Modélisation statique étude de cas

Mots-clés

■ Classe, objet ■ Opération ■ Association, multiplicité ■ Attribut, attribut dérivé ■ Agrégation, composition ■ Classe d'association, qualificatif ■ Contrainte, métaclasse ■ Package ■ Généralisation, classe abstraite.

Ce chapitre va nous permettre d'illustrer, pas à pas, à partir d'une nouvelle étude de cas, les principales difficultés que pose la construction des diagrammes de classes UML.

Le diagramme de classes a toujours été le diagramme le plus important dans toutes les méthodes orientées objet. C'est celui que les outils de génération automatique de code utilisent en priorité. C'est également celui qui contient la plus grande gamme de notations et de variantes, d'où la difficulté d'utiliser correctement tous ces concepts.

Dans cet important chapitre, nous allons apprendre à :

- Identifier les concepts du domaine et les modéliser en tant que classes,
- Identifier les associations pertinentes entre les concepts,

- Réfléchir aux multiplicités à chaque extrémité d'association,
- Ajouter des attributs aux classes du domaine,
- Comprendre la différence entre modèles d'analyse et de conception,
- Utiliser les diagrammes d'objets pour illustrer les diagrammes de classes,
- Utiliser les classes d'association, contraintes et qualificatifs,
- Structurer notre modèle en *packages*,
- Comprendre ce qu'est un *pattern* d'analyse.

PRINCIPES ET DÉFINITIONS DE BASE

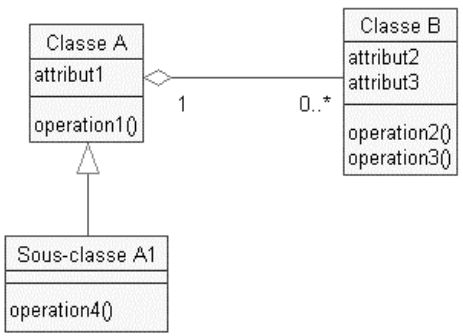
DIAGRAMME DE CLASSES

Le diagramme de classes est le point central dans un développement orienté objet. En analyse, il a pour objectif de décrire la structure des entités manipulées par les utilisateurs. En conception, le diagramme de classes représente la structure d'un code orienté objet ou, à un niveau de détail plus important, les modules du langage de développement.

Comment le représenter ?

Le diagramme de classes met en œuvre des classes, contenant des attributs et des opérations, et reliées par des associations ou des généralisations.

Figure 3-1.
Exemple de diagramme de classes



CLASSE ET OBJET

Une classe représente la description abstraite d'un ensemble d'objets possédant les mêmes caractéristiques. On peut parler également de type.

Exemples : la classe Voiture, la classe Personne.

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

Exemple : Pascal Roques est un objet instance de la classe Personne. Le livre que vous tenez entre vos mains est une instance de la classe Livre.

ATTRIBUT ET OPÉRATION

Un attribut représente un type d'information contenu dans une classe.

Exemples : vitesse courante, cylindrée, numéro d'immatriculation, etc. sont des attributs de la classe Voiture.

Une opération représente un élément de comportement (un service) contenu dans une classe. Nous ajouterons plutôt les opérations en conception objet, car cela fait partie des choix d'attribution des responsabilités aux objets.

ASSOCIATION

Une association représente une relation sémantique durable entre deux classes.

Exemple : une personne peut posséder des voitures. La relation *possède* est une association entre les classes Personne et Voiture.

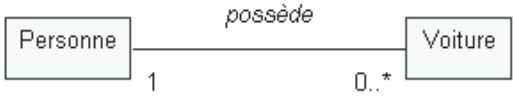
Attention : même si le verbe qui nomme une association semble privilégier un sens de lecture, une association entre concepts dans un modèle du domaine est par défaut bidirectionnelle. Donc implicitement, l'exemple précédent inclut également le fait qu'une voiture est possédée par une personne.

Comment les représenter ?

Aux deux extrémités d'une association, on doit faire figurer une indication de multiplicité. Elle spécifie sous la forme d'un intervalle d'entiers positifs ou nuls le nombre d'objets qui peuvent participer à une relation avec un objet de l'autre classe dans le cadre d'une association.

Exemple : une personne peut posséder plusieurs voitures (entre zéro et un nombre quelconque) ; une voiture est possédée par une seule personne.

Figure 3-2.
Exemples de multiplicité d'association



AGRÉGATION ET COMPOSITION

Une agrégation est un cas particulier d'association non symétrique exprimant une relation de contenance. Les agrégations n'ont pas besoin d'être nommées : implicitement elles signifient « contient », « est composé de ».

Une composition est une agrégation plus forte impliquant que :

- un élément ne peut appartenir qu'à un seul agrégat composite (agrégation non partagée) ;
- la destruction de l'agrégat composite entraîne la destruction de tous ses éléments (le composite est responsable du cycle de vie des parties).

Comment les représenter ?

Figure 3-3.
Exemples d'agrégation et de composition

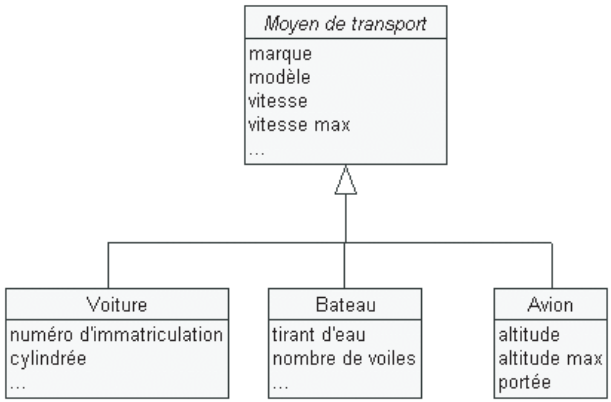
GÉNÉRALISATION, SUPER-CLASSE, SOUS-CLASSE

Une super-classe est une classe plus générale reliée à une ou plusieurs autres classes plus spécialisées (sous-classes) par une relation de généralisation. Les sous-classes « héritent » des propriétés de leur super-classe et peuvent comporter des propriétés spécifiques supplémentaires.

Exemple : les voitures, les bateaux et les avions sont des moyens de transport. Ils possèdent tous une marque, un modèle, une vitesse, etc. Par contre, seuls les bateaux ont un tirant d'eau et seuls les avions ont une altitude…

Comment les représenter ?

Figure 3-4.
Exemple de super-classe et sous-classes



Une classe abstraite est simplement une classe qui ne s'instancie pas directement mais qui représente une pure abstraction afin de factoriser des propriétés communes. Elle se note en *italique*. C'est le cas de *Moyen de Transport* dans l'exemple précédent.

PACKAGE

Package : mécanisme général de regroupement d'éléments en UML, qui est principalement utilisé en analyse et conception objet pour regrouper des classes et des associations. Les packages sont des espaces de noms : deux éléments ne peuvent pas porter le même nom au sein du même package. Par contre, deux éléments appartenant à des packages différents peuvent porter le même nom.

La structuration d'un modèle en packages est une activité délicate. Elle doit s'appuyer sur deux principes fondamentaux : *cohérence* et *indépendance*.

Le premier principe consiste à regrouper les classes qui sont proches d'un point de vue sémantique. Un critère intéressant consiste à évaluer les durées de vie des instances de concept et à rechercher l'homogénéité. Le deuxième principe s'efforce de minimiser les relations entre packages, c'est-à-dire plus concrètement les relations entre classes de packages différents.

Comment les représenter ?

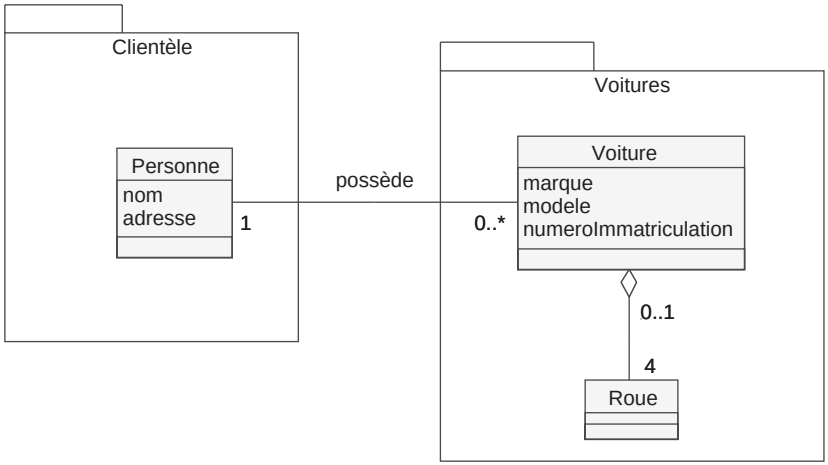


Figure 3-5.
Exemples de packages contenant des classes

ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE RÉSERVATION DE VOL

Cette étude de cas concerne un système simplifié de réservation de vols pour une agence de voyages.

Les interviews des experts métier auxquelles on a procédé ont permis de résumer leur connaissance du domaine sous la forme des phrases suivantes :

1. Des compagnies aériennes proposent différents vols.
2. Un vol est ouvert à la réservation et refermé sur ordre de la compagnie.
3. Un client peut réserver un ou plusieurs vols, pour des passagers différents.
4. Une réservation concerne un seul vol et un seul passager.
5. Une réservation peut être annulée ou confirmée.
6. Un vol a un aéroport de départ et un aéroport d'arrivée.
7. Un vol a un jour et une heure de départ, et un jour et une heure d'arrivée.
8. Un vol peut comporter des escales dans des aéroports.
9. Une escale a une heure d'arrivée et une heure de départ.
10. Chaque aéroport dessert une ou plusieurs villes.

Nous allons entreprendre progressivement la réalisation d'un modèle statique d'analyse (aussi appelé modèle du domaine) à partir de ces « morceaux de connaissance ».

Étape 1 – Modélisation des phrases 1 et 2

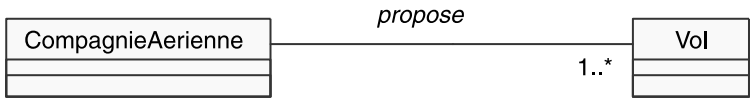
En premier lieu, nous allons modéliser la première phrase :

1. Des compagnies aériennes proposent différents vols.

CompagnieAerienne et *Vol* sont des concepts importants du monde réel ; ils ont des propriétés et des comportements. Ce sont donc des classes candidates pour notre modélisation statique.

Nous pouvons initier le diagramme de classes comme suit :

Figure 3-6.
Modélisation de la phrase 1

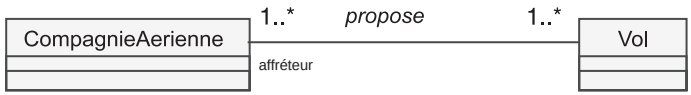


La multiplicité « 1..* » du côté de la classe *Vol* a été préférée à une multiplicité « 0..* » car nous ne gérons que les compagnies aériennes qui proposent au moins un vol[1].

En revanche, la phrase ne nous donne pas d'indication sur la multiplicité du côté de la classe *CompagnieAerienne*. C'est là une première question qu'il faudra poser à l'expert métier.

Par la suite, nous partirons du principe qu'un vol est proposé le plus souvent par une seule compagnie aérienne, mais qu'il peut également être partagé entre plusieurs affréteurs. Au passage, on notera que le terme « affréteur » est un bon candidat pour nommer le rôle joué par la classe *CompagnieAérienne* dans l'association avec *Vol*.

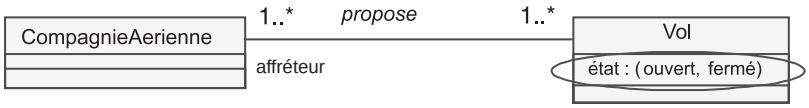
Figure 3-7.
Modélisation complétée de la phrase 1



Nous allons maintenant nous intéresser à la deuxième phrase. Les notions d'ouverture et de fermeture de la réservation représentent des concepts dynamiques. Il s'agit en effet de changements d'état d'un objet *Vol* sur ordre d'un objet *CompagnieAérienne*. Une solution naturelle consiste donc à introduire un attribut énuméré *etat*, comme cela est montré sur la figure suivante.

1. Ceci est typique de la modélisation du domaine. En conception, nous utiliserons plutôt « 0..* », car lorsque l'on ajoute un objet CompagnieAerienne dans le système, il n'existe pas encore d'instances de Vol associées.

Figure 3-8.
Première modélisation de la phrase 2



Néanmoins cette approche est discutable : tout objet possède en effet un état courant, en plus des valeurs de ses attributs. Cela fait partie des propriétés intrinsèques des concepts objets. La notion d'état ne devrait donc pas apparaître directement en tant qu'attribut sur les diagrammes de classes : elle sera plutôt modélisée dans le point de vue dynamique grâce au diagramme d'états (voir chapitres 5 et 6). Dans le diagramme de classes UML, les seuls concepts dynamiques disponibles sont les opérations[2].

Or, les débutants en modélisation objet ont souvent du mal à placer les opérations dans les bonnes classes ! Plus généralement, l'assignation correcte des responsabilités aux bonnes classes est une qualité distinctive des concepteurs objets expérimentés…

EXERCICE 3-1.
Placement des opérations dans les classes

Dans quelle classe placez-vous les opérations que l'on vient d'identifier ?

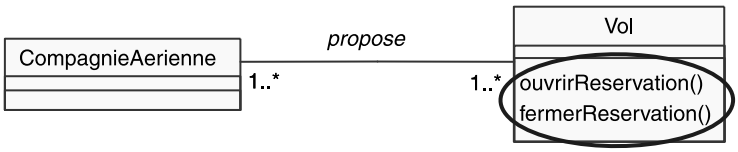
solution

Qui est ouvert à la réservation ? C'est le vol, et non pas la compagnie.

En orienté objet, on considère que l'objet sur lequel on pourra réaliser un traitement doit le déclarer en tant qu'opération. Les autres objets qui posséderont une référence dessus pourront alors lui envoyer un message qui invoque cette opération.

Il faut donc placer les opérations dans la classe *Vol*, et s'assurer que la classe *CompagnieAérienne* a bien une association avec elle.

Figure 3-9.
Modélisation correcte de la phrase 2

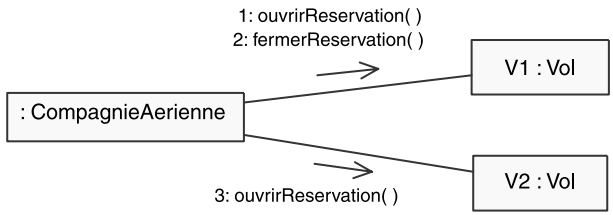


L'association *propose* s'instanciera en un ensemble de liens entre des objets des classes *CompagnieAerienne* et *Vol*.

2. Il est à noter que certains auteurs (comme Larman) préconisent de reporter l'identification des opérations à l'étape de conception. Dans le modèle d'analyse, appelé souvent modèle du domaine, ils ne représentent que les concepts du domaine, leurs attributs et leurs relations statiques (associations et généralisations). Nous nous plaçons dans une perspective plus large à des fins pédagogiques.

Elle permettra donc bien à des messages d'ouverture et de fermeture de réservation de circuler entre ces objets, comme cela est indiqué sur le diagramme de communication[3] ci-après.

Figure 3-10.
Diagramme de communication illustrant la phrase 2



Étape 2 – Modélisation des phrases 6, 7 et 10

Poursuivons la modélisation de la classe *Vol*. Les phrases 6 et 7 s'y rapportent directement. Considérons tout d'abord la phrase 7 :

7. Un vol a un jour et une heure de départ et un jour et une heure d'arrivée.

Toutes ces notions de dates et d'heures représentent simplement des valeurs pures. Nous les modéliserons donc comme des attributs et pas comme des objets à part entière.

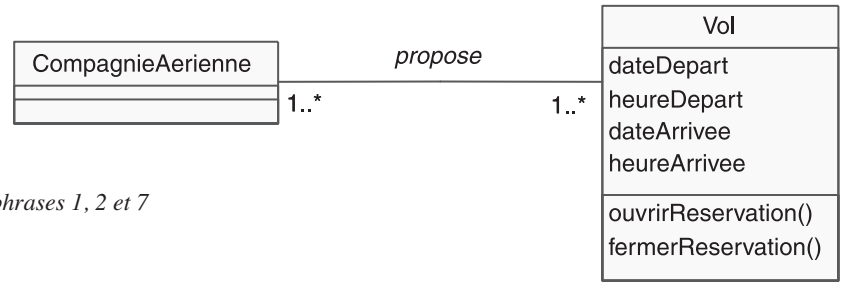


Figure 3-11.
Modélisation des phrases 1, 2 et 7

Un objet est un élément plus « important » qu'un attribut. Un bon critère à appliquer en la matière peut s'énoncer de la façon suivante : si l'on ne peut demander à un élément que sa valeur, il s'agit d'un simple attribut ; si plusieurs questions s'y appliquent, il s'agit plutôt d'un objet qui possède lui-même plusieurs attributs, ainsi que des liens avec d'autres objets.

Essayez d'appliquer ce principe à la phrase 6 :

6. Un vol a un aéroport de départ et un aéroport d'arrivée.

3. Le diagramme de communication (appelé collaboration en UML 1.x) montre comment des instances envoient des messages à d'autres instances. Pour qu'un message puisse être reçu par un objet, une opération de même nom doit être déclarée publique dans la classe concernée.

EXERCICE 3-2.
Associations multiples entre classes

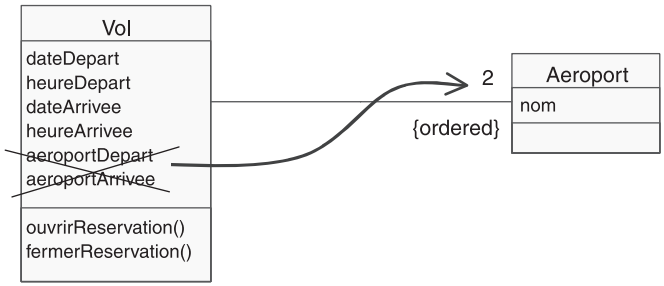
Quelles sont les différentes solutions pour modéliser la phrase 6, avec leurs avantages et inconvénients ?

Solution

Contrairement aux notions d'heure et de date qui sont des types « simples », la notion d'aéroport est complexe ; elle fait partie du « métier ». Un aéroport ne possède pas seulement un nom, il a aussi une capacité, dessert des villes, etc. C'est la raison pour laquelle nous préférons créer une classe *Aeroport* plutôt que de simples attributs *aeroportDepart* et *aeroportArrivee* dans la classe *Vol*.

Une première solution consiste à créer une association avec une multiplicité 2 du côté de la classe *Aeroport*. Mais nous perdons les notions de départ et d'arrivée. Une astuce serait alors d'ajouter une contrainte {`ordered`} du côté *Aeroport*, pour indiquer que les deux aéroports liés au vol sont ordonnés (l'arrivée a toujours lieu après le départ !).

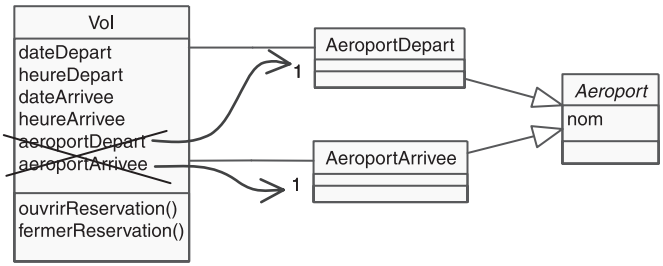
Figure 3-12.
Solution approximative de la phrase 6



Il s'agit là d'une modélisation « tordue » que nous ne recommandons pas, car elle n'est pas très parlante pour l'expert métier et il existe une bien meilleure solution…

Une autre solution tentante consiste à créer deux sous-classes de la classe *Aeroport*.

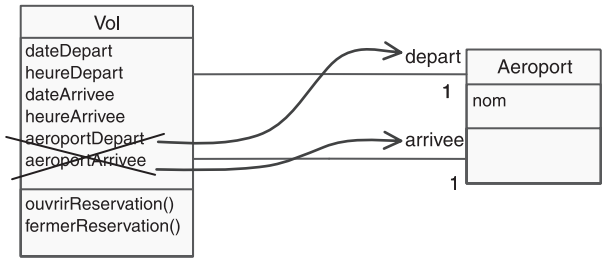
Figure 3-13.
Solution incorrecte de la phrase 6



Pourtant, cette solution est incorrecte ! En effet, tout aéroport est successivement aéroport de départ pour certains vols et aéroport d'arrivée pour d'autres. Les classes *AeroportDepart* et *AeroportArrivee* ont donc exactement les mêmes instances redondantes, ce qui devrait décourager d'en faire deux classes distinctes.

Le concept UML de rôle s'applique parfaitement dans cette situation. La façon la plus précise de procéder consiste donc à créer deux associations entre les classes *Vol* et *Aeroport*, chacune affectée d'un rôle différent avec une multiplicité égale à 1 exactement.

Figure 3-14. *Modélisation correcte de la phrase 6*

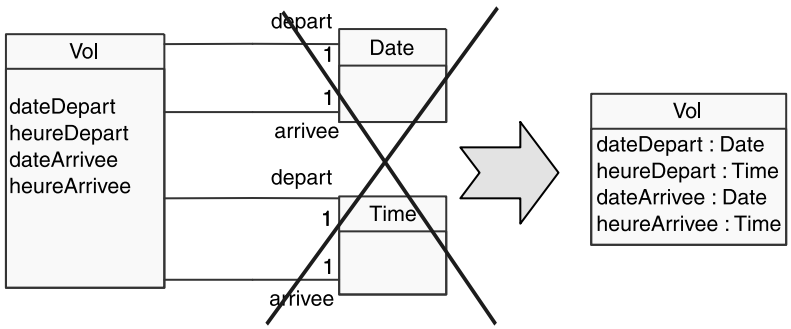


À retenir

DATE COMME TYPE NON PRIMITIF

Nous avons expliqué précédemment pourquoi nous préférons modéliser les dates et heures comme des attributs et pas des objets, contrairement aux aéroports.

Une solution plus sophistiquée a été proposée par M. Fowler[a] : elle consiste à créer une classe *Date* et à s'en servir ensuite pour typer l'attribut au lieu d'ajouter une association.

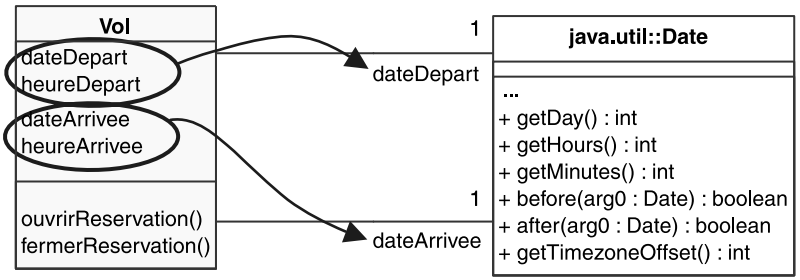


a. *Analysis Patterns: Reusable Object Models*, M. Fowler, 1997, Addison-Wesley.

À retenir

DIFFÉRENCE ENTRE MODÈLE D'ANALYSE ET DE CONCEPTION

Dans le code Java de l'application finale, il est certain que nous utiliserons explicitement la classe d'implémentation `Date` (du package `java.util`).



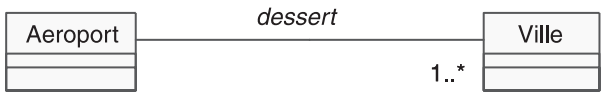
Il ne s'agit pas là d'une contradiction, mais d'une différence de niveau d'abstraction, qui donne lieu à deux modèles différents, un modèle d'analyse et un modèle de conception détaillée, pour des types de lecteurs et des objectifs distincts.

EXERCICE 3-3.
Discussion sur les multiplicités

Nous pouvons maintenant passer à la modélisation de la phrase 10.

10. Chaque aéroport dessert une ou plusieurs villes.

Figure 3-15.
Modélisation de la phrase 10



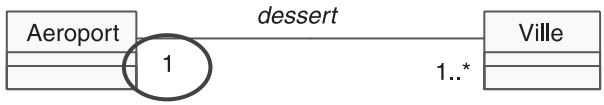
Cependant, nous constatons une fois encore que la phrase 10 ne traduit qu'un seul sens de l'association. Elle ne permet pas de déterminer la multiplicité du côté de la classe *Aeroport*. La question doit donc être formulée de la façon suivante : par combien d'aéroports une ville est-elle desservie ?

Quelle est la multiplicité du côté aéroport pour la modélisation de la phrase 10 ?

solution

La question est moins triviale qu'il n'y paraît au premier abord… Tout dépend en effet de la définition exacte que l'on prête au verbe « desservir » dans notre système ! En effet, si « desservir » consiste simplement à désigner le moyen de transport par les airs le plus proche, toute ville est toujours desservie par un et un seul aéroport.

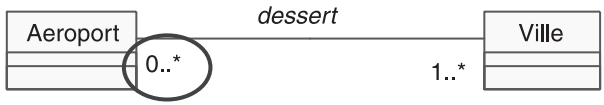
Figure 3-16.
Modélisation possible de la phrase 10



Mais si « desservir » vaut par exemple pour tout moyen de transport aérien se trouvant à moins de trente kilomètres, alors une ville peut être desservie par 0 ou plusieurs aéroports.

C'est cette dernière définition que nous retiendrons.

Figure 3-17.
Modélisation complétée de la phrase 10



Étape 3 – Modélisation des phrases 8 et 9

Considérons maintenant les escales, c'est-à-dire les phrases 8 et 9.

8. *Un vol peut comporter des escales dans des aéroports*.
9. *Une escale a une heure d'arrivée et une heure de départ*.

Chaque escale a deux propriétés d'après la phrase 9 : heure d'arrivée et heure de départ. Elle est également en relation avec des vols et des aéroports, qui sont eux-mêmes des objets, d'après la phrase 8. Il est donc naturel d'en faire une classe à son tour.

Cependant, la phrase 8 est aussi imprécise : une escale peut-elle appartenir à plusieurs vols, et quelles sont les multiplicités entre *Escale* et *Aeroport* ? De plus, le schéma n'indique toujours pas les multiplicités du côté *Vol* avec *Aeroport*.

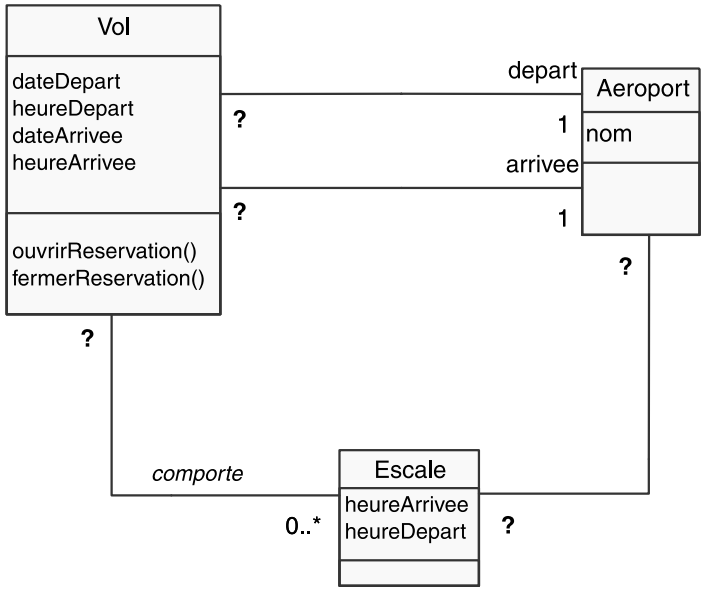


Figure 3-18.
Modélisation préliminaire des phrases 8 et 9

EXERCICE 3-4.
Nouvelle discussion sur les multiplicités

Complétez les multiplicités des associations.

solution

D'après la phrase 8, un vol peut comporter des escales dans des aéroports. Cette formulation est ambiguë, et vaut que l'on y réfléchisse un peu, en faisant même appel aux conseils d'un expert métier.

On peut commencer par ajouter les multiplicités entre *Escale* et *Aeroport*, ce qui doit être aisé. Il est clair qu'une escale a lieu dans un et un seul aéroport, et qu'un aéroport peut servir à plusieurs escales. De même, un aéroport peut servir de départ ou d'arrivée à plusieurs vols.

On pourrait également penser qu'une escale n'appartient qu'à un vol et un seul, mais est-ce bien certain ? Après consultation de l'expert métier, un contre-exemple nous est donné, sous forme du diagramme d'objets suivant.

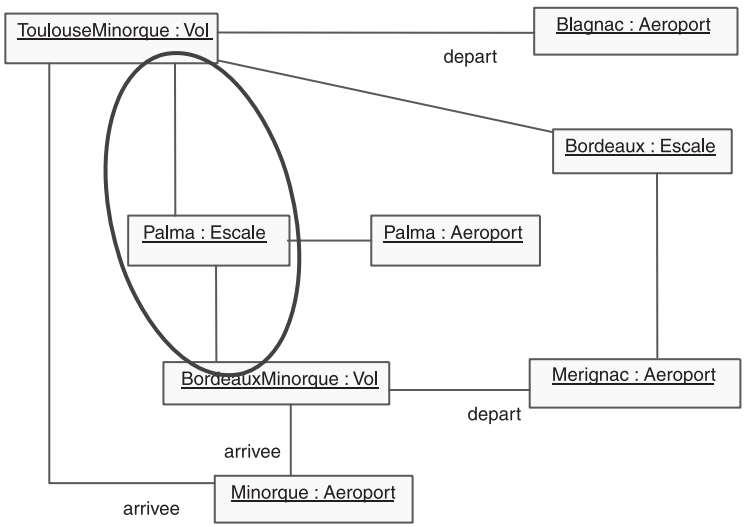


Figure 3-19.
Diagramme d'objets illustrant la phrase 8

Une escale peut donc appartenir à deux vols différents, en particulier quand ces vols sont « imbriqués ». Notez combien il est efficace de recourir au diagramme d'objets pour donner un exemple, ou encore un contre-exemple, qui permette d'affiner un aspect délicat d'un diagramme de classes.

Pour finaliser le diagramme des phrases 8 et 9, il nous suffit d'ajouter deux précisions :

- l'association entre *Vol* et *Escale* est une agrégation (mais certainement pas une composition, puisqu'elle est partageable) ;
- les escales sont ordonnées par rapport au vol.

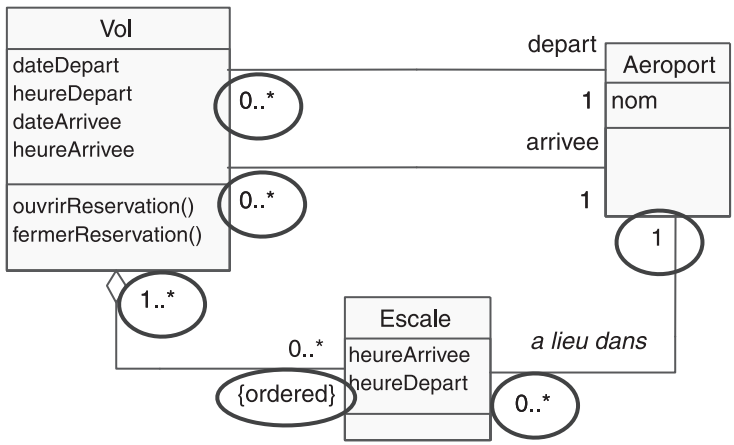


Figure 3-20.
Modélisation complète des phrases 8 et 9

EXERCICE 3-5.
Classe d'association

Dans la solution précédente, la classe Escale sert d'intermédiaire entre les classes *Vol* et *Aeroport*. Elle a peu de réalité par elle-même, et cela nous laisse donc penser à une autre solution la concernant...

Proposez une solution plus sophistiquée pour la modélisation des escales.

solution

Au vu du diagramme précédent, il apparaît que la classe *Escale* comporte peu d'informations propres ; elle est fortement associée à *Aeroport* (multiplicité 1) et n'existe pas par elle-même, mais seulement en tant que partie d'un *Vol*.

Une première idée consiste à considérer *Escale* comme une spécialisation de *Aeroport*.

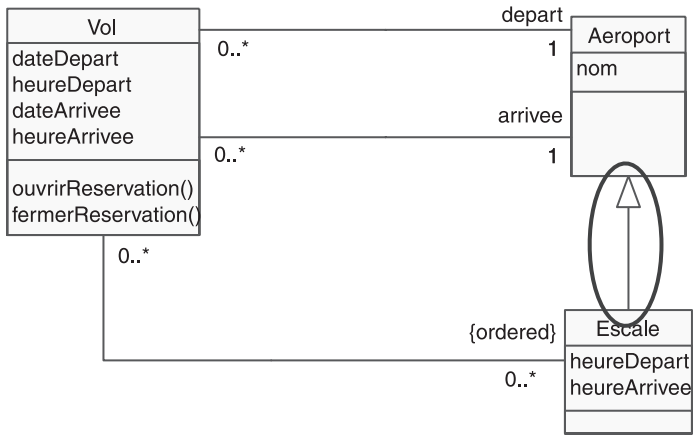


Figure 3-21.
Modélisation avec héritage des phrases 8 et 9

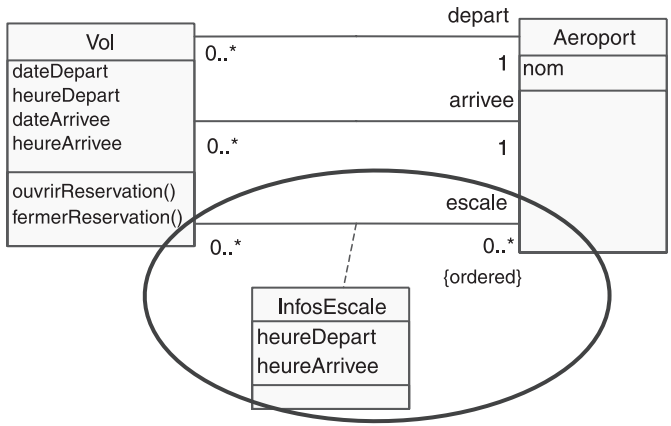
Il s'agit là d'une solution séduisante, l'escale récupérant automatiquement par héritage le nom d'aéroport, et ajoutant par spécialisation les heures de départ et d'arrivée.

Pourtant, on ne peut pas recommander d'y recourir. En effet, peut-on vraiment dire qu'une escale est une sorte d'aéroport, peut-on garantir que la classe *Escale* est conforme à 100 % aux spécifications de sa super-classe ? Est-ce qu'une escale dessert des villes, est-ce qu'une escale peut servir de départ ou d'arrivée à un vol ? Si l'on ajoute des opérations *ouvrir* et *fermer* à la classe *Aéroport*, s'appliqueront-elles à *Escale* ? Il ne s'agit donc pas, à vrai dire, d'un héritage d'interface, mais bien plutôt d'une facilité dont pourrait user un concepteur peu scrupuleux pour récupérer auto-

matiquement l'attribut *nom* de la classe *Aeroport*, avec ses futures méthodes d'accès. Cette utilisation de l'héritage est appelée un héritage d'implémentation et elle est de plus en plus largement déconseillée. En outre, si l'on veut un jour spécialiser au sens métier les aéroports en aéroports internationaux et régionaux, par exemple, on devra rapidement gérer un héritage multiple.

Pourquoi ne pas considérer plutôt cette notion d'escale comme un troisième rôle joué par un aéroport par rapport à un vol ? Les attributs *heureArrivee* et *heureDepart* deviennent alors des attributs d'association, comme cela est montré sur le schéma suivant. La classe *Escale* disparaît alors en tant que telle, et se trouve remplacée par une classe d'association *InfosEscale*.

Figure 3-22.
Modélisation plus sophistiquée des phrases 8 et 9



On pourrait pousser le raisonnement un cran plus loin et décider que les attributs *dateDepart* et *heureDepart* appartiennent à l'association *Vol - depart*, et que *dateArrivee* et *heureArrivee* appartiennent à l'association *Vol - arrivee*. On obtiendrait ainsi un modèle plus homogène avec trois classes d'associations. Nous décidons cependant de garder la solution de la figure précédente pour des raisons de simplicité.

Étape 4 – Modélisation des phrases 3, 4 et 5

Nous pouvons maintenant aborder le traitement du concept de réservation.

Relisons bien les phrases 3 à 5 qui s'y rapportent directement.

3. *Un client peut réserver un ou plusieurs vols, pour des passagers différents.*
4. *Une réservation concerne un seul vol et un seul passager.*
5. *Une réservation peut être annulée ou confirmée.*

Une question préliminaire peut se poser immédiatement…

EXERCICE 3-6.
Distinction entre concepts

Faut-il vraiment distinguer les concepts de client et de passager ?

solution

Au premier abord, cette distinction peut paraître superflue, mais elle est en fait absolument nécessaire ! Prenons le cas des déplacements professionnels : le client est souvent l'employeur de la personne qui se déplace pour son travail. Cette personne joue alors le rôle du passager et apprécie de ne pas devoir avancer le montant de son billet. Le concept de client est fondamental pour les aspects facturation et comptabilité, alors que le concept de passager est plus utile pour les aspects liés au vol lui-même (embarquement, etc.).

D'après la phrase 4, une réservation concerne un seul vol et un seul passager. Nous pouvons modéliser cela directement par deux associations.

La phrase 5, quant à elle, se traduit simplement par l'ajout de deux opérations dans la classe *Reservation*, sur le modèle de la phrase 2.

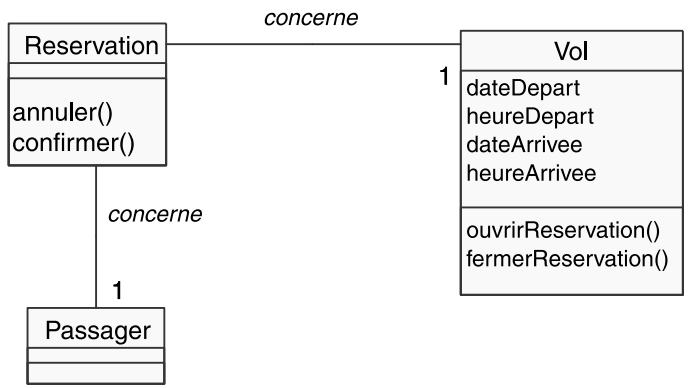


Figure 3-23.
Modélisation directe des phrases 4 et 5

Notez néanmoins qu'une solution plus concise est possible, à savoir considérer le passager comme un simple attribut de *Reservation*. L'inconvénient majeur concerne la gestion des informations sur les passagers. En effet, il est fort probable que l'on ait besoin de gérer les coordonnées du passager (adresse, téléphone, e-mail, etc.), voire des points de fidélité, ce que ne permet pas facilement la solution simpliste montrée sur la figure suivante.

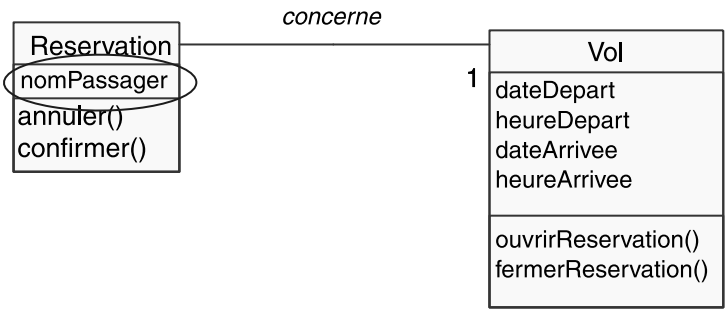


Figure 3-24.
Modélisation simpliste des phrases 4 et 5

Nous conserverons donc l'approche faisant de *Passager* une classe à part entière.

EXERCICE 3-7.
Modélisation de la réservation

Poursuivons notre traitement du concept de réservation. La phrase 3 est un peu plus délicate, à cause de sa formulation alambiquée.

Modélisez la phrase 3 et complétez les multiplicités des associations précédentes.

solution

Le début de la phrase 3 peut prêter à confusion en raison de la relation directe qu'il semble impliquer entre client et vol. En fait, le verbe « réserver » masque le concept déjà identifié de réservation. Nous avons vu lors de la modélisation de la phrase 4 qu'une réservation concerne un seul vol. Le début de la phrase 3 peut donc se reformuler plus simplement : un client peut effectuer plusieurs réservations (chacune portant sur un vol). Ce qui se traduit directement par le schéma suivant.

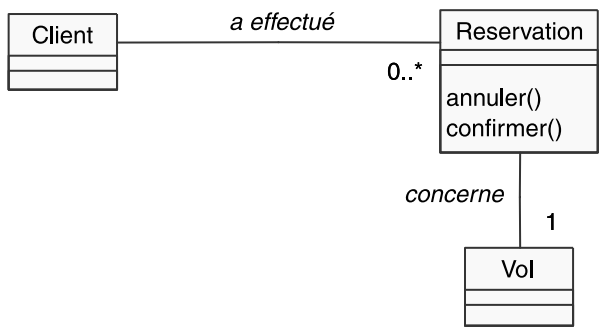
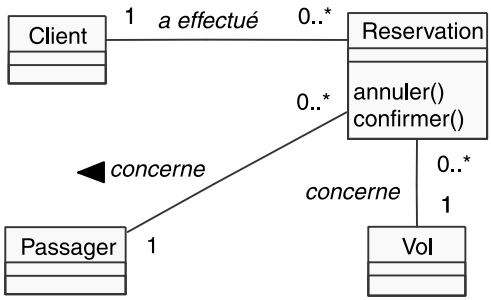


Figure 3-25.
Début de modélisation de la phrase 3

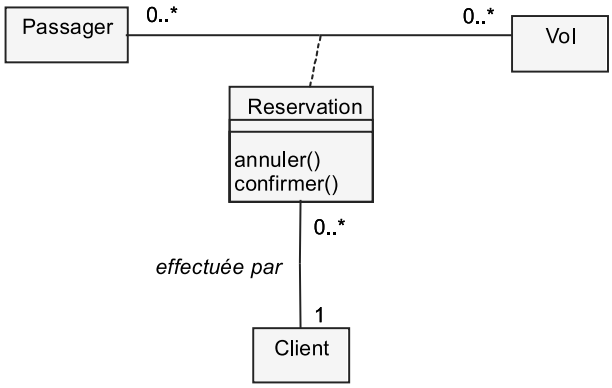
Nous allons compléter le diagramme en ajoutant d'abord les deux multiplicités manquantes. Il est clair qu'une réservation a été effectuée par un et un seul client, et qu'un même vol peut être concerné par zéro ou plusieurs réservations. Ajoutons ensuite la classe *Passager* et complétons les multiplicités. Combien de réservations un même passager peut-il avoir ? Au premier abord, au moins une, sinon il n'est pas passager. En fait, nous gérons des réservations, pas le vol lui-même. Nous avons donc besoin de stocker des instances persistantes de passagers, même s'ils n'ont pas tous de réservation à l'instant courant. Encore une question de point de vue de modélisation ! Pour l'application qui gère l'embarquement, un passager a une et une seule réservation, mais ici il faut prévoir « 0..* ».

Figure 3-26.
Modélisation complète des phrases 4 et 5



Pour compléter, notons que nous pourrions également représenter Reservation comme une classe d'association entre Vol et Passager. Quoique également correcte, nous ne conserverons pas cette dernière solution afin de ne pas complexifier inutilement les diagrammes suivants.

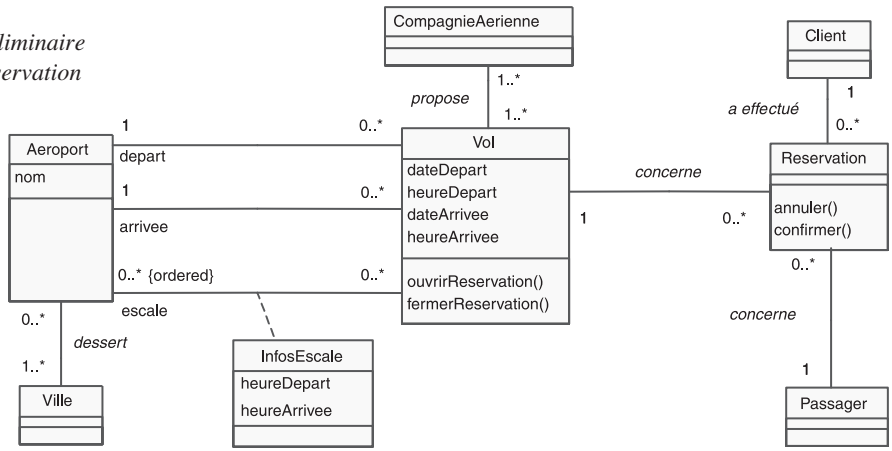
Figure 3-27.
Modélisation alternative des phrases 4 et 5



Étape 5 – Ajout d'attributs, de contraintes et de qualificatifs

Le modèle que l'on obtient par la modélisation des 10 phrases de l'énoncé ressemble actuellement au diagramme de la figure présentée ci-après.

Figure 3-28.
Modélisation préliminaire du système de réservation de vols



Certaines classes n'ont pas d'attribut, ce qui est plutôt mauvais signe pour un modèle d'analyse représentant des concepts métier. La raison en est simplement que nous n'avons identifié que les attributs qui sont directement issus des phrases de l'énoncé. Il en manque donc certainement…

EXERCICE 3-8.
Ajout d'attributs métier

Ajoutez les attributs métier qui vous semblent indispensables.

solution

Pour chacune des classes, nous répertorions ci-après les attributs indispensables.

Attention ! On ne doit pas lister dans les attributs des références à d'autres classes : c'est le but même de l'identification des associations.

Aeroport :
- nom

Client :
- nom
- prenom
- adresse
- numTel
- numFax

CompagnieAerienne :
- nom

InfosEscale :
- heureDepart
- heureArrivee

Passager :
- nom
- prenom

Reservation :
- date
- numero

Ville :
- nom

Vol :
- numero
- dateDepart
- heureDepart
- dateArrivee
- heureArrivee

On notera que c'est la convention de nommage recommandée par les auteurs d'UML qui est utilisée ici. Cette convention n'est cependant pas obligatoire. Si vous devez faire valider votre modèle par un expert métier, préférez une convention plus « naturelle » avec espaces, accents, etc.

À retenir

CONVENTIONS DE NOMMAGE EN UML

Les noms des attributs commencent toujours par une minuscule (contrairement aux noms des classes qui commencent systématiquement par une majuscule) et peuvent contenir ensuite plusieurs mots concaténés, commençant par une majuscule.

Il est préférable de ne pas utiliser d'accents ni de caractères spéciaux.

Les mêmes conventions s'appliquent au nommage des rôles des associations, ainsi qu'aux opérations.

EXERCICE 3-9.
Ajout d'attributs dérivés

Complétez le modèle avec quelques attributs dérivés pertinents.

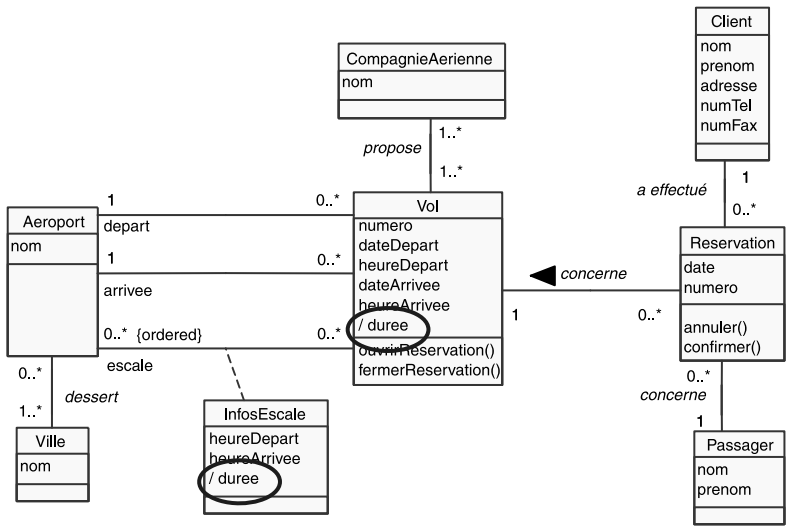
Solution

Un attribut dérivé est une propriété valuée intéressante pour l'analyste, mais redondante, car sa valeur peut être déduite d'autres informations disponibles dans le modèle.

Un bon exemple en est fourni par la notion de *durée* d'un vol. En effet, il est clair que cette information est importante : le client voudra certainement connaître la durée de son vol, sans qu'il doive la calculer lui-même ! Le système informatique doit être capable de gérer cette notion. Or, les informations nécessaires pour cela sont déjà disponibles dans le modèle grâce aux attributs existants relatifs aux dates et heures de départ et d'arrivée. Il s'agit donc bien d'une information dérivée. Le même raisonnement s'applique pour la durée de chaque escale.

Le diagramme présenté ci-après récapitule le nouvel état de notre modèle avec tous les attributs.

Figure 3-29.
Ajout des attributs métier et dérivés



À retenir

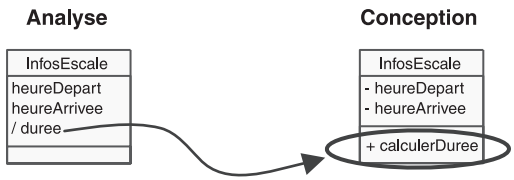
ATTRIBUT DÉRIVÉ EN CONCEPTION

Les attributs dérivés permettent à l'analyste de ne pas faire de choix de conception prématuré. Cependant, ce concept n'existant pas dans les langages objets, le concepteur va être amené à choisir entre plusieurs solutions :

– Garder un attribut « normal » en conception, qui aura ses méthodes d'accès (*get* et *set*) comme les autres attributs : il ne faut pas oublier de déclencher la mise à jour de l'attribut dès qu'une information dont il dépend est modifiée.

– Ne pas stocker la valeur redondante, mais la calculer à la demande au moyen d'une méthode publique.

La seconde solution est satisfaisante si la fréquence de requête est faible, et l'algorithme de calcul simple. La première approche est nécessaire si la valeur de l'attribut dérivé doit être disponible en permanence, ou si le calcul est très complexe et coûteux. Comme toujours, le choix du concepteur est une affaire de compromis…



EXERCICE 3-10.
Ajout de contraintes et de qualificatifs

Affinez encore le diagramme en ajoutant des contraintes et une association qualifiée.

solution

Il est possible que l'on trouve un grand nombre de contraintes sur un diagramme de classes. Mieux vaut les répertorier de façon exhaustive dans le texte qui accompagne le modèle, et choisir avec soin les plus importantes, que l'on pourra alors faire figurer sur le diagramme. On encourt sinon le risque de surcharger le schéma et de le rendre illisible.

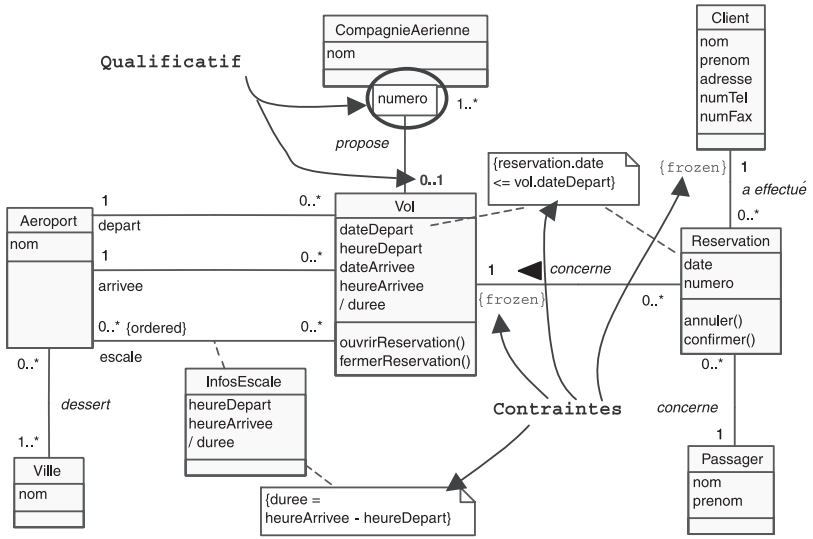
Sur notre exemple, nous avons choisi de montrer les contraintes les plus fortes entre les attributs. Elles correspondent à des règles de gestion qui devront être implémentées dans le système informatique final.

Nous avons également insisté sur le fait qu'une réservation concerne bien un seul vol et un seul client, et qui plus est de façon irréversible. Pour changer de vol ou de client, il faut annuler la réservation en question, et en créer une nouvelle. Cela se traduit en UML par les contraintes {`frozen`}[4] sur les rôles des associations concernées.

Enfin, nous avons transformé l'attribut *numero* de la classe *Vol* en qualificatif de l'association *propose* entre les classes *CompagnieAerienne* et *Vol*. En effet, chaque vol est identifié d'une façon unique par un numéro propre à la compagnie. Notez comme l'ajout du qualificatif réduit la multiplicité du côté de la classe *Vol*. La figure présentée ci-après montre le diagramme de classes complété.

4. Même si {frozen} semble avoir disparu de la liste des contraintes prédéfinies dans les documents qui décrivent UML 2, nous continuerons à utiliser cette notation intéressante.

Figure 3-30.
Ajout des contraintes et du qualificatif

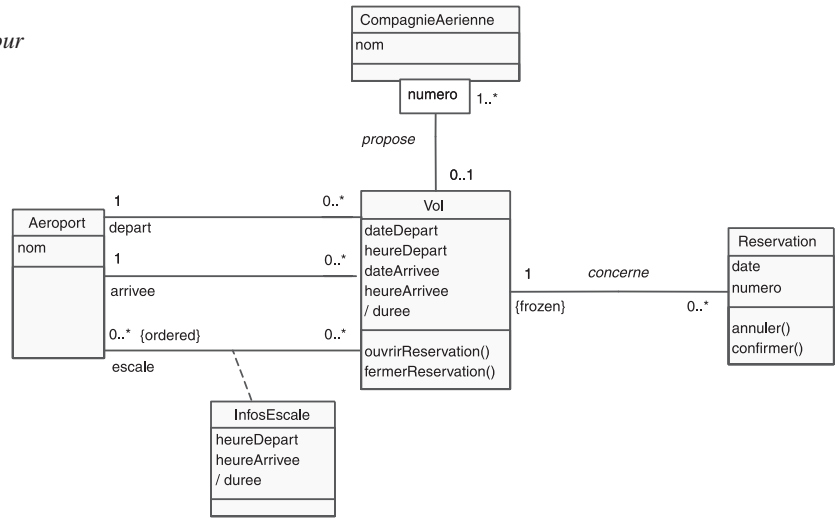


Étape 6 – Utilisation de patterns d'analyse

Notre modèle peut encore être notablement amélioré !

Reprenons à cet effet par le détail les éléments qui concernent la classe *Vol*, tels qu'ils sont représentés sur la figure suivante.

Figure 3-31.
Détail du modèle autour de la classe Vol



Ne vous semble-t-il pas que la classe *Vol* a beaucoup de responsabilités différentes, avec tous ses attributs et toutes ses associations ? Elle viole un principe important de la conception orientée objet, appelé par certains auteurs, *forte cohésion*.

EXERCICE 3-11.
Pattern de la métaclasse

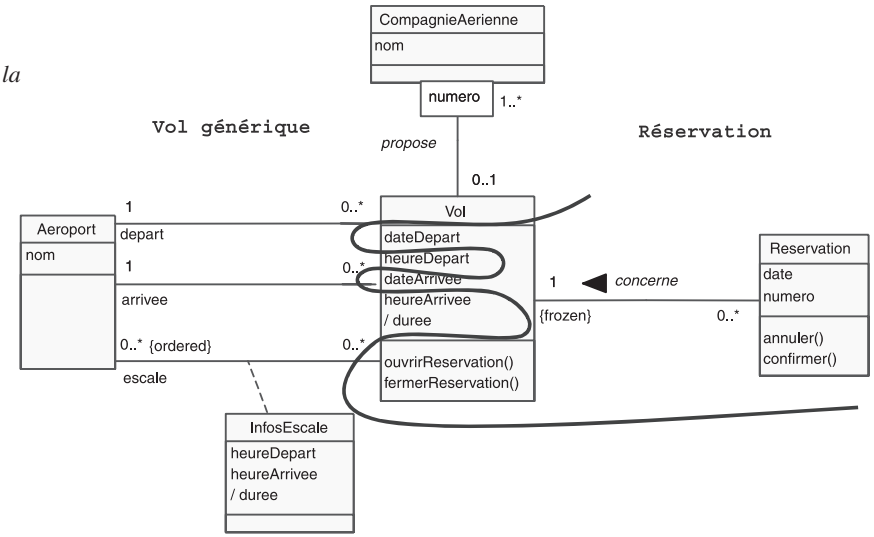
Proposez une solution plus sophistiquée pour la modélisation des Vols.

solution

La classe *Vol* du diagramme précédent possède deux différents types de responsabilités :

- Le premier concerne tout ce qui se retrouve dans les catalogues des compagnies aériennes : oui, il existe bien un Toulouse-Paris Orly sans escale, tous les lundis matin à 7 h 10, proposé par Air France… Il s'agit là de vols génériques, qui reviennent à l'identique, toutes les semaines, ou presque.
- Le second rassemble ce qui touche aux réservations. Vous ne réservez pas un Toulouse-Paris Orly du lundi matin, mais bien le Toulouse-Paris Orly du 05 Juin 2006 !

Figure 3-32.
Séparation des responsabilités de la classe Vol



On peut y voir une sorte de relation d'instanciation, entre une classe *VolGenerique* restreinte au premier type de responsabilités, et une classe *Vol* qui rassemble les responsabilités du second type.

En effet, un vol générique décrit une fois pour toutes des propriétés qui seront identiques pour de nombreux vols réels.

De même, supposons qu'une compagnie annule tous ses prochains vols du week-end au départ de l'aéroport X, car celui-ci est indisponible jusqu'à nouvel ordre, en raison d'importants travaux de maintenance effectués le samedi et le dimanche. Cela signifie dans notre première solution que nous allons détruire toutes les instan-

ces correspondantes de la classe *Vol*. À la fin de la période de maintenance de l'aéroport X, il nous faudra recréer les instances de *Vol* avec leurs attributs valorisés et leurs liens, à partir de rien. Alors que, si nous comptons une classe *VolGenerique*, les valeurs des attributs et les liens des vols partant de X ne sont pas perdus ; il n'y aura simplement pas d'instance de *Vol* réel correspondante pendant trois mois.

Pour mettre à jour le modèle, il suffit donc de :

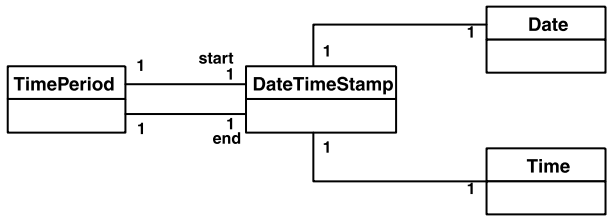
- répartir les attributs, les opérations et les associations de l'ancienne classe *Vol* entre les deux classes *VolGenerique* et *Vol* ;
- ajouter une association « 1-* » *décrit* entre *VolGenerique* et *Vol*.

Nous avons en outre ajouté deux attributs dans la classe *VolGenerique* pour indiquer le jour de la semaine du vol, et la période de l'année où il est disponible. Une contrainte supplémentaire lie les valeurs des attributs *dateDepart* de la classe *Vol* et de la classe *VolGenerique*.

À retenir

PERIODEVALIDITE AVEC UN TYPE NON PRIMITIF

L'attribut *periodeValidite* n'est pas un attribut simple. En effet, on peut lui demander son début, sa fin, sa durée, etc. Une solution a été proposée par M. Fowler[b] : créer une classe TimePeriod (comme pour Date précédemment), et l'utiliser ensuite pour typer l'attribut.

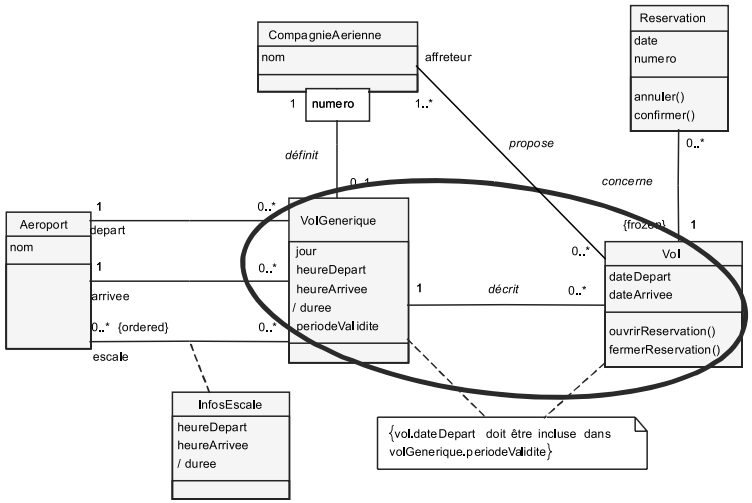


b. *Analysis Patterns: Reusable Object Models*, M. Fowler, 1997, Addison-Wesley.

Enfin, il faut veiller à bien respecter la phrase 2. Un vol est ouvert ou fermé à la réservation sur ordre de la compagnie. C'est bien le vol daté, et pas le vol générique, qui est concerné. Même chose pour une éventuelle annulation… Il nous faut donc ajouter une association directe entre *Vol* et *CompagnieAerienne*, qui permette l'interaction décrite à la figure 3-10, tout en conservant l'association qualifiée entre *VolGenerique* et *CompagnieAerienne*.

La figure 3-32 est donc transformée comme cela est montré sur le schéma ci-après. Chacune des deux classes – *Vol* et *VolGenerique* – a retrouvé une forte cohésion.

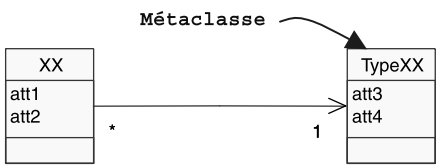
Figure 3-33.
Répartition des responsabilités entre VolGenerique et Vol



À retenir

PATTERN DE LA MÉTACLASSE

La séparation des responsabilités opérée précédemment peut se généraliser sous la forme d'un « pattern d'analyse » réutilisable dans d'autres contextes et déjà décrit par de nombreux auteurs.



On identifie une classe *XX* qui possède trop de responsabilités, dont certaines ne sont pas propres à chaque instance. On ajoute une classe *TypeXX*, on répartit les propriétés sur les deux classes et on les relie par une association « * - 1 ». La classe *TypeXX* est qualifiée de « métaclasse », comme *VolGenerique* sur la figure ci-dessus, car elle contient des informations qui décrivent la classe *XX*.

Ce pattern serait par exemple utile pour modéliser les livres d'une bibliothèque. La classe Livre jouerait le rôle de TypeXX, avec des attributs comme *date de parution, ISBN, nombre de pages*, etc. La classe ExemplaireLivre jouerait quant à elle le rôle de la classe XX, avec un attribut état (neuf, moyen, abîmé), une association *est emprunté par* vers Adhérent, etc. On parle d'ailleurs également de pattern « Type – Exemplaires ».

Étape 7 – Structuration en packages

Notre modèle statique d'analyse est maintenant presque finalisé. Pour rendre son emploi plus aisé encore et afin de préparer l'activité de conception objet, nous allons le structurer en packages.

À retenir

STRUCTURATION EN PACKAGES

La structuration d'un modèle statique est une activité délicate. Elle doit s'appuyer sur deux principes fondamentaux : *cohérence* et *indépendance*.

Le premier principe consiste à regrouper les classes proches d'un point de vue sémantique. Pour cela, il faut que les critères de cohérence suivants soient réunis :

- finalité : les classes doivent rendre des services de même nature aux utilisateurs ;
- évolution : on isole ainsi les classes réellement stables de celles qui vont vraisemblablement évoluer au cours du projet, ou même par la suite. On distingue notamment les classes *métier* des classes *applicatives* ;
- cycle de vie des objets : ce critère permet de distinguer les classes dont les objets ont des durées de vie très différentes.

Le second principe consiste à renforcer ce découpage initial en s'efforçant de minimiser les dépendances entre les packages.

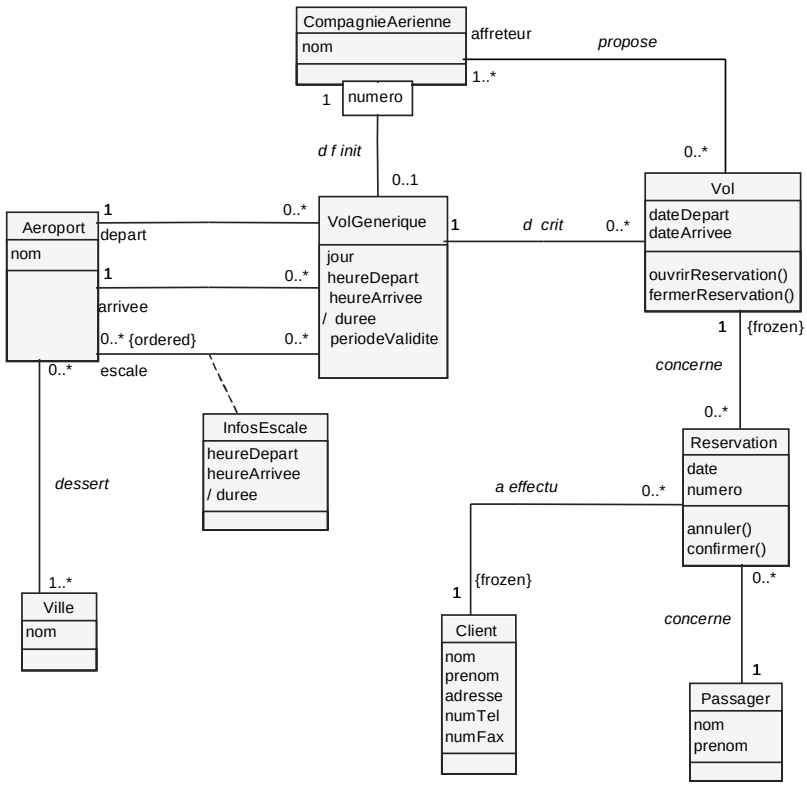


Figure 3-34.
Modèle d'analyse avant structuration

EXERCICE 3-12.
Découpage en packages

Proposez un découpage du modèle d'analyse en deux packages.

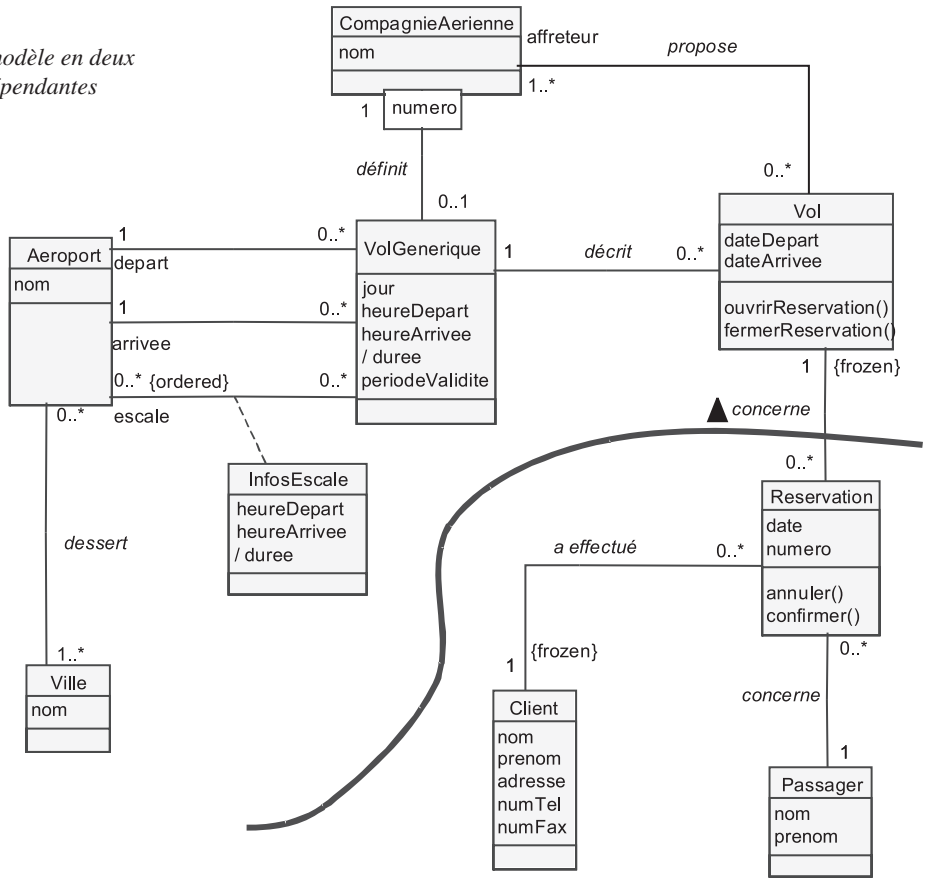
solution

D'après les critères précédents, nous pouvons proposer une première découpe en deux packages :

- le premier va concerner la définition des vols, très stable dans le temps, surtout la partie spécifique à *VolGenerique* ;
- le second va traiter des réservations, avec toutes leurs associations.

Chaque package contient bien un ensemble de classes fortement reliées, mais les classes des deux packages sont presque indépendantes. Cette première découpe est matérialisée par la ligne qui partage le schéma présenté ci-après.

Figure 3-35.
Découpe du modèle en deux parties peu dépendantes



Il y a toutefois une autre solution qui consiste à positionner la classe *Vol* dans le même package que la classe *Reservation*, comme cela est illustré sur le schéma suivant. Le critère privilégié dans cette seconde découpe est la durée de vie des objets, les vols instanciés se rapprochant plus des réservations que des vols génériques.

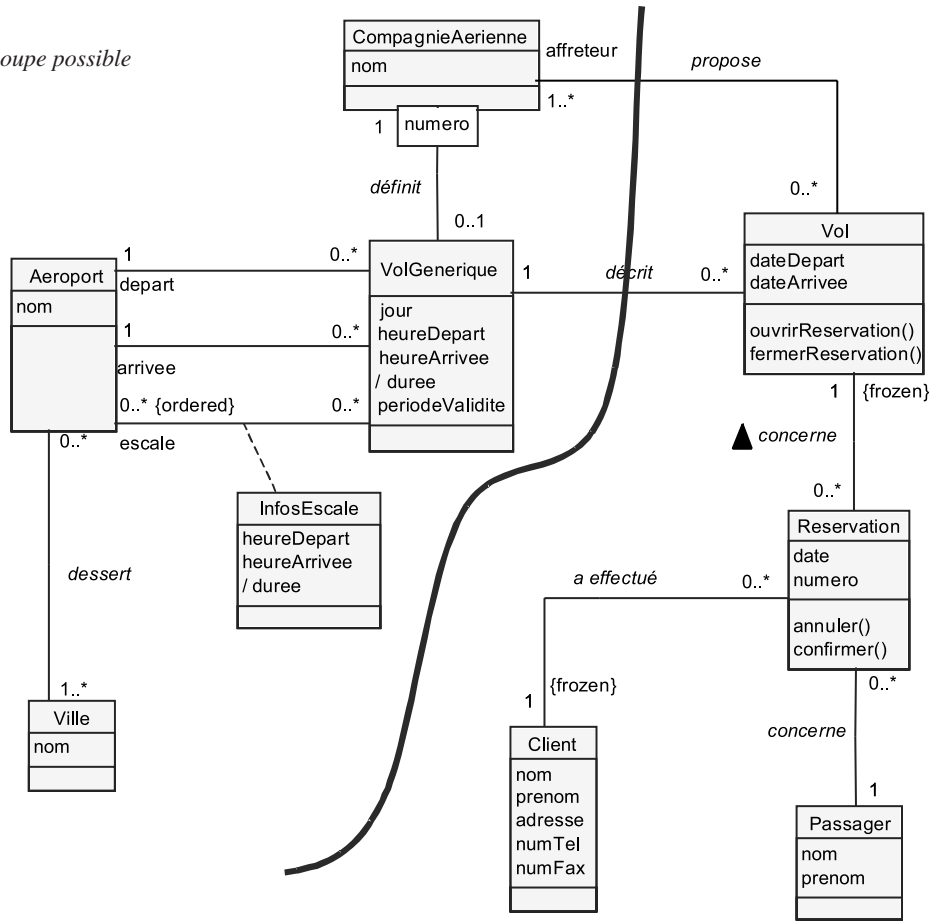


Figure 3-36.
Seconde découpe possible du modèle

EXERCICE 3-13.
Réduction du couplage

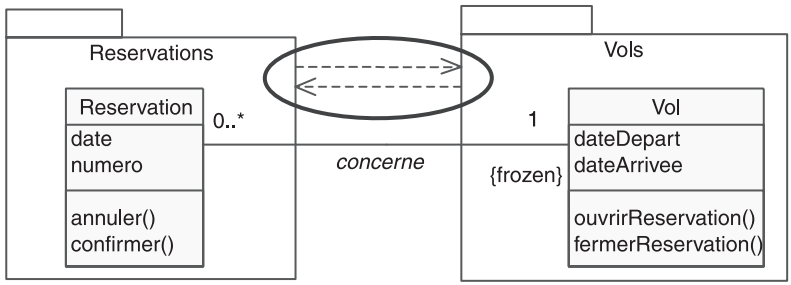
Trouvez une solution qui permette de minimiser le couplage entre les deux packages.

solution

Dans les deux cas précédents, nous pouvons constater qu'au moins une association traverse la frontière entre les packages. Le problème que posent les associations qui traversent deux packages réside en ceci qu'une seule d'entre elles suffit à induire une dépendance mutuelle, si elle est bidirectionnelle. Or, le concepteur objet doit faire la chasse aux dépendances mutuelles ou cycliques, afin d'augmenter la modularité et l'évolutivité de son application.

Dans la première solution, une seule association est en cause, comme cela est rappelé ci-après. Mais, à elle toute seule, elle provoque une dépendance mutuelle entre les deux packages.

Figure 3-37.
Dépendance mutuelle entre les packages



À retenir

NAVIGABILITÉ ET DÉPENDANCE

Une association entre deux classes A et B permet par défaut de naviguer dans les deux sens entre des objets de la classe A et des objets de la classe B.

Cependant, il est possible de limiter cette navigation à une seule des deux directions, pour éliminer une des deux dépendances induites par l'association. UML nous permet de représenter explicitement cette navigabilité en ajoutant sur l'association une flèche qui indique le seul sens possible.

Dans notre exemple, nous allons faire un choix et privilégier un sens de navigation afin d'éliminer une des deux dépendances. Il est certain qu'une réservation ne va pas sans connaissance du vol qui est concerné, alors qu'un vol existe par lui-même, indépendamment de toute réservation.

Le diagramme précédent peut donc être modifié de façon qu'il ne fasse apparaître que la dépendance du package *Reservations* vers le package *Vols*.

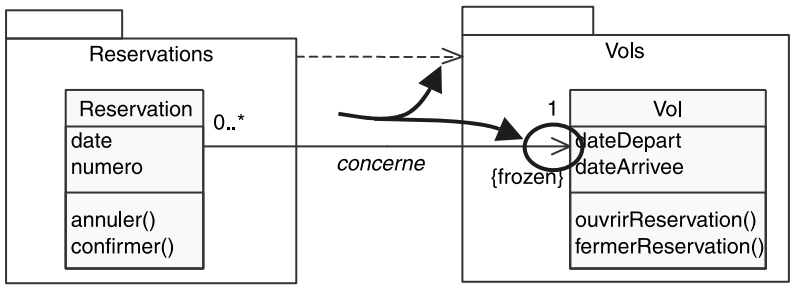


Figure 3-38.
Couplage minimisé entre les packages

Examinons maintenant la seconde solution. Cette fois-ci, deux associations traversent les packages. Que pouvons-nous faire pour réduire les navigabilités de ces associations ?

Il est logique d'imposer un sens de navigabilité unique de *Vol* vers *VolGenerique* : un vol réel est décrit par un et un seul vol générique auquel il doit avoir accès, alors qu'un vol générique peut exister par lui-même.

Hélas, pour la seconde association, nous savons déjà que la navigabilité est obligatoire de *CompagnieAerienne* vers *Vol*, à cause de la phrase 2, illustrée par le diagramme de communication de la figure 3-10.

Même si nous enlevons la navigabilité de *Vol* vers *CompagnieAerienne*, nous nous retrouvons donc avec deux associations navigables dans des sens différents. Cela suffit à imposer une dépendance mutuelle entre les packages, comme cela est représenté ci-après.

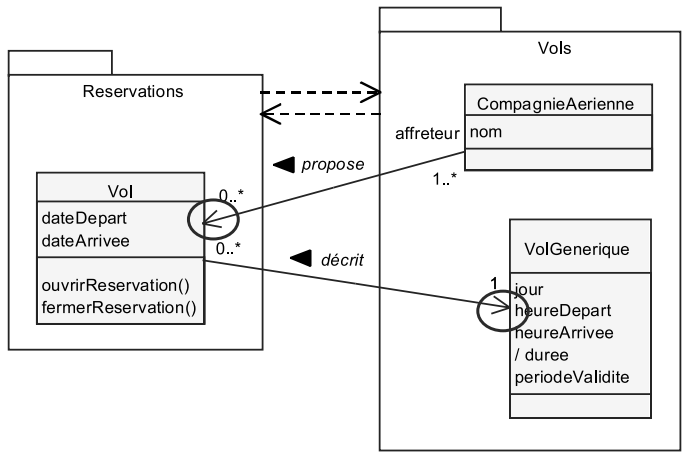
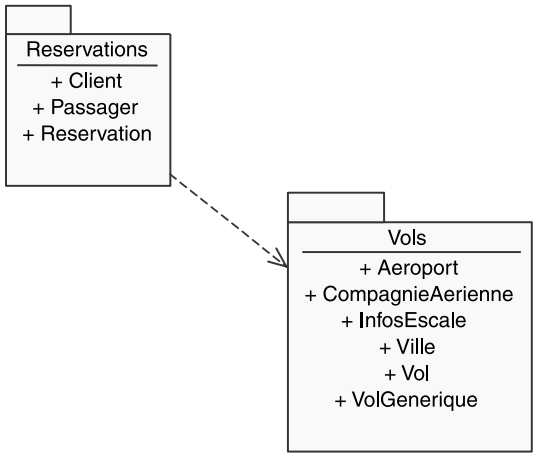


Figure 3-39.
Dépendance mutuelle obligatoire pour la seconde solution

Cette étude sur le couplage des packages pour les deux solutions proposées fait donc pencher la balance vers la première solution, ce qui n'était pas du tout évident au départ.

Le package *Vols* peut maintenant se prêter à une réutilisation, contrairement au package *Reservations*. La répartition des classes entre les deux packages est représentée graphiquement sur la figure suivante. Il s'agit d'un diagramme de packages, officialisé par UML 2.0.

Figure 3-40.
Diagramme de packages de la solution retenue



Étape 8 – Inversion des dépendances

EXERCICE 3-14.
Inversion des dépendances

Pour des raisons d'organisation sur le projet, nous avons la contrainte suivante : le package Vols doit dépendre du package Reservations, et non l'inverse. Proposez une modification minimale des diagrammes de classes précédents permettant de se conformer à la contrainte[5].

solution

L'inversion des dépendances est un problème classique de conception objet. On le résout généralement en introduisant une classe abstraite (ou une interface) de la façon suivante.

5. Un grand merci à Laurent Nonne, professeur à l'IUT de Blagnac, qui m'a proposé la solution du paragraphe lors d'un échange de courriers électroniques sur cet exercice.

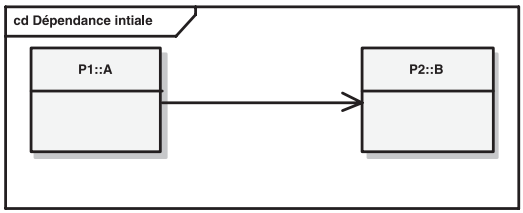
À retenir

INVERSION DE DÉPENDANCE

Supposons que nous ayons deux classes A et B reliés par une association unidirectionnelle de A vers B.

Ces deux classes appartiennent respectivement aux packages P1 et P2. Il existe donc une dépendance de P1 vers P2.

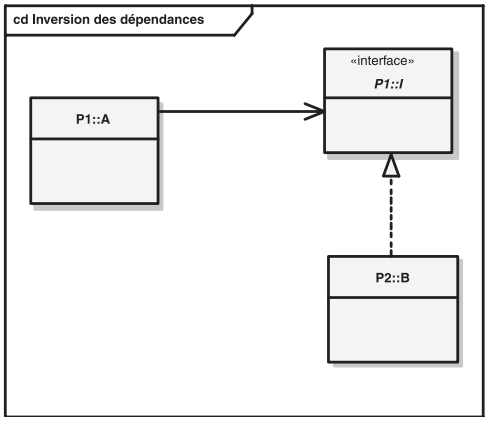
Figure 3-41.
Exemple de dépendance à inverser



Nous souhaitons inverser les dépendances entre P1 et P2 sans déplacer les classes A et B.

Pour résoudre ce problème, il suffit d'extraire une interface I que B implémentera et de relier A à cette interface plutôt qu'à B directement. L'interface I sera positionnée dans le même package P1 que la classe A[c]. C'est maintenant le package P2 qui dépend du package P1 !

Figure 3-42.
Ajout d'une interface pour inverser la dépendance



c. S'il n'est pas possible de positionner l'interface I dans le package P1, il faut alors créer un troisième package P3 dans lequel on placera I. Les packages P1 et P2 dépendent alors de ce nouveau package P3, mais n'ont plus de dépendance entre eux.

La solution est maintenant facile à réaliser : ajouter une interface que la classe *Vol* va réaliser et à laquelle la classe *Reservation* sera reliée.

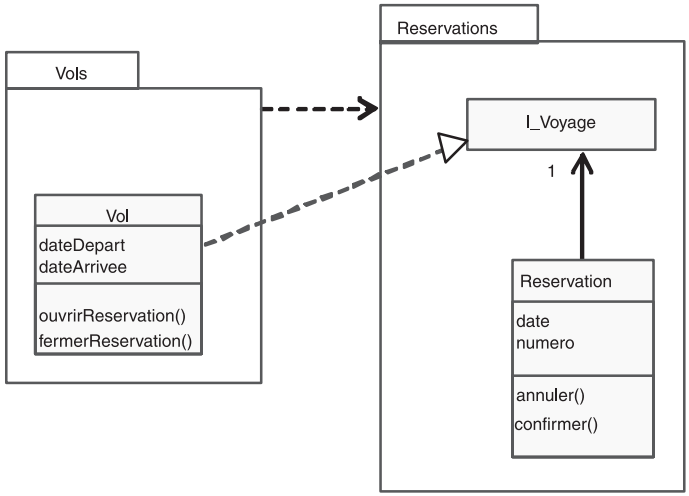


Figure 3-43.
Ajout d'une interface pour inverser la dépendance

Pour la suite du chapitre, nous reviendrons cependant à la solution précédente, avec la dépendance du package *Reservations* vers le package *Vols*, qui nous paraît plus naturelle.

Étape 9 – Généralisation et réutilisation

L'état complet de notre modèle peut maintenant être synthétisé par la figure 3-44.

Après tout ce travail sur les réservations de vols, nous souhaitons élargir le champ du modèle en proposant également des voyages en bus, que des transporteurs assurent.

Un voyage en bus a une ville de départ et une ville d'arrivée, avec des dates et heures associées. Le trajet peut comporter des arrêts dans des villes intermédiaires.

Un client peut réserver un ou plusieurs voyages, pour un ou plusieurs passagers.

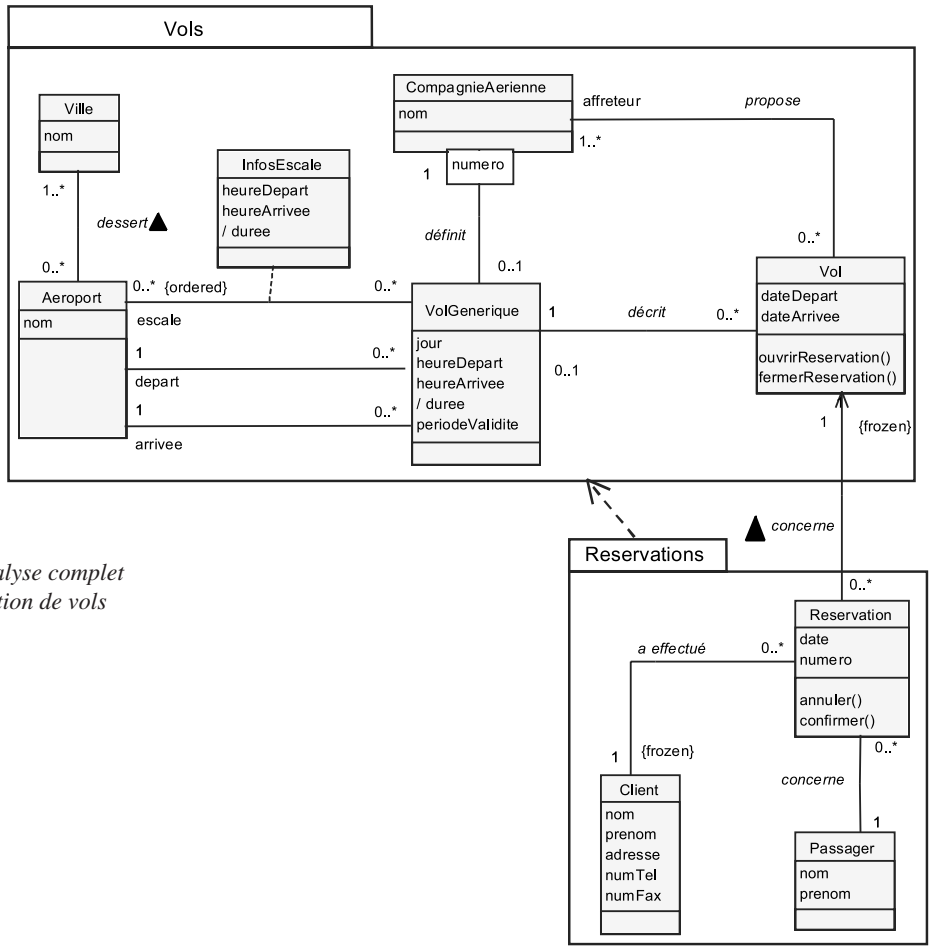


Figure 3-44.
Modèle d'analyse complet de la réservation de vols

EXERCICE 3-15.
Un modèle du domaine similaire

Par analogie avec la figure précédente, proposez un modèle du domaine de la réservation de voyages en bus.

solution

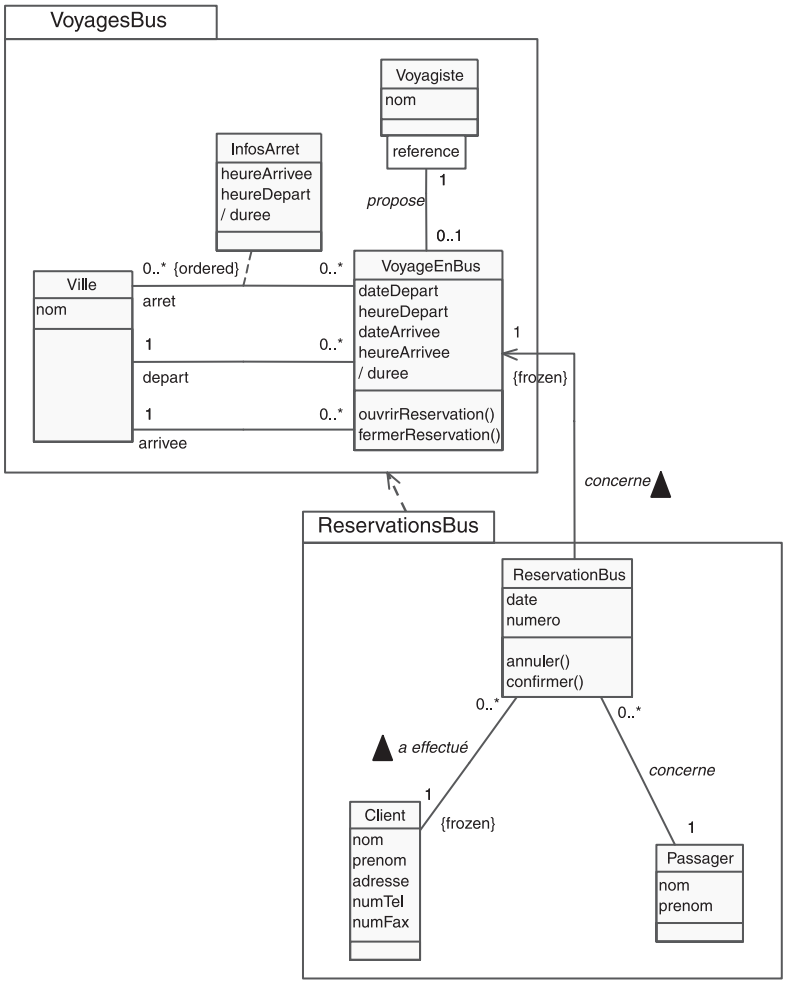
Le modèle est quasiment la réplique du précédent, y compris au niveau de la découpe en packages.

Il est un peu plus simple pour deux raisons :

Il est un peu plus simple pour deux raisons :

- la notion d'aéroport n'a pas d'équivalent, et la classe *Ville* est directement associée à la classe *VoyageEnBus* ;
- la distinction entre *Vol* et *VolGenerique* ne semble pas transposable, car les voyages en bus ne sont pas aussi réguliers et ne sont pas définis à l'avance.

Figure 3-45.
Modèle du domaine de la réservation de voyages en bus



EXERCICE 3-16.
Optimisation de l'architecture logique

Il est clair que les diagrammes des figures 3-44 et 3-45 présentent de nombreuses similitudes :

- certaines classes sont communes aux deux modèles : *Ville*, *Client*, *Passager* ;
- certaines classes ont des points communs : *ReservationBus* et *Reservation*, *InfosEscale* et *InfosArret*, etc.

Nous allons donc essayer de faire fusionner ces deux modèles en factorisant autant que faire se peut les concepts, afin de pouvoir encore élargir sa portée si nécessaire (réservation de croisières, etc.).

Proposez une architecture logique fusionnée qui soit la plus évolutive possible.

solution

Deux tâches principales doivent être réalisées :

- Isoler les classes communes dans de nouveaux packages, afin de pouvoir les réutiliser.
- Factoriser les propriétés communes dans des classes abstraites.

En premier lieu, commençons par l'identification et le regroupement des classes communes.

La classe *Ville* est très importante pour la description des vols et des voyages en bus. Dans le modèle de la figure 3-45, nous avons en fait réutilisé la classe *Ville* existante, ce qui a immédiatement créé une dépendance non justifiée entre les packages *VoyagesBus* et *Vols*. Au lieu de procéder ainsi, il serait plus pertinent de l'isoler dans un package à part qui pourra être réutilisé à volonté, voire même qui pourra être acheté dans le commerce, avec sa déclinaison par pays…

Afin que ce nouveau package soit vraiment un composant réutilisable, il ne faut pas qu'il dépende des packages applicatifs qui contiennent les classes *Aeroport* et *VoyagesBus*. Pour ce faire, nous avons déjà vu qu'il suffisait d'agir sur la navigabilité des associations concernées, comme cela est indiqué sur le schéma ci-après.

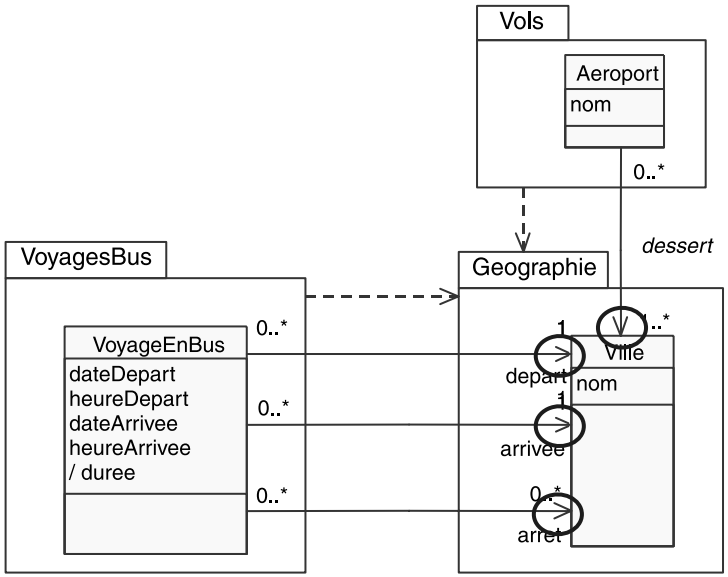


Figure 3-46.
Isolation de la classe Ville dans un nouveau package réutilisable

Les classes *Client* et *Passager* sont également communes aux deux types de réservations. Nous aurons donc intérêt à les isoler dans un nouveau package, comme cela a été fait pour la classe *Ville*. Mais il ne serait pas judicieux de regrouper ces trois classes communes dans le même package, simplement parce qu'elles sont communes. En effet, les concepts qu'elles représentent n'ont pas de rapport…

Après cette première tâche d'isolation des classes communes réutilisables, l'architecture logique se présente sous la forme du diagramme structurel suivant.

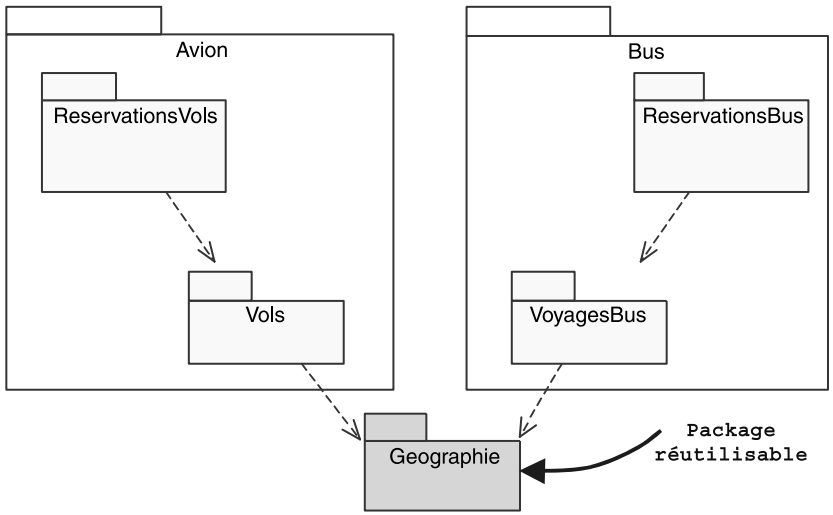


Figure 3-47.
Identification du package réutilisable Géographie

Il nous faut maintenant factoriser les parties communes.

Commençons par ce qui est le plus visible : la similitude entre les packages *ReservationsVols* et *ReservationsBus* saute aux yeux. La seule différence concerne les classes *ReservationVol* (appelée précédemment *Reservation* et renommée pour plus de clarté) et *ReservationBus* : elles ont les mêmes attributs et opérations, et presque les mêmes associations. Une super-classe abstraite *Reservation* s'impose donc en toute logique, comme cela est illustré sur le schéma suivant.

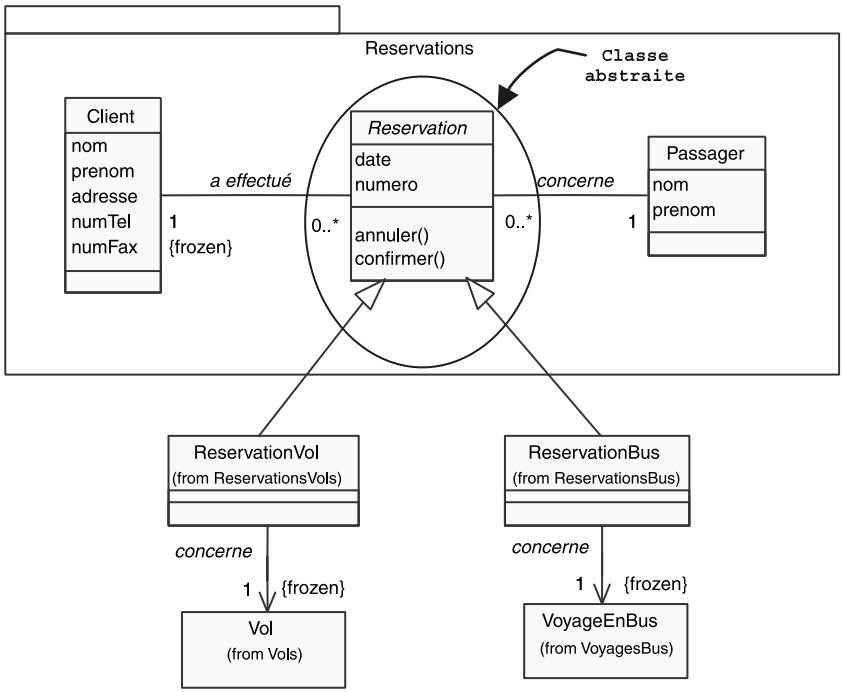


Figure 3-48.
Introduction de la classe abstraite Reservation *par généralisation*

La classe abstraite *Reservation* ainsi que les deux classes *Client* et *Passager*, qui sont communes aux deux types de moyen de transport, sont isolées dans un nouveau package appelé *Reservations*. Ce package est appelé package généralisé en regard des deux packages *ReservationsVols* et *ReservationsBus*. En effet, les deux packages spécialisés héritent les classes de *Reservations*, et ont le droit d'en redéfinir certaines.

Le schéma global des packages qui sont ainsi obtenus est représenté sur la figure suivante.

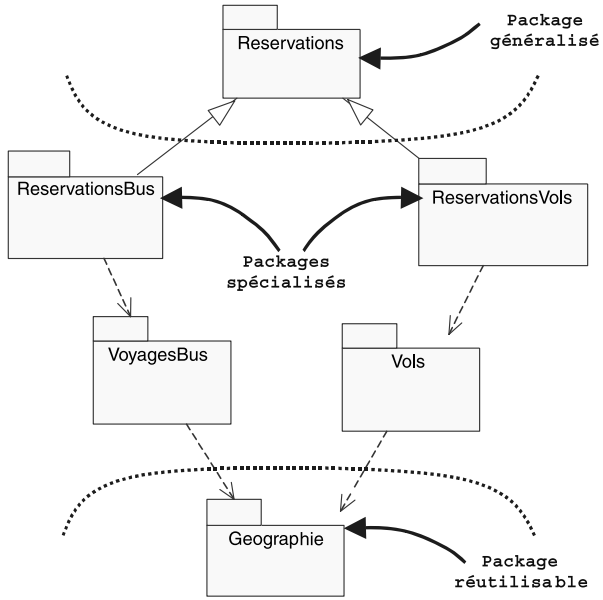


Figure 3-49.
Introduction du package généralisé Reservations

Une solution plus sophistiquée, possible grâce aux nouveautés UML 2, consiste à rendre le package *Réservations* générique (ou paramétrable). La classe *Reservation*, qui redevient concrète, sert alors de paramètre formel et sera remplacée par *ReservationVol* ou *ReservationBus*, suivant le cas. On parle ainsi de *template package* (*Reservations*) et de *bound package* (*ReservationsBus* et *ReservationsVol*). Remarquez la notation du paramètre formel dans un rectangle pointillé, ainsi que la généralisation avec le mot-clé « `bind` » et l'indication du remplacement du paramètre formel par une classe dans les packages liés.

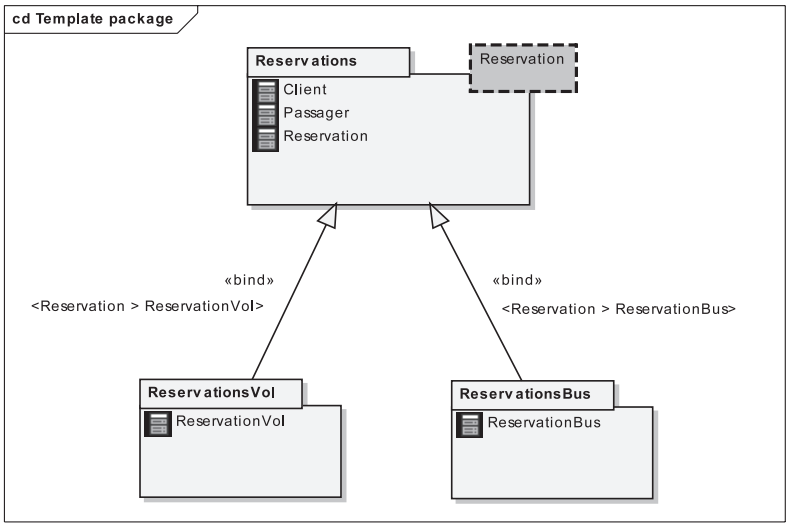


Figure 3-50.
Le package Reservations *comme package générique (template package)*