui soit adaptée devient évidente. Plus de cinquante méthodes apparaissent entre 1990 et 1995 (Booch, Classe-Relation, Fusion, HOOD, OMT, OOA, OOD, OOM, OOSE, etc.) mais aucune ne parvient à s'imposer.

En 1994, le consensus se fait autour de trois méthodes :

- OMT de James Rumbaugh (*General Electric*) fournit une représentation graphique des aspects statique, dynamique et fonctionnel d'un système ;
- OOD de Grady Booch, définie pour le *Department of Defense*, introduit le concept de paquetage (*package*) ;
- OOSE d'Ivar Jacobson (Ericsson) fonde l'analyse sur la description des besoins des utilisateurs (cas d'utilisation, ou *use cases*).

Chaque méthode avait ses avantages et ses partisans. Le nombre de méthodes en compétition s'était réduit, mais le risque d'un éclatement subsistait : la profession pouvait se

diviser entre ces trois méthodes, créant autant de continents intellectuels qui auraient du mal à communiquer.

Évènement considérable et presque miraculeux, les trois gourous qui régnaient chacun sur l'une des trois méthodes se mirent d'accord pour définir une méthode commune qui fédérerait leurs apports respectifs (on les surnomme depuis "the Amigos"). **UML** (*Unified Modeling Language*) est né de cet effort de convergence. L'adjectif *unified* est là pour marquer qu'UML unifie, et donc remplace.

L'**UML** (Unified Modeling Language)³ est un langage conçu pour l'écriture de plans d'élaboration de logiciels (il ne s'agit pas d'une méthode). UML est un langage de modélisation, indépendant du processus et servant à décrire des modèles d'un système basé sur des concepts orienté Objet. Effectivement, UML véhicule en particulier les concepts des approches par objets (classe, instance, classification, etc.) mais intègre également d'autres aspects (associations, fonctionnalités, évènements, états, séquences, etc.).

L'unification a progressé par étapes. En 1995, Booch et Rumbaugh (et quelques autres) se sont mis d'accord pour construire une méthode unifiée, *Unified Method 0.8*; en 1996, Jacobson les a rejoints pour produire UML 0.9 (notez le remplacement du mot *méthode* par le mot *langage*, plus modeste). Les acteurs les plus importants dans le monde du logiciel s'associent alors à l'effort (IBM, Microsoft, Oracle, DEC, HP, Rational, Unisys etc.) et UML 1.0 est soumis à l'OMG. L'OMG adopte en novembre 1997 UML 1.1 comme langage de modélisation des systèmes d'information à objets. La version d'UML en cours est UML 2.1.2 et les travaux d'amélioration se poursuivent. Vous pouvez trouver sur le site de l'OMG (<http://www.uml.org>) les spécifications complètes des normes, bonne lecture ☺ !

UML est donc non seulement un outil intéressant mais une norme qui s'impose en technologie à objets et à laquelle se sont rangés tous les grands acteurs du domaine, acteurs qui ont d'ailleurs contribué à son élaboration.

En bref, l'UML est une **boîte à outils de notations normalisées**, surtout graphiques, qui bénéficie des qualités des approches par objets.

2 Les diagrammes en vrac

UML 2 comporte des types de diagrammes représentant autant de manières distinctes de représenter des concepts particuliers du système d'information. Nous ne les abordons pas tous. Voici un résumé de ceux abordés répartis en deux groupes :

³ Dont la norme complète se trouve sur le site <http://www.uml.org>

- **Diagrammes structurels ou diagrammes statiques (UML Structure)**
 - diagramme de classes (*Class diagram*)
 - diagramme d'objets (*Object diagram*)
 - diagramme de composants (*Component diagram*)
 - diagramme de déploiement (*Deployment diagram*)
 - diagramme de paquetages (*Package diagram*)
 - diagramme de structures composites (*Composite structure diagram*)

- **Diagrammes comportementaux ou diagrammes dynamiques (UML Behavior)**
 - diagramme de cas d'utilisation (*Use case diagram*)
 - diagramme d'activités (*Activity diagram*)
 - diagramme d'états-transitions (*State machine diagram*)
 - Diagrammes d'interactions (*Interaction diagram*)
 - diagramme de séquence (*Sequence diagram*)
 - diagramme de communication (*Communication diagram*)

Ces diagrammes, d'une utilité variable selon les cas, ne sont pas nécessairement tous produits à l'occasion d'une modélisation. Les plus utiles pour la maîtrise d'ouvrage sont les diagrammes d'**activités**, de **cas d'utilisation**, de **classes**, d'**objets**, de **séquence** et d'**états-transitions**. Les diagrammes de composants, de déploiement et de communication sont surtout utiles pour la maîtrise d'oeuvre à qui ils permettent de formaliser les contraintes de la réalisation et la solution technique.

Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation représente la structure des grandes fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système. C'est le premier diagramme du modèle UML, celui où s'assure la relation entre l'utilisateur et les objets que le système met en œuvre.

Diagramme de classes

Le diagramme de classes est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté Objet. Il représente l'architecture conceptuelle du système : il décrit les classes que le système utilise, ainsi que leurs relations, que ceux-ci représentent un emboîtement conceptuel (héritage), une relation organique (agrégation) ou autres.

Diagramme d'objets

Le diagramme d'objets permet d'éclairer un diagramme de classes en l'illustrant par des exemples. Il est, par exemple, utilisé pour vérifier l'adéquation d'un diagramme de classes à différents cas possibles.

Diagramme d'états-transitions

Le diagramme d'états-transitions représente la façon dont évoluent (*i.e.* cycle de vie) les objets appartenant à une même classe. La modélisation du cycle de vie est essentielle pour représenter et mettre en forme la dynamique du système.

Diagramme d'activités

Le diagramme d'activités n'est autre que la transcription dans UML de la représentation du processus telle qu'elle a été élaborée lors du travail qui a préparé la modélisation : il montre l'enchaînement des activités qui concourent au processus.

Diagramme de séquence et de communication

Le diagramme de séquence représente la succession chronologique des opérations réalisées par un acteur. Il indique les objets que l'acteur va manipuler et les opérations qui font passer d'un objet à l'autre. On peut représenter les mêmes opérations par un diagramme de communication, graphe dont les nœuds sont des objets et les arcs (numérotés selon la chronologie) les échanges entre objets. En fait, diagramme de séquence et diagramme de communication sont deux vues différentes mais logiquement équivalentes (on peut construire l'une à partir de l'autre) d'une même chronologie. Ce sont des diagrammes d'interactions.

3 Les avantages et inconvénients

Les avantages reconnus de l'UML sont:

- UML est un **standard** reconnu et largement accepté.
- UML est **polyvalent** ; il permet de représenter beaucoup de choses à différents niveaux d'abstraction.
- UML est un outil de **communication** et de **documentation**.

Certains reprochent à l'UML quelques aspects comme sa lourdeur de mise en place dans certains processus ainsi que son apprentissage parfois long et rigoureux.

Chapitre 3: Les cas d'utilisation (Use Cases)

1 Introduction

[Jacobson 1992]

Bien souvent, la maîtrise d'ouvrage et les utilisateurs ne sont pas des informaticiens. Il leur faut donc un moyen simple d'exprimer leurs besoins. C'est précisément le rôle des diagrammes de cas d'utilisation qui permettent de recueillir, d'analyser et d'organiser les besoins, et de recenser les grandes fonctionnalités d'un système. Il s'agit donc de la première étape UML d'analyse d'un système.

Un diagramme de cas d'utilisation capture le comportement d'un système, d'un sous-système, d'une classe ou d'un composant tel qu'un utilisateur extérieur le voit. Il scinde la fonctionnalité du système en unités cohérentes, les cas d'utilisation, ayant un sens pour les acteurs.

Les diagrammes de cas d'utilisation permettent donc de définir les **besoins fonctionnels** d'un système. Ils fournissent une vue, indépendante de l'implémentation, des fonctionnalités offertes par un système ; ils permettent aux concepteurs de se concentrer sur les besoins de l'utilisateur final, indépendamment des détails de réalisation. Les cas d'utilisation permettent d'exprimer le besoin des utilisateurs d'un système, ils sont une vision **orientée utilisateur** de ce besoin au contraire d'une vision informatique.

Il ne faut pas négliger cette première étape pour produire un logiciel conforme aux attentes des utilisateurs. Pour élaborer les cas d'utilisation, il faut se fonder sur des entretiens avec les utilisateurs.

Les cas d'utilisation constituent un des outils les plus employés d'UML.

Dans ce chapitre, nous mettrons en évidence les concepts abordés en se référant à un exemple simple : le système informatique d'un magasin alimentaire, SysMag. Ce système doit gérer beaucoup de choses dans la réalité: les stocks, les employés, les ventes, ...

Ce système a été volontairement simplifié pour se limiter aux fonctionnalités suivantes :

- le traitement des achats des clients
- la gestion du retour des vidanges
- l'initialisation des caisses

2 Les éléments des cas d'utilisation

2.1 Les cas d'utilisation

Les cas d'utilisation représentent des éléments fonctionnels bien identifiés dans un système, dans un composant ou même dans une classe. Chaque cas d'utilisation doit recevoir un nom qui décrit en quelques mots la fonctionnalité correspondante.

Un cas d'utilisation est une description d'un **ensemble de séquences d'actions**, incluant des **variantes**, faisant intervenir le **système** (ou un sous-système) et un ou plusieurs **acteurs** en vue de fournir un **résultat observable** à l'un des acteurs

L'ensemble de tous les cas d'utilisation définit tous les comportements d'un système assurant aux acteurs que leurs objectifs vont être réalisés. Tout comportement du système sans intérêt pour les acteurs ne doit pas être repris dans les cas d'utilisation.

Pour l'exemple SysMag :

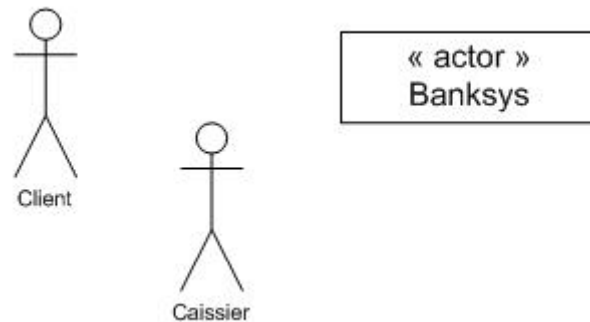


2.2 Les acteurs

Un acteur est un **rôle** joué par un utilisateur ou un autre système vis à vis du système. On évite de considérer une personne physique comme un acteur au profit de son rôle. Par exemple, on préfère un acteur "Président" plutôt que "Barack Obama". Les acteurs sont des types ou catégories d'utilisateurs. Ce sont des entités externes (personnes ou autres systèmes) qui interagissent avec le système en vue d'atteindre un objectif. Un acteur peut consulter et (ou) modifier l'état du système car il peut recevoir et (ou) émettre des messages.

Un acteur est donc une construction de l'esprit définie par l'analyste en vue de représenter un rôle joué par un utilisateur humain ou un autre système qui interagit directement avec le système étudié.

Représentations graphiques:



Les acteurs Client et Caissier sont représentés grâce à un "stick man".

Il existe différentes manières de représenter les acteurs comme montré ci-dessus. Généralement, nous employons un "stick man" pour représenter un **acteur humain** et un rectangle avec le template «actor» pour les **systèmes connectés**.

Dans notre exemple SysMag, quels sont les acteurs du système :

- Le client?
- Le caissier?
- Le responsable du magasin?
- La carte de banque?
- Le système de lecture de carte?
- Le système de paiement?
- La caisse?
- L'écran qui affiche le total au client?

Pour répondre à ces questions, il faut définir les frontières du système.

3 La définition du système

Effectivement, avant de progresser dans la définition des acteurs et de leurs rôles vis à vis du système, il est essentiel de poser les frontières du système. Il est temps de se poser les questions suivantes : qu'est-ce qui appartient au système à développer? Qu'est-ce qui n'en fait pas partie?

Les **frontières** (limites) du système définissent la **séparation entre le système et son environnement**. Il est important de clairement les définir : c'est une source fréquente de conflit entre décideurs⁴.

⁴ Un décideur est un individu ou un groupe qui a un intérêt dans le système en développement (stakeholder).

Par définition, un cas d'utilisation décrit une fonctionnalité précise et bien identifiée. Tout ce qui n'est pas réalisé dans le contexte de cette fonctionnalité est considéré comme étant en-dehors des frontières du système, et doit être représenté sous la forme d'un acteur.

Lorsqu'on détermine les frontières d'un système, l'essentiel est de veiller à rester toujours **cohérent** dans les choix posés. L'exercice résolu ci après propose une solution (d'autres sont possibles à condition d'être cohérentes).

Reprenons l'exemple SysMag :

- Le client est-il un acteur du système? Le caissier est-il un acteur du système? Le responsable du magasin?
 - L'un comme l'autre ne sont en aucun cas des composantes internes du système puisqu'il ne s'agit pas de les informatiser. Il s'agit donc d'acteurs externes au système. Mais sont-ils tous en interactions avec celui-ci? Lors d'une vente, c'est le caissier qui interagit directement avec le système et le client indirectement. Il faudra donc déterminer précisément leur rôle vis à vis de chaque cas d'utilisation.
- La carte bancaire ou le système de lecture de carte font-ils partie du système ou jouent-ils un rôle déterminant vis-à-vis du système ?
 - La carte bancaire est le moyen d'interaction entre le client et le système de paiement. Elle n'appartient pas à notre système. Il y a peu d'intérêt à la modéliser comme acteur.
 - Le lecteur de carte n'est pas un acteur mais appartient au système de paiement ; c'est lui qui détecte l'introduction d'une carte bancaire et permet l'interaction avec le système de paiement.
- Le système de paiement est-il une partie du système ou joue-t-il un rôle déterminant vis-à-vis du système ?
 - Le système de paiement permet les paiements par carte bancaire. Il s'agit d'un acteur déterminant pour le business.
- La caisse?
 - La caisse fait partie du système en développement. Mais si elle avait été dotée d'un système intelligent, nous aurions pu la considérer comme un acteur.
- L'écran qui affiche le total au client?
 - L'écran qui affiche le total au client est considéré comme composante interne du système SysMag. Il fait partie du système.

Supposons, quelques instants, la modélisation d'un système de magasin avec self scanning. Le caissier reste-il acteur du système?

- Effectivement, le rôle des acteurs change dans ce cas. Le client interagit directement avec le système sans intervention du caissier.

Lorsqu'on parle des **composantes d'un système**, on entend une description des **éléments logiciels** qui le composent. Il ne s'agit pas de décrire les parties matérielles qui interviennent

dans celui-ci. En d'autres termes, il s'agit de ce qui est sous la responsabilité des développeurs du système.

4 Le diagramme des cas d'utilisation

Le diagramme des cas d'utilisation permet d'**illustrer** les liens entre les acteurs et les différents cas d'utilisation.

4.1 Les rôles des acteurs : primaire ou secondaire

On distingue 2 rôles d'acteur vis à vis d'un cas d'utilisation:

- L'**acteur primaire** ou **principal** est un acteur qui utilise le système pour réaliser un objectif
- Un **acteur secondaire** est un acteur dont l'aide est nécessaire au système pour réaliser l'objectif d'un acteur primaire.

En d'autres termes:

- L'**acteur primaire** est celui pour qui le cas d'utilisation produit un résultat observable;
- **Les acteurs secondaires** sont les autres; c'est-à-dire ceux qui sont consultés pour fournir des informations complémentaires pour réaliser l'objectif de l'acteur principal.

Un cas d'utilisation possède un seul acteur primaire et peut posséder plusieurs acteurs secondaires.

4.2 Graphiquement

Une relation d'association est un chemin de communication entre un acteur et un cas d'utilisation et est représenté par un trait continu.

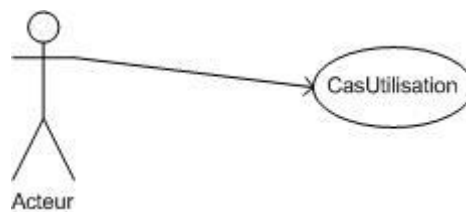


Figure 4 : les cas d'utilisation - la relation entre acteur et cas d'utilisation

On ajoute une **flèche** sur le lien entre l'**acteur primaire** et le cas d'utilisation, de l'acteur vers le cas d'utilisation, pour signifier qu'il s'agit de l'acteur principal de ce cas d'utilisation. On peut également ajouter des flèches du cas d'utilisation vers les acteurs secondaires.

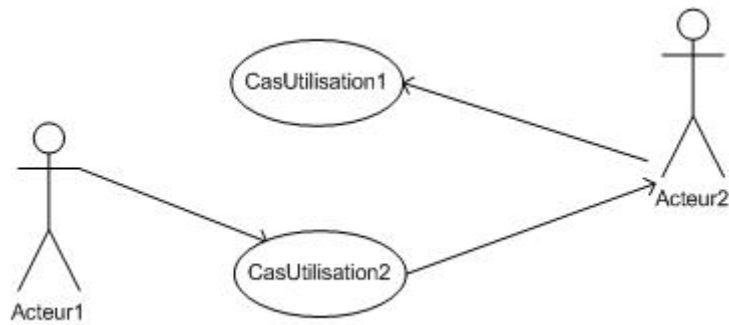


Figure 5 : les cas d'utilisation - acteur primaire ou secondaire

Dans l'exemple ci-dessus, Acteur1 est l'acteur principal du CasUtilisation2 et Acteur2 est l'acteur secondaire du CasUtilisation2 mais primaire du CasUtilisation1.

Dans le diagramme des cas d'utilisation, on tente, dans la mesure des possibilités graphiques, de placer l'acteur principal du cas d'utilisation à gauche de celui-ci et les acteurs secondaires à droite. Ceci n'est pas toujours possible car celui qui est acteur secondaire pour un cas d'utilisation peut être acteur primaire pour un autre cas d'utilisation.

Dans le système SysMag, pour chaque cas d'utilisation, il faut encore définir quels sont les acteurs primaires et secondaires du système. Nous avons relevé 4 acteurs : le client, le caissier, le système de paiement et le responsable du magasin. Pour déterminer quels rôles jouent ces acteurs dans le système, il suffit de se poser la question suivante: "quel est l'acteur pour qui ce cas d'utilisation est un objectif, c'ad celui pour qui le cas d'utilisation produit un résultat ?". En d'autres termes, quel est le sujet qui conjugue le verbe de mon cas d'utilisation ?

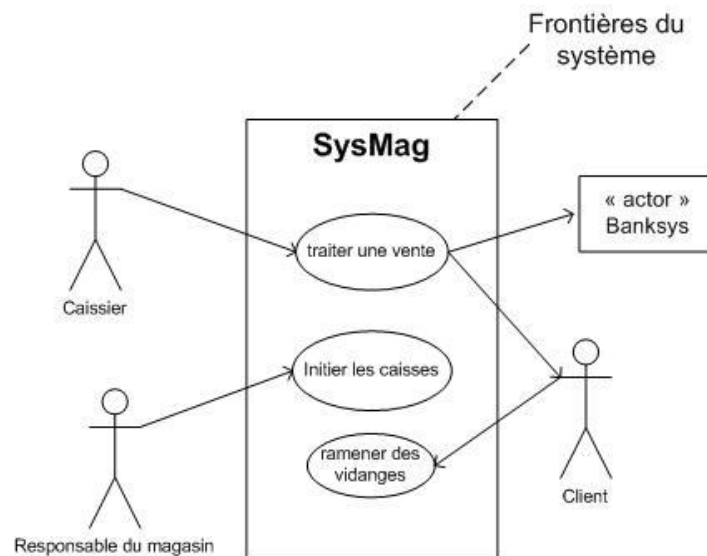


Figure 6 : les cas d'utilisation – Le diagramme SysMag

Le diagramme des cas d'utilisation ci-dessus montre que nous avons 4 acteurs : le client, le caissier, le système de paiement et le responsable du magasin. Le système se limite à trois utilisations : traiter une vente, initier les caisses et ramener des vidanges. Les frontières du système sont également représentées.

Pour le cas "traiter une vente", le caissier est l'acteur principal et le client ainsi que le système de paiement sont des acteurs secondaires car ils interviennent dans ce cas d'utilisation. Effectivement, c'est le caissier qui a pour objectif de traiter une vente dans le système et pour ce faire, il sollicite le paiement par le client qui introduit sa carte dans le système. C'est le système de paiement qui permet la validation de la transaction bancaire.

Pour le cas "ramener des vidanges", le client est l'acteur primaire. Pour le cas "initier les caisses", le responsable du magasin est l'acteur primaire.

5 Les relations entre cas d'utilisation

5.1 Les différents types de relation

Le diagramme ci-après introduit un certain nombre de relation entre cas d'utilisation. Ces relations sont détaillées dans la suite.

Notons déjà qu'il existe trois types de relation entre les cas d'utilisation (détaillée par la suite):

- L'inclusion (Cas d'utilisation interne)
- L'extension
- La généralisation / spécialisation

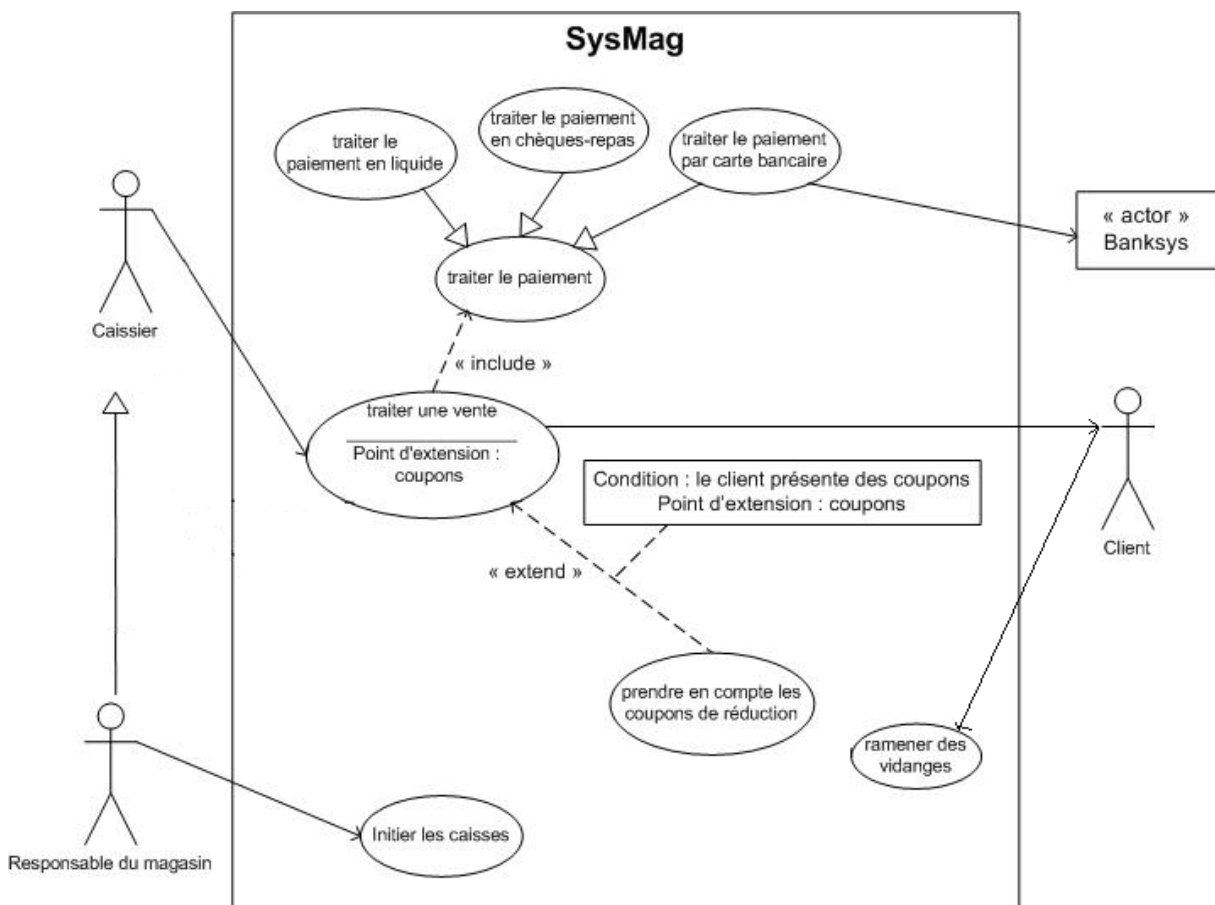


Figure 7 : les cas d'utilisation - Le diagramme SysMag avec les relations

5.2 Cas d'utilisation interne

Quand un cas n'est pas directement relié à un acteur, il est qualifié de *cas d'utilisation interne*.

UML utilise la technique des stéréotypes pour indiquer une relation d'inclusion entre cas d'utilisation : «include». Les cas d'utilisation sont reliés par des flèches marquées de ce mot.

Include (= uses, notation UML 1.x) signifie qu'un cas d'utilisation utilise un autre cas d'utilisation s'il fait appel à ce dernier comme à une sous-fonction.

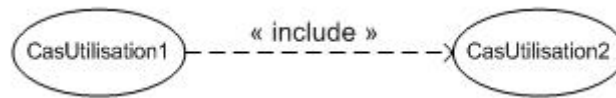


Figure 8 : les cas d'utilisation - cas d'utilisation interne

Le CasUtilisation1 inclut le CasUtilisation2 si le comportement décrit par le CasUtilisation1 inclut le comportement du CasUtilisation2 : le CasUtilisation1 dépend du CasUtilisation2. Lorsque le CasUtilisation1 est sollicité, le CasUtilisation2 l'est obligatoirement, comme une partie du CasUtilisation1.

Par exemple dans SysMag, le traitement d'une vente comprend l'enregistrement des articles que le client désire acheter et le traitement du paiement.

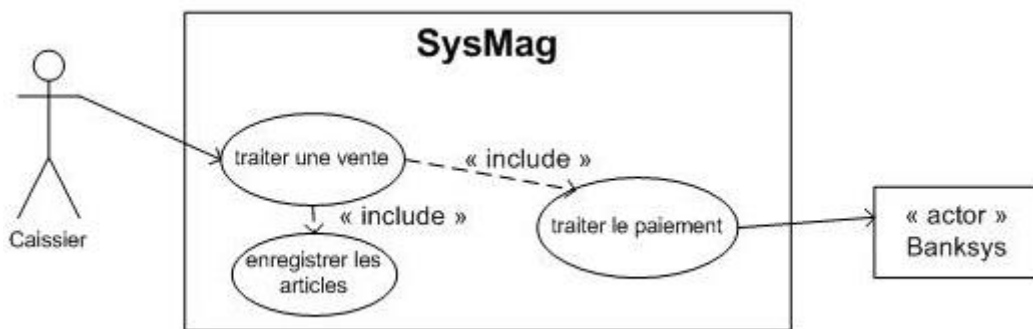


Figure 9 : les cas d'utilisation - Cas d'utilisation interne : exemples

Les inclusions permettent de décomposer un cas complexe en sous-cas plus simples. Cependant, il ne faut surtout pas abuser de ce type de décomposition : il faut éviter de réaliser du découpage fonctionnel d'un cas d'utilisation en plusieurs sous-cas d'utilisation pour ne pas faire de séquençement. Attention, les cas d'utilisation ne s'enchaînent pas!

Dans notre exemple, seul le cas « traiter le paiement » a un sens dans la mesure où il permet de faire ressortir le moment de l'interaction avec l'acteur secondaire.

Les inclusions permettent essentiellement de factoriser une partie de la description d'un cas d'utilisation qui serait commune à d'autres cas d'utilisation. Considérons l'exemple suivant :

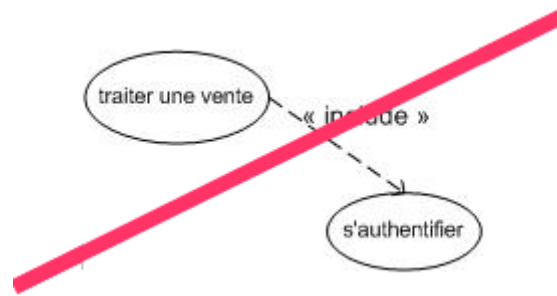


Figure 10 : les cas d'utilisation ; cas d'utilisation interne : mauvais exemple

Considérant qu'un caissier doit s'authentifier sur la caisse avant de traiter une vente, on pourrait réaliser le diagramme ci-dessus ... MAIS ... Cette inclusion induit qu'à chaque vente le caissier doit s'authentifier! Dans la réalité un caissier s'authentifie une seule fois et réalise ensuite plusieurs ventes.

5.3 Relation d'extension

La relation d'extension est probablement la plus utile car elle a une sémantique qui a un sens du point de vue métier au contraire des deux autres (inclusion et généralisation) qui sont plus des artifices d'informaticiens. L'extension est symbolisée par le stéréotype « extend ».

Extend signifie qu'un cas d'utilisation étend un autre cas d'utilisation si dans ce dernier il est possible à un moment donné (appelé point d'extension) de réaliser le premier. Le cas de base peut fonctionner tout seul, mais il peut également être complété par un autre, sous certaines conditions, et uniquement à certains points particuliers de son flot d'évènements (point d'extension).

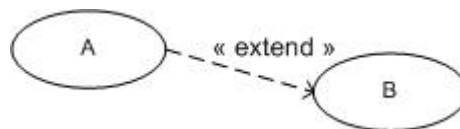


Figure 11 : les cas d'utilisation - relation d'extension

On dit qu'un cas d'utilisation A étend un cas d'utilisation B lorsque le cas d'utilisation A peut être appelé au cours de l'exécution du cas d'utilisation B. Exécuter B peut éventuellement entraîner l'exécution de A : contrairement à l'inclusion, l'extension est optionnelle.

L'extension peut intervenir à un point précis du cas étendu. Ce point s'appelle le **point d'extension**.

Graphiquement, on présente ce que l'on appelle un point d'extension dans une note. Ce point d'extension peut éventuellement être indiqué directement sous l'intitulé du cas d'utilisation (comme dans l'illustration 12). Il porte alors un nom, qui figure dans un compartiment du cas étendu sous la rubrique *point d'extension*. Dans la note qui précise l'extension, on indique également la condition qui déclenche cette extension.

Prenons un exemple, lorsque le caissier traite la vente d'un client. Ce dernier peut à un moment donné présenter des coupons de réductions. Le diagramme ci-après montre un point d'extension « coupons » qui est déclenché si le client présente des coupons de réduction.

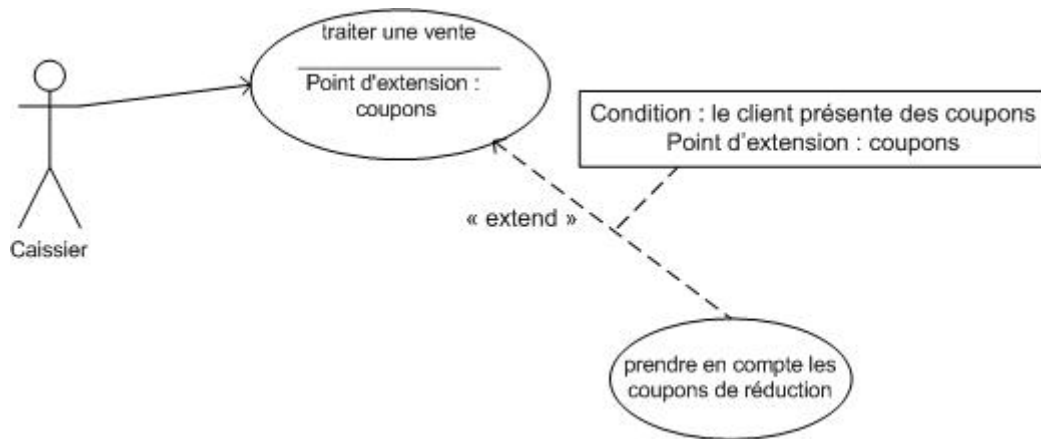


Figure 12 : les cas d'utilisation - Exemple de relation d'extension

5.4 Généralisation – spécialisation

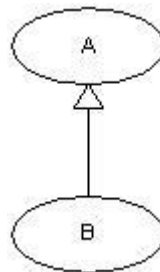


Figure 13 : les cas d'utilisation - généralisation

Un cas A est une généralisation d'un cas B si B est un cas particulier de A.

Une **généralisation de cas d'utilisation** est typiquement utilisée pour exprimer un besoin fonctionnel de haut niveau pour un système, sans entrer dans les détails spécifiques. Les spécialisations d'un cas d'utilisation général introduisent des fonctionnalités

Dans SysMag, lorsqu'on a précisé le cas d'utilisation « traiter le paiement », on sait qu'il y a 3 possibilités de paiement : en liquide, par chèques-repas et par carte bancaire. Ce sont là des spécialisations du cas « traiter le paiement ».

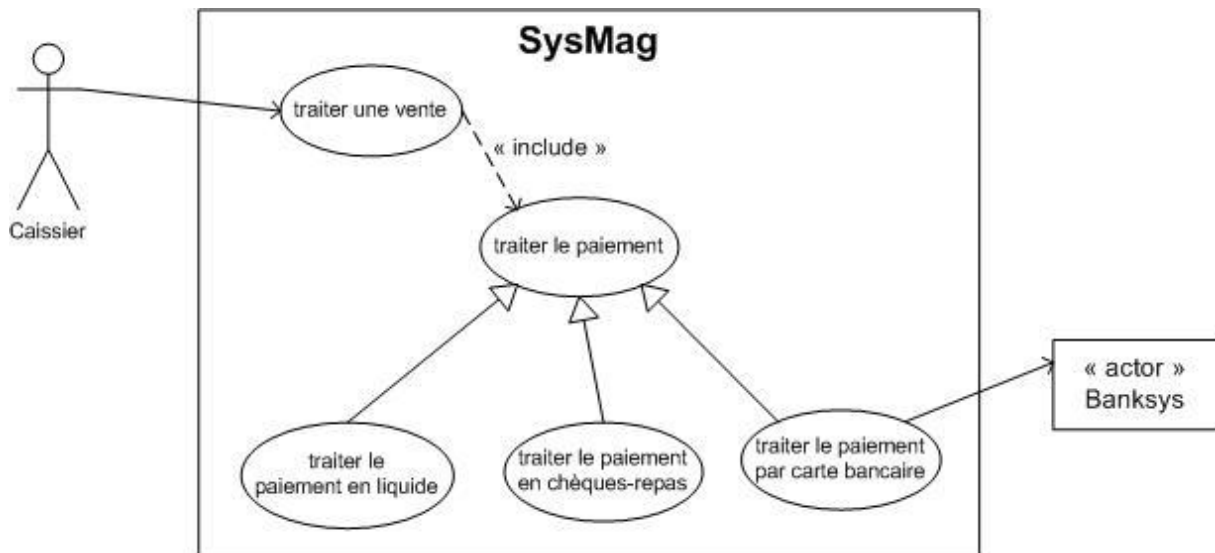


Figure 14 : les cas d'utilisation – généralisation

Cette relation de généralisation/spécialisation est présente dans la plupart des diagrammes UML et se traduit par le concept d'héritage dans les langages orientés Objet.

5.5 Les relations entre acteurs

La seule relation possible entre deux acteurs est la **généralisation** : un acteur A est une généralisation d'un acteur B si l'acteur A peut être substitué par l'acteur B. Dans ce cas, tous les cas d'utilisation accessibles à A le sont aussi à B, mais l'inverse n'est pas vrai. Une généralisation d'acteur est utilisée typiquement pour extraire les besoins communs à différents acteurs, afin de simplifier la modélisation.

Le symbole utilisé pour la généralisation entre acteurs est une flèche avec un trait plein dont la pointe est un triangle fermé désignant l'acteur le plus général (comme nous l'avons déjà vu pour la relation de généralisation entre cas d'utilisation).

Prenons deux exemples dans SysMag:

- Le responsable du magasin peut endosser les responsabilités du caissier selon les termes de son contrat.
- Le caissier peut faire ses courses dans le magasin.



Figure 15 : les cas d'utilisation - généralisation entre acteurs

Le responsable du magasin est donc une spécialisation du caissier puisqu'il a les mêmes responsabilités que celui-ci en plus de l'initialisation des caisses.

Par contre lors qu'on précise que le caissier peut faire ses courses dans le magasin, il ne s'agit pas à proprement parler d'une nouvelle responsabilité. Lorsqu'il fait ses courses dans le magasin le caissier devient un simple client; il change de casquette!

6 Le diagramme du bateau

Le **diagramme de bateau** permet de représenter graphiquement la hiérarchie des cas d'utilisation. Chaque but est redéfini dans ses sous-buts.

6.1 Les portées

On distingue en réalité deux niveaux de portée pour les cas d'utilisation:

- La **portée stratégique**: Les objectifs ont une valeur, un bénéfice pour la compagnie.
- La **portée système** : Les cas d'utilisation sont liés au système en cours de développement. Les objectifs représentent des fonctionnalités spécifiques requises du système. La majorité des cas d'utilisation possèdent une telle portée. Ils sont souvent des étapes dans un cas d'utilisation de portée stratégique.

6.2 Les objectifs

On distingue également trois niveaux d'objectifs pour les cas d'utilisation :

- Les **sous-fonctions**: Un tel cas d'utilisation représente un objectif en-dessous du niveau intéressant l'utilisateur (acteur). Il s'agit d'un sous-objectif, d'une étape dans un scénario extérieur.

Exemples : vérifier si l'article est de stock au moment où un client souhaite passer commande. Dans SysMag, traiter le paiement est une sous-fonction de traiter une vente.

- Les **tâches utilisateur**: C'est le niveau le plus intéressant. Il correspond à un objectif d'un acteur primaire essayant d'obtenir un résultat dans son travail. Pour savoir si un cas d'utilisation est une tâche utilisateur, il suffit de se demander si répéter cet objectif plusieurs fois augmente la quantité de travail effectué par l'utilisateur. Exemple : par rapport à placer 1 commande, placer 50 commandes l'augmente. Vérifier si 50 articles sont de stock ne lui rapporte rien de plus que de vérifier si un article est de stock.
- Les **sommaires**: Il s'agit d'une collection de tâches utilisateur. Un but sommaire peut par exemple, collecter toutes les tâches utilisateur concernant la promotion des produits.

Attention, une tâche utilisateur peut avoir un sous-objectif qui est lui-même une tâche utilisateur : ainsi, encoder un client est un tel cas d'utilisation qui peut être inclus comme une étape d'un des scénarios de l'encodage d'une vente. Ceci n'est pas grave et ne doit pas engendrer de confusion dans notre esprit.

En terme de portée et d'objectif, on classifie les cas d'utilisation en 4 " familles ":

- Sommaire au niveau stratégique
- Sommaire au niveau système
- Tâche utilisateur au niveau système
- Sous-fonction au niveau système

6.3 Graphiquement

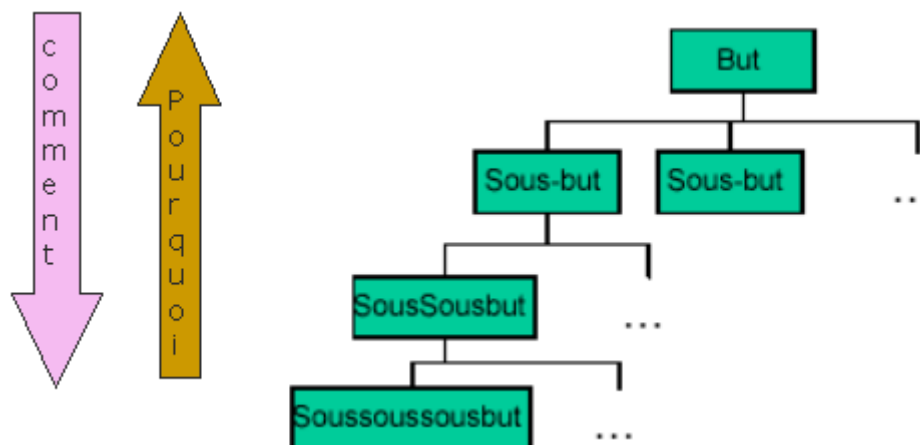


Figure 16 : les cas d'utilisation – le diagramme du bateau

Dans le diagramme du bateau, quand on lit le diagramme de haut en bas, on se demande à chaque étage comment réaliser ce but. Si on lit le diagramme de bas en haut, on se demande pourquoi réaliser ce but.

" bateau " parce qu'au niveau de la mer, le niveau le plus important, se trouvent les tâches utilisateur qui émergent à l'horizon. Au-dessus de ce niveau, ce sont des buts composites et stratégiques. En dessous, il s'agit des sous-fonctions.

Dans l'exemple SysMag, on a opté pour une décomposition basée sur les données : on a organisé les buts sommaires en fonction des données à traiter : les ventes et les vidanges.

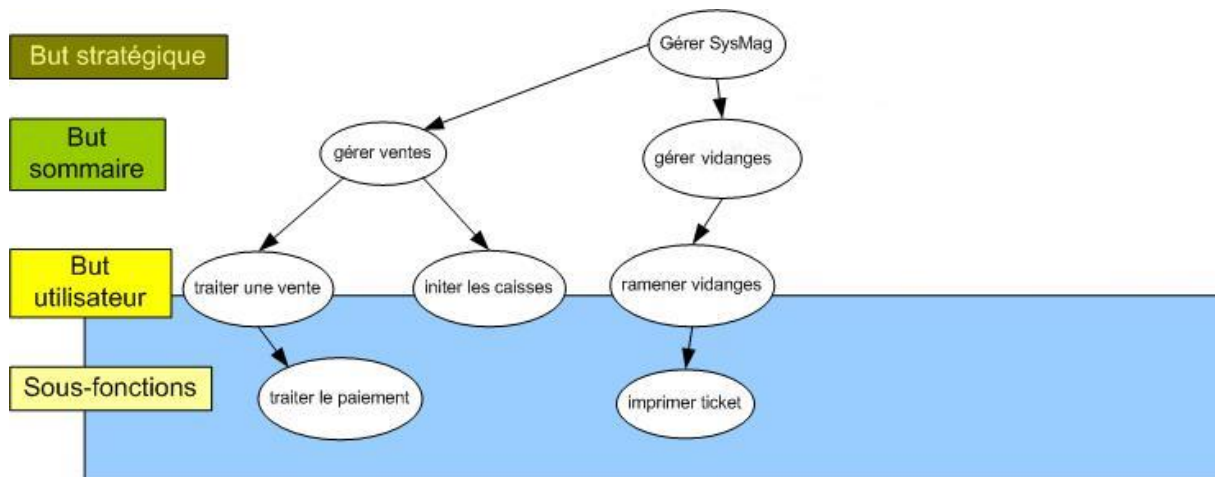


Figure 17 : les cas d'utilisation – le diagramme du bateau, exemple SysMag

Si on avait voulu intégrer d'autres objectifs dans SysMag, tels que la gestion d'autres déchets ou la gestion des stocks, la découpe sur les données aurait été la suivante :

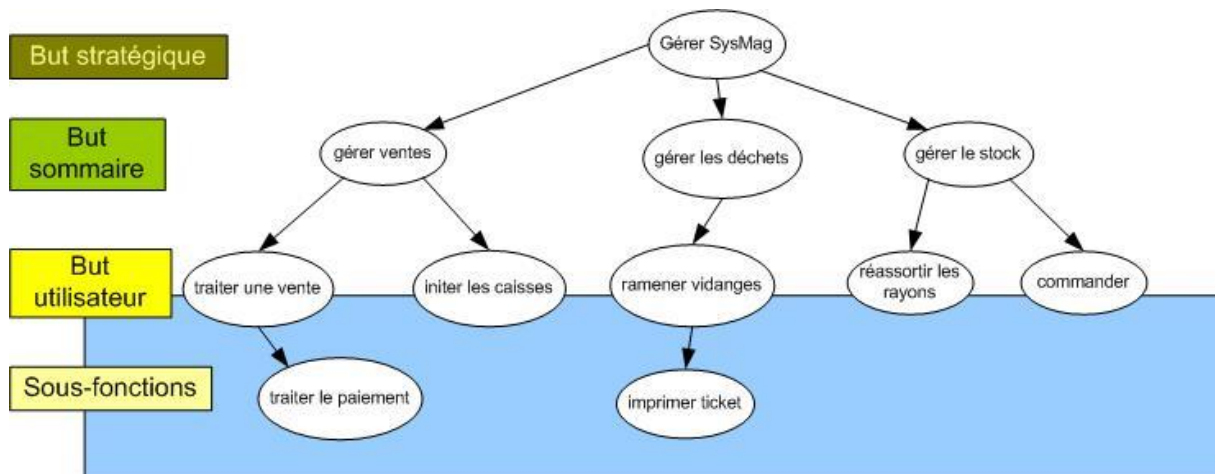


Figure 18 : les cas d'utilisation – le diagramme du bateau, exemple SysMag étendu

D'autres découpes en buts sommaires sont possibles :

- Découpe en fonction des différentes activités couvertes
- Découpe en fonction du planning de développement.

7 Les scénarios d'un cas d'utilisation

7.1 Définition

Chaque acteur a un ensemble **responsabilités**. Pour assumer ces responsabilités, il établit un ou plusieurs objectifs. Pour réaliser un objectif, il exécute des actions. Une action déclenche une **interaction** avec un autre acteur (interne ou externe), faisant appel à une responsabilité de cet autre acteur. Si celui-ci tient ses promesses, l'acteur primaire sera prêt à atteindre son but. Sinon, l'acteur primaire devra essayer de trouver une autre manière de réaliser son objectif. Il y a donc une alternative.

Les interactions sont simples ou composées. Elles peuvent être réduites à un simple message. Elles peuvent aussi être une suite d'interactions. Une telle suite n'a ni branchement, ni alternatives et est généralement appelée **scénario**.

Un cas d'utilisation est, dès lors, une collection de scénarios. Un scénario est symbolisé par un chemin à travers lequel sont indiquées les responsabilités qui doivent être exécutées par les composants du système, en réponse à un élément déclencheur donné.

7.2 Pantalon rayé

Les cas d'utilisation correspondent à l'image du pantalon à rayure : chaque rayure est un scénario. La jambe gauche regroupe les scénarios conduisant au succès (objectif atteint au moins partiellement), tandis que la jambe droite est formée des scénarios d'échec, conduisant à l'abandon de l'objectif.

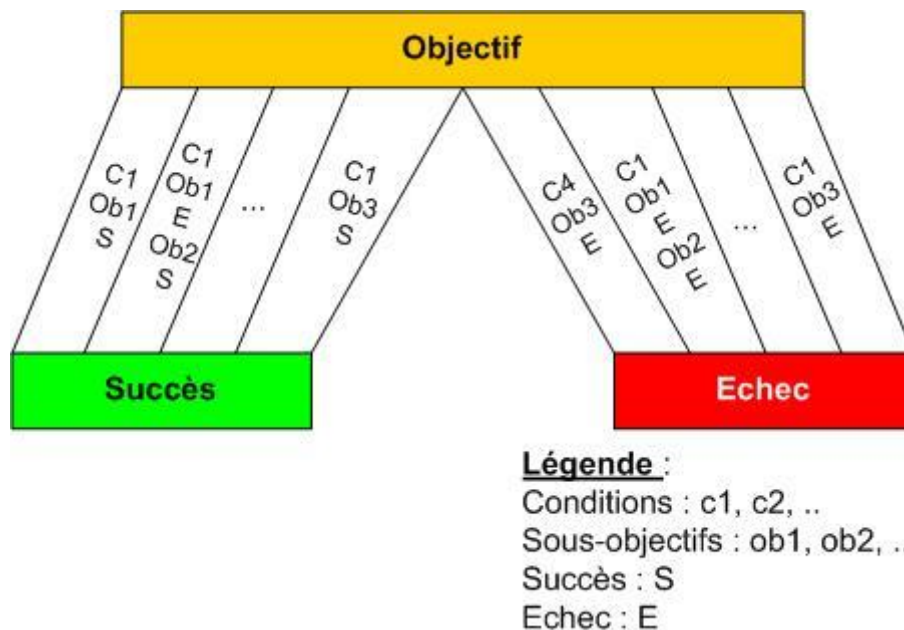


Figure 19 : les cas d'utilisation - le pantalon rayé

Le premier scénario de la jambe gauche sera le scénario dans lequel tout se passe bien : on l'appelle **scénario principal** ou **nominal**. Les autres seront des **scénarios alternatifs**. Comme on le voit, les scénarios se subdivisent en sous-objectifs atteints ou ratés.

Un **scénario** représente une succession particulière d'enchaînements, s'exécutant du début à la fin du cas d'utilisation, un enchaînement étant l'unité de description de séquences d'actions.

Un **cas d'utilisation** est une **collection** de **scénarios** possibles entre le système en construction et les acteurs externes, caractérisé par l'objectif que l'acteur primaire a envers les responsabilités déclarées du système, indiquant comment l'objectif de l'acteur primaire peut être atteint ou peut échouer.

7.3 Présentation d'un scénario

Pour présenter le scénario principal d'un cas d'utilisation :

Étape	Action
1	Indiquer les diverses étapes du scénario; depuis le déclenchement jusqu'à la fin du scénario (objectif atteint)
2	...
...	...

Pour améliorer la lisibilité, on peut présenter le scénario en 2 colonnes, l'une pour les actions de l'acteur primaire et l'autre pour les réactions du système. La présentation en deux colonnes offre beaucoup de clarté au scénario mais présente aussi des inconvénients. Tandis qu'elle permet de faire ressortir le dialogue entre le système et l'acteur primaire, lorsqu'un autre acteur intervient, utiliser une troisième colonne devient fastidieux! De plus, en utilisant deux (ou plusieurs) colonnes, le scénario s'étale sur beaucoup plus de pages qu'une présentation avec une simple colonne.

On présente les **alternatives** au scénario séparément en mentionnant clairement l'étape du scénario à laquelle la condition alternative se vérifie ; c'est le numéro de l'étape suivi d'une lettre permettant de distinguer les différentes alternatives. Ensuite, les étapes du scénario alternatif sont numérotées linéairement.

Étape	Action de branchement
1a	[condition causant le branchement de l'étape 1 du scénario principal vers un scénario alternatif – action ou sous cas d'utilisation]
1.a.1	Première étape du scénario alternatif
1.a.2	Seconde étape du scénario alternatif
...	...
1.b	[autre condition de branchement de l'étape 1 du scénario principal]
...	...
3.a	...
...	...

Une **variation** est une manière différente de réaliser une étape du scénario mais qui ne modifie en rien les étapes suivantes.

Étape	Action
1	Liste des variations de l'étape 1 du scénario principal
2	...
...	...

7.4 Les niveaux d'interaction

Enfin, on distingue deux niveaux de détail d'interaction:

- L'interface de **dialogue** : peut contenir des objectifs du genre : entrer la rue, le numéro, le code postal et la localité, voire même, choisir dans une combo box ...
- L'interface **sémantique** : on y préciserait simplement : entrer l'adresse. On choisit généralement de travailler à ce niveau. La raison d'un tel choix est de laisser le plus de liberté possible pour pouvoir implémenter l'interaction en utilisant des technologies différentes (ex : voix, ...) et pour accepter divers formats de données (pour divers pays par exemple).

7.5 Les interfaces Utilisateur

Il ne faut pas confondre cas d'utilisation et interfaces utilisateur. Les interfaces utilisateur peuvent certes être considérées comme des cas d'utilisation écrits au niveau d'interaction "dialogue".

Il y a pourtant deux raisons de travailler autrement : Si on écrit les cas d'utilisation en termes d'interface utilisateur, on fixe les exigences alors que généralement l'interface utilisateur va être sujette à de nombreux changements. Il faudrait recommencer trop souvent le design des cas d'utilisation en s'y prenant ainsi. Par ailleurs, le design de l'interface se fait plus tard, alors que les besoins ont déjà été précisés. En réalité, il est préférable que le groupe chargé de l'interface utilisateur lise les scénarios et propose différentes présentations.

C'est pour cela que la plupart des gens se placent au niveau sémantique pour faire le design des cas d'utilisation.

7.6 Exemple

Voici le scénario principal de " traiter vente " dans SysMag :

1. Le client arrive à la caisse avec ses articles.	
2. Le caissier initie la vente.	
3. Le caissier entre le code de l'article.	
	4. Le système enregistre l'article, affiche son intitulé et son prix ainsi que le total en cours.
Le caissier répète les étapes 3 et 4 jusqu'à ce que tous les articles soient saisis.	
	5. Le système affiche le montant total des courses.
6. Le caissier communique ce montant au client et lui demande le paiement.	
7. Le client règle le paiement.	
	8. Le système enregistre la vente et génère un ticket.
9. Le caissier donne le reçu au client.	

Et quelques alternatives:

* A [à tout moment, si le système tombe en panne]
1. le caissier relance le système et récupère l'état précédent.
2. Le système reconstruit l'état précédent.
2.a. [le système détecte une anomalie qui empêche la récupération de l'état précédent]
2.a.1. Le système signale l'erreur au caissier et l'enregistre.
2.a.2. Le caissier démarre une nouvelle vente (échec et branchement en 2)
Branchement au point 3

3.a [code article erroné]
3.a.1. le système signale l'anomalie au caissier.
3.a.2. le caissier traite l'erreur:
a. Il y a un code lisible par un être humain
a.1. Le caissier introduit ce code.
a.2. Le système affiche l'intitulé de l'article ainsi que son prix.
a.2.a. [le code est invalide] Le système signale l'erreur et le caissier tente une autre méthode (b ou c)
b. Il n'y a pas de code mais il y a un prix.
b.1. Le caissier saisit le prix manuellement (avec l'accord du responsable).
c. Le caissier appelle un employé pour obtenir le bon code ou le prix

3.b [plusieurs articles de même code]
3.a.1. le caissier introduit la quantité.

3-6 a [le client présente des coupons de réduction]
3.a.1. Le caissier encode les coupons
3.a.2. Le système enregistre les coupons.
...

Enfin, les variations:

3	Le caissier encode l'article par scanning ou manuellement.
	...

Ceci vaut mieux que de réaliser un scénario pour chaque variante. On évite ainsi un trop grand nombre de cas d'utilisation. De plus, placer les variations dans une section séparée permet d'éviter une fois de plus l'explosion du cas d'utilisation.

8 Le modèle de description d'un cas d'utilisation

Pour décrire un cas d'utilisation, nous utilisons un modèle basé sur le template proposé par Alistair Cockburn⁵.

8.1 Le modèle complet

Nom du cas d'utilisation	Commencer par un verbe
Objectif	Une description résumée permettant de comprendre l'intention principale du cas d'utilisation. Cette partie est souvent renseignée en début de projet dans la phase de découverte des cas d'utilisation.
Niveau	Sommaire ou tâche utilisateur ou sous-fonction
Acteur principal	Fait appel au système pour obtenir un service
Parties prenantes et intérêts	Qui s'intéresse à ce cas d'utilisation et que souhaite-t-il? Il ne s'agit pas de l'acteur principal mais des intervenants.
Préconditions	Définissent ce qui est vrai avant le début d'un scénario. Il s'agit bien de l'état du système AVANT l'enclenchement par le trigger du scénario. Les éléments définis en préconditions sont vérifiables par le système.
État après réussite	Définissent ce qui est vrai lorsque le cas d'utilisation se termine avec succès. Il s'agit de l'état du système APRES la réussite du scénario.
État après échec	Définissent ce qui est vrai lorsque le cas d'utilisation ne se termine pas avec succès. Il s'agit de l'état du système APRES l'échec du scénario.
Trigger	L'évènement déclencheur souvent externe au système mais peut être aussi un évènement d'horloge (ex après 30 sec).

On décrit ensuite :

Scénario nominal	Scénario de succès type, sans conditions (présenté comme vu au point précédent, càd par étapes). On doit également présenter toutes les alternatives au scénario principal.
Variations et extensions	Détails des variations et extensions (généralisation)

Quelques précisions:

- Un cas d'utilisation de niveau **tâche utilisateur** est la forme courante qui décrit les scénarios servant à un acteur principal d'atteindre ses buts. (correspond à un processus métier). Un cas d'utilisation de niveau **sous-fonction** décrit les sous étapes nécessaires pour la réalisation d'un but utilisateur.

⁵ Site internet d'Alistair Cockburn : <http://alistair.cockburn.us/> et plus précisément : http://alistair.cockburn.us/index.php/Basic_use_case_template

- Usuellement, l'état après réussite s'appelle aussi post conditions de succès. Idem pour l'état après échec.
- Un cas d'utilisation doit être déclenché par quelqu'un ou par quelque chose, l'agent déclencheur étant extérieur au cas d'utilisation mais détectable par le système. Cet agent déclencheur est appelé **trigger**. Le trigger peut être le premier événement du cas d'utilisation ou non: à vous de choisir et de rester cohérent! Néanmoins, il faut éviter les triggers tels que "le client décide de faire des courses". Le trigger doit être une action pas une décision, une envie, ... On préfère alors "le client arrive à la caisse avec ses articles " ou encore "le caissier initie une vente".

8.2 Exemple

Nom du cas d'utilisation	Traiter une vente
Niveau	Tâche
Acteur principal	Caissier
Parties prenantes et intérêts	Client et Banksys
Pré conditions	La caisse a été initiée par le responsable de magasin, le caissier est authentifié.
État après réussite	La vente est enregistrée (ticket imprimé). Les stocks ont été modifiés. Le paiement s'est déroulé avec succès. Le client peut partir avec ses articles.
État après échec	Le paiement n'a pas été effectué. Le client ne part pas avec ses articles et il faut les replacer en rayon.
Trigger	Le client arrive à la caisse avec ses articles ⁶

Remarque : il pourrait y avoir d'autres parties prenantes éventuelles (par exemple, les services fiscaux). Celles-ci ne sont indiquées que lorsqu'elles interagissent avec le système développé.

Le scénario et les alternatives ont été détaillés au point 7.6.

⁶ Même si cet événement n'est pas à proprement parler détectable par le système, on préfère préciser que c'est bien l'arrivée d'un client qui génère l'initialisation d'une vente par le caissier

8.3 Les contraintes non-fonctionnelles

On peut intégrer des informations complémentaires à la description du cas d'utilisation.

Par exemple:

Informations diverses	Nom du Use Case
Priorité	A quel point ce Use Case est critique pour le système ou pour la société ?
Performance	La quantité de temps que peut prendre ce Use Case
Fréquence	Combien de fois sera-t-il exécuté sur une période donnée
Moyens pour les acteurs	Ex : fichiers, bases de données, types d'interaction...
Informations utiles	Questions ouvertes qui attendent une décision, planning, ...
	Liens avec d'autres Use Cases (UC qui appellent celui-ci ou qui lui sont subordonnés)
Variantes des données et des technologies	Autres méthodes d'entrée et sorties, format de données...
	Langage utilisé, appel à du code Open Source, licence...

Pour le système SysMag, voici quelques contraintes non fonctionnelles que l'on pourrait ajouter :

- *Performance* : le système doit réagir dans un délai inférieur à 4 secondes, peu importe l'action de l'utilisateur.
- *Résistance aux pannes* : si une coupure de courant ou une autre défaillance survient au cours du cas d'utilisation, la transaction sera annulée, la vente n'aura pas eu lieu. Le système doit pouvoir redémarrer automatiquement dans un état cohérent et sans intervention humaine.
- *Résistance à la charge* : le système doit pouvoir gérer plus de 4.000 ventes par jour.

8.4 Validation des cas d'utilisation et conseils

Les cas d'utilisation doivent être validés complètement. On peut le faire en répondant à quelques questions :

- Le cas d'utilisation est-il complet? Des détails doivent-ils être ajoutés ?
- L'objectif de l'acteur primaire est-il correctement atteint ?
- Des changements au niveau des exigences ou de la procédure peuvent-ils simplifier le processus décrit dans le cas d'utilisation ?
- Y a-t-il des objectifs supplémentaires qui n'ont pas été traités ?
- Y a-t-il des acteurs supplémentaires qui n'ont pas été représentés ?

Les recommandations essentielles présentées ci-après, sont celles de Cockburn. En voici un résumé :

- Partir du sommet (les grandes fonctions), et se maintenir le plus possible au niveau *objectif utilisateur*.
- Centrer son attention sur le cas nominal (un scénario typique de succès).
- Préciser toujours les parties prenantes et leurs intérêts.
- Utiliser un verbe au présent de l'indicatif à chaque étape.
- Utiliser la voix active pour décrire les sous-objectifs en cours de satisfaction.
- Le sujet doit être clairement localisable (en début de phrase généralement).
- Rester concis et pertinent (éviter les longs documents).
- Éviter les *si*, et placer les comportements alternatifs dans les *extensions*.
- Signaler les sous-cas d'utilisation. Ils sont toujours représentés par la relation d'inclusion d'UML.
- Identifier le bon objectif.
- Signaler la portée.
- Laisser de côté l'interface utilisateur.

Pour écrire les cas d'utilisation, nous proposons de procéder dans l'ordre indiqué ci-dessous :

1. Description globale du système:
 - Limites du système
 - Acteurs
 - Cas d'utilisation
 - Relations entre acteurs
 - Relations entre acteurs et cas d'utilisation
 - Relations entre cas d'utilisation
2. Description textuelle des cas d'utilisation – modèle (scénarios inclus)
3. Flux alternatifs et variations
4. Vérification globale (redondance, relation, ...)

9 La dynamique des cas d'utilisation

Les cas d'utilisation traduisent en termes fonctionnels les besoins des utilisateurs. Lorsque cette étape de définition des cas d'utilisation est achevée, on requiert souvent l'utilisation des diagrammes dynamiques d'UML (diagramme de séquence et d'activités notamment) pour détailler les scénarios.

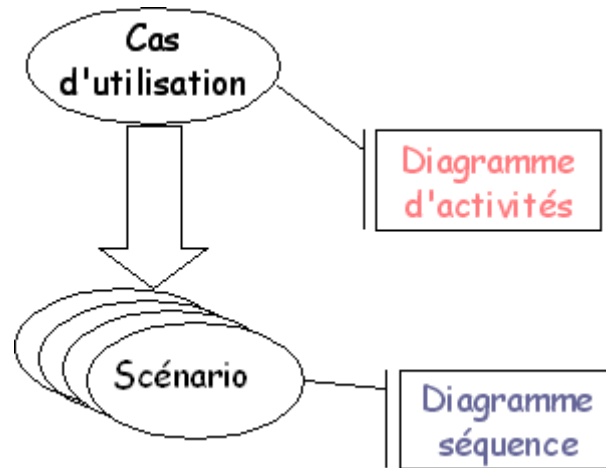


Figure 20 : la dynamique des cas d'utilisation

Les diagrammes d'activités (voir Le diagramme d'activités à la page 80) permettent de décrire un cas d'utilisation complet (scénario + alternatives + variations) ou encore un ensemble de cas d'utilisation. Les diagrammes de séquence (voir Le diagramme de séquence à la page 94) permettent de détailler un scénario particulier (sans alternative ni variation).

Dans le cas " traiter une vente " :

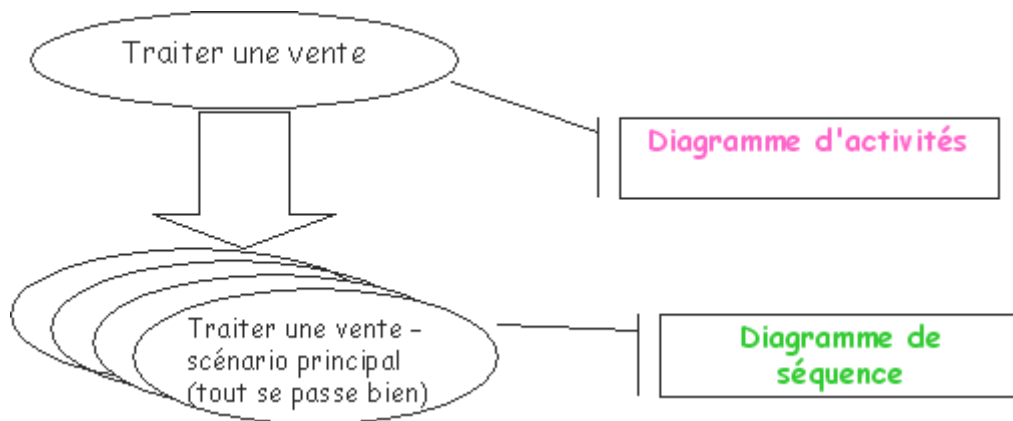


Figure 21 : la dynamique des cas d'utilisation - exemple

Remarquez que, bien que le diagramme d'activités semble plus compréhensible, il est plus compliqué à réaliser que le diagramme de séquence.

10 Conclusion

Il est important de noter que l'utilisation des relations n'est pas primordiale dans la rédaction des cas d'utilisation et donc dans l'expression du besoin. Ces relations peuvent être utiles dans certains cas mais une trop forte focalisation sur leur usage conduit souvent à une perte de temps ou à un usage faussé, pour une valeur ajoutée, au final, relativement faible.

Unanimement reconnus comme cantonnés à l'ingénierie des besoins, les diagrammes de cas d'utilisation ne peuvent être qualifiés de modélisation à proprement parler. D'ailleurs, de nombreux éléments descriptifs sont en langage naturel. De plus, ils ne correspondent pas *stricto sensu* à une approche objet. En effet, capturer les besoins, les découvrir, les réfuter, les consolider, etc., correspond plus à une analyse fonctionnelle classique.

Les cas d'utilisation sont une bonne approche pour trouver le **QUOI** plutôt que le **COMMENT**. Ils forcent à voir les **cas exceptionnels** aussi bien que les **cas normaux**.

Les cas d'utilisation peuvent aider à formuler les (cas de) test. Effectivement les scénarios décrits fournissent les grandes lignes des jeux de tests à effectuer sur l'application. Ils constituent le référentiel des **tests de validation**. C'est-à-dire les tests qui permettent de vérifier que l'application répond bien aux spécifications énoncées.

Chapitre 4: Le diagramme de classes

1 Introduction

Le diagramme de classes est considéré comme le plus important de la modélisation orientée objet, il est le seul obligatoire lors d'une telle modélisation.

Alors que le diagramme de cas d'utilisation montre un système du point de vue des acteurs, le diagramme de classes en montre la structure interne. Il permet de fournir une représentation abstraite des objets du système qui vont interagir ensemble pour réaliser les cas d'utilisation. Il est important de noter qu'un même objet peut très bien intervenir dans la réalisation de plusieurs cas d'utilisation. Les cas d'utilisation ne réalisent donc pas une partition⁷ des classes du diagramme de classes. Un diagramme de classes n'est donc pas adapté (sauf cas particulier) pour détailler, décomposer, ou illustrer la réalisation d'un cas d'utilisation particulier. Nous utiliserons plutôt les diagrammes d'interactions. Si on doit représenter plusieurs cas d'utilisation, on préfère un diagramme d'activités.

Le **diagramme de classes** permet de décrire les entités du monde modélisé et les relations statiques existant entre ces entités (les **associations** et les **sous-types**). Il permet de décrire l'état et le comportement des objets : il montre les **attributs** et les **opérations** de chaque classe. De plus, il indique les **contraintes** devant exister entre les objets.

On relève 3 manières (3 perspectives) de concevoir un diagramme de classes :

- **Conceptuelle** : On y représente les concepts du domaine étudié. A ce niveau, le diagramme est indépendant du langage d'implémentation.
- **De spécification** : On précise ici les interfaces pour le langage de programmation qui sera utilisé.
- **D'implémentation** : On y indique comment les interfaces seront implémentées.

Attention, les diagrammes de classes sont **très riches**, les notations y sont très nombreuses. N'utilisez dans un premier temps que les **concepts principaux** : classes, associations, attributs, opérations, contraintes et généralisations. N'introduisez les **autres notions** que quand vous en avez vraiment besoin (10% des cas).

2 Les classes

2.1 Les notions de classe et d'objet

Une classe représente un groupe d'objets possédant des états et un comportement communs. Une classe peut être considérée comme une sorte de plan permettant de construire un système orienté objet.

Une **classe** est la description formelle d'un ensemble d'objets ayant une sémantique et des propriétés communes. Elle représente la description d'un ensemble d'**objet** possédant les mêmes caractéristiques ; on peut parler également de **type**.

Un **objet** est une entité aux frontières bien définies, possédant une identité et encapsulant un **état** et un **comportement**. Un **objet** est une **instance** d'une **classe**.

⁷ Une partition d'un ensemble est un ensemble de parties non vides de cet ensemble, deux à deux disjointes et dont la réunion est égale à l'ensemble.

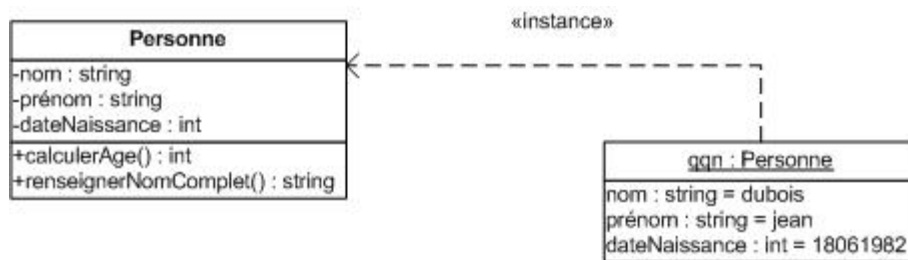


Figure 22 : le diagramme de classes - les notions de classe et d'objet

Par exemple, la classe `Personne` est définie ci-dessus. Son état englobe 3 informations : le nom, le prénom et la date de naissance. Son comportement se résume en 2 actions: donner son âge et donner son nom complet. L'instance `qqn` est représentée également sur ce diagramme. `qqn` est un objet de type `Personne` dont les valeurs de l'état sont indiquées (dubois / jean / 18061982).

2.2 Les propriétés

Une classe définit un jeu d'objets dotés de propriétés. Les propriétés d'un objet permettent de spécifier son **état** et son **comportement**. Précédemment, nous avons dit que les propriétés d'un objet étaient soit des attributs, soit des opérations. Ce n'est pas exact dans un diagramme de classe car les terminaisons d'associations font également partie des propriétés d'un objet au même titre que les **attributs** et les **opérations**.

2.2.1 État d'un objet

Ce sont les **attributs** et les **terminaisons d'associations** (voir partie sur l'association entre classes) qui décrivent l'**état** d'un objet. On utilise les attributs pour des valeurs de données pures, dépourvues d'identité, telles que les nombres et les chaînes de caractères. On utilise les associations pour connecter les classes du diagramme de classe. Dans ce cas, la terminaison de l'association (du côté de la classe cible) est une propriété de la classe de base.

Les propriétés décrites par les attributs prennent des valeurs lorsque la classe est instanciée. L'instance d'une association est appelée un **lien**.

2.2.2 Comportement d'un objet

Les **opérations** décrivent les éléments individuels d'un **comportement** que l'on peut invoquer. Ce sont des fonctions qui peuvent prendre des valeurs en entrée et modifier les attributs ou produire des résultats. Une opération est la spécification (déclaration) d'une méthode. L'implémentation (définition) d'une méthode est également appelée méthode. Il y a donc une ambiguïté sur le terme méthode.

Les attributs, les terminaisons d'association et les méthodes constituent donc les propriétés d'une classe (et de ses instances).

2.3 Graphiquement

Une classe est représentée par un rectangle divisé en trois à cinq compartiments :

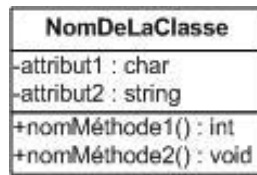


Figure 23 : le diagramme de classes - une classe

Le premier indique le nom de la classe, le deuxième ses attributs et le troisième ses opérations. Un compartiment des responsabilités peut être ajouté pour énumérer l'ensemble de tâches devant être assurées par la classe mais pour lesquelles on ne dispose pas encore assez d'informations. Un compartiment des exceptions peut également être ajouté pour énumérer les situations exceptionnelles devant être gérées par la classe.

Le **nom** de la classe doit évoquer le concept décrit par la classe. Il commence par une majuscule. On peut ajouter des informations subsidiaires comme le nom de l'auteur de la modélisation, la date, etc.

La syntaxe de base de la déclaration d'un nom d'une classe est la suivante :

[<Nom_du_paquetage_1>::...::<Nom_du_paquetage_N>]

<Nom_de_la_classe> [{ [abstract], [<auteur>], [<date>], ... }]

2.4 La classe abstraite

Une classe peut être **abstraite** : dans ce cas, son nom est indiqué en *italique* ou en le spécifiant explicitement en utilisant la contrainte {abstract}. Une classe abstraite est une classe qui n'est pas destinée à être instanciée. Une classe abstraite peut contenir une ou des méthodes qui ne sont pas implémentées. Ces méthodes sont alors appelées méthodes abstraites.

Elle peut définir des constructeurs mais aucun objet n'aura comme type d'exécution celui d'une classe abstraite. De telles classes servent de canevas pour la construction de sous-classes.

Pour indiquer qu'une classe est abstraite (sur un diagramme fait à la main), on utilise la contrainte (pas facile d'écrire en italique à la main :-)).

2.5 Les interfaces

Une **interface** est une classe dans laquelle aucune méthode n'est implémentée, et où les champs ne sont pas indiqués.

Une interface est représentée comme une classe excepté l'absence du mot-clef `abstract` (car l'interface et toutes ses méthodes sont, par définition, abstraites) et l'ajout du stéréotype «interface».

Une interface peut être implémentée par une ou plusieurs classes. Graphiquement, cela est représenté par un trait discontinu terminé par une flèche triangulaire.

Par exemple :

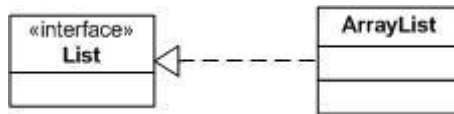


Figure 24 : le diagramme de classes - les interfaces

Une variante plus compacte est de représenter les interfaces à l'aide de petits cercles reliés aux classes qui les implémentent.

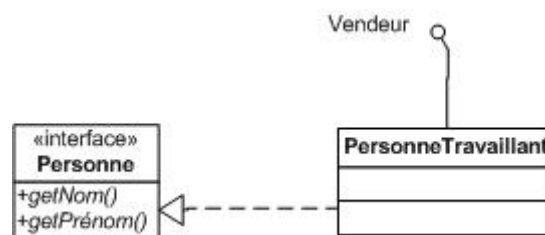


Figure 25 : le diagramme de classes - les interfaces : représentation compacte

La notation compacte (la petite boule dans le diagramme ci-dessus) permet de montrer qu'une classe implémente une interface sans détailler les méthodes de l'interface. Cela permet d'alléger le diagramme de classes.

2.6 Les attributs

2.6.1 Notation

Les attributs définissent des informations qu'une classe ou un objet doivent connaître. Ils représentent les données encapsulées dans les objets de cette classe. Chacune de ces informations est définie par un nom, un type de données, une visibilité et peut être initialisé. Le nom de l'attribut doit être unique dans la classe.

La syntaxe de la déclaration d'un attribut est la suivante :

<visibilité> [/] <nom_attribut>:<type> ['[' <multiplicité> ']']

visibilité :

- **public(+)** : toutes les classes peuvent accéder à l'attribut `public`.
- **protected(#)** : les classes du package ainsi que ses descendants peuvent accéder à l'attribut `protected`.
- **Default (~ ou package)** : toutes les classes du même package peuvent accéder à l'attribut `package`. Lorsqu'aucune visibilité n'est spécifiée, cela correspond à la visibilité par défaut
- **private(-)** : la classe uniquement peut accéder à l'attribut `private`.

type indique le type de l'attribut :soit un type primitif (boolean, char ou entier) ou un type de référence.

Multiplicité indique le nombre de valeurs que peut contenir l'attribut. Sans précision, elle est par défaut à 1. Lorsqu'une multiplicité supérieure à 1 est précisée, cela signifie que cette variable est capable de retenir une référence vers un plusieurs données. Par exemple : `int tab[]` ou encore `char matrice[][]`.

2.6.2 Attribut dérivé

Certains attributs ont une valeur qui peut se déduire de celles des autres attributs de la classe ou des classes en relation avec elle. Un tel attribut est appelé **attribut dérivé** et on le représente en faisant précéder son nom de `/`. Ainsi, la classe `Produit` peut contenir un champ `prixTTC` dont la valeur est calculable à l'aide de renseignements provenant des champs `TVA` et `prixHT`.

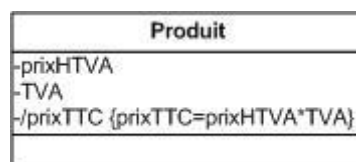


Figure 26 : le diagramme de classes - l'attribut dérivé

2.6.3 Attribut de classe

Un attribut peut être **de classe** ou **d'instance**. Les variables de classe sont celles dont la valeur est toujours identique pour toutes les instances de la classe. Les variables d'instance

ont une valeur qui peut différer entre plusieurs instances de la classe (leur valeur est propre à l'instance). Concrètement, une variable de classe associe une certaine quantité de mémoire à une classe. Une variable d'instance associe de la mémoire aux objets.

On indique un attribut de classe dans un diagramme de classes en le soulignant.

Par exemple: `tailleMoyenne : int.`

2.7 Les méthodes

2.7.1 Notation

La déclaration d'une opération contient les types des paramètres et le type de la valeur de retour, sa syntaxe est la suivante :

```
<visibilité> <nom_méthode> ( [ <paramètre> [, <paramètre> [, <paramètre> ...] ] ] )  
:[<type_retour>]
```

- **type_retour** précise le type du résultat de la méthode décrite. Exemple:
`somme(int, int) : int.`
- **paramètres** indique les types des différents paramètres de la méthode. Exemple:
`somme(int, int) .`

La syntaxe de définition d'un paramètre (<paramètre>) est la suivante :

```
[<direction>] <nom_paramètre>:<type> ['['<multiplicité>']'] [=<valeur_initiale>]
```

- **direction** permet d'indiquer si le paramètre est un input, un output ou les deux. Càd in, out ou inout. En travaillant en Java, étant donné que les paramètres étant in pour les types primitifs et inout pour les autres, nous **ne le spécifierons pas dans le cadre du cours.**

Dans une classe, une opération (même nom et mêmes types de paramètres) doit être unique. Quand le nom d'une opération apparaît plusieurs fois avec des paramètres différents, on dit que l'opération est surchargée. En revanche, il est impossible que deux opérations ne se distinguent que par leur valeur retournée.

2.7.2 Méthode de classe

Une méthode peut être **de classe** ou **d'instance**. Les méthodes de classe ne peuvent lire ou modifier que les variables de classe. Les méthodes d'instance peuvent manipuler l'ensemble des variables de l'objet. Contrairement aux variables, les méthodes d'instance sont identiques pour plusieurs instances d'une même classe. Les méthodes de classe sont invoquées en envoyant un message soit à la classe qui les définit, soit à n'importe quelle instance de cette classe.

On indique une méthode de classe en la soulignant. Par exemple : `getTailleMoyenne :int.`

2.7.3 Méthode abstraite

On peut également signifier qu'une opération est abstraite en la plaçant en italique. Si toutefois, vous élaborez votre schéma à la main, préférez noter le mot *abstract* comme une

contrainte de la méthode. Une **méthode abstraite** est une méthode ne possédant pas d'implémentation. Rappelons que lorsqu'il y a au moins une méthode abstraite dans une classe, celle-ci est donc abstraite.

2.7.4 Les types d'opérations

On distingue différents types d'opérations :

- Getter et setter : elles obtiennent (**get**) et modifient (**set**) respectivement la valeur d'un attribut et ne font rien d'autre.
- Un **query** est une opération qui renvoie une valeur associée à l'objet, sans en changer l'**état observable**. Autrement dit après l'exécution d'un query les valeurs renvoyées par l'ensemble des queries seront les mêmes. Ce qui ne veut pas dire que les attributs sont tous restés inchangés ! Par exemple, la classe `Commande` peut contenir un champ `montant_total` et une opération `total_commande()`. La première fois que cette opération est appelée, elle calcule le total de la commande et renvoie cette valeur. Elle en profite pour stocker ce total dans le champ `montant_total`, afin de ne plus devoir le recalculer au prochain appel.
- Un **modificateur** change l'état observable d'un objet.

Dans le Chapitre 10: UML en Java, vous trouverez un exemple en Java de ces différentes opérations.

3 Les relations entre classes

3.1 L'association

Une association est une **relation entre deux classes** (association **binaire**) ou plus (association **n-aire**), qui décrit les connexions structurelle entre leurs instances.

Une association peut donc relier deux classes mais aussi une classe à un attribut propre (association dégénérée).

Les terminaisons d'associations et les attributs sont donc deux éléments conceptuellement très proches que l'on peut paramétrer par les éléments suivants:

3.1.1 Le nom

Comme un attribut, une terminaison d'association (càd une extrémité de l'association) peut être nommée. Le nom est situé à proximité de la terminaison, mais contrairement à un attribut, ce nom est facultatif. Le nom d'une terminaison d'association est appelé **nom du rôle**. Une association peut donc posséder autant de noms de rôle que de terminaisons (deux pour une association binaire et *n* pour une association n-aire). Le nom de rôle n'est pas obligatoire ; s'il n'est pas présent, il s'agit de la classe d'arrivée.

Conventionnellement, on le place sur le côté gauche de l'association en se dirigeant vers la terminaison en question (Pour autant que l'éditeur employé le permette!).

3.1.2 La multiplicité

Comme un attribut, une terminaison d'association peut posséder une multiplicité. Elle est mentionnée à proximité de la terminaison. Contrairement à un attribut dont la multiplicité par

défaut est 1, la multiplicité par défaut d'une terminaison d'association est *non spécifiée*. La multiplicité indique combien d'objets participent à une relation.

On les indique en précisant la valeur inférieure et la valeur supérieure, par exemple :

- **1 .. 10**
- **0 .. 1**
- ...

Si les valeurs inférieure et supérieure sont identiques, on n'indique qu'un seul nombre: par exemple, **1** au lieu de **1 .. 1**.

L'abréviation * désigne une valeur quelconque ; on peut utiliser * comme suit :

- * qui signifie **0 .. infini**, autrement dit 0,1 ou plusieurs
- **1 .. *** signifie 1 ou plusieurs.

3.1.3 La visibilité

Comme un attribut, une terminaison d'association possède une visibilité. La visibilité (*private*, *package*, *public* ou *protected*) est mentionnée à proximité de la terminaison, et plus précisément, le cas échéant, devant le nom de la terminaison.

3.1.4 La navigabilité

Pour un attribut, la navigabilité est implicite, navigable, et toujours depuis la classe vers l'attribut. Pour une terminaison d'association, la navigabilité peut être précisée.

Une flèche indique dans quel sens se lit l'association (direction). Une telle flèche est appelée une **navigation**.



Figure 27 : le diagramme de classes - association bidirectionnelle

Utilisation d'une flèche de navigation :



Figure 28 : le diagramme de classes - association unidirectionnelle

On supprime la responsabilité pour la pizza de fournir la liste de ses commandes.

Une association sans navigation peut être interprétée dans deux sens : soit il s'agit d'une association bidirectionnelle, soit il s'agit d'une association pour laquelle on n'a pas encore précisé les navigations.

Par exemple :

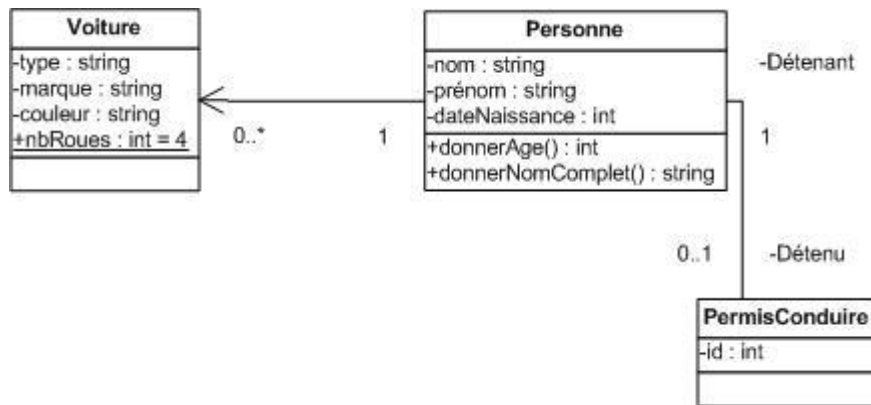


Figure 29 : le diagramme de classes – exemple d'associations bidirectionnelle et unidirectionnelle

Une association **unidirectionnelle** implique qu'un seul des deux objets (celui à l'origine de la flèche) liés par la relation connaît l'autre. Par exemple, un objet de type *Personne* référence zéro ou plusieurs voiture par contre à partir d'un objet de type *Voiture*, on ignore l'objet de type *Personne* auquel il est lié.

Une association **bidirectionnelle** implique une contrainte supplémentaire : les deux rôles doivent être inverses l'un de l'autre. Un objet de type *Personne* référence ou non un objet de type *PermisConduire* et un objet de type *PermisConduire* référence toujours un objet de type *Personne*. Et si un *PermisConduire* référence telle *Personne*, cette *Personne* doit référencer ce *PermisConduire* et de même dans l'autre sens.

3.2 L'association qualifiée

Généralement, une classe peut être décomposée en sous-classes ou posséder plusieurs propriétés. Une telle classe rassemble un ensemble d'éléments (d'objets). Quand une classe est liée à une autre classe par une association, il est parfois préférable de restreindre la portée de l'association à quelques éléments cibles (comme un ou plusieurs attributs) de la classe. Ces éléments cibles sont appelés un **qualificatif**. Un qualificatif permet donc de sélectionner un objet dans les objets reliés par l'association qualifiée à l'objet principal. L'objet sélectionné par la valeur du qualificatif est appelé *objet cible*. L'association est appelée **association qualifiée**. Un qualificatif agit toujours sur une association dont la multiplicité est plusieurs (avant que l'association ne soit qualifiée) du côté cible.

Un objet qualifié et une valeur de qualificatif génèrent un objet cible lié unique. En considérant un objet qualifié, chaque valeur de qualificatif désigne un objet cible unique. Un **qualificatif** est donc un attribut d'association dont les valeurs partitionnent la liste des objets reliés par le biais d'une association. En d'autres termes, la connaissance d'un objet et d'une valeur de qualificatif permet de retrouver un objet lié à l'autre bout de l'association concernée.

Par exemple, le numéro du quai permet de retrouver le quai dans une gare.

Le fait de qualifier l'association montre l'importance du numéro dans l'association par rapport à la version avec l'agrégation. Les qualifications des associations sont traduites en programmation par les clés des tables de hachage.

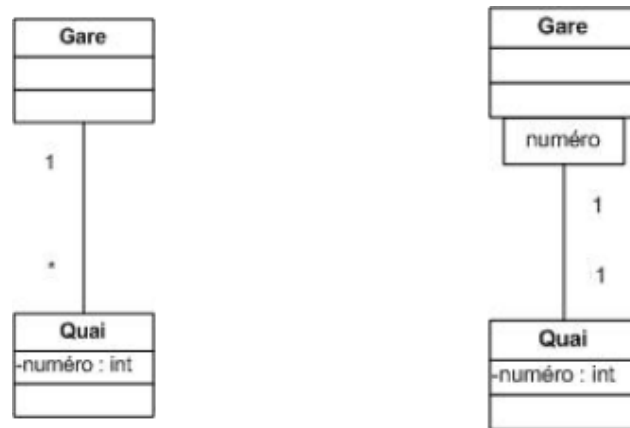


Figure 30 : le diagramme de classes - l'association qualifiée 1

Autre exemple, une instance du triplet {Echiquier, rangée, colonne} est en association avec une instance unique de la classe Case. Inversement, une instance de la classe Case est en association avec une instance unique du triplet {Echiquier, rangée, colonne}.

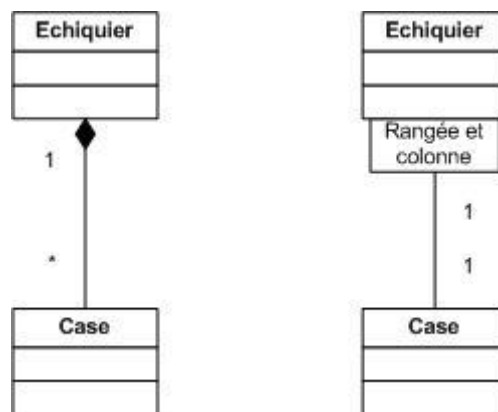


Figure 31 : le diagramme de classes - l'association qualifiée 2

3.3 Classes – Associations

Une **classe-association** possède les propriétés des associations et des classes : elle se connecte à deux ou plusieurs classes et possède également des attributs et des opérations.

Une classe-association est caractérisée par un trait discontinu entre la classe et l'association qu'elle représente

Considérons le cas suivant : une personne est compétente dans certaines matières et une matière relève de la compétence de certaines personnes, Pour chaque compétence, on désire mentionner un niveau.

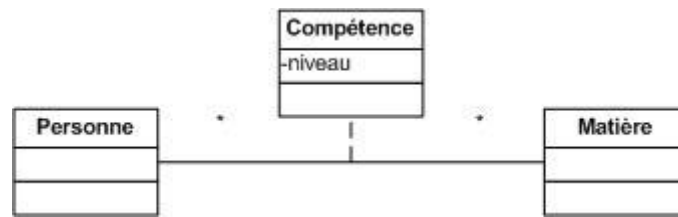


Figure 32 : le diagramme de classes - classe-association, exemple 1

Ici la classe –association s'impose : le niveau de compétence d'une personne est unique dans chaque matière.

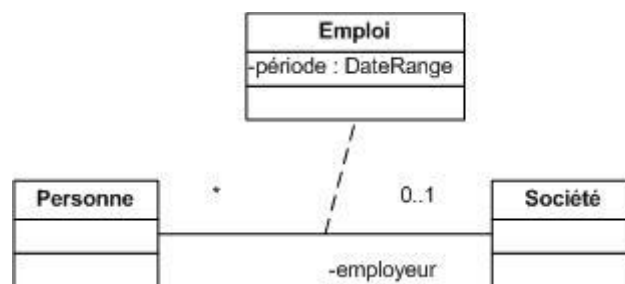


Figure 33 : le diagramme de classes – classe-association, exemple 2

On suppose qu'une personne ne travaille que pour un employeur à la fois. On voudrait préciser la période (date de début et date de fin) pendant laquelle il est employé. Pour ce faire, on rajoute une classe – association `Emploi` qui permet de garder cette information. Placer ce renseignement dans la classe `Personne` est possible mais non justifié, car il concerne l'association et non la personne elle-même.

Une autre manière de représenter cette information est de faire d'`Emploi` une classe,

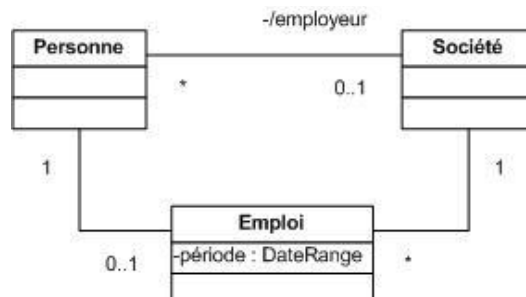


Figure 34 : le diagramme de classes - l'association dérivée

Dans ce cas l'association employeur est appelée une **association dérivée**. Cela signifie que l'association est déductible des autres associations déjà présentes dans le diagramme de classes. On l'indique en faisant précéder le nom du rôle par un /.

Quand choisir une classe – association plutôt qu’une véritable classe ?

Le fait est qu’une classe – association ajoute une contrainte que n’ajouterait pas l’emploi d’une vraie classe. Reprenons l’exemple composé des trois classes `Personne`, `Société` et `Emploi`. Supposons maintenant qu’on désire tenir compte des divers emplois occupés par une personne au cours de sa carrière. On placera, alors, une multiplicité `*` au lieu de `0..1` à l’extrémité de l’association côté `Société` :

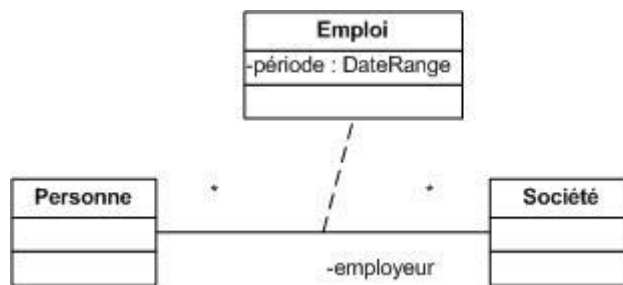


Figure 35 : le diagramme de classes - classe-association, exemple 3 (mauvais usage)

Dans ce diagramme, l’emploi d’une classe - association restreint une personne à ne pouvoir travailler qu’une seule fois pour une société, ce qui est irréaliste. Il est judicieux d’utiliser ici une vraie classe ; on utilisera donc une classe `Emploi` à part entière comme le montre le diagramme suivant:

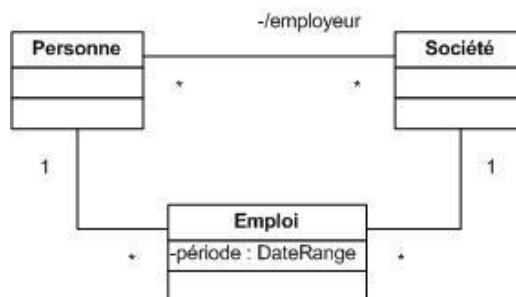


Figure 36 : le diagramme de classes - classe-association, exemple 4

3.4 Agrégation / composition

L’**agrégation** est la relation qui relie la partie au tout. Elle représente une relation d’inclusion structurelle ou comportementale d’un élément dans un ensemble.

Contrairement à une association simple, l’agrégation est transitive.

L’agrégation se représente par un petit losange placé du côté de l’agrégat.



Figure 37 : le diagramme de classes - agrégation

Si on modifie l'agrégat, certains constituants peuvent changer.

La **composition** est une forme forte d'agrégation. Les parties vivent et meurent avec le tout et font définitivement partie de lui. Une partie ne peut faire partie que d'un seul tout. Ceci implique la suppression en cascade des parties avec le tout. Si le nombre de composant est fixé, ils peuvent être représentés par des attributs.

La composition est représentée sur le diagramme par un losange noir.



Figure 38 : le diagramme de classes - composition

3.5 Généralisation / spécialisation

3.5.1 Les concepts

La **généralisation** décrit une relation entre une classe générale (classe de base ou classe parent) et une classe spécialisée (sous-classe). La classe spécialisée est intégralement cohérente avec la classe de base, mais comporte des informations supplémentaires (attributs, opérations, associations). Un objet de la classe spécialisée peut être utilisé partout où un objet de la classe de base est autorisé.

Dans le langage UML, ainsi que dans la plupart des langages objet, cette relation de généralisation se traduit par le concept d'héritage. On parle également de **relation d'héritage**.

Le symbole utilisé pour la relation d'héritage ou de généralisation est une flèche avec un trait plein dont la pointe est un triangle fermé désignant le cas le plus général.

Quand des classes ont entre elles un certain nombre de différences mais beaucoup de ressemblances, ces similarités seront placées dans une classe générale. Par exemple : un client de type société et un client de type privé donne lieu à la classe générale `Client`.

3.5.2 Graphiquement

Super classe : classe la plus générale

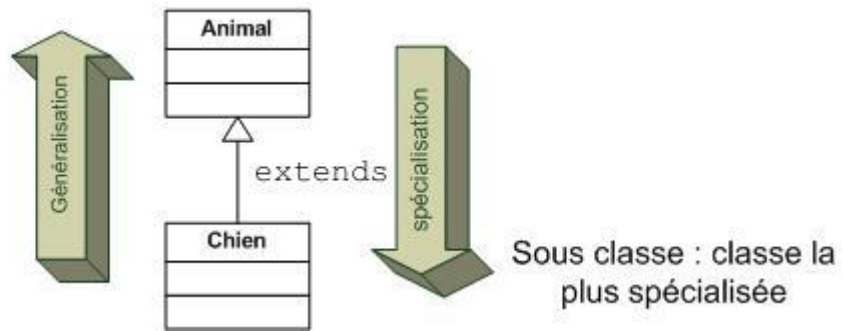


Figure 39 : le diagramme de classes - généralisation

En résumé,

L'optique de la généralisation:

- Factorisation d'éléments communs, permettant l'expression d'énoncés plus génériques
- Abstraction des détails spécifiques aux classes spécialisées

L'optique de la spécialisation:

- Ajout de caractéristiques spécifiques à cette sous-classe
- Focalisation sur les aspects spécifiques de cette sous-classe.

3.5.3 Complet – incomplet

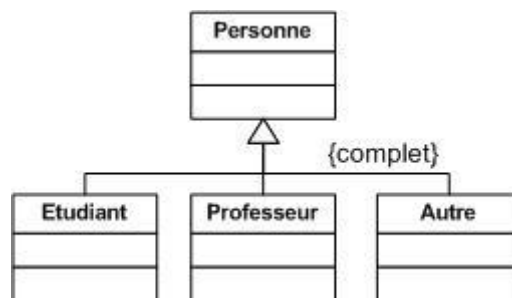


Figure 40 : le diagramme de classes - généralisation complète

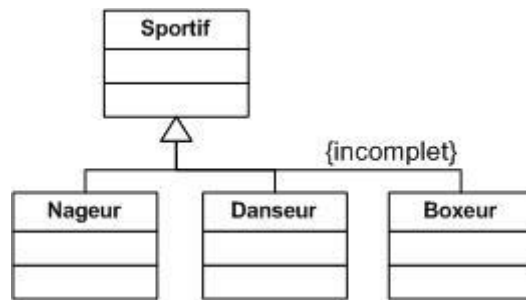


Figure 41 : le diagramme de classes - généralisation incomplète

Les généralisations ci-dessus précisent si l'ensemble des enfants d'une classe est **complet** ou **incomplet**.

- Dans le diagramme de l'illustration 40, un objet de type *Personne* ne pourra plus être spécialisé par une autre classe que celles mentionnées (*Etudiant*, *Professeur* ou *Autre*).
- Par contre, pour l'exemple 41, on pourra davantage spécialiser le type *Sportif* si nécessaire. Sans aucune mention, une généralisation est incomplète.

3.5.4 Overlapping – disjoint

Une classe peut avoir plusieurs parents, on parle alors d'héritage multiple. Le langage C++ est un des langages objet permettant son implémentation effective, le langage java ne le permet pas.

On utilise le mot **disjoint** dans la relation d'héritage pour signifier qu'aucune branche n'aura de classe commune. En d'autres termes, lorsqu'on a deux classes disjointes, cela signifie que ces deux classes n'ont pas de sous-classes communes.

On emploie l'**overlapping** (recouvrement, en français) entre deux classes pour spécifier que ces deux classes peuvent avoir des sous-classes communes. Dans ce cas, UML ne précise rien concernant les conflits d'héritage possibles.

Par exemple (overlapping), un mulet ou un bardot est un âne mais aussi un cheval. En plus (incomplet), il existe d'autres équidés, par exemple le zèbre.

Autre exemple (disjoint) l'humain est soit un homme soit une femme. Mais il n'existe pas d'autres genres (complet).

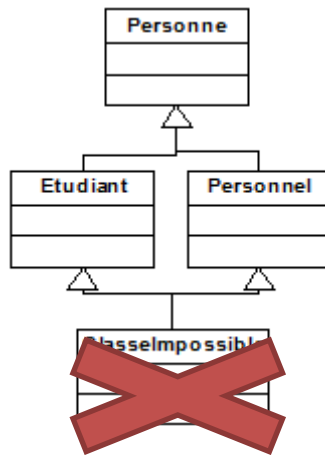


Figure 42 : le diagramme de classes - généralisation disjointe

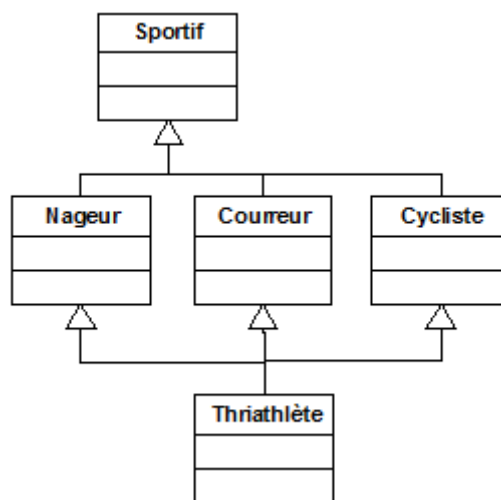


Figure 43 : le diagramme de classes - généralisation avec recouvrement

3.6 Classification / instanciation

3.6.1 Les concepts

L'**instanciation** d'une classe A correspond à la création d'objets de type A. Dans l'exemple qui suit, obj3 est une instanciation du type Professeur.

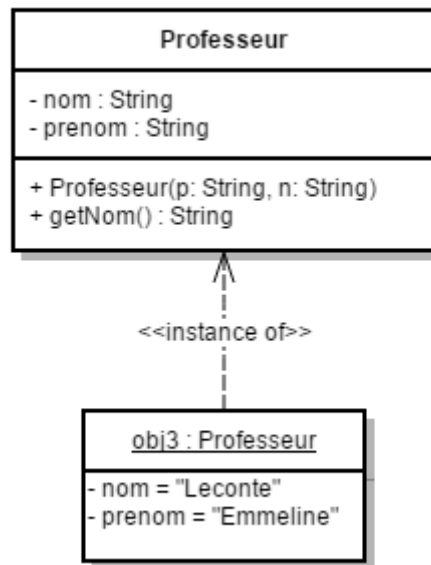


Figure 44 : Le diagramme de classes - classification

La **classification** réfère à la relation entre un objet et son type. Un objet possède un type d'une certaine classe.

Dans la classification simple, un objet appartient à un type unique, qui peut hériter d'autres types.

Une classification doit être stable et extensible.

L'héritage permet la classification des objets. Effectivement, sur base de l'exemple du diagramme de l'héritage Animal – Chien (figure 39), une instance de Chien est également une instance d'Animal.

Le principe de substitution (Likow, 1987) permet de déterminer si une relation d'héritage est bien employée pour la classification : "Il doit être possible de substituer n'importe quelle instance d'une super-classe, par n'importe quelle instance d'une de ses sous-classes, sans que la sémantique d'un programme écrit dans les termes de la super-classe n'en soit affectés."

3.6.2 Classification multiple

Les langages de programmation ne supportent guère que la **classification simple** : les objets ont un type et un seul. En **classification multiple**, un objet peut être décrit par plusieurs types non nécessairement reliés entre eux par héritage.

Dans l'exemple ci-dessous, un objet pourrait se voir assigner plusieurs types, pour autant que la combinaison soit permise. Le problème est de définir les combinaisons permises. Pour cela, on utilise des **discriminateurs** pour nommer les diverses généralisations. Une combinaison est illégale si elle contient plusieurs types raccordés au même discriminateur. De plus, si un discriminateur est marqué { complet }, un des sous-types qui y est raccordé doit être présent dans une combinaison permise.

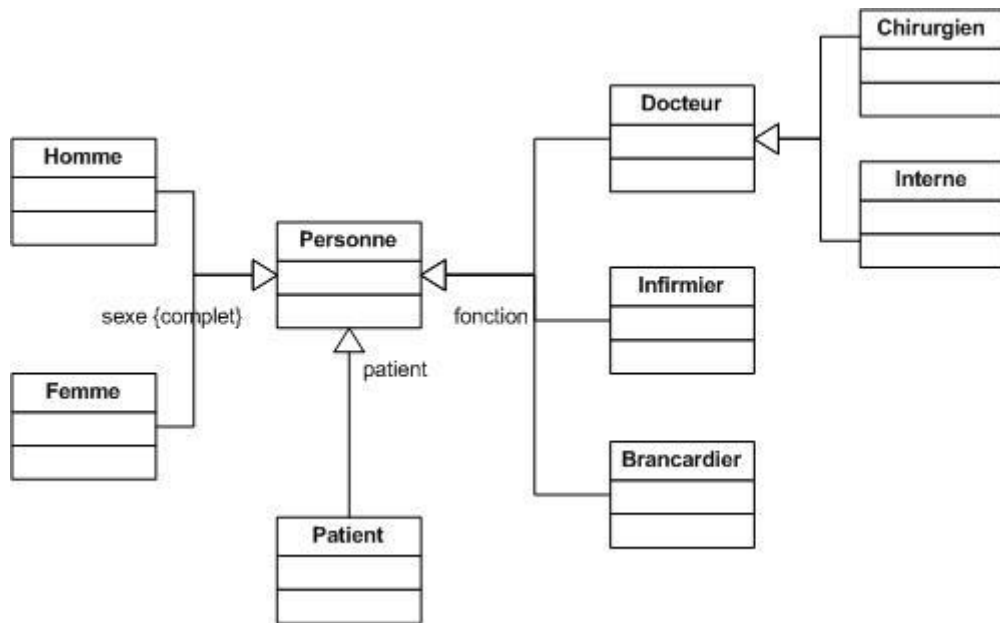


Figure 45 ; le diagramme de classes - classification multiple

Ainsi on peut être (Homme, Patient, Brancardier), (Femme, Docteur, Interne), (Homme, Patient), (Femme, Infirmier) mais pas (Docteur, Patient) ni (Femme, Infirmier, Brancardier).

On ne confondra pas :

- classification multiple (un objet a plusieurs types) et
- héritage multiple (un objet a un seul type qui a plusieurs super-types).

3.6.3 Classification dynamique

En **classification statique**, l'objet ne peut pas changer de type. Ceci est permis en **classification dynamique**.

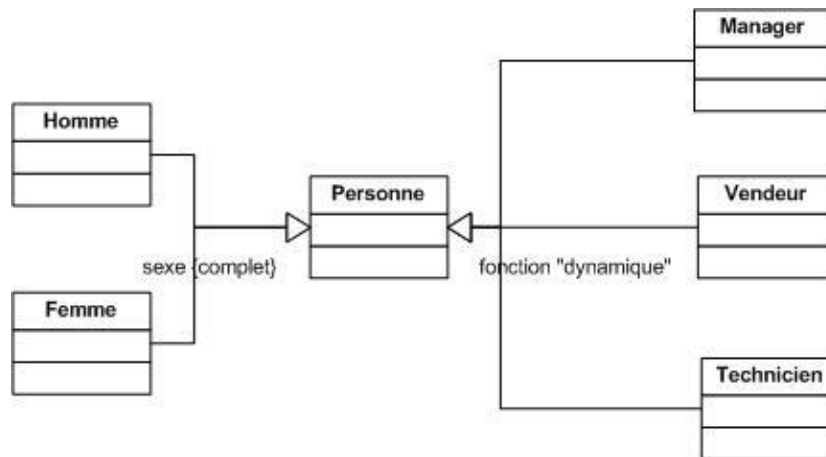


Figure 46 : le diagramme de classes - classificateur dynamique

Dans l'exemple ci-dessus, une personne peut changer de poste durant sa carrière : elle peut, par exemple, être vendeur et ensuite être promu manager.

Les classifications multiples et dynamiques sont utiles au niveau conceptuel. Le problème est de les implémenter de manière à respecter ce modèle en ce qui concerne l'interface. Si, passer d'une interface multiple, dynamique à une implémentation simple et statique est trop compliqué, mieux vaut alors s'en passer.

3.6.4 Association « est un »

Les notions de **généralisation/spécialisation** et de **classification** génèrent des associations de type "est un".

Les généralisations sont transitives tandis qu'une classification n'est pas transitive.

Exemple :

1. Une généralisation : Un *Labrador* est un *Chien*.
Dans ce cas, *Labrador* est une classe spécialisant la classe *Chien*.
2. Autre généralisation "Un *Chien* est un *Animal*".
3. Enfin, on ajoute une classification : "Le *Chien* est une *Espèce*"
Dans ce cas, *Chien* est un objet de la classe *Espèce*.

Un *Labrador* est bien un *Animal* par (1) et (2) mais n'est pas une *Espèce* comme l'impliquerait (1) et (3).

On évitera dès lors d'employer le terme "est un" pour nommer une association, car, comme on le voit, il est source de confusion et peut conduire à créer des sous-types respectant le principe de substitution là où il ne s'applique pas.

3.7 Dépendance

Une classe (classe cliente de l'interface) peut dépendre d'une interface ou d'une autre classe. On représente cela par une relation de dépendance et le stéréotype «use».

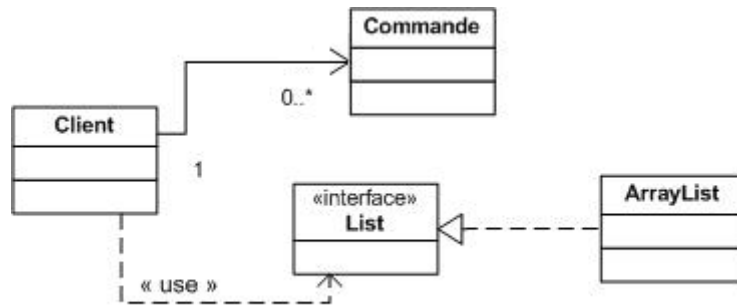


Figure 47 : le diagramme de classes - les interfaces avec une relation de dépendance

Ceci signifie que la classe Client utilise l'interface List. Il y a donc une dépendance de la classe Client vis-à-vis de l'interface List ; un changement dans List a des répercussions dans Client qui en dépend.

4 Les contraintes supplémentaires

Un diagramme de classes est une manière de préciser des contraintes à respecter par le système. Les multiplicités en sont une forme : ainsi on apprend qu'une Commande est faite par un et un seul client. Les constructions de base : associations, attributs, généralisations précisent en réalité les contraintes principales.

Il est possible dans les diagrammes UML (pas uniquement les classes) d'ajouter d'autres contraintes comme le fait qu'un attribut doit être final par exemple. Il suffit d'ajouter ces contraintes à la suite de la définition de la propriété entre {}.

Il existe aussi un langage qui formalise l'expression des contraintes : **OCL** (Object Constraint Language). Ce langage formel est volontairement simple d'accès et possède une grammaire élémentaire (OCL peut être interprété par des outils). Les contraintes seront mises entre accolades : {}. Il n'y a pas de syntaxe particulière pour les écrire. UML n'oblige pas l'utilisation d'OCL. On pourra donc utiliser du français courant, ou un langage semi-formel voire un fragment de code.

Par exemple le **XOR** est une notation que l'on peut ajouter pour ajouter une contrainte entre associations. Un XOR est un « ou exclusif ».

Par exemple, si un produit doit être acheté auprès d'un fournisseur ou fabriqué dans un atelier comme indiqué dans le diagramme de classes suivant :

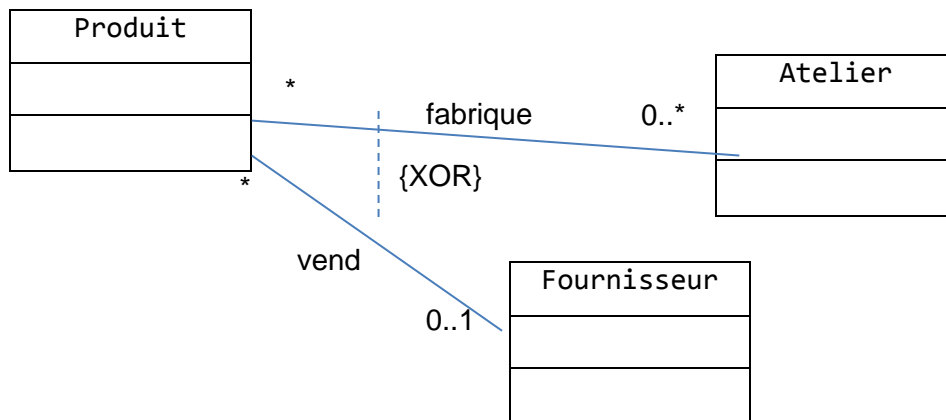


Figure 48 : le diagramme de classes - XOR 1

5 Les stéréotypes

Il s'agit d'un mécanisme général d'extension du langage UML. Dans le cas des diagrammes de classes, on peut considérer les stéréotypes comme des sous-types des types Classe, Association ou Généralisation, qui font partie du Méta-modèle.

Les stéréotypes sont indiqués entre « ».

Certains stéréotypes sont prédéfinis, mais chacun peut en définir d'autre à sa convenance.

Ici, nous pourrions définir le stéréotype «historique» pour indiquer que nous voulons nous conformer au pattern *Historic Mapping*⁸

Le diagramme de l'illustration 37 se résume alors à

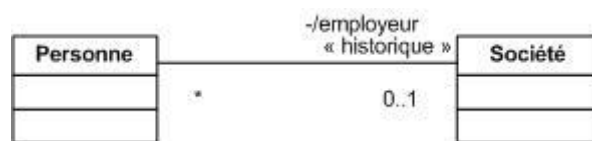


Figure 49 : le diagramme de classes - pattern historique

Ce modèle nous apprend qu'une personne ne peut travailler que pour un seul employeur à la fois, mais qu'au cours du temps, il peut changer de société.

6 Les classes paramétrées

⁸ décrit dans Fowler : Analysis Pattern (Addison – Wesley, 1997)

Aussi appelé **template** en C++ ou **generics** en Java (depuis Java 1.5), ce concept est utile pour définir des collections d'objets dans un environnement fortement typé.

La notation UML est :

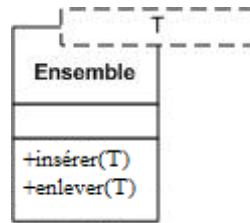


Figure 50 : le diagramme de classes - classe paramétrée

La classe ensemble possède deux méthodes chacune prenant en paramètre un objet de type T (non indiqué dans le diagramme).

L'emploi d'une classe paramétrée donne lieu à ce qu'UML appelle un **élément lié**.

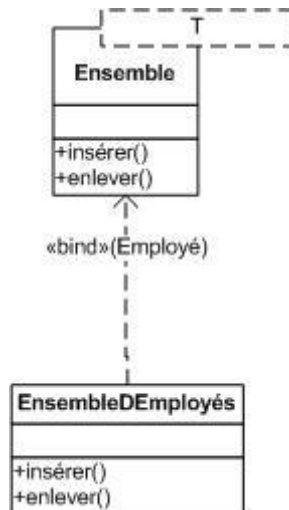


Figure 51 : le diagramme de classes - classe paramétrée, élément lié

On peut également la représenter comme suit :

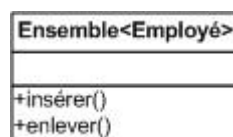


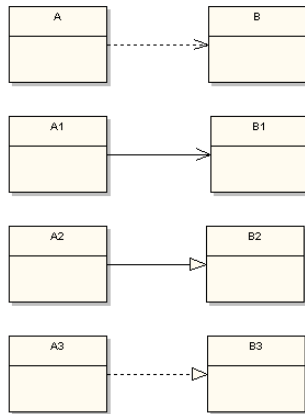
Figure 52 : le diagramme de classes - classe paramétrée, autre notation

`EnsembleDEmployés` possède une implémentation de toutes les méthodes d'`Ensemble` pour lesquels le paramètre T est chaque fois remplacé par le paramètre `Employé`.

Les classes paramétrées ne sont quasi jamais utilisées dans un modèle conceptuel. Elles servent à représenter des collections qui sont, à ce niveau, indiquées par les associations. Aux niveaux de spécification et d'implémentation, on ne les emploiera que si le langage utilisé les supporte.

7 Conclusion

En respectant la norme, il est aisé de reconnaître les relations entre classes en observant le graphisme de celle-ci.



Dans l'exemple ci-contre, nous observons immédiatement

- une dépendance entre A et B
- une association entre A1 et B1
- une spécialisation entre A2 et B2
- une implémentation entre A3 et B3

Figure 53 : le diagramme de classes – le graphisme des relations

Aux différentes étapes de l'analyse, dessinez des diagrammes de classes **appropriés** sans essayer de mettre la charrue avant les bœufs.

- Durant l'analyse, ne dessinez que des diagrammes conceptuels
- Quand vous commencez à travailler avec le langage choisi, dessinez des diagrammes de spécification, afin de définir les interfaces.
- Si vous avez besoin de préciser telle ou telle technique d'implémentation particulière, dessinez un diagramme d'implémentation. Ne le faites pas si l'implémentation coule de source.

Ne dessinez de diagrammes que pour les **points clés**. Mieux vaut peu de diagrammes utilisés qu'un tas de schémas non employés.

8 CRC Cards

L'orienté Objet semble une vision naturelle du monde mais cela reste complexe de concevoir un système orienté objets, de répartir les responsabilités dans une architecture orientée objets, ...

Les cartes CRC, **Classes Responsabilités Collaborateurs**, sont apparues comme un moyen aussi simple qu'efficace d'analyser les scénarios. Initialement proposé par Beck et Cunningham comme outil pour l'enseignement de la programmation orientée Objet, elles se sont montrées d'excellents outils de développement qui facilitent les remue-méninges et améliorent la communication entre développeurs.

La méthodologie employée pour concevoir les CRC est le brainstorming qui se base sur l'analyse des scénarios pour concevoir le design de l'architecture du système.

Les principes du brainstorming:

- Toutes les idées potentielles sont bonnes;
 - Pas de censure!
- Penser rapidement et furtivement; pondérer plus tard!
 - Une discussion rapide encourage la créativité individuelle.
- Donner la parole à chacun;
 - Ne laisser personne s'imposer!
- Un peu d'humour est bénéfique;
 - L'humour permet de relâcher les tensions et de rendre le groupe plus cohérent et effectif.

Les classes sont représentées sur des **fiches** standard (10 cm x 15 cm) et non en diagramme. Il est interdit d'utiliser plus d'une fiche par classe.

Class		
Superclass(es)		
Subclasses		
Responsibility		Collaborators

Figure 54 : une carte CRC

On y indique les **responsabilités** de la classe au lieu d'attributs et de méthodes.

- Une responsabilité est une description de haut niveau d'un but de la classe.
- La liste doit être courte : trois responsabilités est une borne supérieure normale.
- Il ne faut pas y lister de nombreuses petites responsabilités de bas niveau.

Une deuxième colonne indique les **collaborateurs** nécessaires pour chaque responsabilité. Ceci donne une idée, à un haut niveau, des liens entre classes.

Les cartes CRC encouragent la discussion entre développeurs et experts métier, particulièrement pour décider comment mettre en œuvre un cas d'utilisation. En général une équipe se compose de 5 ou 6 personnes idéalement:

- 1 ou 2 experts métier
- 1 ou 2 analystes
- 1 analyste spécialisé OO
- 1 leader (pas un boss)

Avoir une trop petite équipe, c'est un manque de diversité, mais, l'inverse amène des difficultés à s'accorder.

Les CRC sont particulièrement utiles pour se démarquer d'un modèle de données, vu leur côté comportemental. Les CRC peuvent être considérées comme un **diagramme de classes de niveau conceptuel** dans lequel les responsabilités sont définies pour chaque classe.

8.1 Les principes

- Le texte de chaque carte doit rester simple. En particulier, les détails non essentiels du système ne doivent pas y être donnés;
- Il est permis d'effacer et de réécrire le contenu d'une carte au fur et à mesure de l'étude des scénarios.
- On y indique les responsabilités de la classe au lieu d'attributs et de méthodes.
 - Une responsabilité = description de haut niveau d'un but de la classe.
- La liste des responsabilités doit être courte
 - Trois responsabilités est une borne supérieure normale.
- Une deuxième colonne indique les collaborateurs nécessaires pour chaque responsabilité.
 - Ceci donne une idée, à un haut niveau, des liens entre classes.

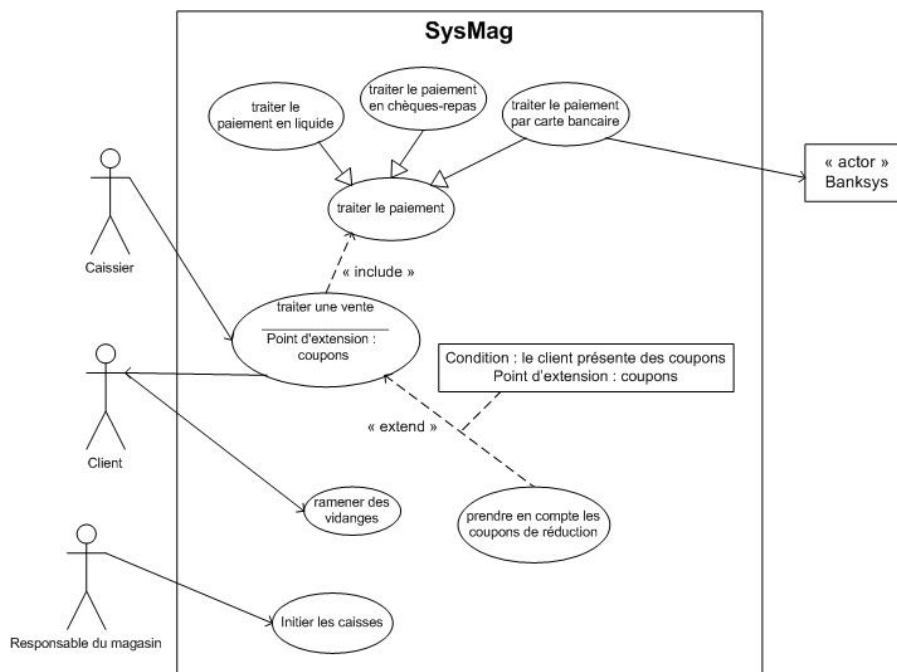
8.2 Le déroulement

1. Déterminer les scénarios sur lesquels on travaille :
 - Choisir un ensemble de cas d'utilisation cohérent c-à-d liés aux mêmes objets.
 - Avant de commencer le jeu, chaque membre doit réaliser sa propre investigation parmi les **sources d'informations** :
 - Documents d'études des besoins (cas d'utilisation) -> les scénarios
 - Interviews des utilisateurs
 - Rapports existants
 - Fichiers existants et bases de données existantes
 - Un bon analyste est un bon détective!
2. Lister les intervenants potentiels (classes candidates) :
 - Comment repérer les classes candidates?
 - Par brainstorming
 - On relève tous les termes qui appartiennent à la définition du business (glossaire)
 - Trier les classes candidates en 3 :
 - Les classes **critiques** (core classes) → les gagnantes -> celles qui seront sur une CRC card
 - Les classes **non pertinentes** (Irrelevant classes) → (les perdantes -> celles qui sont hors sujet/intérêt)
 - Les classes **indécises** (undecided classes) → les « peut être » -> qui peuvent réintégrer le système.
3. Placer les cartes sur la table
 - La première carte placée est celle de l'acteur principal du cas d'utilisation.
 - La seconde carte placée est celle du premier intervenant dans le scénario (celui qui reçoit le premier message).
 - Conseils :
 - Ne jamais jeter de cartes, les mettre sur le côté... Un design initial très mauvais peut s'avérer être le meilleur plus tard.
 - Varier les situations : en changeant les cartes sur table, en ajoutant des nouvelles cartes, en redistribuant les rôles dans l'équipe...
4. Lire les scénarios et alternatives
 - Lire les scénarios et alternatives
 - En parcourant le scénario, on remplit les responsabilités des objets sur les cartes.
 - Il faut éventuellement ajouter des nouvelles cartes ou renommer des responsabilités.

- Concrètement:
 - Un lecteur parcourt le scénario
 - Les autres membres de l'équipe montrent les objets qui collaborent à la réalisation du scénario. [prise de note des responsabilités]
 - Lorsqu'un objet en utilise un autre, ce dernier est appelé "collaborateur" du premier. [prise de note des collaborateurs d'un objet]

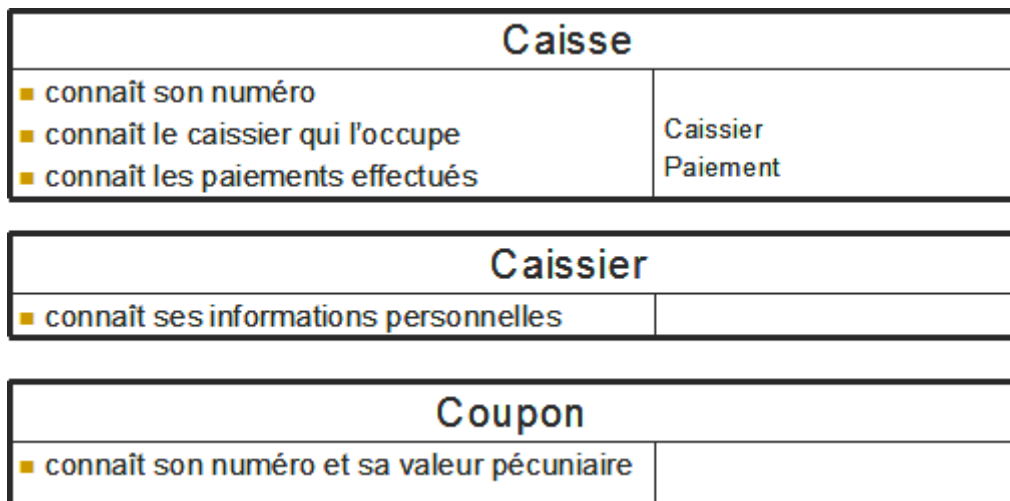
8.3 Exemple

Reprenons notre exemple SysMag pour lequel nous avons défini le diagramme des cas d'utilisation suivant :



Le résultat du jeu :

Vente	
<ul style="list-style-type: none"> ■ connaît la date de la vente ■ connaît le caissier ■ retient la liste des articles concernés et leur quantité ■ retient le paiement 	Caissier Article Paiement
Article	
<ul style="list-style-type: none"> ■ connaît son code barre et son prix 	
Paiement	
<ul style="list-style-type: none"> ■ prend en compte les coupons de réductions ■ connaît le type de paiement ■ connaît le total de la vente ■ connaît la caisse sur laquelle il a été effectué 	Coupon Vente Caisse



Ces cartes permettent la réalisation d'un premier diagramme de classes conceptuel:

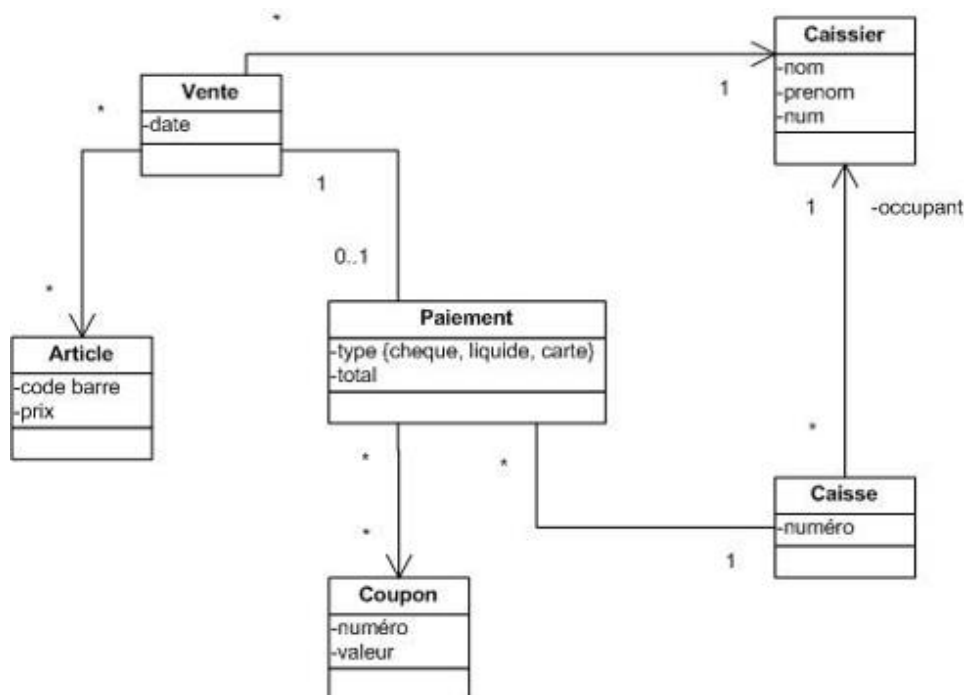


Figure 55 : CRC - diagramme de classes conceptuel

8.4 Conclusion

Les CRC ne sont qu'une notation! Les CRC n'apportent rien de plus si on ne les conçoit pas par le biais de jeu de rôles et de brainstorming influant sur le dynamisme/l'implication de l'équipe de développement.

Effectivement, souvent pour résoudre un problème, il suffit de le poser autrement!



Figure 56 : ancienne légende chinoise

Chapitre 5: Le diagramme d'objets

1 Introduction

Les **diagrammes d'objets** constituent des instanciations des diagrammes de classes. Ils montrent les objets et leurs relations. On y indique l'**état des objets**; c'ad l'ensemble des valeurs de ses attributs. Pour rappel, un objet se compose d'un état et d'un comportement,

On les emploiera de temps en temps pour mieux comprendre un diagramme de classes, pour mettre en évidence la structure et le contexte.

Ci-dessous, on présente d'abord un diagramme de classes et ensuite un exemple de diagramme d'objets représentant l'état de certains objets de ce diagramme de classe.

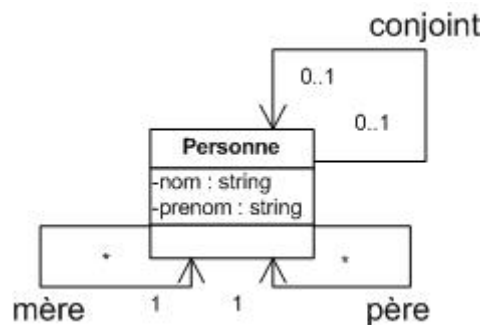


Figure 57 : le diagramme de classes - la classe Personne

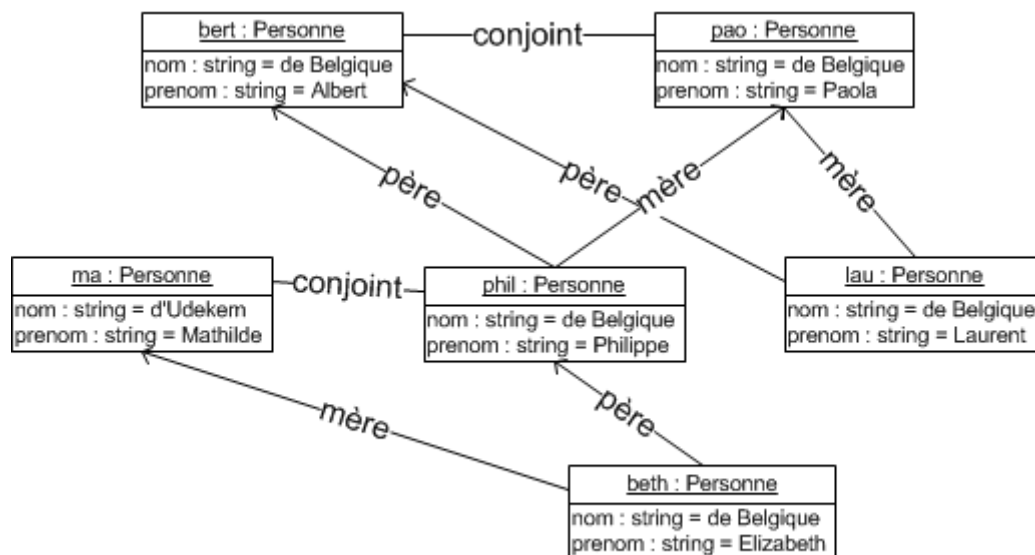


Figure 58 : le diagramme d'objets - une famille royale

2 Notation

En UML, un objet est représenté par un rectangle dans lequel on fait figurer le nom de l'objet et/ou le nom de la classe. Ces noms sont toujours soulignés et en minuscule. Le nom de la classe est précédé d'un double point (:). Si le nom de l'objet est absent, on parle d'**objet anonyme**. Le nom indiqué peut même être suivi du nom du package précédé de deux doubles points (: :).

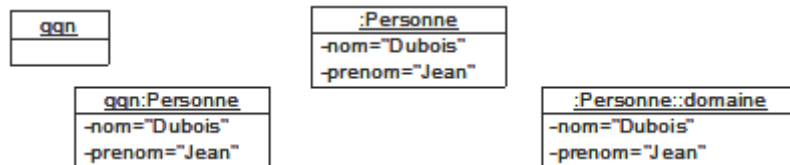


Figure 59 : le diagramme d'objets - notation des objets

Analysons les diverses notations ci-dessus partant de gauche vers la droite :

1. La première manière n'est utilisée que si le design de la classe n'a pas encore été fait, donc tout au début du processus d'analyse.
2. L'objet `qqn` est de type `Personne`.
3. Il y a un objet anonyme de la classe `Personne`.
4. Il y a un objet anonyme de la classe `Personne` qui se trouve dans le package `Domaine`.

La valeur des attributs peut être indiquée dans le rectangle représentant l'objet. On utilisera pour ce faire un deuxième compartiment comme le montre les objets de la figure ci-dessus.

3 Les liens entre objets

Les associations entre classes s'instancient en **liens** reliant les objets. Si l'association de la classe A vers la classe B est multiple, l'objet de classe A sera relié à plusieurs objets de classe B.

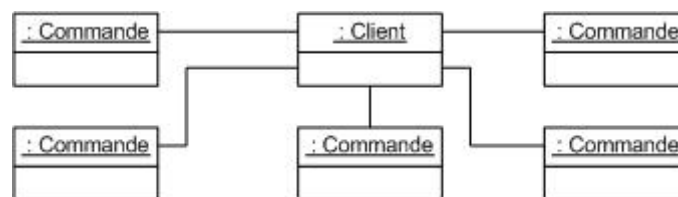


Figure 60 : le diagramme d'objets - les liens entre objets 1

Les **liens** sont donc les relations entre objets (ou instances). Rappelons que les *associations* permettent d'établir des relations entre classes. Un *lien* est bien une connexion entre des instances d'objets. Une *association* décrit un groupe de liens ayant un sens commun et c'est une connexion entre des classes d'objets.

On peut aussi utiliser une notation proche du diagramme de classe :

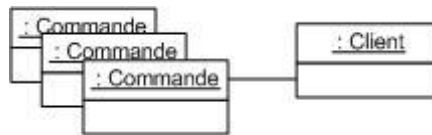


Figure 61 : le diagramme d'objets - les liens entre objets 2

Les mêmes caractéristiques que celles des associations peuvent se retrouver sur un diagramme d'objet : agrégation, composition, rôles, navigation, qualification ... Seule la multiplicité ne peut pas être utilisée, puisqu'elle donne lieu à autant de liens.

Chapitre 6: Le diagramme de packages

1 Introduction

Au fur et à mesure qu'un projet se développe, se repose l'éternelle question de le subdiviser en sous-systèmes de tailles raisonnables. L'idée est de regrouper des classes en unités de haut niveau. En UML, ces unités sont appelées **packages**.

Le problème est de savoir comment regrouper les classes en packages. Malheureusement, il n'y a pas de solutions formelles miracles, tout au plus quelques conseils heuristiques.

2 Les dépendances

Le concept le plus utile à ce propos est la notion de **dépendance**. Une dépendance existe entre deux éléments si un changement fait à l'un implique de modifier l'autre. Ce dernier est alors dit dépendant du premier. Cette notion est générale et s'applique déjà au cas des classes.

Une classe peut dépendre d'une autre pour de multiple raisons :

- si elle envoie un message à l'autre
- si elle possède un membre de l'autre classe
- si une de ses opérations a pour paramètre un objet de l'autre classe ou renvoie un tel objet
- ...

La dépendance entre d'une classe vis à vis d'une autre classe se résume au fait que si l'autre classe change son interface, la première classe doit être modifiée.

En UML, la dépendance se note à l'aide d'une flèche pointillée :

3 Graphiquement

Le diagramme de packages introduit une nouvelle notation :



Figure 62 : le diagramme de packages - un package

Voici un exemple de diagramme de packages:

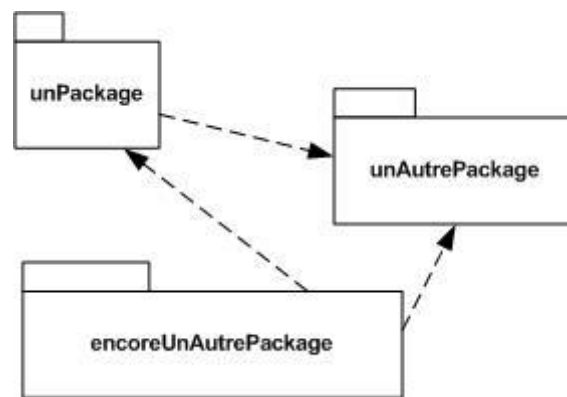


Figure 63 : le diagramme de packages - exemple

4 La conception des packages

Lorsqu'on conçoit des packages, on veille à **minimiser les dépendances** existantes entre les classes situées dans différents packages. Il va de soi qu'il n'est pas possible de les éliminer totalement sinon on aurait affaire à deux applications et non une seule. En réalité, on essaye de faire en sorte qu'un package soit dépendant d'un minimum de packages, afin que des modifications faites dans les interfaces des classes d'un package ait des répercussions sur le moins de packages possibles.

La principale raison qui rend ceci faisable, est la constatation du fait que les dépendances ne sont **pas transitives** : si une classe A dépend d'une classe B qui dépend de la classe C, des changements à l'interface de C provoqueront des modifications à l'implémentation de B, pas à son interface, ce qui arrête la propagation du mal.

Cette non-transitivité peut être renforcée par la **visibilité** gérée par le langage de programmation utilisé. Ainsi le langage Java propose une visibilité limitée au package importé et ce de manière non transitive, contrairement au mécanisme des `includes` en C++. De plus certaines classes du package, peuvent être marquée de manière à en limiter la visibilité aux classes de ce package et à ne pas pouvoir être importées.

On essayera **d'éviter les cycles de dépendances**, mais ce n'est pas toujours possible. Dans un tel cas on aura intérêt à regrouper un tel cycle à l'intérieur d'un package conteneur.

On pourra encore limiter les dépendances en réduisant l'interface du package par l'exportation d'un nombre minimal d'opérations. Ceci peut se faire en créant une ou plusieurs nouvelles classes dans le package. Ces classes regrouperont toutes les opérations qu'on pourra importer et seront les seules classes publiques (importables) du package.

De telles classes sont appelées **Façades**.

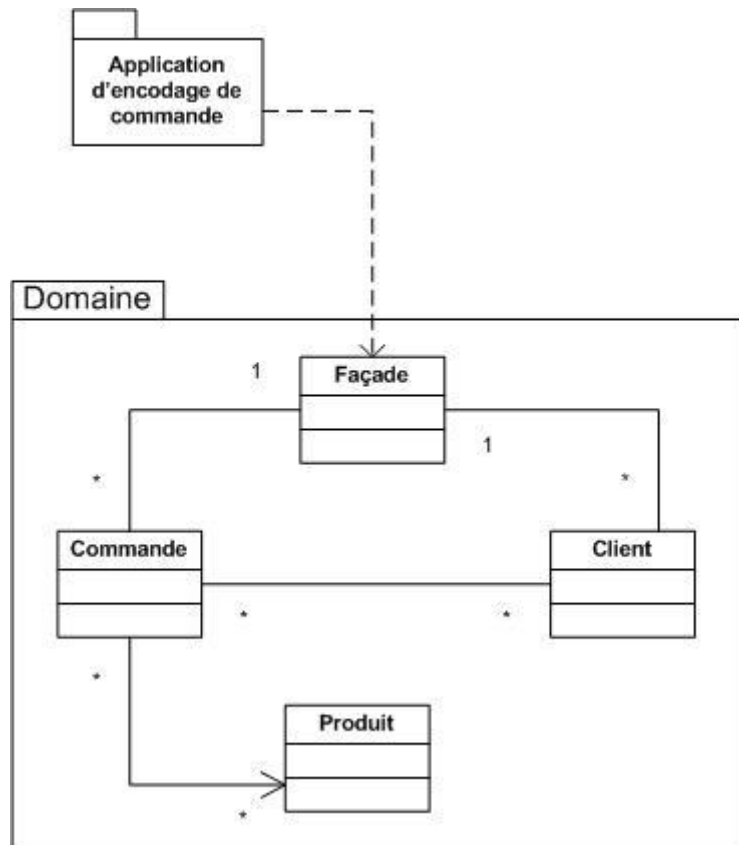


Figure 64 : le diagramme de packages - le pattern façade

5 Les autres possibilités

UML permet de montrer le **contenu** d'un package en dessinant une icône pour chaque classe qu'il contient, en y incluant un diagramme de classe ou un diagramme de package, s'il s'agit d'un package conteneur.

UML définit aussi des **généralisations** pour les package : les packages spécifiques doivent se conformer à l'interface fourni par le package général. Ce dernier pourra être marqué **{abstrait}**, comme pour les classes.

De même, un package pourra être marqué **{global}** pour indiquer que tous les autres packages dépendant de lui, sans avoir à dessiner toutes ces dépendances. Ceci permet d'alléger le dessin.

L'exemple ci-dessous illustre ces notations.

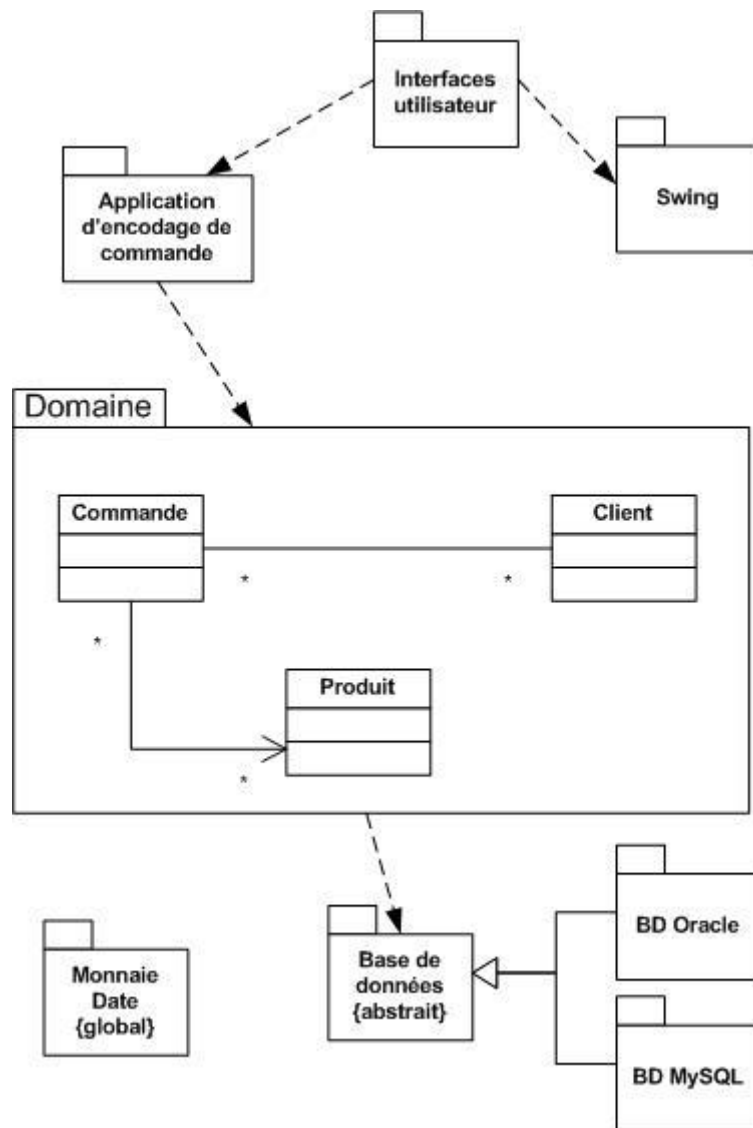


Figure 65 : le diagramme de packages - les notations {abstrait} et {global}

Chapitre 7: Le diagramme d'activités

1 Introduction

Modéliser les activités d'un système consiste à décrire son exécution et à identifier les comportements successifs de celui-ci, sans s'intéresser à sa structure.

Si les diagrammes d'interactions mettent l'accent sur les objets qui échangent des messages et mènent à bonne fin des activités, les diagrammes d'activités, au contraire, insistent sur les activités se déroulant dans le temps.

Les diagrammes d'activités offrent une vue graphique aidant à la validation des exigences du client.

Ils permettent de modéliser :

- Des processus (à tous niveaux);
- Les comportements des cas d'utilisation
- Les comportements des classes (méthodes, ...)

Dans la phase de conception, les diagrammes d'activités sont particulièrement adaptés à la description des cas d'utilisation. Plus précisément, ils viennent illustrer et consolider la description textuelle des cas d'utilisation.

2 Les concepts

2.1 L'activité

Les **activités** sont des comportements avec au moins une action interne et au moins une transition sortante se déclenchant lors de la complétion de l'action. Les activités n'ont ni transitions internes ni transition sortantes déclenchées par un événement extérieur.

On les représente par un rectangle arrondi sur les côtés et droit en bas et en haut.



2.2 Le nœud initial et le nœud final

Un nœud initial est un nœud de contrôle à partir duquel le flot débute lorsque l'activité enveloppante est invoquée. Une activité peut avoir plusieurs nœuds initiaux. Un nœud initial possède un arc sortant et pas d'arc entrant.

Graphiquement, un nœud initial est représenté par un petit cercle plein :



Un nœud final est un nœud de contrôle possédant un ou plusieurs arcs entrants et aucun arc sortant.

Un nœud final est représenté par un petit cercle plein entouré d'un autre cercle :



Il peut y avoir plusieurs nœuds finaux ; il faut alors spécifier s'il s'agit d'un état final avec succès ou échec.

2.3 La transition

Le passage d'une activité vers une autre est matérialisé par une **transition**.



Figure 66 : le diagramme d'activités - transition

Graphiquement les transitions sont représentées par des flèches en trait plein qui connectent les activités entre elles. Elles sont déclenchées dès que l'activité source est terminée et provoquent automatiquement et immédiatement le début de la prochaine activité à déclencher (l'activité cible).

2.4 La condition de garde

Une **condition de garde** représente une condition de transition pour passer d'une activité à l'autre.

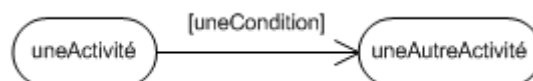


Figure 67 : le diagramme d'activités – condition de garde

2.5 La décision

Les **décisions** sont employées quand des conditions de gardes sont utilisées pour indiquer différentes transitions possibles. Elles sont représentées par un losange avec au moins une

transition entrante et au moins deux transitions sortantes. Ces dernières doivent être labélisées par des conditions de gardes mutuellement exclusives.

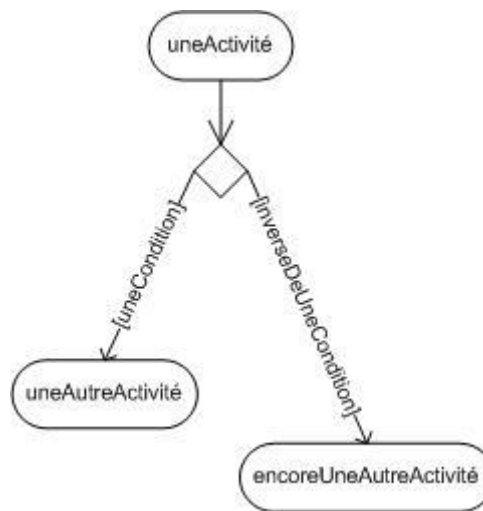


Figure 68 : le diagramme d'activités – décision

On place une décision dans un diagramme lorsque le choix ne relève pas directement de l'activité précédente. Sinon, on se contente de marquer les possibilités dans des conditions sur les transitions comme dans l'illustration qui suit.

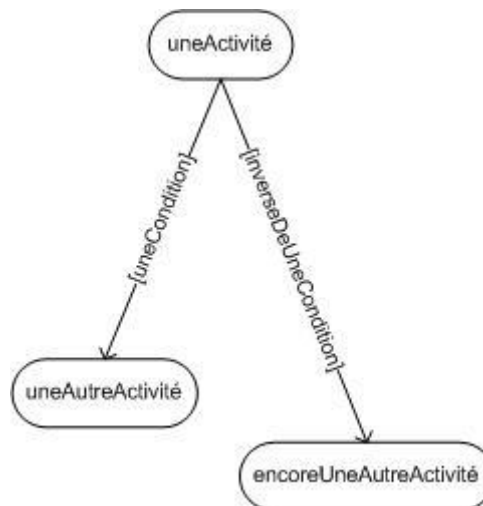


Figure 69 : le diagramme d'activités – sans décision

2.6 La barre de synchronisation

Les **barres de synchronisation**, représentées par une barre horizontale épaisse, indiquent que les transitions sortantes conduisent à des activités pouvant se dérouler en parallèle, et que les transitions entrantes doivent se synchroniser avant de continuer le flot d'activité. Les

activités se déroulant en parallèle peuvent en réalité être exécutée dans n'importe quel ordre et même en alternance.

Les barres de synchronisations permettent de décrire des :

- **Transitions sortantes** : activités pouvant débuter en parallèle. On parle de synchronisation disjonctive :

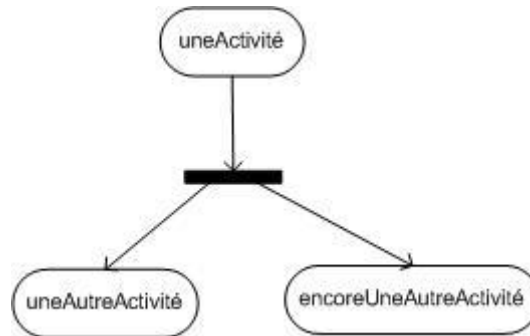


Figure 70 : le diagramme d'activités - transition sortante

Les activités « uneAutreActivité » et « encoreUneAutreActivité » peuvent débuter en même temps.

Exemple :

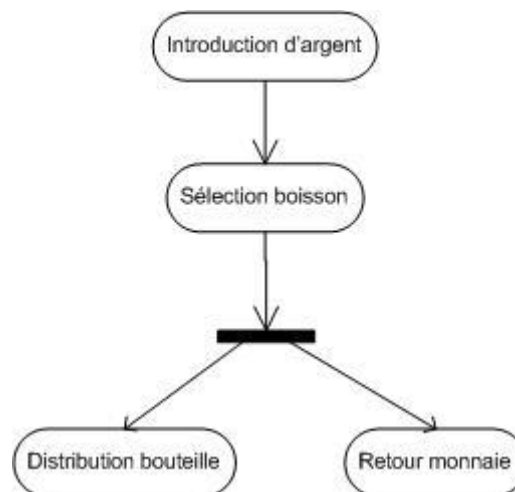


Figure 71 : le diagramme d'activités - transitions sortantes, exemple

Après avoir introduit de la monnaie dans un distributeur, on sélectionne la boisson. Ce n'est que lorsque le choix de la boisson est fait qu'on reçoit la bouteille désirée et la monnaie de retour.

- **Transitions entrantes** : doivent se synchroniser avant de continuer le flot d'activités. On parle de synchronisation conjonctive :

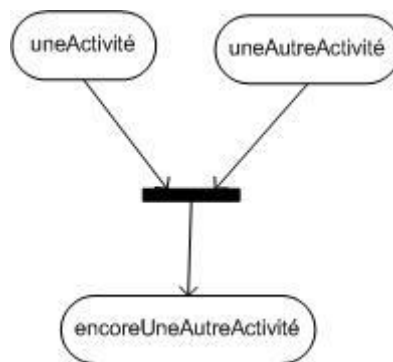


Figure 72 : le diagramme d'activités - transition entrante

Les activités « uneActivité » et « uneAutreActivité » doivent être achevées avant de débiter « encoreUneAutreActivité ».

Exemple :

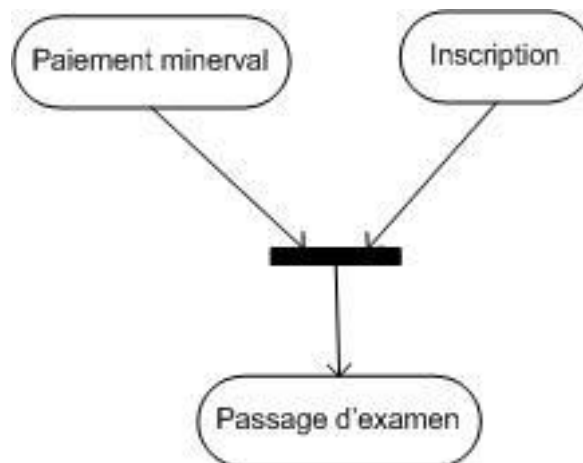


Figure 73 : le diagramme d'activités - transitions entrantes, exemple

Pour passer un examen, un étudiant doit impérativement avoir entièrement payé son minerval et clôturer son inscription.

- **Activités parallèles** : exécutées dans n'importe quel ordre et même en alternance :

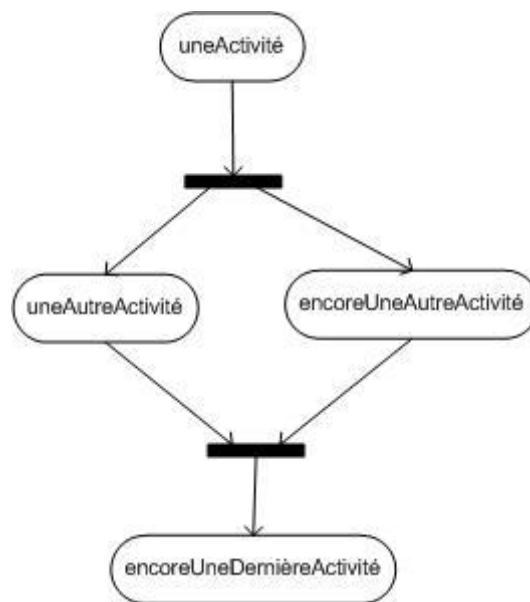


Figure 74 : le diagramme d'activités - activités parallèles

Les activités « uneAutreActivité » et « encoreUneAutreActivité » doivent débiter lorsque l'activité « uneActivité » est terminée. L'activité « encoreUneDernièreActivité » ne peut commencer que si « uneAutreActivité » et « encoreUneAutreActivité » sont terminées toutes les deux.

Les activités parallèles ne doivent pas nécessairement se dérouler en même temps. Le parallélisme signifie seulement que l'ordre dans lequel les activités parallèles sont réalisées importe peu.

Exemple :

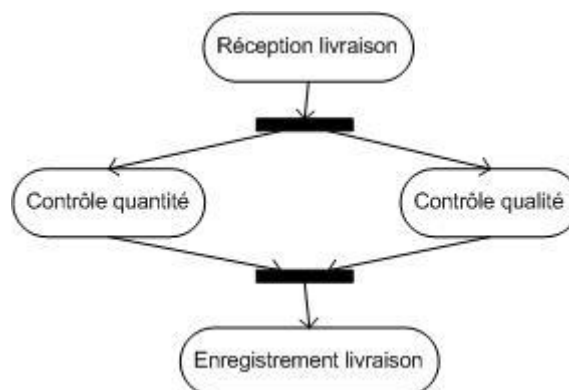


Figure 75 : le diagramme d'activités - activités parallèles, exemple

Lorsqu'on reçoit une livraison, il faut à la fois effectuer un contrôle de la quantité commandée et un contrôle de la qualité des produits avant de l'enregistrer. Peu importe que le contrôle quantité soit effectué avant ou après le contrôle qualité mais il faut impérativement que ces deux contrôles soient achevés avant d'enregistrer la livraison.

2.7 L'itération

On peut marquer l'**itération** d'une activité. Pour marquer la répétition, on dessine une barre de synchronisation qu'on annote avec un itérateur (pour i allant de 1 à n, tant que telle condition, ...).

L'itération se poursuit tant qu'il n'y a pas de barre de synchronisation.

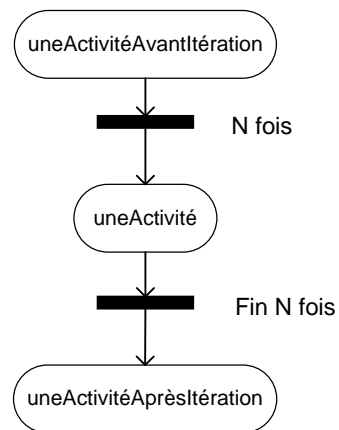


Figure 76 : le diagramme d'activités – l'itération 1

Dans le diagramme ci-dessus, on doit réaliser N fois « uneActivité » avant de débiter « uneActivitéAprèsItération ».

Les activités « uneActivitéAvantItération » et « uneActivitéAprèsItération » sont réalisées une seule fois!

Exemple :

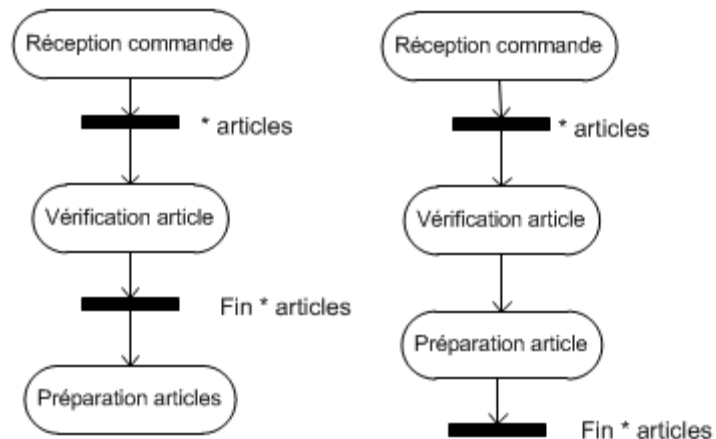


Figure 77 : le diagramme d'activités -
itération, exemples

Dans le diagramme de gauche ci-dessus, lorsqu'on reçoit une commande, on vérifie la présence de chaque article de la commande dans le stock. Lorsque toutes les vérifications (pour tous les articles de la commande) sont terminées, on peut préparer les articles pour la livraison au client.

Tandis que dans le diagramme de droite, on prépare chaque article dès que la vérification de cet article est terminée.

2.8 Le nœud de fusion⁹

Dans le premier diagramme ci-dessous, A1 ET A2 doivent être terminés pour que B puisse commencer. Ce premier diagramme est en fait, équivalent au second.

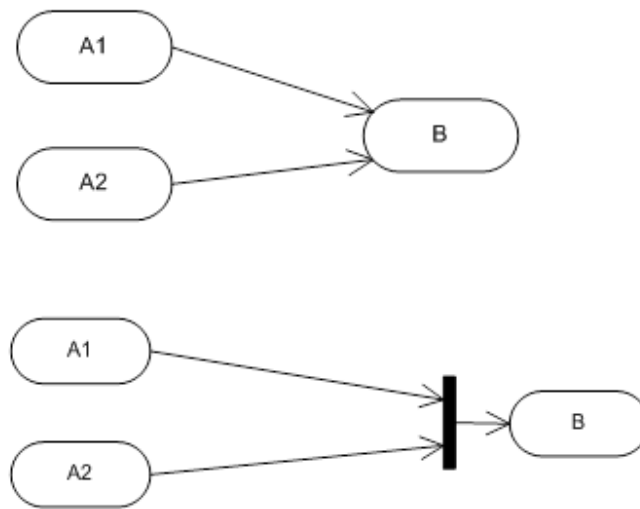


Figure 78 : le diagramme d'activités - utilisation de la barre de synchronisation

La représentation suivante est donc erronée :

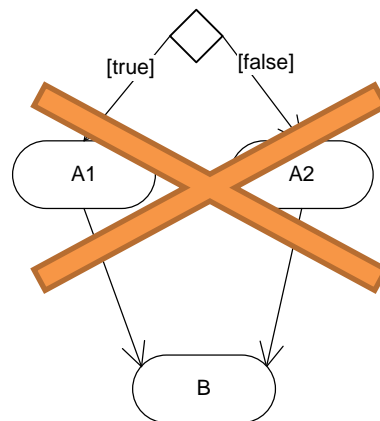


Figure 79 : le diagramme d'activités – décision erronée

A1 et A2 devraient avoir été exécutés tous les deux pour que B puisse commencer. Cependant, A1 est exécuté lorsque la condition est vraie et A2 lorsqu'elle est fausse. Ils ne seront donc jamais exécutés en parallèle.

⁹ Merge node en anglais

Les **nœuds de fusion** permettent d'éviter le problème rencontré ci-dessous.

Un nœud de fusion est un nœud qui rassemble plusieurs transitions entrantes en une seule transition sortante.

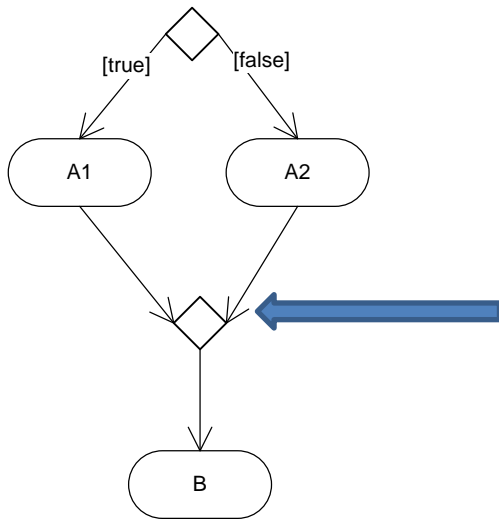


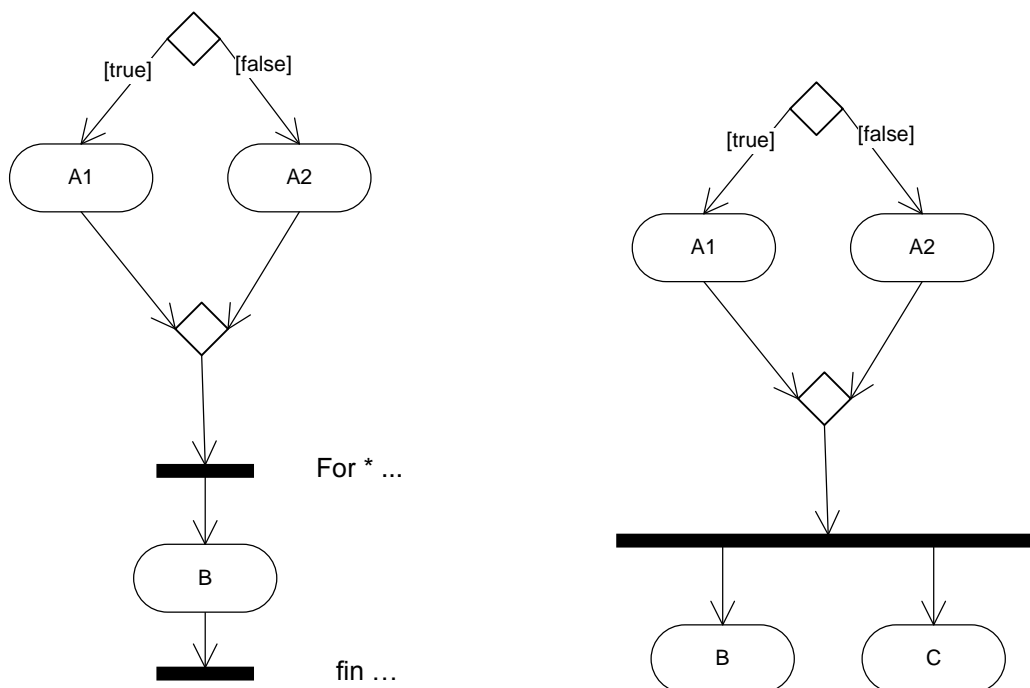
Figure 80 : Le diagramme d'activité – nœud de fusion

Cela permet d'exécuter B, que ce soit A1 ou A2 qui ait été précédemment exécuté.

Les nœuds de fusion doivent également être utilisés dans les cas suivants :

- Itération après un nœud de décision
- Barre de synchronisation après un nœud de décision.

Figure 81.a : Le diagramme d'activités – utilisation des nœuds de fusion



On voudrait exprimer :

- Trois activités X1, X2 et X4 doivent être exécutées avant qu' « activité suivante » ne puisse débiter
- X1 et X2 peuvent être exécutées dans n'importe quel ordre
- X4 peut débiter dès que X1 ou X2 est terminée.

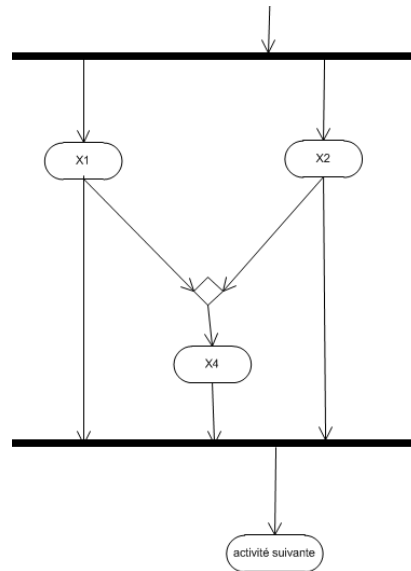


Figure 82.b : Le diagramme d'activités – utilisation des nœuds de fusion

3 Exemple de commande d'articles

Construction du diagramme d'activités du cas d'utilisation lié à la gestion d'une commande.

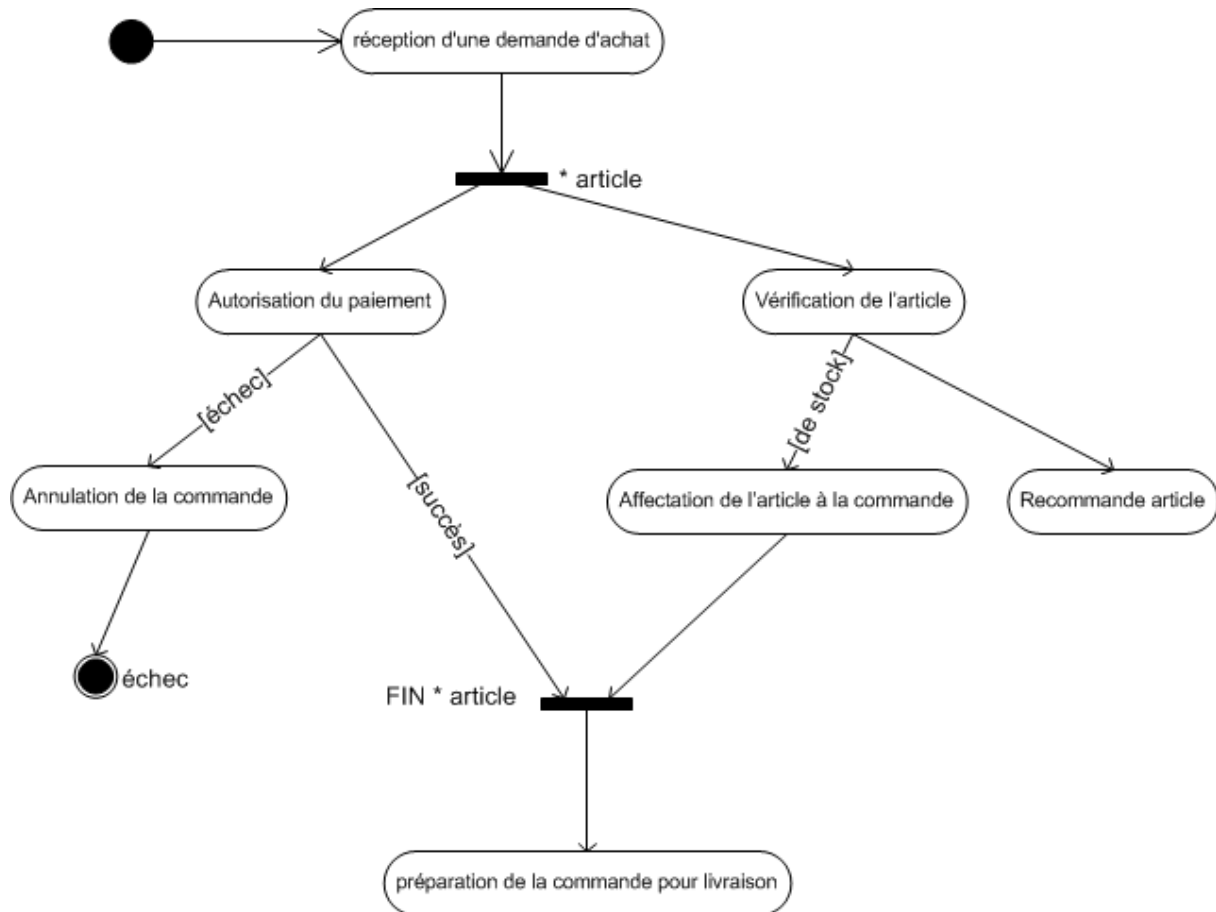


Figure 83 : le diagramme d'activités - gestion d'une commande

Cet exemple montre une impasse : si un article n'est pas de stock, il faudra attendre qu'il soit réapprovisionné.

Ceci ne peut se produire qu'en représentant un second cas d'utilisation lié à la réception d'articles.

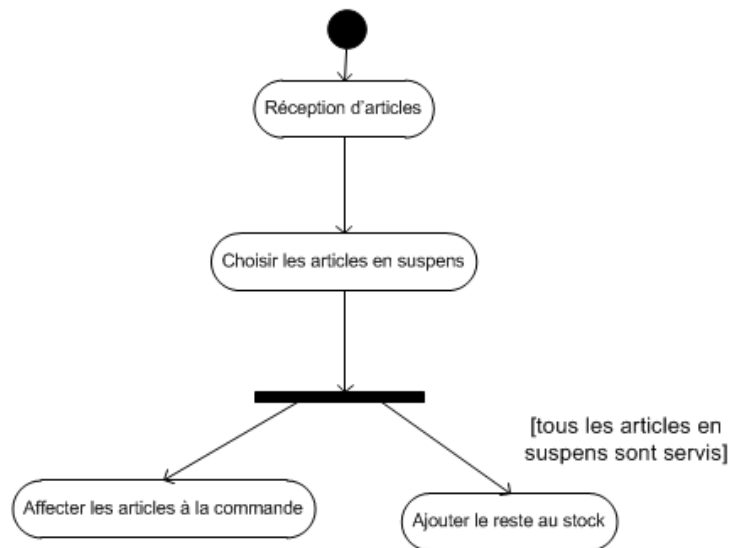


Figure 84 : le diagramme d'activités - gestion des livraisons d'articles

On peut regrouper les deux cas d'utilisation dans un seul diagramme d'activités :

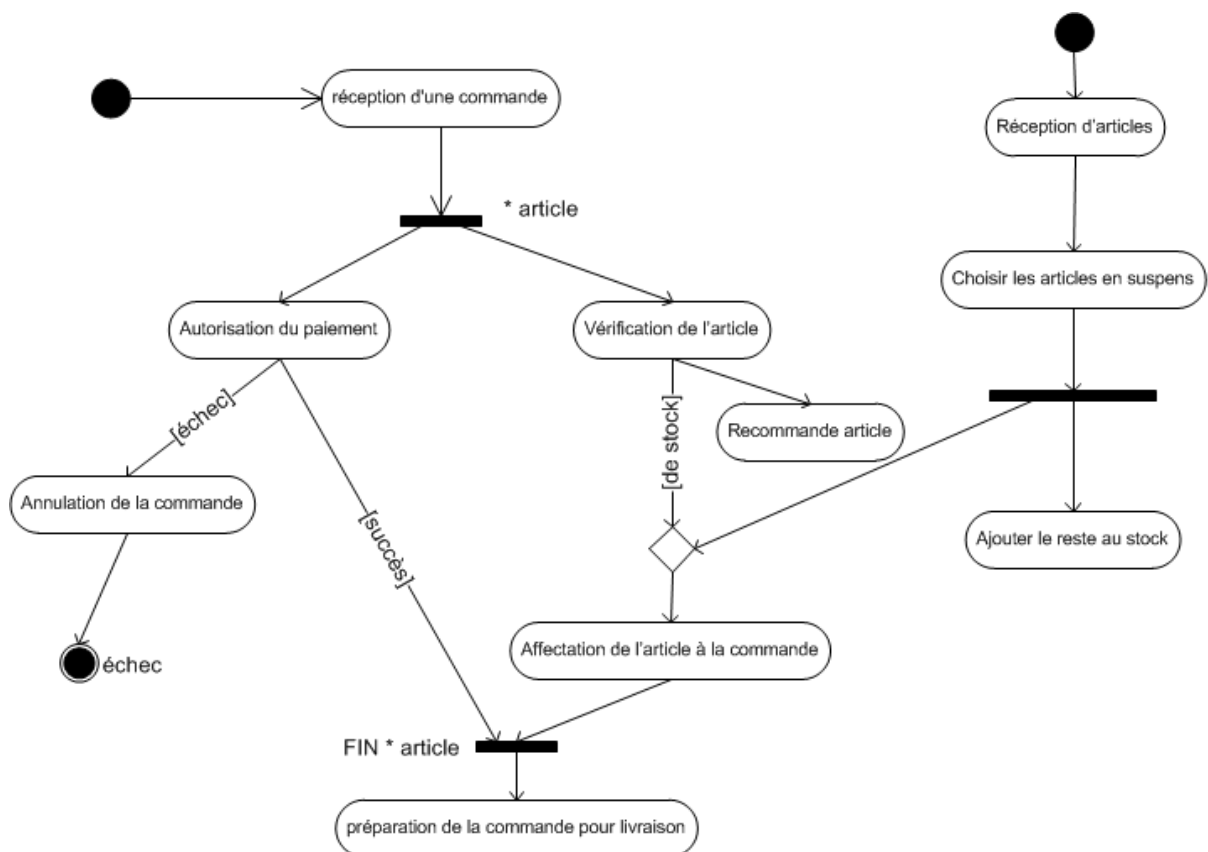


Figure 85 : le diagramme d'activités - gestion d'une commande et des réceptions d'articles

4 Les partitions

Les **partitions**, souvent appelées **couloirs** ou lignes d'eau (*swim lane*) du fait de leur notation, permettent d'organiser les nœuds d'activités dans un diagramme d'activités en opérant des regroupements.

Les partitions n'ont pas de signification bien arrêtée, mais correspondent souvent à des unités d'organisation du modèle. On peut, par exemple, les utiliser pour spécifier la classe responsable de la mise en œuvre d'un ensemble tâche. Dans ce cas, la classe en question est responsable de l'implémentation du comportement des nœuds inclus dans ladite partition. Les couloirs partitionnent le système entre les différents acteurs, classes,

Graphiquement, les partitions sont délimitées par des lignes discontinues. Il s'agit généralement de lignes verticales, mais elles peuvent être horizontales ou même courbes.

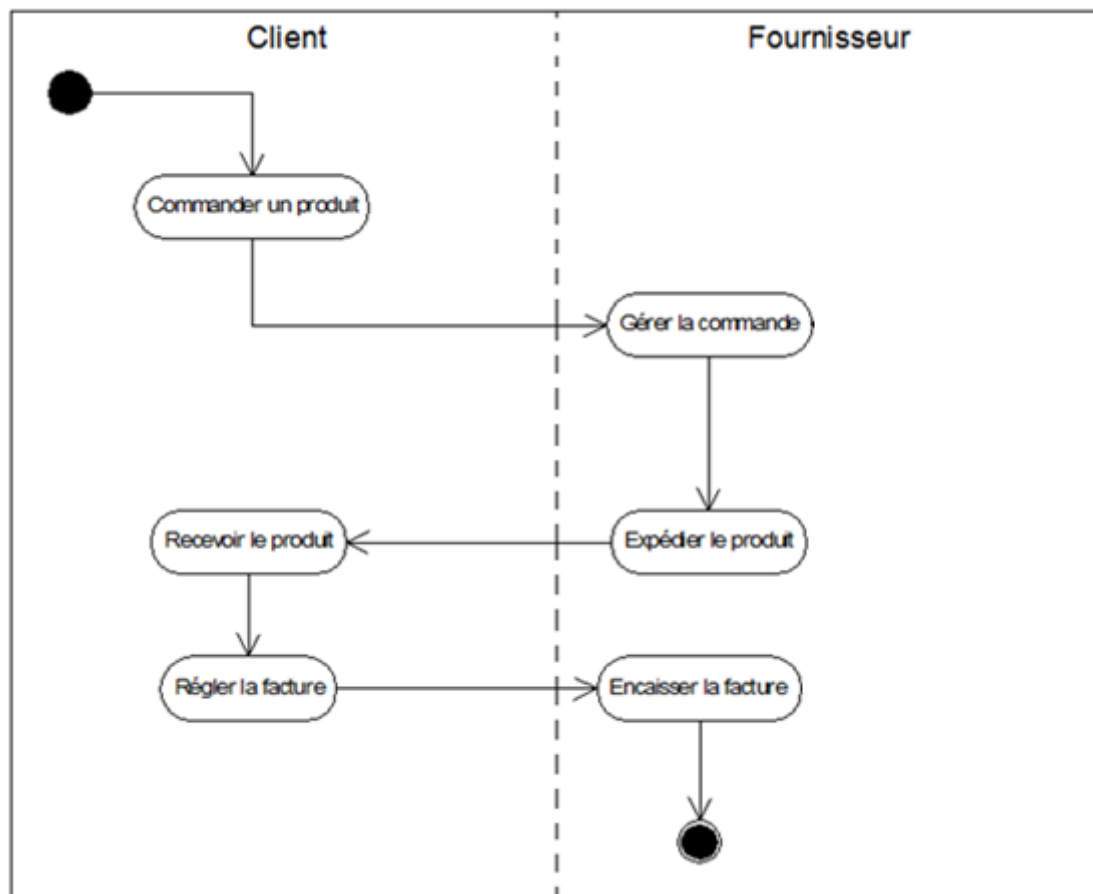


Figure 86 : le diagramme d'activités - partition, exemple

5 Informations supplémentaires

Il est même possible d'identifier les objets principaux, qui sont manipulés d'activités en activités et de visualiser leur changement d'état. Par exemple, dans le diagramme ci-après, la commande passe dans deux états (passée et facturée) suite à certaines activités du fournisseur.

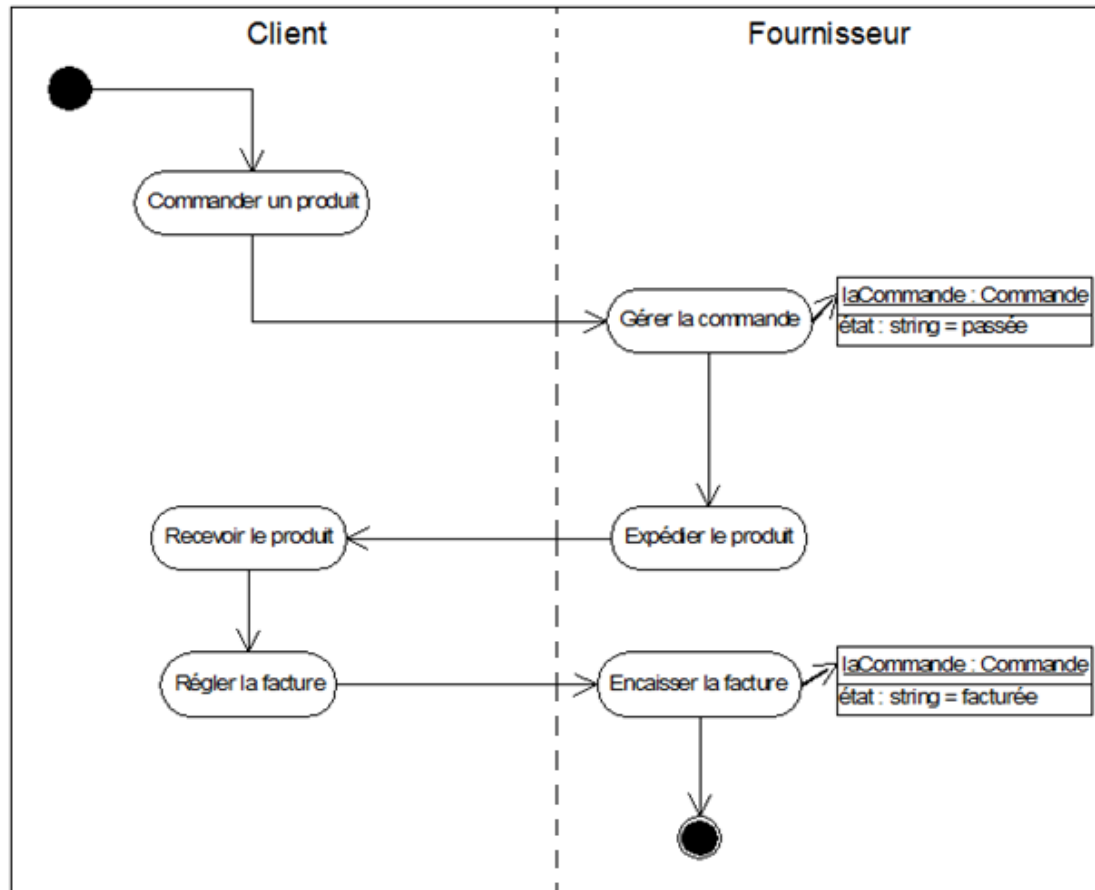


Figure 87 : le diagramme d'activités - informations supplémentaires

6 Conclusion

Le diagramme d'activités est **difficile à réaliser** vu le côté parallélisme. Si on ne s'y connaît pas dans le domaine analysé, il vaut mieux partir de la fin et remonter vers le début en se posant la question suivante "quand est-ce fini ?", ou "quels sont les cas, les activités qui m'amènent à ce point de terminaison". Ensuite, il faut citer tous les cas et en faire des activités se rejoignant sur la fin. Pour ces activités menant à la fin, il faut se poser la question "quels sont les cas qui nous amènent à faire cette activité ?".

La grande **force** des diagrammes d'activités est leur aptitude à supporter et à encourager les comportements parallèles.

Leur principale **faiblesse** est de ne pas montrer clairement les liens entre objets et actions. Même l'usage de couloirs n'a pas l'aspect immédiat qu'on trouve dans un diagramme d'interactions.

Les diagrammes d'activités sont toutefois très utiles pour

- analyser un cas d'utilisation : à ce stade les objets n'ont pas encore été clairement précisés (point 9. La dynamique des cas d'utilisation).
- comprendre le flux d'activité à travers plusieurs cas d'utilisation et montrer comment ceux-ci réagissent entre eux.
- traiter des applications multi-threads vu leur côté concurrent.

Par contre on ne les utilisera pas si on désire:

- voir comment les objets collaborent entre eux : on utilisera un diagramme d'interactions
- voir le comportement d'un objet tout au long de sa vie : on emploiera un diagramme d'états-transitions.

Chapitre 8: Le diagramme d'interactions

1 Introduction

Les **diagrammes d'interactions** sont utilisés pour décrire les modalités de communication entre les objets d'une application, d'un processus ou d'une organisation. Ils se focalisent sur les messages spécifiques échangés par les objets, et sur la façon dont ces messages concourent à la réalisation de fonctionnalités.

Les diagrammes d'interactions montrent comment les groupes d'objets collaborent au sein d'un comportement. Généralement, on y représente le comportement se rapportant à **un seul cas d'utilisation**.

Effectivement, **les diagrammes d'interactions ont pour but de décrire l'évolution du système dans une utilisation particulière**.

- Évolution du système: c'est-à-dire comment les objets interagissent via des messages.
- Utilisation particulière: cela signifie une présentation partielle, non l'entière du système.

Nous abordons dans le cadre de ce cours 2 types de diagrammes d'interactions:

- Diagramme de **séquence**
- Diagramme de **communication**

Les diagrammes d'interactions sont des diagrammes concernant les **objets** et non les classes : ils montrent les **messages** qui sont envoyés d'un objet à un autre. Il est parfois utile de dessiner des diagrammes d'interactions où on représente des classes, voire même des packages ou des composants. Il doit être bien clair, dans ce cas, qu'en réalité, l'envoyeur et le receveur sont des instances de ces classes, des objets d'une classe du package ou du composant. Les chemins par lesquels les messages seront envoyés sont les liens entre objets, les associations et les dépendances.

Les **diagrammes de séquence** représentent une interaction de manière chronologique mais ne montrent pas les associations entre les objets. Ils sont utiles en programmation en temps réel ou pour des interactions complexes.

Les **diagrammes de communication** montrent les associations existantes entre objets et sont préférables pour comprendre les effets de l'interaction dans son contexte.

2 Le diagramme de séquence

2.1 Les lignes de vie

Un diagramme de séquence a deux dimensions :

- la dimension verticale représente le **temps**. Le temps s'écoule vers le bas de la page; il se lit de haut en bas .
- la dimension horizontale représente les différents **objets**.

Chaque objet est représenté dans un rectangle situé au sommet du diagramme. Sous ces objets, on dessine une ligne verticale pointillée, représentant l'écoulement du temps pour cet objet : c'est la **ligne de vie** de l'objet.

On peut décider de **nommer** les objets.

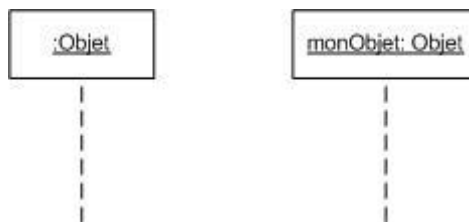



Figure 88 : le diagramme de séquence – les objets

2.2 Les messages

Les messages sont représentés à l'aide de flèches. Ils sont surmontés d'un court texte précisant de quel message il s'agit.

Au niveau **conceptuel**, les messages représentent des actions effectuées dans le cadre du cas d'utilisation étudié.

Au niveau **spécification**, ils ont une signification informatique et correspondent à des appels de méthodes, des événements, des signaux, des interruptions.

- Pour un message **synchrone (appel)**, l'envoyeur sera bloqué en attendant la fin du traitement du message par le receveur. En UML 2, l'appel est représenté par une flèche pleine dirigée vers le destinataire : 

Nous utiliserons également la flèche standard :

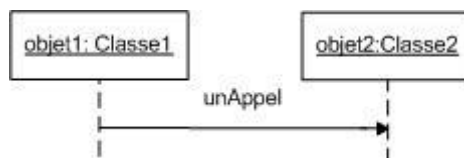


Figure 89 : le diagramme de séquence - l'appel

Si le message est **asynchrone (signal)**, l'envoyeur continuera son exécution sans attendre. En UML 2, le signal est représenté par une flèche standard vers le destinataire:

Nous préférons utiliser la **demi-flèche** pour représenter les signaux asynchrones:

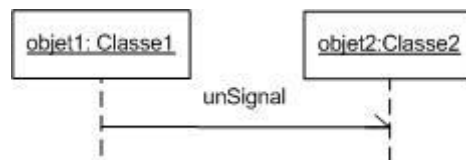


Figure 90 : le diagramme de séquence - le signal

Si on désire montrer que les délais de transmissions sont longs, on pourra représenter le message obliquement :

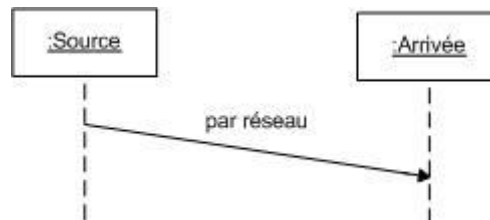


Figure 91 : le diagramme de séquence - le délai de transmission

2.3 Les activations

On peut montrer explicitement durant quelle période de temps un objet exécute une action en indiquant une **barre d'activation** (représentée par une fin rectangle) sur la ligne d'activation de l'objet.

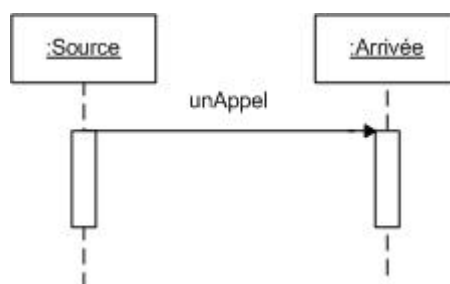


Figure 92 : le diagramme de séquence - la barre d'activation

2.4 La création et la destruction d'objet

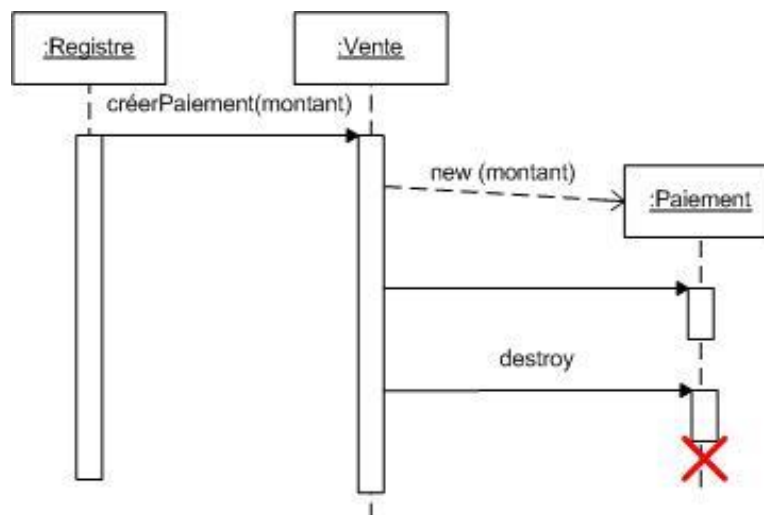


Figure 93 : le diagramme de séquence - création et destruction d'objet

Si un objet est créé durant l'interaction, on le représentera par une flèche (un message) pointant sur l'objet et par l'indication "new". Si en cours d'interaction, un objet est détruit, on marque la fin de sa ligne de vie d'une croix. L'objet peut être détruit parce qu'il termine normalement ou parce qu'un autre objet a provoqué sa destruction par l'envoi d'un message approprié.

2.5 Le problème du return

Les retours d'exécution d'une action "return" peuvent être indiqués. S'ils le sont, ce sera au moyen d'une flèche inverse pointillée.

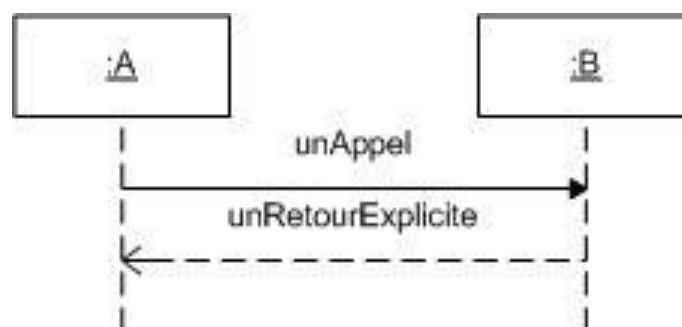


Figure 94 : le diagramme de séquence - return explicite

Le "return" peut être **explicite** (càd représenté dans le schéma) ou **implicite** (càd non représenté graphiquement).

Si le "return" est implicite, la valeur renvoyée peut être éventuellement indiquée par une petite flèche inverse, accompagnant le message aller. Sinon, on n'indique rien sur le diagramme.

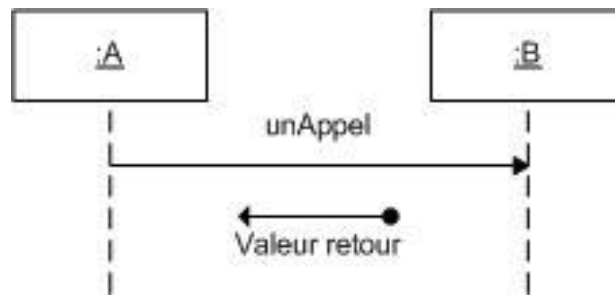


Figure 95 : le diagramme de séquence - return implicite

2.6 Les appels récursifs

Un objet peut s'envoyer un message à lui-même. Un tel message se représentera par une flèche bouclant sur la ligne de vie de l'objet : on parle d'**auto-délégation** ou de message réflexif. Cela représente un appel récursif.

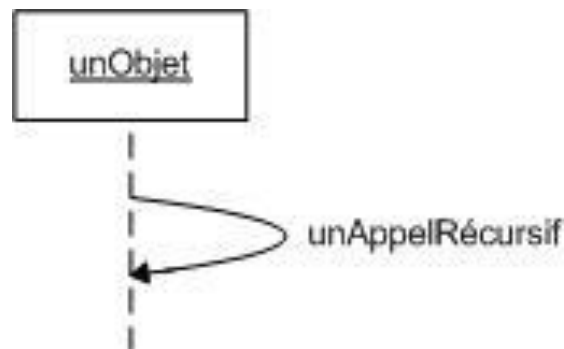


Figure 96 : le diagramme de séquence - appel récursif

Si on veut insister sur le côté récursif d'une auto-délégation, on conseille l'usage des barres d'activations. Dans ce cas, on indique un second rectangle superposé au premier.

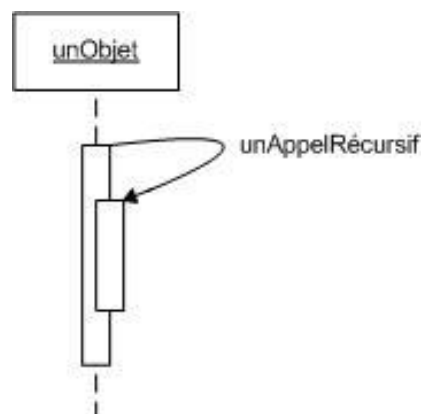


Figure 97 : le diagramme de séquence - appel récursif avec barres d'activation

2.7 Les structures de contrôle

UML donne la possibilité d'indiquer des structures de contrôle sur un diagramme de séquence. Ces structures sont essentiellement le branchement, l'itération et le parallélisme.

2.7.1 Le branchement

Un **branchement** surviendra dans un diagramme pour représenter une **alternative**.

Les messages de branchement partent tous du même point de la ligne de vie de l'objet et sont marqués d'une condition de garde entre crochets.

Selon que ces conditions sont mutuellement exclusives ou non, on aura une alternative ou un parallélisme.

En UML 2 :

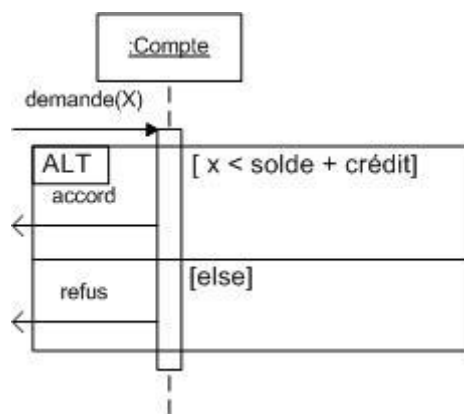


Figure 98 : le diagramme de séquence - l'alternative en UML 2

On préfère quand même la notation simplifiée de l'UML 1 :

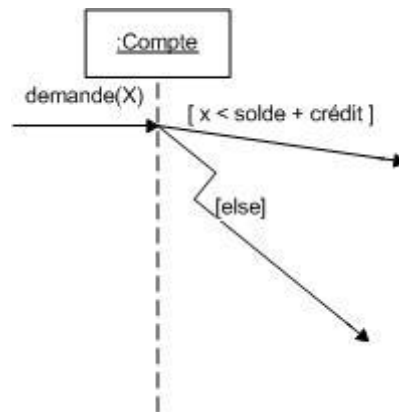


Figure 99 : le diagramme de séquence - l'alternative en UML 1

2.7.2 L'itération

Si un message doit être envoyé un certain nombre de fois, une marque d'itération (*) sera placée sur celui-ci.

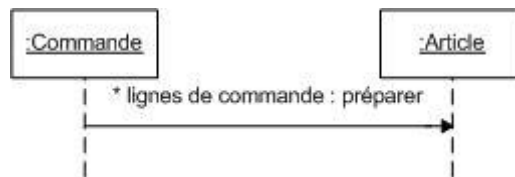


Figure 100 : le diagramme de séquence - l'itération

Une condition de garde indiquant jusqu'à quand le message doit être envoyé peut suivre l'astérisque.

Si un groupe de message doit être envoyé itérativement on entourera ce groupe d'indications d'itération. UML2.0 introduit cette notation :

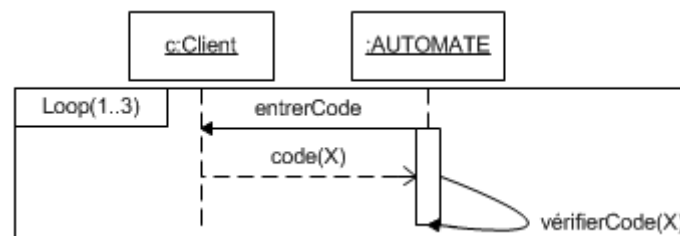


Figure 101 : le diagramme de séquence - l'itération (bloc)

2.7.3 Le parallélisme

Dans un diagramme de séquence, il est possible de représenter des opérations parallèles. Le parallélisme signifie que l'ordre dans lequel les deux opérations parallèles sont effectuées importe peu.

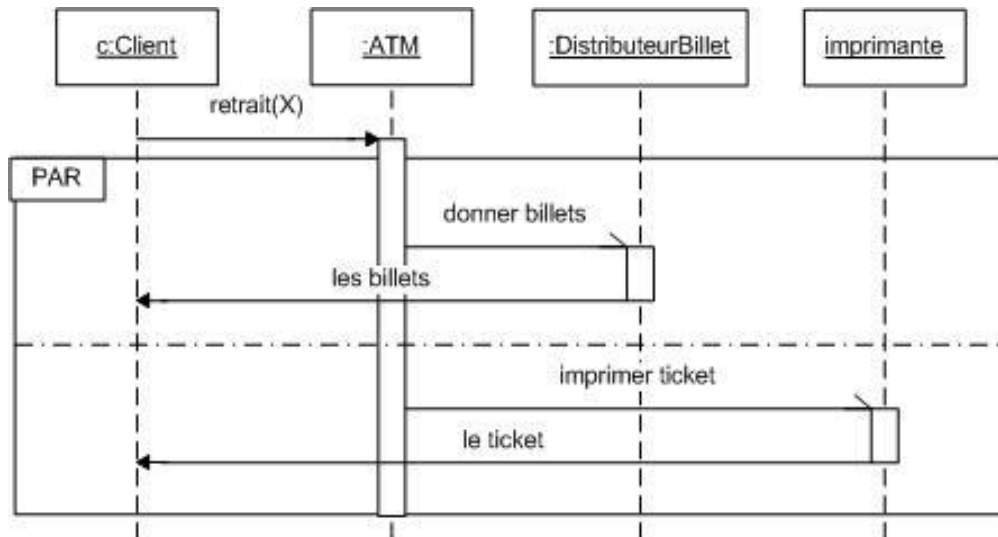


Figure 102 : le diagramme de séquence - le parallélisme

Dans l'exemple ci-dessus, lorsqu'un client retire de l'argent à un automate, il demande (après introduction de la carte et du code) un certain montant à retirer (X). A la fin de sa transaction, il reçoit les billets et son ticket. Le parallélisme signifie que l'ordre dans lequel il reçoit le billet et le ticket n'est pas déterminé : soit le client reçoit d'abord les billets puis le ticket, soit l'inverse ou encore les deux en même temps.

2.8 La marge de gauche

La marge de gauche peut être utilisée pour des descriptions textuelles de ce qui est fait, mais aussi pour des indications de timing. Ces dernières sont généralement placées entre accolades.

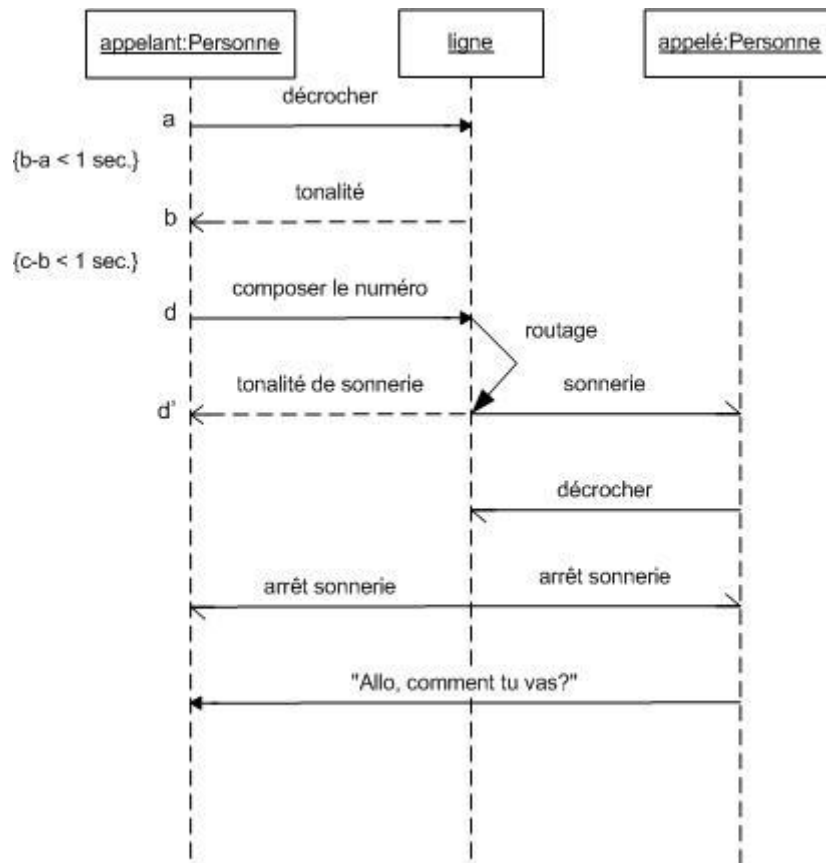


Figure 103 : le diagramme de séquence - la marge gauche

2.9 Système en boîte noire

Il existe deux manières de représenter le système dans les diagrammes de séquence:

- On présente le système comme une **boîte noire**: le système est représenté dans un seul objet. Il est considéré comme un tout unique et n'est pas décomposé en objets.
- On représente le système par ses diverses composantes. Les interactions entre les objets du système sont donc dévoilées.

On conçoit des diagrammes de séquences à différents moments du cycle de vie du projet informatique. Les diagrammes de séquence sont plus ou moins détaillés selon les objectifs qu'on se fixe.

En début de projet, on peut représenter les scénarios des cas d'utilisation sous forme graphique grâce aux diagrammes de séquence ou encore aux diagrammes d'activités afin de montrer les interactions des utilisateurs avec le système. A ce stade le système est considéré comme une boîte noire ; il est vu comme un tout unique (une seule ligne de vie). On parle de **diagramme de séquence système**.

En cours de projet, on réalise souvent des diagrammes de séquence pour détailler les interactions entre les différentes classes, objets, acteurs, ... Lorsqu'on a déjà procédé à l'analyse statique du système et qu'on connaît alors les classes qui le composent, on représente alors celles qui interviennent dans les scénarios d'utilisation. Le diagramme de séquence permet, donc, à ce stade, de montrer les interactions (appels de méthodes par

exemple) entre les composants du système. Le système est alors représenté par différentes lignes de vie correspondant aux objets qui le composent.

3 Le diagramme de communication

3.1 Introduction

Un **diagramme de communication**¹⁰ représente les objets participant à une interaction en indiquant les relations existant entre eux et les messages envoyés. Un tel diagramme se présente donc comme un fragment d'un immense diagramme qui indiquerait les relations entre tous les objets.

L'ensemble d'objets reliés entre eux s'appelle une **collaboration**. L'**interaction** est l'ensemble des messages échangés.

La présentation des objets sur le diagramme est une présentation spatiale, comme sur un diagramme de classes ou d'objets, ce qui permet d'indiquer les liens existant entre objets. Le côté temporel passe ainsi au second plan. Pour indiquer l'ordre des messages, ceux-ci seront numérotés.

3.2 La numérotation

Plusieurs schémas de numérotations sont utilisés pour refléter les aspects temporels des communications :

- **Numérotation simple** : 1, 2, 3
 - Les messages sont numérotés à partir de 1 dans l'ordre chronologique de l'envoi. Cette numérotation était utilisée par beaucoup de gens.
- **Numérotation imbriquée** : 1, 1.1, 1.2, 1.2.1
 - UML préconise la **numérotation par niveaux** : si une opération en appelle d'autres on reprend le numéro de l'opération appelante et on ajoute un niveau. Pour ce niveau on recommence à numéroté à partir de 1 les diverses opérations appelées, en comptant dans l'ordre des appels.
- **Numérotation imbriquée et concurrente** : 1, 1.1a, 1.1b
 - Idem numérotation imbriquée mais les points 1.1a et 1.1b peuvent être effectués en parallèle

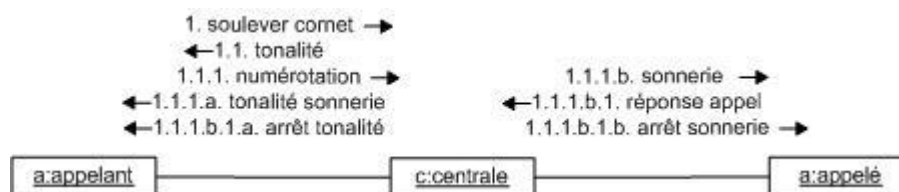


Figure 104 : le diagramme de communication – exemple 1

¹⁰ En UML 1, on parle de diagramme de collaboration

3.3 Les messages

3.3.1 Synchrones - asynchrone

Les messages peuvent être **synchrones** ou **asynchrones** et se représentent comme dans les diagrammes de séquence.

3.3.2 Syntaxe des messages

Il existe une syntaxe particulière aux messages dans les diagrammes de communication. Dans le cadre de ce cours, nous ne l'aborderons pas. Nous nous contentons d'indiquer les messages comme dans les diagrammes de séquence (avec la numérotation vu précédemment en plus).

3.4 Le return

Un return a lieu dans un diagramme de communication quand toutes les activations emboîtées sont terminées. La valeur de retour renvoyée peut être indiquée avec le numéro du message (voir plus haut, la numérotation des messages).

Une autre manière est de dessiner une flèche inverse le long du lien.

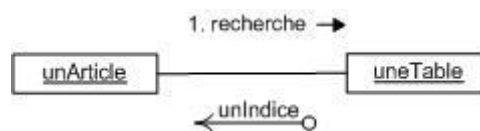


Figure 105 : le diagramme de communication - return

3.5 Les acteurs

UML permet la représentation sur le diagramme d'acteurs initiant une communication. Ceux-ci sont représentés de la même façon que dans les diagrammes des cas d'utilisation avec un "stick man".

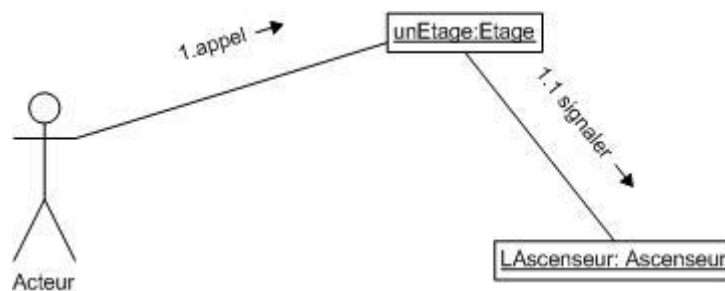


Figure 106 : le diagramme de communication - avec acteur

3.6 Conseils

Les diagrammes de communication deviennent vite surchargés. Comment faire pour l'éviter?

On pourra tenir compte des conseils qui suivent :

- **Règle 1** : Utiliser une même flèche pour tous les messages de même direction entre les deux mêmes objets
- **Règle 2** : Ne pas utiliser de flèches du tout. Indiquer les navigations sur le diagramme. Si un lien est bidirectionnel (c'est-à-dire si des messages circulent dans les deux sens sur ce lien), on indiquera deux liens unidirectionnels. Quant aux messages asynchrones, on les marquera de la contrainte {asynchrone}. Cette deuxième règle est surtout utile quand il n'y a pas trop de messages asynchrones, ni trop de synchronisations.

4 Comparaison entre diagrammes de séquence et diagrammes de communication

Les diagrammes de séquence mettent l'accent sur le côté temporel, chronologique de l'interaction. Par contre on n'y voit pas comment les objets sont reliés statiquement.

Inversement, les diagrammes de communication indiquent clairement les liens statiques existant entre les objets. Par contre, suivre le déroulement chronologique de l'interaction relève vite du tour de force.

5 Conclusion

Les diagrammes d'interactions ont pour principal avantage, la simplicité. Sur un diagramme clair, on voit bien les messages qui sont envoyés. Toutefois, représenter plus qu'un processus séquentiel simple sans trop de branchements ni d'itérations conduit à des diagrammes trop complexes.

Un diagramme d'interactions permet de voir le comportement de plusieurs objets au sein d'un même cas d'utilisation. On peut alors songer à créer plusieurs diagrammes, un par scénario, et éviter ainsi les branchements.

Si on désire capturer un comportement compliqué dans un seul diagramme, on préférera un diagramme d'activité.

Si on désire voir le comportement d'un même objet au sein de plusieurs cas d'utilisation, on dessinera un diagramme d'états – transitions.

Si on désire étudier le comportement de plusieurs objets au sein de plusieurs cas d'utilisation, on se tournera vers un diagramme d'activité.

La seule vraie raison d'utiliser un diagramme d'interactions est dès lors sa simplicité.

Chapitre 9: Le diagramme d'états

1 Introduction

Les **diagrammes d'états – transitions** (State diagrams) retenus par UML sont issus des Statecharts de Harel. Ils furent utilisés pour la première fois dans un contexte orienté objet par OMT, puis furent adoptés par Grady Booch avant d'être repris dans UML.

Beaucoup de classes ont un comportement tel que leur état varie dans le temps. Si c'est le cas on aura intérêt à représenter sur un diagramme d'états – transitions, l'évolution d'un objet de la classe dans le temps.

Ainsi, un feu de circulation sera rouge, jaune ou vert, un ascenseur, en montée, en descente, en attente ou hors d'usage...

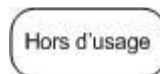
Les diagrammes d'états – transitions étudient le **comportement d'un objet** dans toute sa vie, donc au sein de plusieurs cas d'utilisation.

2 Les notions

2.1 Les états

Les **états** modélisent un moment spécifique du comportement d'une classe. Cet instant est défini par une certaine condition qui doit être satisfaite par le classificateur.

Ceux-ci sont représentés par un rectangle arrondi contenant le nom de l'état



Deux états particuliers ont une notation différente : l'état initial est représenté par un gros point noir.



Tandis que l'état final sera représenté par un même point noir encerclé :



2.2 Les transitions

Les états sont reliés par des connexions unidirectionnelles appelées **transitions**. Une transition représente une relation, ou chemin, entre deux états. Chaque transition doit posséder une condition de garde précisant si cette transition peut être effectuée, un élément déclencheur provoquant l'exécution de la transition, ainsi que tout effet résultant de la transition si celle-ci est exécutée.

Le diagramme forme ainsi un graphe dirigé. Les transitions sont représentées par des flèches.

Une transition peut relier deux états différents, mais aussi relier un état à lui-même.

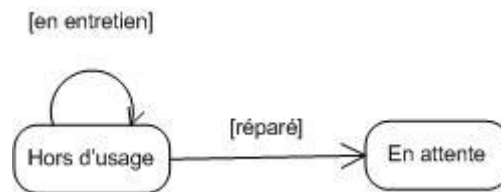


Figure 107 : le diagramme d'états - les transitions

Les transitions sont provoquées par des événements extérieurs.

La syntaxe complète pour libeller une transition est :

événement '[' condition de garde ']' '/' action

- L'**événement** est celui qui déclenche la transition.
- La **condition de garde** est une condition qui doit être vérifiée pour que l'évènement déclenche bien la transition. Pour un diagramme concurrent (voir plus loin), une condition de garde peut indiquer qu'une transition n'aura lieu que si l'objet est dans tel état ou au contraire, que s'il n'est pas dans cet état.
- L'**action** est une opération membre de la classe de l'objet qui reçoit l'évènement (celui dont traite le diagramme).

2.3 Les événements internes

Le rectangle représentant un état peut être divisé en deux compartiments.

- Le premier compartiment (le seul que nous ayons dessiné jusqu'à présent) est réservé au **nom de l'état**.
- Le second compartiment est le compartiment des **événements internes**. Ceux-ci ont la même syntaxe que celle utilisée pour les transitions.

événement '[' condition de garde ']' '/' action

Certains événements internes particuliers sont prédéfinis :

entry '/' action

qui est exécutée à l'entrée de l'état,

exit '/' action

qui est exécutée à la sortie de l'état.

D'autre part, on pourra noter

do '/' activité

pour indiquer qu'il faut exécuter une activité tant que l'objet reste à cet état. L'activité peut être décrite par un autre diagramme d'états - transitions

2.4 Action et activité

Si les deux représentent des processus généralement implémentés à l'aide d'une méthode de l'objet, les actions sont considérées comme courtes et atomiques. Elles ne peuvent pas être interrompues. Les activités, par contre, peuvent prendre plus longtemps et être interrompues à la réception d'un événement (qui peut changer l'état de l'objet).

2.5 Transitions réflexives et événements internes

Une **transition réflexive** est une transition qui, à la réception d'un événement, fait passer l'objet d'un état à ce même état.

Quelle est la différence avec un événement interne ? En réalité, la seule différence se situe dans l'exécution des actions d'entry et d'exit. Celles-ci sont exécutées pour une transition réflexive. Elles ne le seront pas pour un événement interne.

2.6 Transition automatique

Si une transition ne comporte pas d'événement dans son libellé, elle sera réalisée dès la fin de l'activité associée à l'état source. Une telle transition est dite automatique.

Considérons le diagramme d'états – transitions de l'envoi d'une commande. On constate que les trois transitions partant de l'état "en vérification" sont automatiques. Elles comportent néanmoins une condition de garde qui permet de choisir laquelle est réalisée.

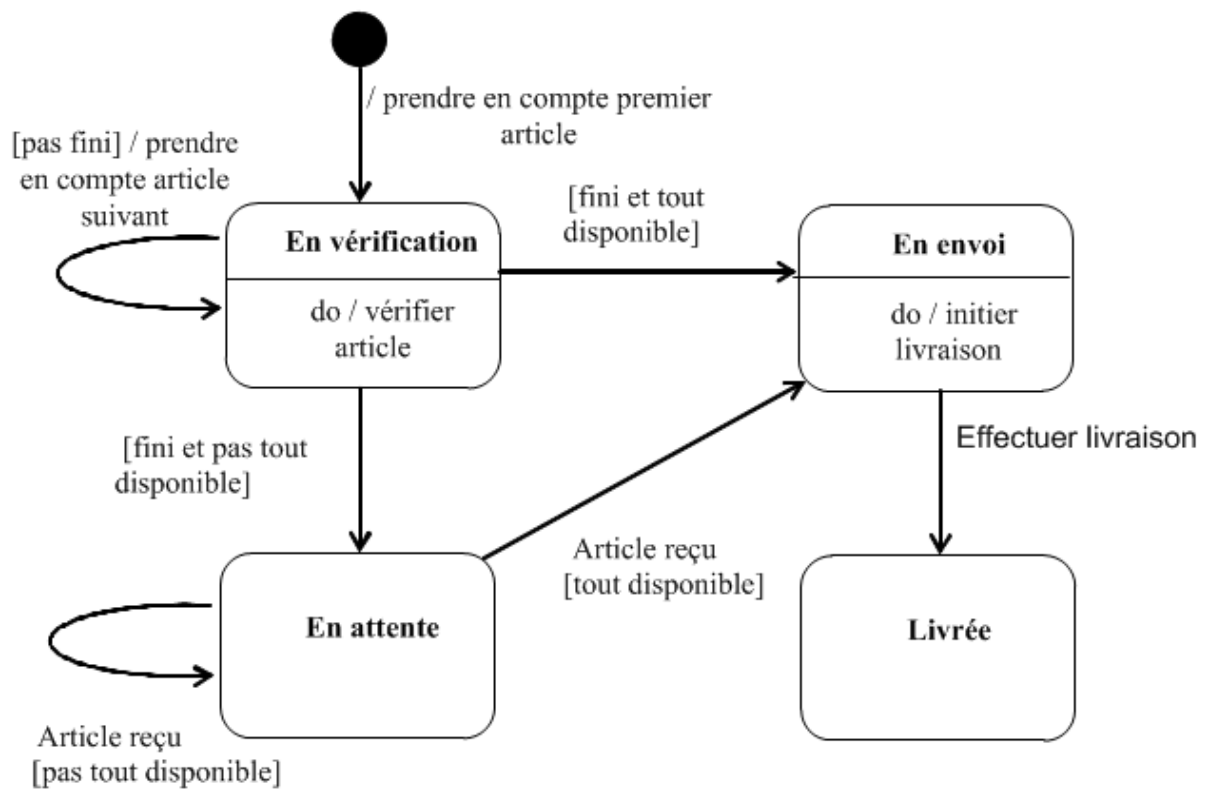


Figure 108 : le diagramme d'états - l'envoi d'une commande

3 Les super-états

Si dans le diagramme précédent, nous remarquons que de plus, une commande peut être annulée, il nous faut rajouter un état. Comme la commande peut être annulée à tout moment, on obtient un diagramme du style :

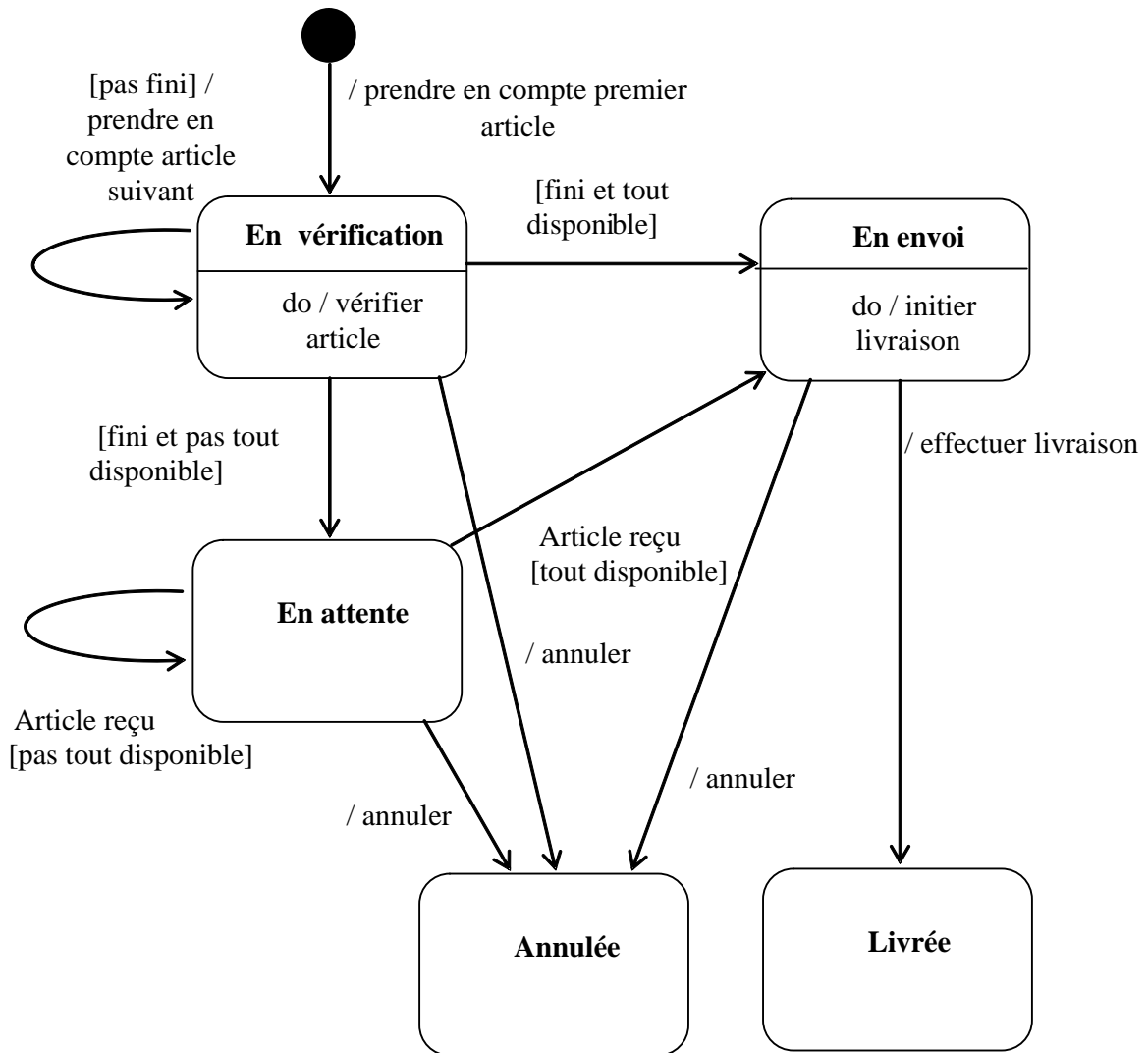


Figure 109 : le diagramme d'états - super-état 1

On constate que le diagramme devient surchargé. Pour y remédier, on peut regrouper une partie de celui-ci en un super-état. On y retrouvera tous les états où la commande est encore active d'où le nom de cet état :

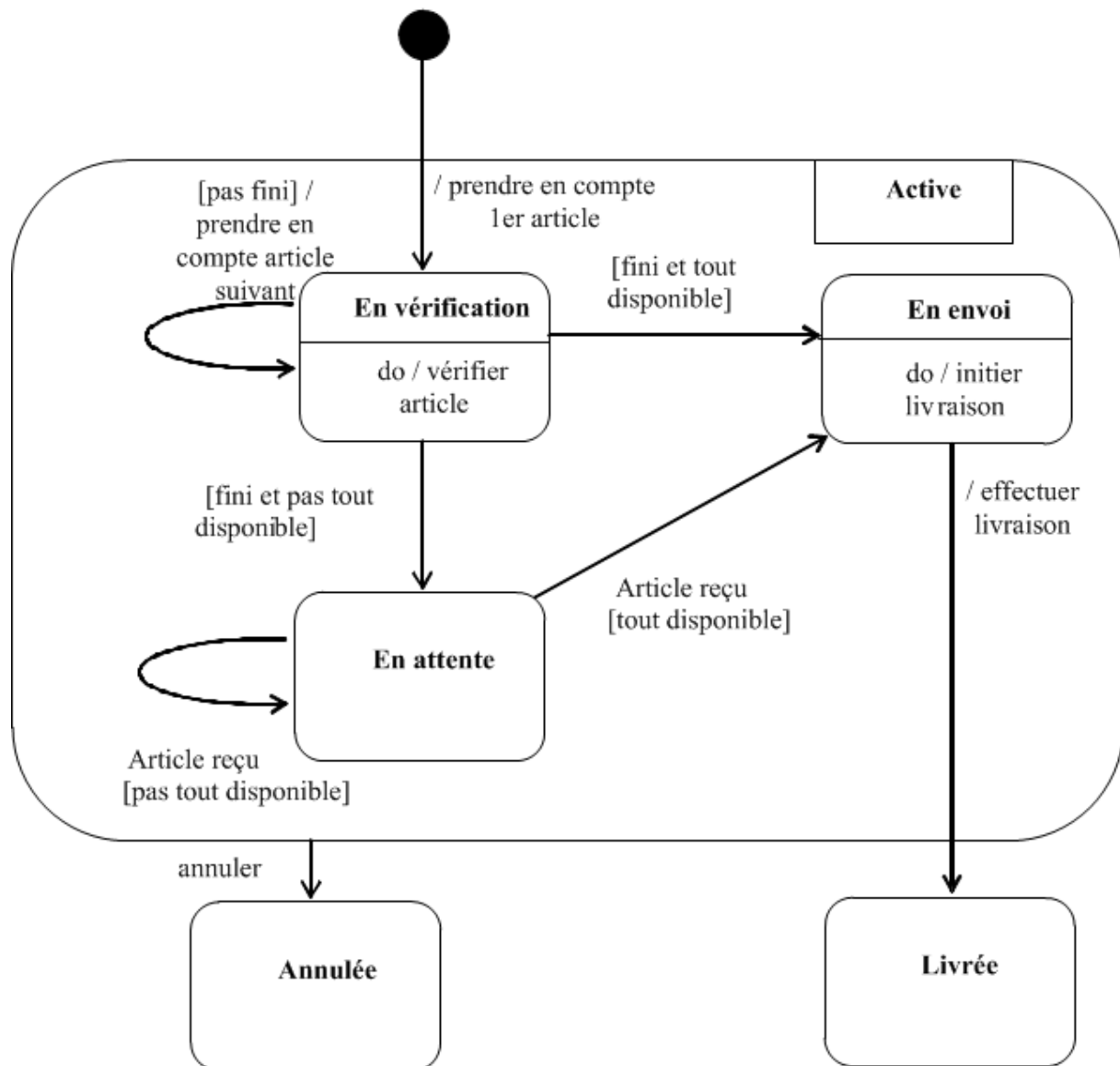


Figure 110 : le diagramme d'états - super-état 2

4 Diagrammes d'états concurrents

UML prévoit de pouvoir regrouper dans un diagramme composite des diagrammes qui doivent se dérouler concurremment.

Considérons de nouveau l'exemple de la commande à traiter. Il ne suffit pas que tous les articles soient disponibles pour que la commande puisse être envoyée. Encore faut-il vérifier le moyen de paiement.

Ce point donne le diagramme :

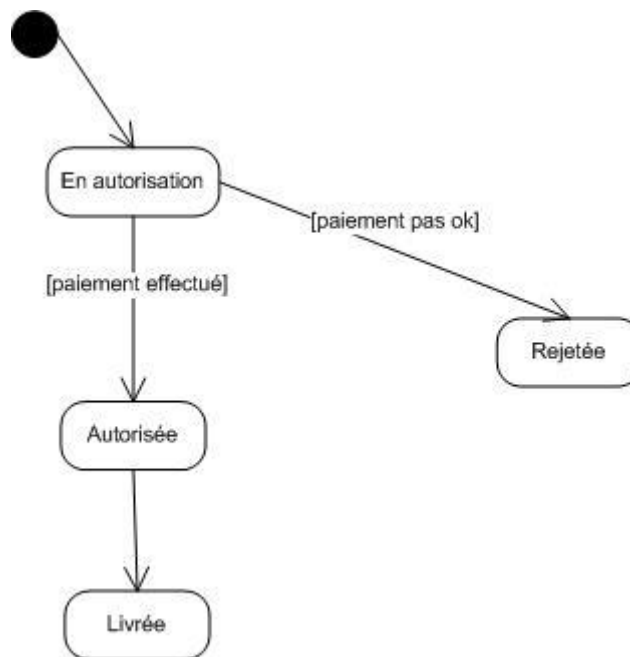


Figure 111 : le diagramme d'états - états concurrents 1

Nous indiquerons le côté concurrent des deux diagrammes en les incluant dans un diagramme composite. Quand la commande arrive aux deux états finaux des diagrammes internes, elle peut passer à l'état « Livrée ». Entre-temps, les deux diagrammes peuvent se dérouler dans n'importe quel ordre.

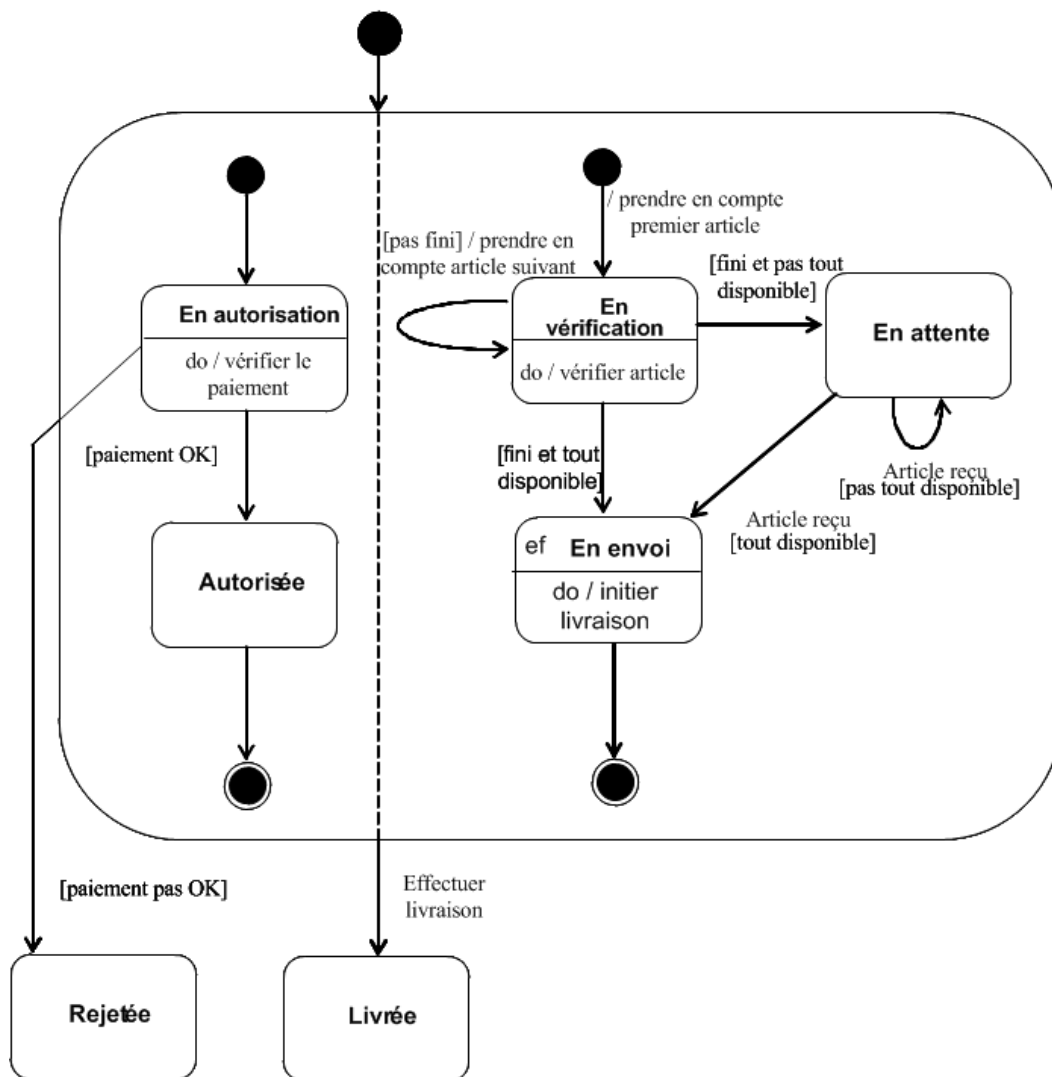


Figure 112 : le diagramme d'états - états concurrents 2

5 L'historique

Une région d'un super-état (éventuellement composite) peut contenir un indicateur d'**historique** représenté par un cercle contenant un **H**. Il s'applique uniquement à la région qui le contient.

Un tel indicateur pourra avoir plusieurs transitions dirigées vers lui, mais n'aura qu'une seule transition sortante.

Si on sort du super-état puis qu'on rentre de nouveau dans cet état, l'historique se souvient du sous-état actif lors de la sortie et reprend l'activité dans ce sous-état. La seule transition sortante du H indique le sous-état actif par défaut, si aucun sous-état n'a encore été activé.

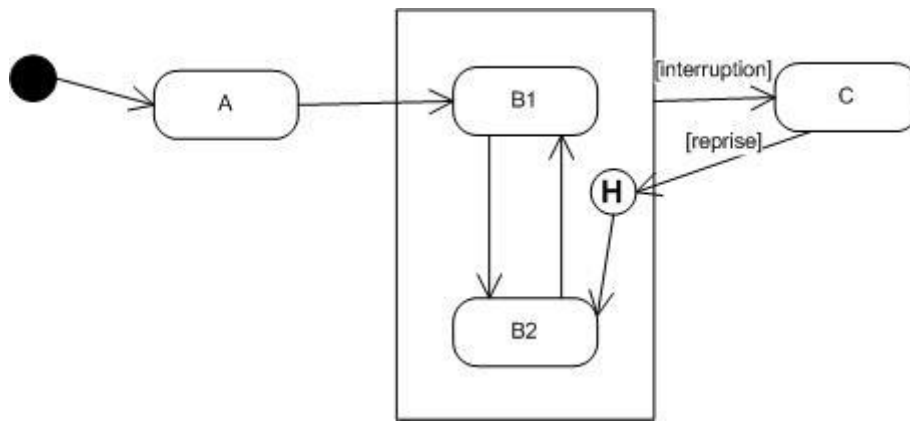


Figure 113 : le diagramme d'états – historique 1

Après interruption et reprise, on revient au sous-état B1 ou B2 qui était actif avant l'interruption. L'état B2 est l'état de reprise par défaut. UML prévoit de plus des historiques profonds notés H* qui se souviennent du sous état actif au niveau le plus bas (sous-état de B1 ou encore plus bas) et reprennent l'activité à ce niveau.

Exemple d'historique : la représentation des états d'une voiture dans un car-wash.

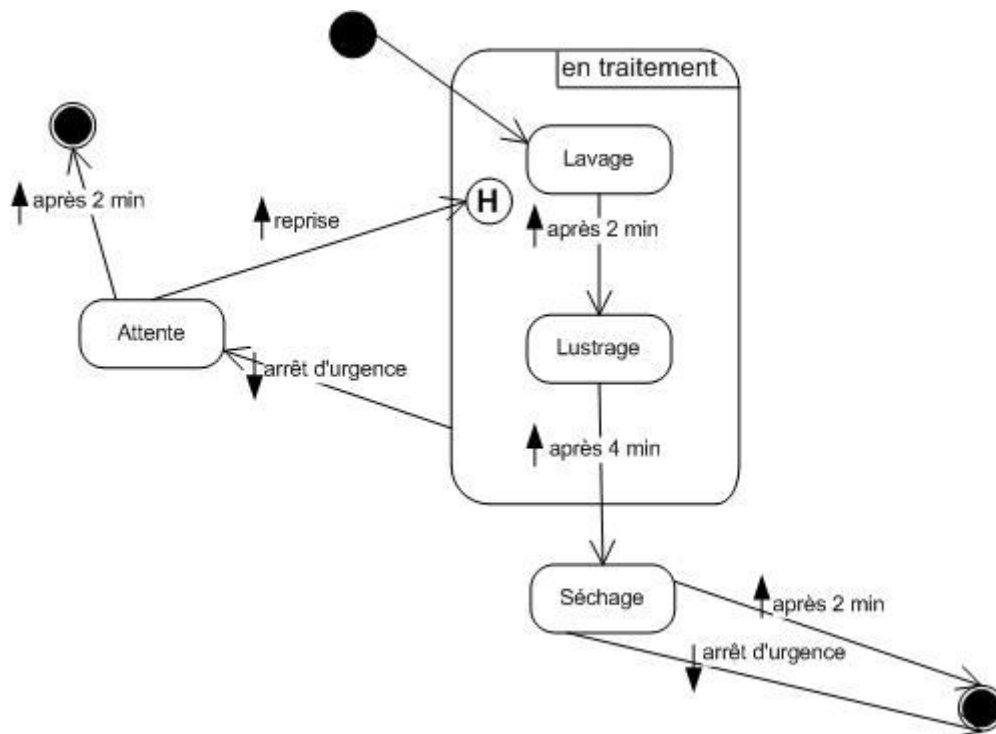


Figure 114 : le diagramme d'états – historique 2

Dans l'exemple ci-dessus, les flèches sur les transitions indiquent si l'auteur de l'événement est humain (vers le bas) ou système (vers le haut). Cette notation n'est pas de l'UML!

Chapitre 10: UML en Java

1 Introduction

Ce chapitre présente différents aspects de l'implémentation de diagrammes UML en Java. Il s'agit simplement de soulever quelques principes et non de détailler en profondeur le code Java pouvant découler des diagrammes. Voyez donc ce chapitre comme un premier lien entre l'UML et le Java.

2 Les types de méthodes

```
class Personne {  
    private String nom, prenom;  
    private LocalDate dateNaissance ;  
    private List<String> emails;  
    ...  
    // getter et setter  
    public String getNom(){  
        return nom ;  
    }  
    public void setNom(String nom){  
        this.nom = nom;  
    }  
  
    // queries  
    public String fournirNomComplet(){  
        return prenom + " " + nom;  
    }  
    public int nombreEmails(){  
        return emails.size();  
    }  
  
    // modificateurs  
    public boolean ajouter(String email) {  
        return emails.add(email);  
    }  
    public boolean supprimer(String email) {  
        return emails.remove(email);  
    }  
}
```

3 Les associations

Lorsqu'il y a une association entre deux objets, celle-ci se traduit en Java par une référence vers l'objet à l'extrémité de l'association. Notons la différence entre une association unidirectionnelle qui sera traduite par une seule référence et bidirectionnelle qui sera représentée par des références mutuelles entre les objets associés.

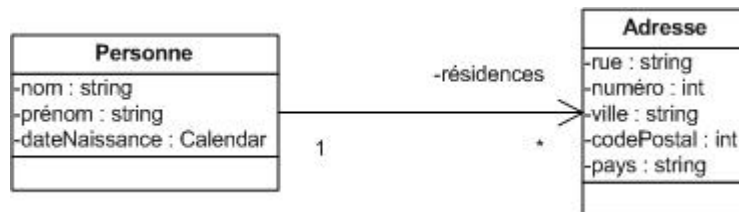


Figure 115 : UML en Java - association unidirectionnelle

En Java :

```
public class Personne{
    String nom ;
    String prénom;
    Calendar dateNaissance;
    Adresse[] résidences ;
}
public class Adresse{
    String rue;
    int numéro;
    String ville;
    int codePostal;
    String pays ;
}
```

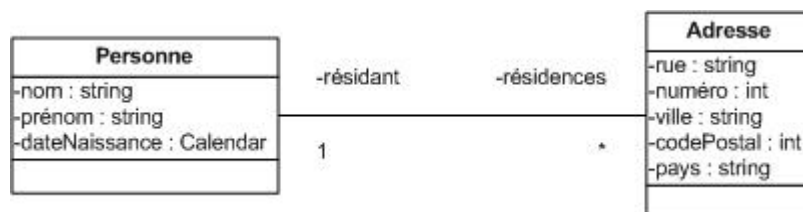


Figure 116 : UML en Java - association bidirectionnelle

En Java :

```
public class Personne{
    String nom ;
    String prénom;
    Calendar dateNaissance;
    Adresse[] résidences ;
}

public class Adresse{
    String rue;
    int numéro;
    String ville;
    int codePostal;
    String pays ;
    Personne résidant ;
}
```

Maintenir correctement une **association bidirectionnelle** relève d'une véritable gymnastique algorithmique puisqu'il faut que les références soient à jour pour chaque ajout, retrait ou mise à jour de part et d'autre de l'association.

Imaginons dans notre exemple ci-dessus, on ajoute une nouvelle adresse à un client : il faut l'ajouter dans la collection des adresses du client et mettre la référence du client dans la nouvelle adresse. Si la classe `Personne` possède une méthode `ajouterAdresse(Adresse uneAdresse)`, il suffit d'appeler cette méthode. Il faut aussi veiller à mettre la référence du client dans `uneAdresse` ; simple, la méthode `ajouterAdresse` n'a qu'à appeler la méthode `enregistrerPersonne(Personne unePersonne)` de la classe `Adresse`. Oui mais supposons qu'`uneAdresse` possède déjà une personne ou encore qu'on puisse également appeler `enregistrerPersonne` sans passer par la méthode `ajouterAdresse`. Dans ce dernier cas, il faut que `enregistrerPersonne` d'`Adresse` appelle `ajouterAdresse` de `Personne` et tout ceci nous embarque dans un jeu de méthodes qui s'appellent l'une l'autre : risque de `stackOverflow`. Et ainsi de suite ...

Bref, ceci pour vous montrer qu'il n'est pas simple d'implémenter des associations!

4 Les multiplicités

Dans un diagramme de classe, on bénéficie de plusieurs mécanismes pour spécifier une multiplicité : par exemple `*` ou une association qualifiée. Ces différentes manières de lier des objets ont de l'influence sur l'implémentation Java. En général, plus on est précis en UML (plus on donne de l'information sur la multiplicité), plus on restreint le choix de l'implémentation.

Voici comment implémenter les informations sur les multiplicités en Java:



Figure 117 : UML en Java - les multiplicités 1

En Java :

```

public class Classe1{
private Classe2 uneClasse2;
}
  
```



Figure 118 : UML en Java - les multiplicités 2

En Java :

```

public class Classe1{
private Classe2 lesClasse2[]; // tableau ou List ou Set
}
  
```

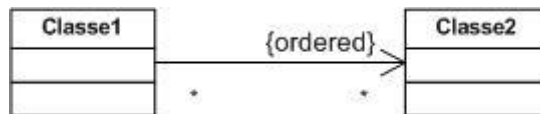


Figure 119 : UML en Java - les multiplicités 3

En Java :

```

public class Classe1{
private SortedSet<Classe2> uneClasse2 = new TreeSet<Classe2>();
}
  
```

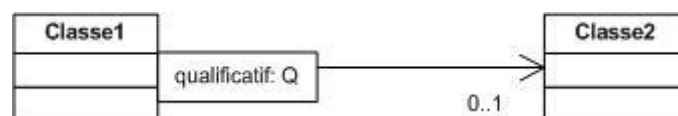


Figure 120 : UML en Java - les multiplicités 4

En Java :

```

public class Classe1{
private Map<Q,Classe2> uneClasse2 = new HashMap<Q,Classe2>();
}
  
```

5 Les classes paramétrées

Pour rappel, une **classe paramétrée** est représentée comme suit :

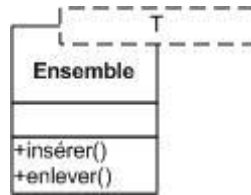


Figure 121 : UML en Java - classe paramétrée

En Java, on obtient par exemple le code suivant :

```
public class Ensemble<T>{  
    void insérer(T t) ;  
    void enlever (T t) ;  
}
```

6 Le diagramme de séquence

6.1 L'objet nommé

Par exemple, le diagramme de séquence suivant renferme 2 objets dont un seul est nommé (monObj).

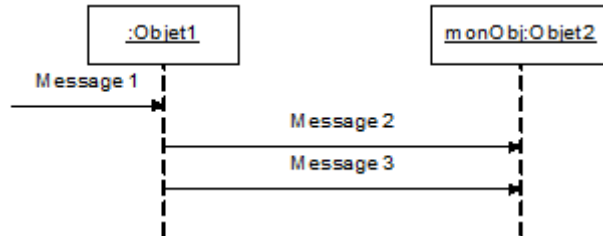


Figure 122 : UML en Java - objet nommé ou pas nommé

En java, on traduit ce diagramme par :

```
public class Objet1{
    private Objet2 monObjet;
    //...
    public void Message1(){
        monObjet.Message2();
        monObjet.Message3();
    }
}

public class Objet2{
    public void Message2(){
        // je fais quelque chose
    }
    public void Message3(){
        // je fais autre chose
    }
}
```


6.2 Le délai de transmission

Par exemple pour le diagramme de séquence ci-dessous:

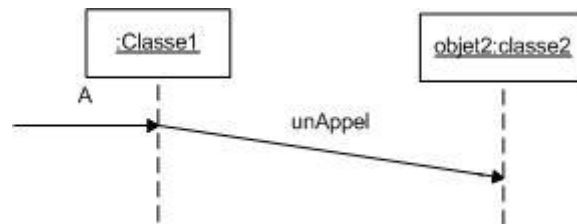


Figure 123 : UML en Java - délai de transmission

En Java, on traduit l'appel par :

```
public class Classe2 {
    public void unAppel(){//connexion sur une BD distante par exemple}
}

public class Classe1 {
    private Classe2 objet2 ;
    //...
    public A() {
        objet2.unAppel();
    }
}
```

6.3 Le signal

En Java, implémenter le signal revient à faire de la programmation événementielle. Autrement dit, en Java, on utilise des threads.

6.4 La création et destruction d'objet

Pour rappel :

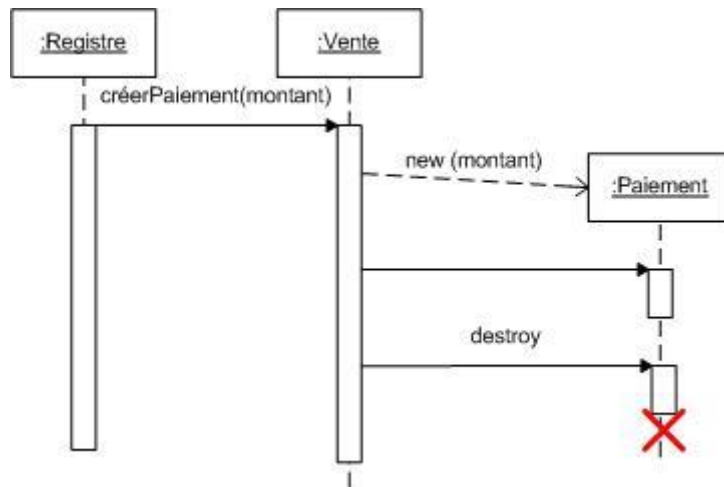


Figure 124 : UML en Java - création et destruction d'objet

En Java, on traduit ce schéma par :

```
public class Registre {
    private Vente vente;
    // ...
    public void qqChoseSePasse(){
        int montant= // récupération du montant
        vente.créerPaieement(montant);
    }
}

public class Vente {
    public void créerPaieement(int montant){
        Paiement p= new Paiement(montant);
        //...
        p=null;
    }
}

public class Paiement {
    private int montant;
    public Paiement(int montant) {
        this.montant=montant;
    }
}
```

Pour rappel, il n'existe pas en Java de moyen de détruire complètement un objet de la mémoire. La seule possibilité qu'on a est de casser toutes les références vers l'objet à détruire et attendre que le garbage collector s'active !

6.5 L'alternative

Pour rappel :

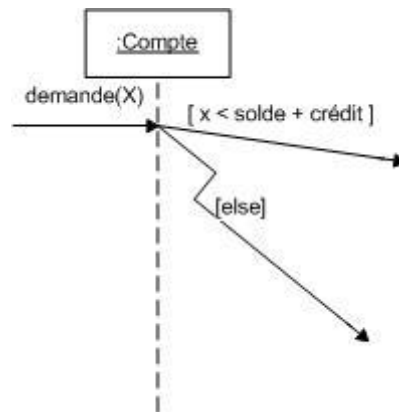


Figure 125 : UML en Java - l'alternative

En java :

```
public class Compte {
    private int solde;
    private int crédit;
    //...
    public boolean demande(int montant){
        if (montant<solde+crédit)return true;
        return false;
    }
}
```

6.6 L'itération

Pour rappel :

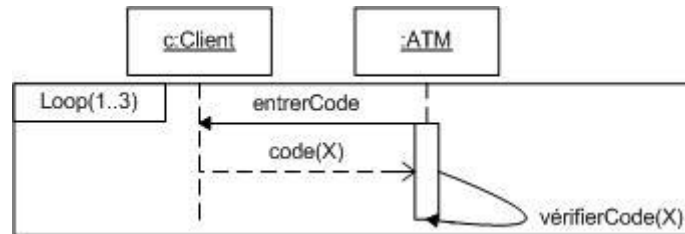


Figure 126 : UML en Java - l'itération

En Java :

```
public class ATM {
    private    BufferedReader    clavier    =    new    BufferedReader(new
    InputStreamReader(System.in));
    public void écranCode() throws IOException,
    MauvaisCodeException{
        System.out.println("Entrer votre code");
        String code = clavier.readLine();
        for(int i=0;i<3;i++)
            if(vérifierCode(code)) return;
        throw new MauvaisCodeException();
    }
    private boolean vérifierCode(String code) {
        //...
        return true;
    }
}
```

6.7 Le parallélisme

Pour rappel :

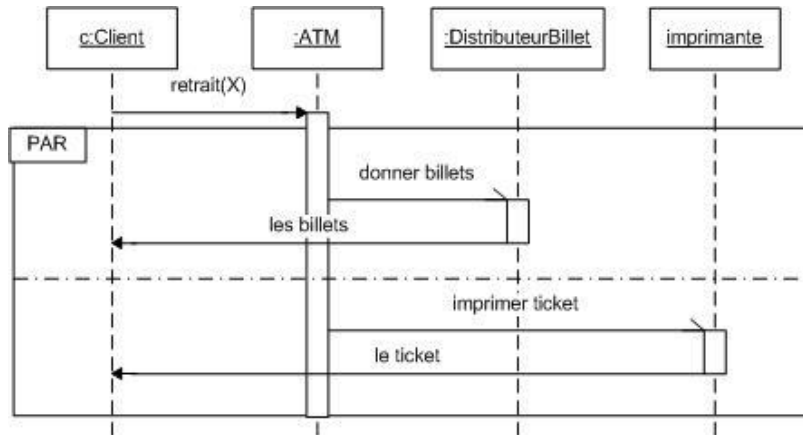


Figure 127 : UML en Java - le parallélisme

Le parallélisme signifie que l'ordre dans lequel les deux opérations parallèles sont effectuées importe peu.

En Java,

```
public class ATM {
    private DistributeurBillets lesBillets;
    private Imprimante imprimante;
    //...
    public void retrait(int montant){
        this.lesBillets.donnerBillets(montant);
        this.imprimante.imprimerTicket(montant);
    }
}
```

Ou bien :

```
public class ATM {
    private DistributeurBillets lesBillets;
    private Imprimante imprimante;
    //...
    public void retrait(int montant){
        this.imprimante.imprimerTicket(montant);
        this.lesBillets.donnerBillets(montant);
    }
}
```

Si on désire faire du vrai parallélisme, c-à-d que les deux opérations se déroulent exactement en même temps : on fait alors de la programmation événementielle au moyen notamment des threads.

Chapitre 11: Mise en œuvre d'UML

1 Introduction

Comment mettre en œuvre UML ?

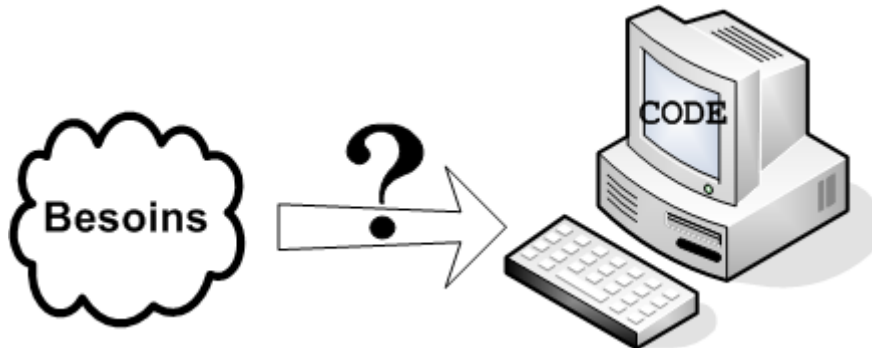


Figure 128 : mise en œuvre d'UML 1

UML est une **boîte à outils standardisés** ; UML ne prône aucune méthodologie de développement de projet. En effet, UML ne propose pas de démarche de modélisation explicitant et encadrant toutes les étapes d'un projet, de la compréhension des besoins à la production du code de l'application. Une méthode se doit de définir une séquence d'étapes, partiellement ordonnées, dont l'objectif est de produire un logiciel de qualité qui répond aux besoins des utilisateurs dans des temps et des coûts prévisibles.

Bien qu'UML ne soit pas une méthode, ses auteurs précisent néanmoins qu'une méthode basée sur l'utilisation UML doit être :

- **Pilotée par les cas d'utilisation :**

La principale qualité d'un logiciel étant son utilité, c'est-à-dire son adéquation avec les besoins des utilisateurs, toutes les étapes, de la spécification des besoins à la maintenance, doivent être guidées par les cas d'utilisation qui modélisent justement les besoins des utilisateurs.

- **Centrée sur l'architecture :**

L'architecture est conçue pour satisfaire les besoins exprimés dans les cas d'utilisation, mais aussi pour prendre en compte les évolutions futures et les contraintes de réalisation. La mise en place d'une architecture adaptée conditionne le succès d'un développement. Il est important de la stabiliser le plus tôt possible.

- **Itérative et incrémentale :**

L'ensemble du problème est décomposé en petites itérations, définies à partir des cas d'utilisation et de l'étude des risques. Les risques majeurs et les cas d'utilisation les plus importants sont traités en priorité. Le développement procède par des itérations qui conduisent à des livraisons incrémentales du système.

Dans ce chapitre, nous proposons une méthode simple et générique qui se situe à mi-chemin entre UP¹¹ et XP¹², inspirée par la méthode présentée par Roques.

Elle a donc montré son efficacité dans la pratique et est :

- conduite par les cas d'utilisation, comme UP, mais bien plus simple ;
- relativement légère et restreinte, comme XP, mais sans négliger les activités de modélisation en analyse et conception ;
- fondée sur l'utilisation d'un sous-ensemble nécessaire et suffisant du langage UML.

Dans tous les cas, il faut garder à l'esprit qu'une méthode n'est pas une formule magique. Le fait de produire des diagrammes UML selon un ordre établi n'est en aucun cas une garantie de réussite. Une méthode ne sert qu'à canaliser et ordonner les étapes de la modélisation. La valeur n'est pas dans la méthode mais dans les personnes qui la mettent en œuvre.

2 Identification des besoins et spécification des fonctionnalités

2.1 Les cas d'utilisation

Les cas d'utilisation constituent la base du projet ; ils constituent le fil conducteur du projet. Dans un premier temps, on les crée pour identifier et modéliser les besoins des utilisateurs. Ces besoins sont déterminés à partir des informations recueillies lors des rencontres entre informaticiens et utilisateurs. Il faut impérativement proscrire toute considération de réalisation lors de cette étape.

Durant cette étape, vous devrez déterminer les limites du système, identifier les acteurs et recenser les cas d'utilisation.

Un diagramme du bateau permettra d'organiser les cas d'utilisation en différents "tas" (sommaire). On veillera à déterminer des sommaires cohérents et peu couplés. Effectivement, dans le cadre d'une approche itérative et incrémentale, ces sommaires définissent éventuellement les itérations du projet (chaque sommaire correspondant à un mini-projet).

On peut évidemment imaginer d'autres façons de couper le projet en plusieurs itérations ; par exemple en affectant un degré d'importance et un coefficient de risque à chacun des cas d'utilisation.

On détaillera ensuite les scénarios des cas d'utilisation ; on opère alors une description textuelle des besoins. Les scénarios de la description textuelle des cas d'utilisation peuvent être vus comme des instances de cas d'utilisation et sont illustrés par des diagrammes de séquence système. Il faut, au minimum, représenter le scénario nominal de chacun des cas d'utilisation par un diagramme de séquence qui rend compte de l'interaction entre l'acteur, ou les acteurs, et le système. Le système est ici considéré comme un tout et est représenté par une seule ligne de vie. Chaque acteur est également associé à une ligne de vie. Lorsque les scénarios alternatifs d'un cas d'utilisation sont nombreux et importants, l'utilisation d'un diagramme d'activités peut s'avérer préférable à une multitude de diagrammes de séquence.

¹¹ Unified Process (Processus unifié)

¹² eXtreme Programming (une méthode Agile)

Cette étape amène souvent à mettre à jour le diagramme de cas d'utilisation puisque nous sommes toujours dans la spécification des besoins.

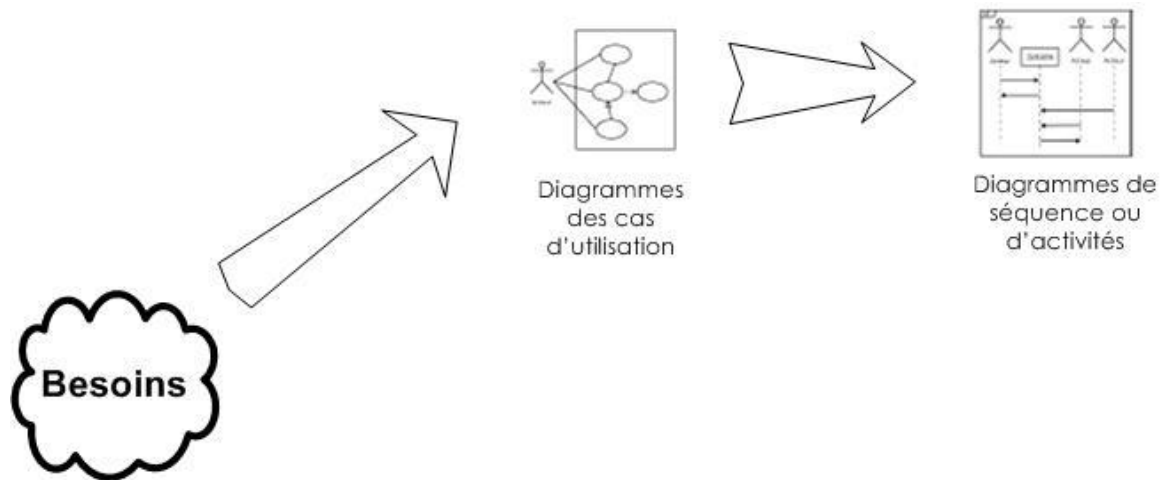


Figure 129 : mise en œuvre d'UML 2

2.2 Les prototypes de l'IHM

Les prototypes (ou la maquette) d'IHM (Interface Homme-Machine) sont des représentations des futures interfaces de l'application. Il s'agit d'un produit jetable permettant aux utilisateurs d'avoir une idée concrète mais non définitive des interfaces de l'application. La maquette peut très bien consister en un ensemble de dessins produits par un logiciel de présentation ou de dessin. Par la suite, la maquette pourra intégrer des fonctionnalités de navigation permettant à l'utilisateur de tester l'enchaînement des écrans ou des menus, même si les fonctionnalités restent fictives. La maquette doit être développée rapidement afin de provoquer des retours de la part des utilisateurs.

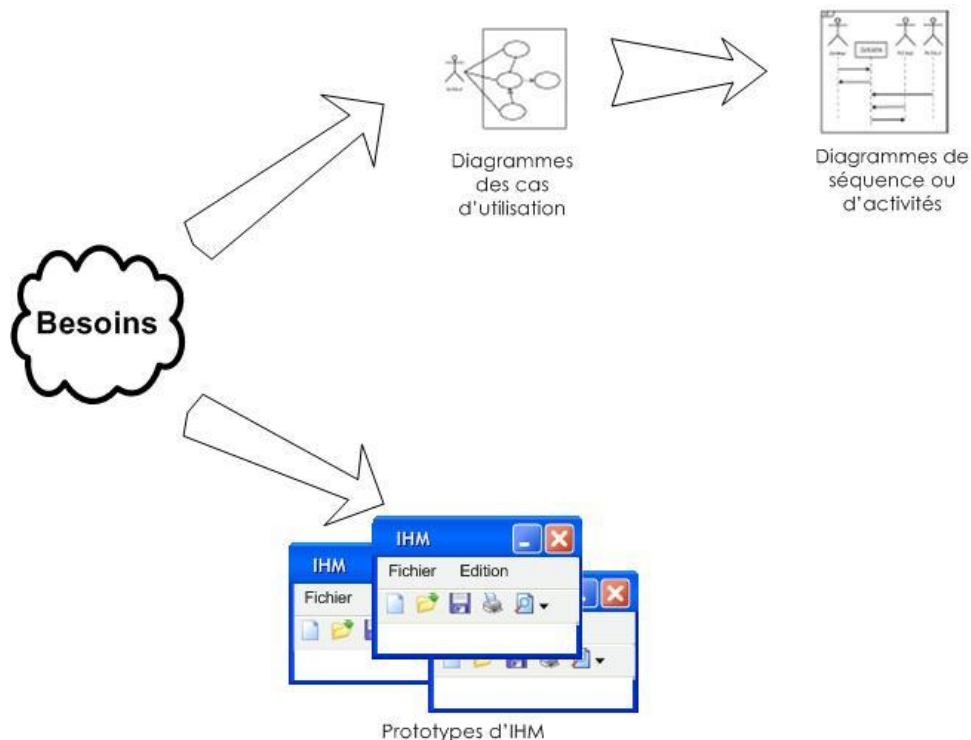


Figure 130 : mise en œuvre d'UML 3

3 Analyse

3.1 Modèle du domaine : les CRC cards

La modélisation des besoins par des cas d'utilisation s'apparente à une analyse fonctionnelle classique. L'élaboration du modèle des classes du domaine permet d'opérer une transition vers une véritable modélisation objet. L'analyse du domaine est une étape totalement dissociée de l'analyse des besoins. Elle peut être menée en parallèle ou après cette dernière.

La phase d'analyse du domaine permet d'élaborer la première version du diagramme de classes appelée modèle du domaine. Ce modèle doit définir les classes qui modélisent les entités ou concepts présents dans le domaine (on utilise aussi le terme de *métier* ou encore *business*) de l'application. Il s'agit donc de produire un modèle des objets du monde réel dans un domaine donné. Ces entités ou concepts peuvent être identifiés directement à partir de la connaissance du domaine ou par des entretiens avec des experts du domaine. Il faut absolument utiliser le vocabulaire du métier pour nommer les classes et leurs attributs. Les classes du modèle du domaine ne doivent pas contenir d'opérations, mais seulement des attributs.

Les fiches CRC offrent une méthodologie pour concevoir de modèle business.

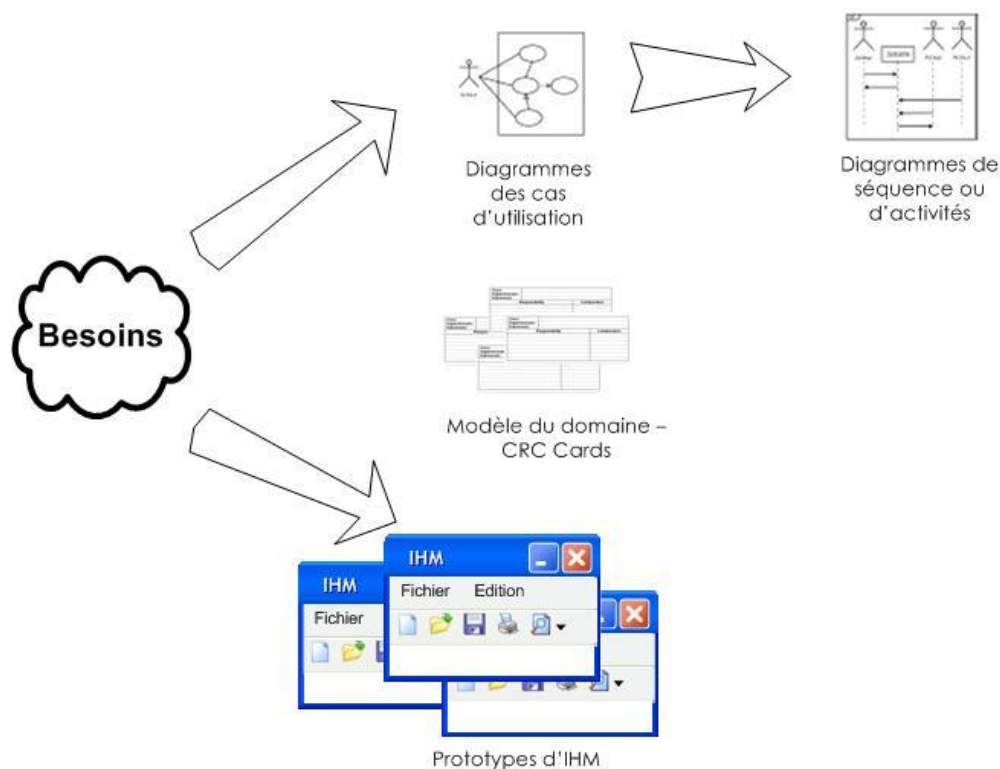


Figure 131 : mise en œuvre d'UML 4

3.2 Diagrammes des classes conceptuels : la découpe en couches

Le diagramme de classes conceptuel ou des classes participantes est particulièrement important puisqu'il effectue la jonction entre, d'une part, les cas d'utilisation, le modèle du domaine et la maquette, et d'autre part, les diagrammes de conception logicielle que sont les diagrammes d'interactions et le diagramme de classes de conception.

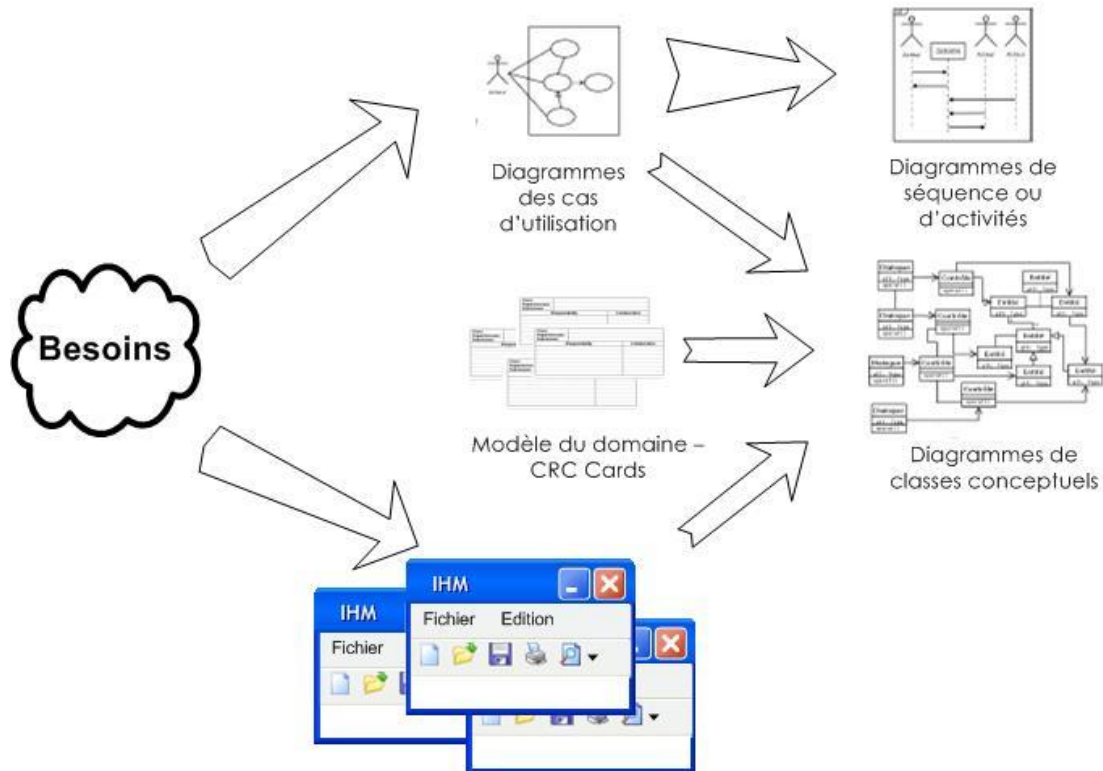


Figure 132 : mise en œuvre d'UML 5

Il n'est pas souhaitable que les utilisateurs interagissent directement avec les instances des classes du domaine par le biais de l'interface graphique. En effet, le modèle du domaine doit être indépendant des utilisateurs et de l'interface graphique. De même, l'interface graphique du logiciel doit pouvoir évoluer sans répercussion sur le cœur de l'application. C'est le principe fondamental du découpage en couches d'une application. Ainsi, le diagramme de classes participantes modélise trois types de classes d'analyse, les *dialogues*, les *contrôles* et les *entités* ainsi que leurs relations.

- **Les classes de dialogues**

Les classes qui permettent les interactions entre l'IHM et les utilisateurs sont qualifiées de *dialogues*. Ces classes sont directement issues de l'analyse de la maquette. Il y a au moins un dialogue pour chaque association entre un acteur et un cas d'utilisation du diagramme de cas d'utilisation. En général, les dialogues vivent seulement le temps du déroulement du cas d'utilisation concerné.

- **Les classes de contrôles**

Les classes qui modélisent la cinématique de l'application sont appelées *contrôles*. Elles font la jonction entre les dialogues et les classes métier en permettant aux différentes vues de l'application de manipuler des informations détenues par un ou plusieurs objets

métier. Elles contiennent les règles applicatives et les isolent à la fois des dialogues et des entités.

- **Les classes entités**

Les classes métier, qui proviennent directement du modèle du domaine, sont qualifiées d'*entités*. Ces classes sont généralement persistantes, c'est-à-dire qu'elles survivent à l'exécution d'un cas d'utilisation particulier et qu'elles permettent à des données et des relations d'être stockées dans des fichiers ou des bases de données. Lors de l'implémentation, ces classes peuvent ne pas se concrétiser par des classes mais par des relations, au sens des bases de données relationnelles.

Par la suite, on affinera le diagramme de classes en couches :

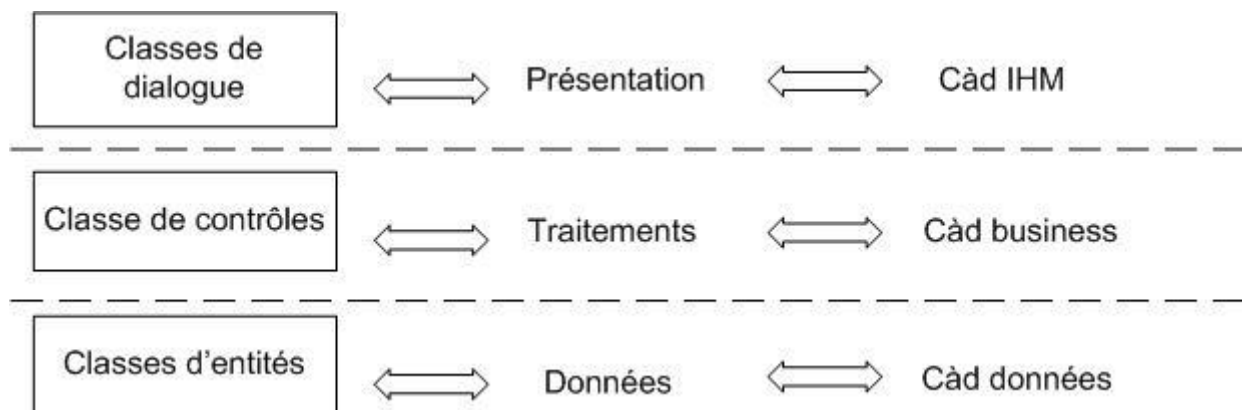


Figure 133 : mise en œuvre d'UML – découpe en couches

Découper en couches notre application revient à faire le design de celle-ci. On parle d'**architecture nTiers** qui permet de coupler le moins possible les interfaces, la logique business et les données.

L'**architecture trois tiers** ("3-Tier" en anglais) est l'application du modèle plus général qu'est le multi-tiers. L'architecture logique du système est divisée en trois niveaux ou couches :

- couche présentation
- couche métier
- couche accès aux données

L'architecture 3-tier¹³ est un modèle logique d'architecture applicative qui vise à séparer très nettement trois couches logicielles au sein d'une même application ou système, à modéliser et présenter cette application comme un empilement de trois couches, étages, niveaux ou strates dont le rôle est clairement défini :

- La **présentation des données** correspond à l'affichage, la restitution sur le poste de travail, le dialogue avec l'utilisateur.

¹³ En anglais tiers signifie étage ou niveau

- Le **traitement métier des données** correspond à la mise en oeuvre de l'ensemble des règles de gestion et de la logique applicative.
- L'**accès aux données persistantes** correspond aux données qui sont destinées à être conservées sur la durée, voire de manière définitive.

Dans cette approche, les couches communiquent entre elles au travers d'un "modèle d'échange", et chacune d'entre elles propose un ensemble de services rendus. Les services d'une couche sont mis à disposition de la couche supérieure. On s'interdit par conséquent qu'une couche invoque les services d'une couche plus basse que la couche immédiatement inférieure ou plus haute que la couche immédiatement supérieure (chaque niveau ne communique qu'avec ses voisins immédiats).

3.3 Diagrammes de navigation

Les IHM modernes facilitent la communication entre l'application et l'utilisateur en offrant toute une gamme de moyens d'action et de visualisation comme des menus déroulants ou contextuels, des palettes d'outils, des boîtes de dialogues, des fenêtres de visualisation, etc. Cette combinaison possible d'options d'affichage, d'interaction et de navigation aboutit aujourd'hui à des interfaces de plus en plus riches et puissantes.

UML offre la possibilité de représenter graphiquement cette activité de navigation dans l'interface en produisant des diagrammes dynamiques. On appelle ces diagrammes des diagrammes de navigation. Le concepteur peut opter soit pour des diagrammes d'états-transitions soit pour des diagrammes d'activités. Les diagrammes d'activités constituent peut-être un choix plus souple et plus judicieux.

La modélisation de la navigation à intérêt à être structurée par acteur.

4 Conception

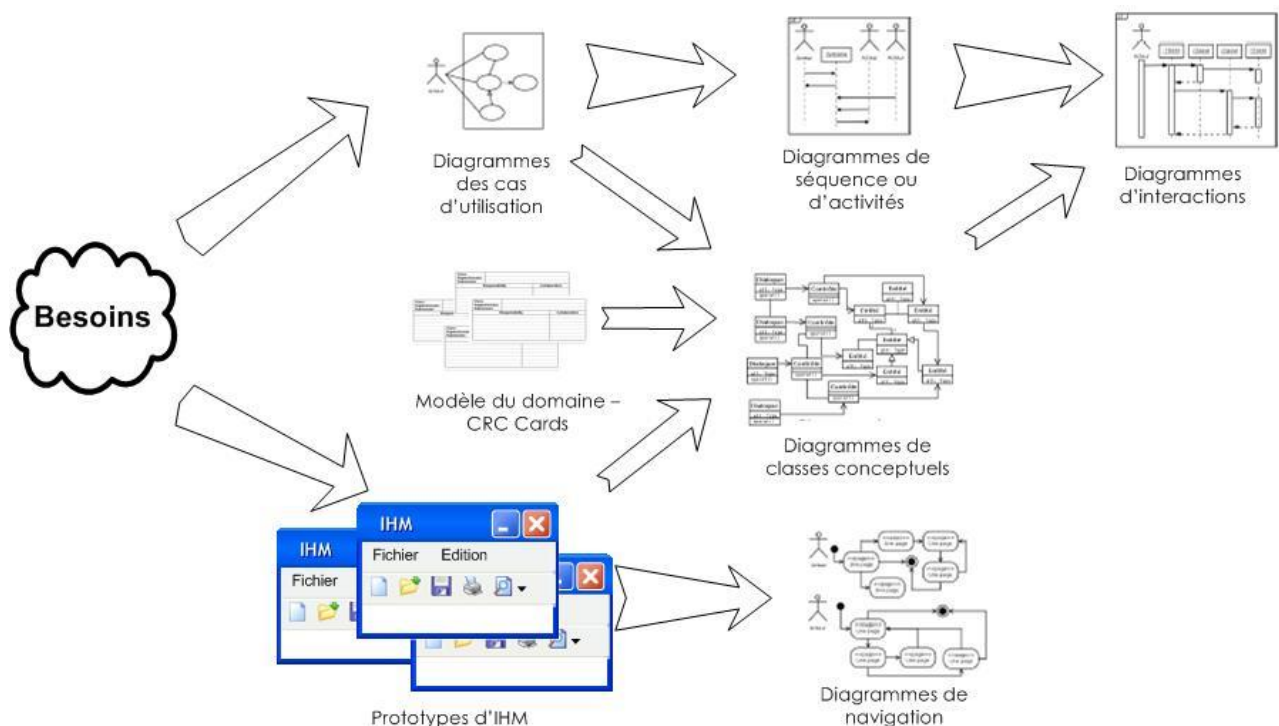


Figure 134 : mise en œuvre d'UML 6

4.1 Diagrammes d'interactions

Maintenant, il faut attribuer précisément les responsabilités de comportement, dégagée par le diagramme de séquence système aux classes d'analyse du diagramme de classes participantes élaboré. Les diagrammes d'interactions système permettent une représentation des différents objets collaborant dans le cadre d'un scénario d'exécution du système.

Dans les diagrammes d'interactions, les objets communiquent en s'envoyant des messages qui invoquent des opérations sur les objets récepteurs. Il est ainsi possible de suivre visuellement les interactions dynamiques entre objets, et les traitements réalisés par chacun d'eux.

Parallèlement, une première ébauche de la vue statique de conception, c'est-à-dire du diagramme de classes de conception, est construite et complétée. Durant cette phase, l'ébauche du diagramme de classes de conception reste indépendante des choix technologiques qui seront faits ultérieurement (dans la section suivante).

4.2 Diagrammes de classes – Architecture

L'objectif de cette étape est de produire le diagramme de classes qui servira pour l'implémentation. Une première ébauche du diagramme de classes de conception a déjà été élaborée en parallèle des diagrammes d'interactions. Il faut maintenant le compléter en précisant les opérations privées des différentes classes. Il faut prendre en compte les choix techniques, comme le choix du langage de programmation, le choix des différentes librairies utilisées (notamment pour l'implémentation de l'interface graphique), etc.

Pour une classe, le *couplage* est la mesure de la quantité d'autres classes auxquelles elle est connectée par des associations, des relations de dépendance, etc. Durant toute l'élaboration du diagramme de classes de conception, il faut veiller à conserver un couplage faible pour obtenir une application plus évolutive et plus facile à maintenir. L'utilisation des *design patterns* est fortement conseillée lors de l'élaboration du diagramme de classes.

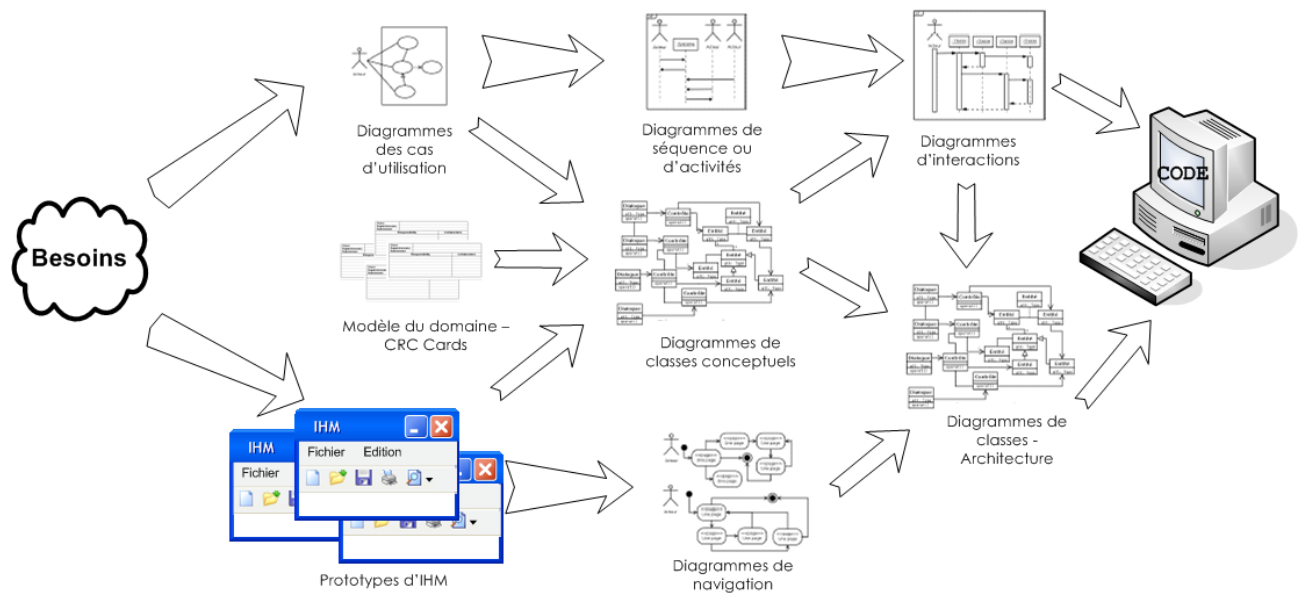


Figure 135 : mise en œuvre d'UML 7

Bibliographie

Les sites à consulter :

OMT - UML Resource Page, <http://www.uml.org/>

RUP, <http://www-306.ibm.com/software/awdtools/rup/>

2tup, <http://www.2tup.net/>

Scrum, <http://scrum.aubryconseil.com/>

Agile, <http://agile.thierrycros.net/>

Refactoring, <http://www.refactoring.com/tools.html>

XP, <http://www.extremeprogramming.org/>

Wikipédia, <http://www.wikipedia.org/>

Use Case – template d'Alistair Cockburn (<http://alistair.cockburn.us/>):
[http://alistair.cockburn.us/index.php/Basic use case template](http://alistair.cockburn.us/index.php/Basic_use_case_template)

Les manuels de référence se trouvant à la bibliothèque de l'IPL :

Pilone Dan et Neil Pitman, *UML 2 en concentré – manuel de référence*, Paris, O'Reilly, 2006, 222 pages

➔ Traduction de " UML 2.0 in a Nutshell "

Roques Pascal et Franck Vallée, *UML en action – De l'analyse des besoins à la conception en Java (2^{ème} édition)*, Paris, Eyrolles, 2003, 388 pages

Roques Pascal, *UML 2 par la pratique – Etudes de cas et exercices dirigés*, Paris, Eyrolles, 2004, 309 pages

Rumbaugh James, Ivar Jacobson et Booch Grady, *UML 2.0 – Guide de référence*, Paris, CampusPress, 2004, 774 pages

➔ Traduction de " The Unified Modeling Language Reference Manual, Second Edition "

Boem Barry et Richard Turner, *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*, Addison-Wesley, 2003, 304 pages