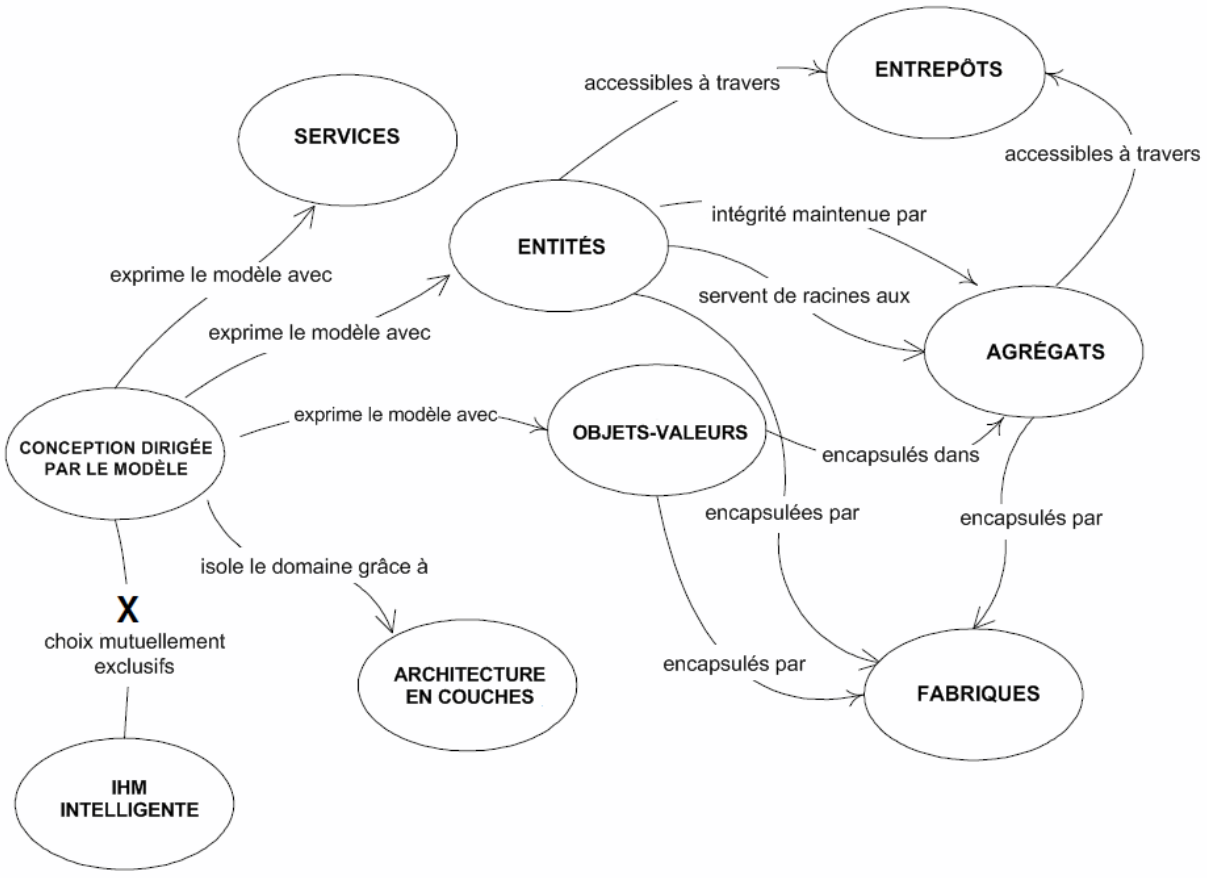
Un résumé de ***Domain Driven Design*** d'Eric Evans

Domain-Driven Design *Vite fait*



par Abel Avram & Floyd Marinescu

édité par : Dan Bergh Johnsson, Vladimir Gitlevich

traduction : Guillaume Lebur

Domain-Driven Design

Vite fait

Première partie : les fondamentaux de DDD

C4Media, Editeur de InfoQ.com.

Ce livre fait partie de la collection de livres InfoQ “Enterprise Software Development”.

Pour plus d’informations ou pour commander ce livre ou d’autres livres InfoQ, prière de contacter books@c4media.com.

Crédits de production :
Résumé DDD par : Abel Avram
Responsable éditorial : Floyd Marinescu
Couverture : Gene Steffanson
Composition: Laura Brown et Melissa Tessier
Traduction : Guillaume Lebur
Remerciements spéciaux à Eric Evans.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data:

ISBN: 978-1-4116-0925-9

Imprimé aux Etats-Unis d’Amérique

10 9 8 7 6 5 3 2 1

Table des matières

Préface : Pourquoi DDD Vite fait ? 5

Introduction 7

1 Qu'est-ce que Domain Driven Design ? 9

Bâtir la connaissance du domaine 13

2 Le Langage omniprésent 17

Le besoin d'un langage commun 17

Créer le Langage omniprésent 19

3 Conception dirigée par le Modèle 25

Les blocs de construction d'une conception orientée Modèle 29

L'architecture en couches 29

Les Entités 32

Les Objets-Valeurs 34

Les Services 36

Les Modules 39

Les Agrégats 40

Les Fabriques 44

Les Entrepôts 48

Lexique français-anglais des termes DDD 54

Préface : Pourquoi DDD Vite fait ?

J'ai entendu parler de Domain Driven Design et j'ai rencontré Eric Evans pour la première fois dans une petite assemblée d'architectes lors d'une conférence organisée à la montagne par Bruce Eckel à l'été 2005. Un certain nombre de gens que je respecte participaient à la conférence, dont Martin Fowler, Rod Johnson, Cameron Purdy, Randy Stafford et Gregor Hohpe.

Le groupe semblait assez impressionné par la vision Domain Driven Design, et impatient d'en apprendre plus. J'ai aussi senti que tout le monde aurait aimé que ces concepts rentrent davantage dans les moeurs. Quand j'ai constaté qu'Eric utilisait le modèle du domaine pour proposer des solutions à divers défis techniques dont le groupe discutait, et mesuré l'importance qu'il accordait au domaine métier plutôt qu'à la hype autour d'une technologie en particulier, j'ai tout de suite su que cette vision était de celles qui manquaient cruellement à la communauté.

Nous, les membres de la communauté des développeurs d'applications d'entreprise, et particulièrement la communauté des développeurs web, avons été pollués par des années d'une hype qui nous a éloignés du développement orienté objet en lui-même. Dans la communauté Java, la notion de bon modèle de domaine s'est perdue, noyée dans la frénésie autour des EJB et des modèles container/component des années 1999-2004. Par chance, des changements technologiques et les expériences collectives de la communauté du développement logiciel sont en train de nous ramener vers les paradigmes orienté objet traditionnels. Cependant, il manque à la communauté une vision claire de la manière d'appliquer l'orienté objet à l'échelle de l'Entreprise, raison pour laquelle je pense que DDD est important.

Malheureusement, hormis un petit groupe d'architectes parmi les plus vétérans, j'avais la perception que très peu de gens étaient au courant de DDD, et c'est pour cela qu'InfoQ a commandé l'écriture de ce livre.

J'ai bon espoir qu'en publiant un résumé, une introduction aux fondamentaux de DDD courte et rapide à lire et en la rendant librement téléchargeable sur InfoQ avec à côté une version papier de poche et bon marché, cette vision puisse devenir parfaitement répandue.

Ce livre n'introduit **aucun concept nouveau** ; il tente de résumer de façon concise l'essence de DDD, puisant principalement dans le livre original d'Eric Evans sur le sujet, ainsi que dans d'autres sources publiées depuis comme l' *Applying DDD* de Jimmy Nilsson et divers forums de discussion sur DDD. Ce livre vous donnera un cours accéléré sur les fondamentaux de DDD, mais il ne se substitue pas aux

nombreux exemples et études de cas fournies dans le livre d'Eric ou aux exemples de terrain proposés dans le livre de Jimmy. Je vous encourage vivement à lire l'un et l'autre de ces deux excellents ouvrages. En attendant, si vous pensez que la communauté a besoin que DDD fasse partie de notre conscience collective, n'hésitez pas à parler autour de vous de ce livre et du travail d'Eric.

Floyd Marinescu

Co-fondateur et Chief Editor d'InfoQ.com

Introduction

Les logiciels sont des instruments créés pour nous aider à traiter la complexité de la vie moderne. Les logiciels sont juste un moyen pour nous d'atteindre un but, et généralement ce but est quelque chose de tout à fait pratique et réel. Par exemple nous utilisons des logiciels pour le contrôle du trafic aérien, ce qui est directement relié au monde qui nous entoure. Nous voulons aller d'un endroit à un autre par la voie des airs, et pour ça nous utilisons une machinerie sophistiquée, alors nous créons des logiciels pour coordonner les vols des milliers d'avions qui se trouvent dans le ciel à toute heure.

Les logiciels doivent être pratiques et utiles ; autrement nous n'investirions pas autant de temps et de ressources dans leur création. Cela les rend éminemment reliés à un certain aspect de nos vies. Un paquetage logiciel utile ne peut pas être décorrélé de cette sphère de réalité : le domaine qu'il est censé nous aider à gérer. Au contraire, le logiciel y est profondément entremêlé.

La conception de logiciels est un art, et comme tout art elle ne peut pas être enseignée et apprise comme une science précise, au moyen de théorèmes et de formules. Nous pouvons découvrir des principes et des techniques utiles à appliquer tout au long du processus de création de logiciel, mais nous ne serons probablement jamais capables de fournir un chemin exact à suivre en partant du besoin du monde réel pour arriver jusqu'au module de code destiné à répondre à ce besoin. Comme une photo ou un bâtiment, un produit logiciel contiendra toujours la touche personnelle de ceux qui l'ont conçu et développé, un petit quelque chose du charisme et du flair (ou du manque de flair) de ceux qui ont contribué à sa naissance et à sa croissance.

Il y a différentes manières d'aborder la conception logicielle. Ces 20 dernières années, l'industrie du logiciel a connu et utilisé plusieurs méthodes pour créer ses produits, chacune avec ses avantages et ses inconvénients. L'objectif de ce livre est de se focaliser sur une méthode de conception qui a émergé et évolué au cours des deux dernières décennies, mais s'est plus distinctement cristallisée depuis quelques années : la conception dirigée par le domaine. Eric Evans a grandement contribué à la question en couchant sur le papier dans un unique livre une grande part de la connaissance accumulée sur la conception dirigée par le domaine. Pour une présentation plus détaillée du sujet, nous vous recommandons la lecture de son livre « Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software » publié par Addisson-Wesley, ISBN: 0-321-12521-5.

Vous pourrez aussi découvrir de nombreux et précieux points de vue en suivant le groupe de discussion Domain Driven Design à l'adresse :

http://groups.yahoo.com/group/domaindrivendesign

Ce livre est seulement une introduction au sujet, destinée à vous donner rapidement une compréhension fondamentale, mais non détaillée, de Domain Driven Design.

Nous voulons simplement aiguiser votre appétit pour les bonnes pratiques de conception logicielle grâce aux principes et lignes directrices utilisées dans le monde de la conception dirigée par le domaine.

1

Qu'est-ce que Domain Driven Design ?

Le développement logiciel est le plus souvent employé pour automatiser des processus qui existent déjà dans le monde réel, ou pour fournir des solutions à des problèmes métier réels. Ces processus métier à automatiser ou ces problèmes du monde réel que le logiciel traite constituent le domaine du logiciel. Nous devons comprendre dès le départ que le logiciel trouve son origine dans ce domaine et lui est profondément lié.

Les logiciels sont faits de code. Nous pourrions êtres tentés de passer trop de temps sur le code, et voir les logiciels simplement comme des objets et des méthodes.

Pensez à la métaphore de la fabrication de voitures. Les travailleurs impliqués dans la construction automobile peuvent se spécialiser dans la production de pièces de voiture, mais ce faisant ils ont souvent une vision limitée du processus de fabrication automobile dans son ensemble. Ils commencent à voir la voiture comme un énorme assemblage de pièces qui doivent aller les unes avec les autres, mais une voiture est bien plus que cela. Une bonne voiture, ça commence par une vision. Cela commence par des spécifications écrites avec soin. Et ça se poursuit avec de la conception. Beaucoup, beaucoup de conception. Des mois, peut-être des années passées sur la conception, à la modifier et à la raffiner jusqu'à ce qu'elle atteigne la perfection, jusqu'à ce qu'elle reflète la vision originale. Le processus de conception ne se fait pas entièrement sur papier. Une grande partie consiste à fabriquer des modèles de la voiture, et à les tester sous certaines conditions pour vérifier qu'ils marchent. On modifie la conception sur la base des résultats de ces tests. Finalement, la voiture est envoyée en production, et les pièces sont créées et assemblées.

Le développement logiciel est similaire. On ne peut pas se contenter de rester assis et taper du code. On peut le faire, et ça marche bien pour des cas triviaux. Mais on ne peut pas créer des logiciels complexes de cette manière.

Pour créer un bon logiciel, vous devez savoir de quoi il y est question. Vous ne pouvez pas créer un système logiciel bancaire à moins d'avoir une bonne compréhension de ce qu'est la banque, vous devez comprendre le *domaine* de la banque.

Est-il possible de créer un logiciel bancaire complexe sans une bonne connaissance du domaine ? Pas une seconde. Jamais. Qui s'y connait en banque ? L'architecte logiciel ? Non. Il utilise juste une banque pour s'assurer que son argent est en sécurité et disponible quand il en a besoin. L'analyste logiciel ? Pas vraiment. Il sait analyser un sujet précis, quand on lui donne tous les éléments nécessaires. Le développeur ? Vous pouvez tout de suite oublier. Qui, alors ? Les banquiers, bien sûr. Le système bancaire est très bien compris par les gens de l'intérieur, par ses spécialistes. Ils en connaissent tous les détails, tous les pièges, tous les problèmes possibles, toutes les règles. Voilà par où l'on devrait toujours commencer : le domaine.

Lorsque nous débutons un projet informatique, nous devrions nous concentrer sur le domaine dans lequel il opère. Le seul but du logiciel est d'améliorer un domaine spécifique. Pour être capable de faire cela, le logiciel doit se mettre au diapason du domaine pour lequel il a été créé. Sans cela, il introduira des tensions dans le domaine, provoquant des dysfonctionnements, des dégâts, voire même semant le chaos.

Comment peut-on mettre le logiciel au diapason du domaine ? La meilleure façon d'y arriver est de faire du logiciel un reflet du domaine. Le logiciel doit incorporer les concepts et éléments qui sont au cœur du domaine, et saisir avec précision les relations entre eux. Le logiciel doit modéliser le domaine.

Quelqu'un qui n'a pas de connaissances bancaires doit pouvoir en apprendre beaucoup en lisant simplement le code du modèle du domaine. C'est essentiel. Un logiciel dont les racines ne sont pas enfouies profondément dans le domaine ne réagira pas bien au changement au fil du temps.

On commence donc par le domaine. Quoi d'autre ensuite ? Un domaine est une chose qui appartient à ce bas-monde. On ne peut pas juste le prendre et le verser sur le clavier afin qu'il rentre dans l'ordinateur et devienne du code. Il nous faut créer une abstraction du domaine. On en apprend beaucoup sur un domaine quand on parle avec les experts du domaine. Mais cette connaissance brute ne sera pas facilement transformable en des constructions logicielles, à moins que nous en fabriquions une abstraction, un schéma dans notre esprit. Au début, le schéma est toujours incomplet. Mais avec le temps, en travaillant dessus, nous l'améliorons et il devient de plus en plus clair pour nous. Qu'est-ce que cette abstraction ? C'est un modèle, un modèle du domaine. Selon Eric Evans, un modèle du domaine n'est pas un diagramme particulier ; c'est l'idée qu'on cherche à véhiculer à travers le diagramme. Ce n'est pas simplement la connaissance contenue dans le cerveau d'un expert du domaine ; c'est une abstraction rigoureusement organisée et sélective de cette connaissance. Un diagramme peut représenter et communiquer un modèle, comme peut le faire un code soigneusement écrit, comme peut le faire aussi une phrase en français.

Le modèle est notre représentation interne du domaine ciblé, et elle est absolument nécessaire tout au long de la conception comme du processus de développement. Pendant la conception, nous nous remémorons le modèle et nous nous y référons de nombreuses fois. Le monde qui nous entoure représente bien plus que ce que nos cerveaux peuvent traiter. Même un domaine spécifique pourrait bien être plus que ce qu'un esprit humain peut manier à la fois. Nous devons organiser l'information, la systématiser, la diviser en plus petits morceaux, regrouper ces morceaux dans des modules logiques, en prendre un à la fois et le traiter. Il nous faut même laisser de côté certaines parties du domaine. Un domaine contient simplement une masse trop grande d'information pour l'inclure toute entière dans le modèle. Et pour une grande partie, il n'est même pas nécessaire de la prendre en compte. C'est un défi en soi. Que garder et quoi jeter ? Ca fait partie de la conception, du processus de création logicielle. Le logiciel bancaire gardera surement une trace de l'adresse du client, mais il ne devrait pas s'occuper de la couleur de ses yeux. C'est un exemple évident, mais il peut y en avoir d'autres moins flagrants.

Un modèle est une partie essentielle d'une conception logicielle. Nous en avons besoin pour pouvoir gérer la complexité. Toute notre mécanique de raisonnement sur le domaine est synthétisée dans ce modèle. Tout ça est très bien, mais cela doit sortir de notre esprit. Ce n'est pas très utile si ça y reste enfermé, vous ne croyez pas ? Nous devons communiquer ce modèle aux experts du domaine, à nos collègues concepteurs, et aux développeurs. Le modèle est l'essence du logiciel, mais nous devons inventer des façons de l'exprimer, de le transmettre aux autres. Nous ne sommes pas tout seuls dans ce processus, nous devons donc partager la connaissance et l'information, et nous devons le faire bien, précisément, complètement et sans ambigüité. Il y a différentes manières de le faire. L'une est graphique : diagrammes, cas d'utilisation, dessins, photos, etc. L'autre est de l'écrire. De coucher sur le papier notre vision du domaine. Une autre encore est le langage. Nous pouvons et nous devrions créer un langage pour communiquer des problèmes spécifiques du domaine. Nous détaillerons tous ces moyens plus tard, mais l'idée principale est que *nous devons communiquer le modèle*.

Lorsque notre modèle est exprimé, on peut commencer à concevoir le code. Ce qui est différent de concevoir le logiciel. Concevoir le logiciel, c'est comme imaginer l'architecture d'une maison, c'est porter un œil global sur l'édifice. A l'inverse, concevoir le code c'est travailler les détails, comme l'emplacement d'un tableau sur tel ou tel mur. Le design du code est tout aussi important, mais pas aussi fondamental que la conception du logiciel. Une erreur dans le design du code se corrige d'habitude facilement, tandis que les erreurs de conception du logiciel sont beaucoup plus coûteuses à réparer. C'est une chose de déplacer un tableau un peu plus à gauche, mais c'en est une toute autre de démolir un côté de la maison pour le refaire différemment. Néanmoins, le produit final ne sera pas bon sans un bon design du code. C'est là que les design patterns de code s'avèrent pratiques, et on devrait toujours les appliquer

quand c'est nécessaire. De bonnes techniques de programmation aident à créer du code propre et maintenable.

Il y a différentes approches de la conception logicielle. Une d'entre elles est la méthode de conception en cascade. Cette méthode implique un certain nombre d'étapes. Les experts métiers mettent en place un ensemble de spécifications qui sont communiquées aux analystes métier. Les analystes créent un modèle basé sur ces spécifications, et font passer le résultat aux développeurs, qui se mettent à coder en se basant sur ce qu'ils ont reçu. C'est un flux de connaissance à sens unique. Même si cette approche a été une approche traditionnelle en conception de logiciels et qu'on l'a utilisée avec un certain degré de succès au fil des années, elle a ses failles et ses limites. Le principal problème est qu'il n'y a pas de feedback des analystes aux experts métier ni des développeurs aux analystes.

Une autre approche est celle des Méthodes Agiles, comme eXtreme Programming (XP). Ces méthodologies sont un mouvement collectif contre l'approche en cascade, résultant de la difficulté d'essayer d'obtenir toutes les spécifications dès le début, particulièrement à la lumière du fait que les exigences peuvent changer. C'est vraiment difficile de créer un modèle complet qui couvre d'avance tous les aspects d'un domaine. Ca demande beaucoup de réflexion, souvent on ne voit pas tous les enjeux dès le début, et on ne peut pas prévoir non plus certains effets de bord négatifs ou erreurs dans notre conception. Un autre problème que l'agilité essaie de résoudre est ce qu'on appelle l' « *analysis paralysis* » , situation où les membres de l'équipe ont tellement peur de prendre des décisions de conception qu'il ne progressent pas du tout. Même si les apôtres de l'agilité reconnaissent l'importance des décisions de conception, ils s'opposent à l'idée de tout concevoir dès le début. Au lieu de ça, ils font un grand usage de la flexibilité dans l'implémentation, et à travers un développement itératif, une participation continue du décideur métier et beaucoup de refactoring, l'équipe de développement parvient à en apprendre plus sur le domaine du client et peut mieux produire du logiciel qui satisfait les besoins du client.

Les méthodes Agiles ont leurs propres problèmes et leurs limites ; elles prônent la simplicité, mais chacun a sa propre vision de ce que cela veut dire. De plus, un refactoring fait en continu par des développeurs sans de solides principes de design produira du code difficile à comprendre ou à modifier. Et s'il est vrai que l'approche en cascade peut mener à une surabondance d'ingénierie, la crainte de l'excès d'ingénierie peut quant à elle conduire à une autre peur : celle de mener une conception en profondeur et mûrement réfléchie.

Ce livre présente les principes de Domain-Driven Design qui, quand ils sont appliqués, peuvent grandement augmenter la capacité de n'importe quel processus de développement à modéliser et implémenter les problématiques complexes d'un

domaine de façon maintenable. Domain-Driven Design combine pratiques de conception et de développement, et montre comment la conception et le développement peuvent travailler de concert pour créer une meilleure solution. Une bonne conception va améliorer le développement, de même que le feedback provenant du processus de développement va améliorer le design.

Bâtir la connaissance du domaine

Considérons l'exemple d'un projet de système de surveillance de vols aéronautiques, et voyons comment la connaissance du domaine peut être bâtie.

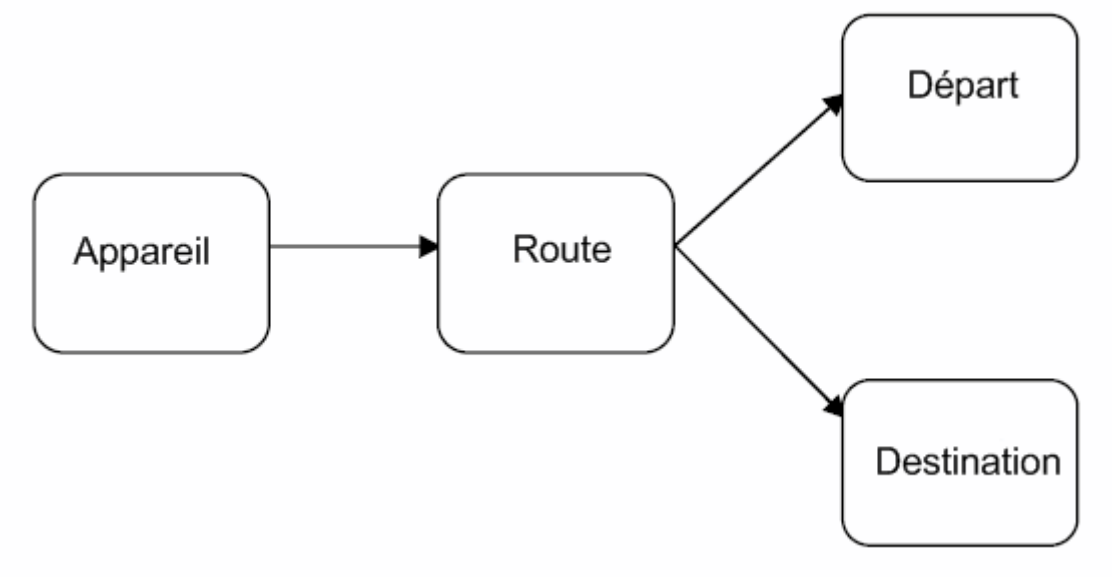
A un instant donné, des milliers d'avions sont en l'air dans tous les cieux de la planète. Ils cheminent chacun vers leur destination, et il est assez important de s'assurer qu'ils ne se heurtent pas en l'air. Nous n'essaierons pas de travailler sur le système de contrôle du trafic tout entier, mais sur un plus petit sous-ensemble : un système de suivi de vol. Le projet proposé est un système de surveillance qui repère chaque vol dans une zone donnée, détermine si le vol suit sa route prévue ou non, et s'il y a possibilité de collision.

Par où allons-nous commencer, d'un point de vue développement ? Dans la section précédente, nous avons dit que nous devrions commencer par comprendre le domaine, qui dans ce cas est le suivi du trafic aérien. Les aiguilleurs du ciel sont les spécialistes de ce domaine. Mais les aiguilleurs ne sont pas des concepteurs système ni des spécialistes en informatique. Vous ne pouvez pas attendre d'eux qu'ils vous tendent une description complète du domaine qui pose problème.

Les aiguilleurs du ciel ont une vaste connaissance de leur domaine, mais pour pouvoir bâtir un domaine, vous devez extraire l'information essentielle et la généraliser. Quand vous allez commencer à leur parler, vous en entendrez beaucoup sur les décollages d'avions, les atterrissages, les appareils en vol et le risque de collision, les avions qui attendent la permission d'atterrir, etc. Pour trouver un ordre dans cette quantité d'information apparemment chaotique, nous devons bien commencer quelque part.

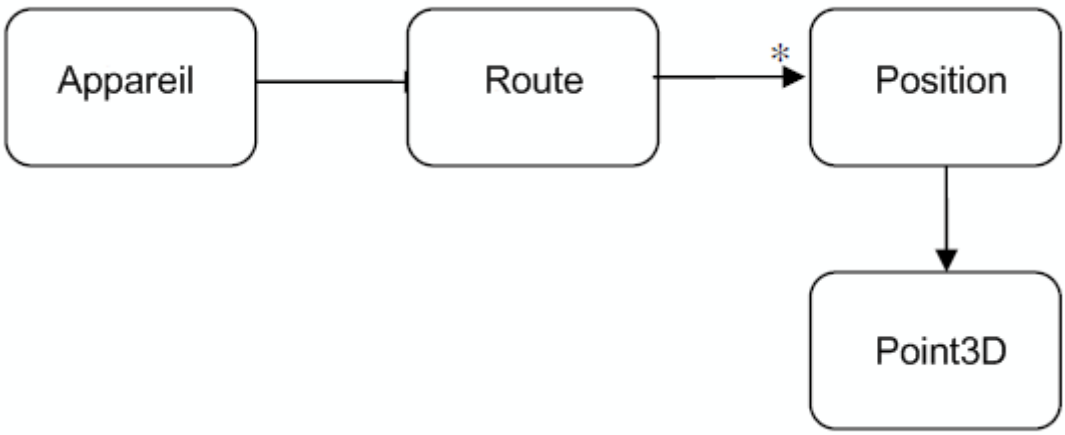
L'aiguilleur et vous convenez que chaque appareil a un terrain d'aviation de départ et d'arrivée. Nous avons donc un appareil, un départ et une destination, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

OK, l'avion décolle d'un endroit et touche le sol dans un autre. Mais que se passe-t-il en l'air ? Quel chemin de vol suit-il ? En vérité, nous nous intéressons davantage à ce qui se passe une fois qu'il est en l'air. L'aiguilleur dit qu'on assigne à chaque avion un plan de vol qui est censé décrire le voyage aérien en entier. Lorsque vous entendez parler de plan de vol, vous pouvez penser dans votre for intérieur qu'il s'agit du chemin suivi par l'avion dans le ciel. En discutant plus avant, vous notez un mot intéressant : route. Ce mot capte votre attention immédiatement, et ce pour une bonne raison. La route représente un concept important en matière de transport aérien. C'est ce que les avions font en volant, ils suivent une route. Il est évident que le départ et la destination de l'aéronef sont aussi les points de début et de fin de la route. Donc au lieu d'associer l'appareil aux points de départ et de destination, il semble plus naturel de le relier à une route, qui à son tour est associée au départ et à la destination correspondants.

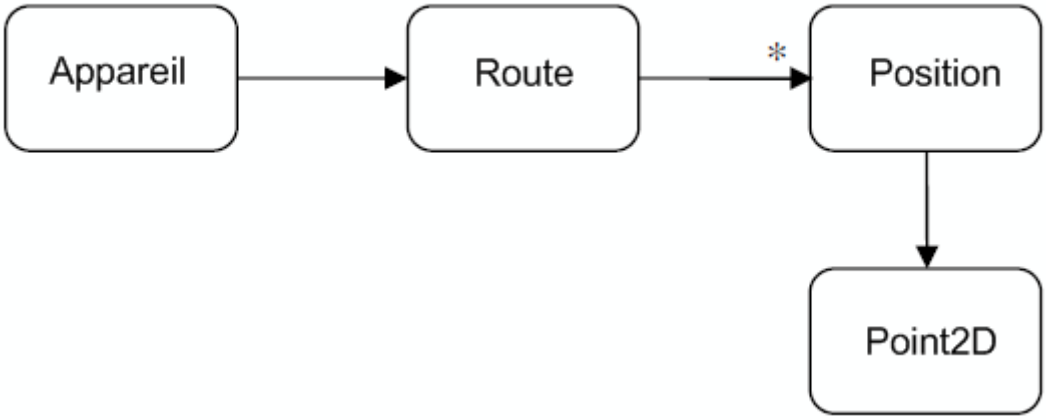


En parlant avec l'aiguilleur des routes suivies par les avions, vous découvrez que la route est en fait formée de petits segments qui, mis bout à bout, constituent une sorte de ligne tortueuse allant du départ à la destination. La ligne est censée passer par des points fixes déterminés à l'avance. Donc, une route peut être considérée comme une série de positions consécutives. A ce niveau, vous ne voyez plus le départ et la destination comme les points terminaux de la route, mais juste comme deux positions parmi d'autres. C'est probablement assez différent de la façon dont les voit

l'aiguilleur, mais il s'agit d'une abstraction nécessaire qui sera utile plus tard. Les changements résultant de ces découvertes sont les suivants :



Le diagramme montre un autre élément : le fait que chaque position est un point de l'espace suivi par la route, et elle est exprimée sous forme d'un point en 3 dimensions. Mais en parlant à l'aiguilleur, vous allez découvrir qu'il ne le voit pas de la même manière. En fait, il voit la route comme une projection sur Terre du vol de l'avion. Les positions sont juste des points à la surface de la Terre déterminés de manière unique par leur latitude et leur longitude. Le diagramme correct est donc :



Que se passe-t-il ici en réalité ? Vous et les experts du domaine, vous êtes en train de parler, d'échanger de la connaissance. Vous commencez à poser des questions, et ils vous répondent. Ce faisant, ils font ressortir des concepts essentiels du domaine du trafic aérien. Il est possible que ces concepts sortent mal dégrossis et désorganisés, mais ils sont néanmoins essentiels pour comprendre le domaine. Il vous faut en apprendre le plus possible sur le domaine de la part des experts. Et en glissant les bonnes questions, en traitant l'information de la bonne manière, vous et les experts allez commencer à esquisser une vue du domaine, un modèle du domaine. Cette vue

n’est ni complète ni juste, mais c’est le point de départ dont vous avez besoin. Essayez de comprendre les concepts essentiels du domaine.

C’est une partie importante du design. D’habitude, de longues discussions ont lieu entre les architectes logiciels ou les développeurs et les experts du domaine. Les spécialistes logiciels veulent extraire la connaissance des experts du domaine, et ils doivent aussi la transformer en une forme utile. Arrivés à un certain point, ils pourraient avoir envie de créer un premier prototype pour voir comment ça marche à ce moment-là. Ce faisant, il est possible qu’ils rencontrent certains problèmes dans leur modèle ou leur approche, et qu’ils veuillent changer le modèle. La communication ne se fait pas seulement dans un sens, des experts du domaine vers l’architecte logiciel puis vers les développeurs. Il y a aussi des retours, qui aident à créer un meilleur modèle ainsi qu’une compréhension plus claire et plus juste du domaine. Les experts du domaine connaissent bien leur terrain d’expertise, mais ils organisent et utilisent leur connaissance d’une manière spécifique, qui n’est pas toujours la bonne pour une implémentation dans un système logiciel. L’esprit d’analyse du concepteur du logiciel aide à dénicher certains concepts-clés du domaine lors des discussions avec les experts, et aide aussi à construire une structure pour de futures discussions comme nous le verrons au chapitre suivant. Nous, les spécialistes en logiciel (architectes logiciels et développeurs), et les experts du domaine, créons le modèle du domaine ensemble, et le modèle est l’endroit où ces deux champs d’expertise se rencontrent. Ce processus peut sembler très gourmand en temps, et c’est le cas, mais c’est comme ça qu’il doit être, parce qu’au final le but du logiciel est de résoudre des problèmes métier dans un domaine de la vie réelle, et il doit donc se fondre parfaitement dans le domaine.

2

Le Langage omniprésent

Le besoin d'un langage commun

Le chapitre précédent a fait la démonstration qu'il était absolument nécessaire de développer un modèle du domaine en faisant travailler les spécialistes informatique avec les experts du domaine ; toutefois cette approche se heurte couramment à quelques difficultés dues à une barrière de communication initiale. Les développeurs ont la tête pleine de classes, de méthodes, d'algorithmes, de patterns, et ont tendance à toujours vouloir faire correspondre un concept de la vie réelle à un artefact de programmation. Ils veulent voir les classes d'objets qu'ils devront créer et les relations entre elles qu'il faudra modéliser. Ils pensent en termes d'héritage, de polymorphisme, d'orienté objet, etc. Et ils parlent comme ça tout le temps. Et c'est normal pour eux d'agir ainsi. Les développeurs restent des développeurs. Mais les experts du domaine ne connaissent en général rien de tout cela. Ils n'ont aucune idée de ce que peuvent être des bibliothèques logicielles, des frameworks, la persistance, et dans bien des cas même une base de données. Ils connaissent leur champ d'expertise particulier.

Dans l'exemple de surveillance du trafic aérien, les experts du domaine s'y connaissent en avions, en routes, en altitudes, longitudes et latitudes, ils maitrisent les déviations par rapport à l'itinéraire normal, les trajectoires des avions. Et ils parlent de ces choses dans leur propre jargon, ce qui parfois n'est pas très facile à suivre pour quelqu'un de l'extérieur.

Pour surmonter la différence de style de communication, quand nous construisons le modèle, nous devons nous parler pour échanger des idées sur le modèle, sur les éléments impliqués dans le modèle, la manière dont nous les relions, sur ce qui est pertinent ou non. La communication à ce niveau est primordiale pour la réussite du projet. Si quelqu'un dit quelque chose et que l'autre ne comprend pas, ou pire encore, comprend autre chose, quelles chances y-a-t-il pour que le projet aboutisse ?

Un projet se trouve face à de sérieux problèmes lorsque les membres de l'équipe ne partagent pas un langage commun pour discuter du domaine. Les experts du domaine utilisent leur jargon tandis que les membres de l'équipe technique ont leur propre langage prévu pour discuter du domaine en termes de conception.

La terminologie des discussions de tous les jours est déconnectée de la terminologie embarquée dans le code (qui est finalement le produit le plus important d'un projet informatique). Et même un individu identique utilise un langage différent à l'oral et à l'écrit, si bien que les expressions du domaine les plus perspicaces émergent souvent dans une forme transitoire qui n'est jamais capturée dans le code ni même dans les documents écrits.

Lors de ces séances de discussion, on utilise souvent la traduction pour faire comprendre aux autres le sens de certains concepts. Les développeurs peuvent essayer d'expliquer quelques design patterns en utilisant un langage de non-spécialiste, parfois sans succès. Les experts du domaine vont s'efforcer de faire passer certaines de leurs idées en créant probablement un nouveau jargon. Au cours de ce processus, la communication souffre, et ce genre de traduction ne favorise pas le mécanisme de construction de la connaissance.

Nous avons tendance à utiliser nos propres dialectes pendant ces séances de conception, mais aucun de ces dialectes ne peut être un langage commun parce qu'aucun ne sert les besoins de tout le monde.

Nous avons résolument besoin de parler le même langage quand nous nous réunissons pour parler du modèle et le définir. Quel langage cela va-t-il être ? Celui des développeurs ? Celui des experts du domaine ? Quelque chose entre les deux ?

Un des principes de base de Domain-Driven Design est d'utiliser un langage basé sur le modèle. Puisque le modèle est le terrain d'entente, l'endroit où le logiciel rencontre le domaine, il est justifié de l'utiliser comme terrain de construction de ce langage.

Utilisez le modèle comme colonne vertébrale d'un langage. Demandez à ce que l'équipe utilise le langage assidûment dans tous les échanges, et aussi dans le code. Quand elle partage la connaissance et dessine les contours du modèle, l'équipe utilise l'expression orale, écrite et des diagrammes. Assurez-vous que le langage apparaisse en continu dans toutes les formes de communication utilisées par l'équipe ; c'est en cela que le langage est appelé *Langage omniprésent.*

Le Langage omniprésent fait le lien entre toutes les parties du design, et jette les fondements d'un bon fonctionnement de l'équipe de conception. Cela prend des mois et même des années pour que puisse prendre forme le design de projets de grande envergure. Les membres de l'équipe découvrent que certains des concepts initiaux étaient inexacts ou utilisés mal à propos, ou ils découvrent de nouveaux éléments du

design qui nécessitent d'être examinés et insérés dans la conception globale. Tout cela n'est pas possible sans un langage commun.

Les langages n'apparaissent pas du jour au lendemain. Ca demande un sérieux travail et beaucoup de concentration pour s'assurer que les éléments clés du langage voient le jour. Il nous faut trouver ces concepts clés qui définissent le domaine et la conception, trouver les mots qui leur correspondent, et commencer à les utiliser. Certains d'entre eux sont faciles à repérer, mais il y en a des plus ardus.

Eliminez les difficultés en testant des expressions différentes, qui reflètent des modèles alternatifs. Puis refactorez le code, en renommant les classes, les méthodes et les modules pour vous conformer au nouveau modèle. Trouvez une solution au flou entourant certains termes grâce à la conversation, exactement de la même manière qu'on s'accorde sur la signification de mots ordinaires.

Construire un langage comme cela conduit à un résultat manifeste : le modèle et le langage sont fortement interconnectés l'un à l'autre. Un changement dans le langage doit devenir un changement dans le modèle.

Les experts du domaine devraient s'opposer à des termes et des structures maladroites ou inaptes à véhiculer la compréhension du domaine. S'il y a des choses que les experts du domaine ne comprennent pas dans le modèle ou le langage, alors il est plus que probable que quelque chose cloche dans ce dernier. D'un autre côté, les développeurs devraient surveiller les ambiguïtés et les incohérences qui auront tendance à apparaitre dans la conception.

Créer le Langage omniprésent

Comment pouvons-nous commencer à créer un langage ? Voici un dialogue hypothétique entre un développeur logiciel et un expert du domaine dans le projet de surveillance du trafic aérien. Faites bien attention aux mots qui apparaissent en gras.

Développeur : Nous voulons surveiller le trafic aérien. Par où est-ce qu'on commence ?

Expert : Commençons par la base. Tout ce trafic est composé d'avions. Chaque avion décolle d'un lieu de **départ**, et atterrit sur un lieu de **destination**.

Développeur : Ca, c'est simple. Une fois en vol, l'avion peut opter pour n'importe quel chemin aérien choisi par les pilotes ? Est-ce que c'est de leur ressort de décider la voie à prendre, du moment qu'ils atteignent la destination ?

Expert : Oh, non. Les pilotes reçoivent une **route** à suivre. Et ils doivent rester aussi proches que possible de cette route.

Développeur : Je vois cette **route** comme un chemin en 3D dans le ciel. Si nous utilisons un système de coordonnées cartésiennes, alors la route est simplement une série de points 3D.

Expert : Je ne pense pas. Nous ne voyons pas la **route** comme ça. La route est en fait la projection sur le sol du chemin aérien attendu de l'appareil. La **route** passe par une série de points au sol déterminés par leur **latitude** et **longitude**.

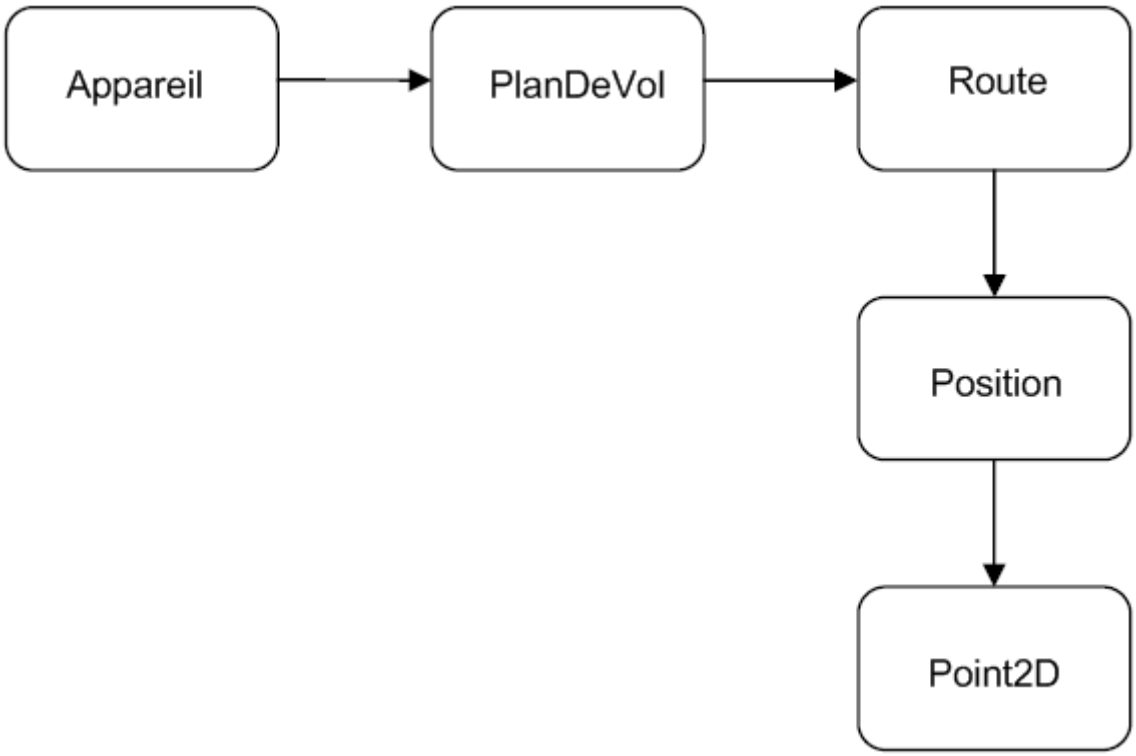
Développeur : OK, appelons alors chacun de ces points une **position**, puisque c'est un point fixe à la surface de la Terre. Ensuite on utilisera une série de points 2D pour décrire le chemin. Et au passage, le **départ** et la **destination** sont simplement des **positions**. On ne devrait pas les considérer comme des concepts à part. La route atteint sa **destination** comme elle atteint n'importe quelle autre **position**. L'avion doit suivre la route, mais est-ce que ça veut dire qu'il peut voler aussi haut ou aussi bas qu'il veut ?

Expert : Non. L'altitude qu'un appareil doit avoir à un moment donné est aussi établie dans le **plan de vol**.

Développeur : Plan de vol ? Qu'est-ce que c'est ?

Expert : Avant de quitter l'aéroport, les pilotes reçoivent un **plan de vol** détaillé qui comprend toutes sortes d'information sur le **vol** : la route, l'**altitude** de croisière, la **vitesse** de croisière, le type d'**appareil**, et même des informations sur les membres de l'équipage.

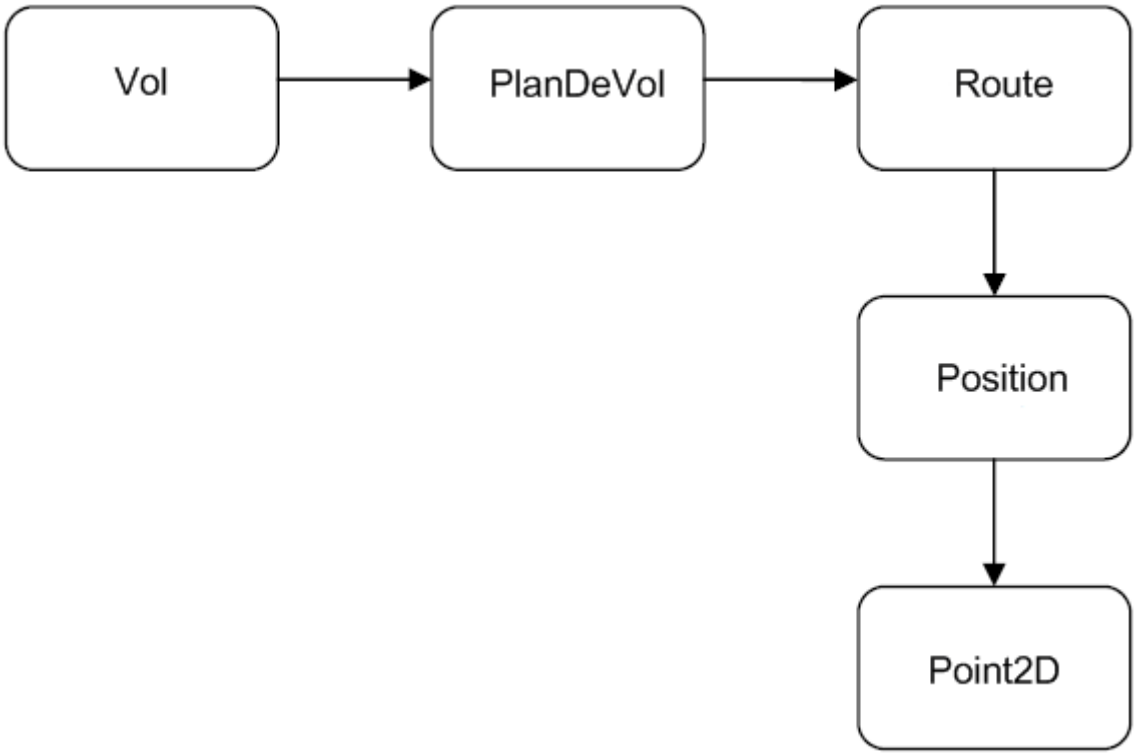
Développeur : Hmm, le **plan de vol** m'a l'air assez important. On va l'inclure dans le modèle.



Développeur : Voilà qui est mieux. Maintenant que je le vois, je réalise quelque chose. Quand on surveille le trafic aérien, en fait on ne s'intéresse pas aux avions eux-mêmes, s'ils sont blancs ou bleus, ou si c'est des Boeing ou des Airbus. On s'intéresse à leur **vol**. C'est ça qu'on trace et qu'on mesure, en réalité. Je pense qu'on devrait changer le modèle un petit peu pour le rendre plus précis.

Remarquez comment cette équipe, en parlant du domaine de la surveillance du trafic aérien autour de son modèle naissant, est lentement en train de créer un langage constitué des mots en gras. Notez aussi la manière dont ce langage change le modèle !

Cependant, dans la vie réelle ce dialogue est beaucoup plus bavard, et les gens parlent très souvent des choses indirectement, entrent trop dans les détails, ou choisissent de mauvais concepts ; ceci peut rendre la formation du langage très difficile. Pour commencer à attaquer ce problème, tous les membres de l'équipe devraient être conscients du besoin de créer un langage commun et on devrait leur rappeler de rester concentrés sur l'essentiel, et d'utiliser le langage à chaque fois que c'est nécessaire. Nous devrions utiliser notre jargon aussi peu que possible pendant ce genre de séance, et on devrait se servir du Langage omniprésent car il nous aide à communiquer clairement et précisément.



Il est aussi fortement recommandé aux développeurs d'implémenter les concepts principaux du modèle dans le code. On pourrait écrire une classe pour Route et une autre pour Position. La classe Position pourrait hériter d'une classe Point2D, ou pourrait contenir un Point2D comme attribut principal. Cela dépend d'autres facteurs dont nous discuterons plus tard. En créant des classes pour les concepts du modèle correspondants, nous faisons du mapping entre le modèle et le code, et entre le langage et le code. C'est très utile car cela rend le code plus lisible, et en fait une reproduction du modèle. Le fait d'avoir un code qui exprime le modèle porte ses fruits plus tard dans le projet, lorsque le modèle devient gros, et lorsque des changements dans le code peuvent avoir des conséquences indésirables si le code n'a pas été conçu proprement.

Nous avons vu comment le langage est partagé par l'équipe entière, et aussi comment il aide à bâtir la connaissance et à créer le modèle. Que devrions-nous employer pour communiquer le langage ? Simplement l'expression orale ? Nous avons utilisé des diagrammes. Quoi d'autre ? De l'écrit ?

Certains diront qu'UML est suffisamment bon pour construire un modèle entièrement dessus. Et en effet, c'est un très bon outil pour coucher sur le papier des concepts clés comme les classes, et pour exprimer les relations qui existent entre elles. Vous pouvez dessiner trois ou quatre classes sur un calepin, écrire leurs noms, et montrer leurs liaisons. C'est très simple pour tout le monde de suivre le cheminement de votre pensée, et l'expression graphique d'une idée est facile à comprendre. Tout le monde partage instantanément la même vision d'un sujet donné, et il devient plus simple de

communiquer en se basant là-dessus. Quand de nouvelles idées apparaissent, le diagramme est modifié pour refléter le changement conceptuel.

Les diagrammes UML sont très utiles lorsque le nombre d'éléments en jeu est petit. Mais de l'UML, ça peut pousser comme des champignons après une pluie d'été. Que faire quand on a des centaines de classes qui occupent une feuille de papier aussi longue que le Mississipi ? C'est difficilement lisible même par des spécialistes en logiciel, sans parler des experts du domaine. Ils n'y comprendront pas grand-chose lorsque tout ça enflera, et ça enfle même dans des projets de taille moyenne.

De plus, UML sait bien exprimer les classes, leurs attributs et leurs relations. Mais les comportements des classes et les contraintes ne se formulent pas aussi facilement. Pour cela, UML a recours à du texte placé sous forme de notes dans le diagramme. Donc UML ne sait pas véhiculer deux aspects importants d'un modèle : la signification des concepts qu'il représente et ce que l'objet est censé faire. Mais ça ne fait rien, puisque nous pouvons y ajouter d'autres outils de communication.

On peut utiliser des documents. Une manière conseillée de communiquer le modèle est de faire de petits diagrammes, chacun contenant un sous-ensemble du modèle. Ces diagrammes contiendront plusieurs classes et leurs relations. Cela regroupe déjà une bonne partie des concepts en jeu. Puis nous pouvons ajouter du texte au diagramme. Le texte va expliquer le comportement et les contraintes que le diagramme ne peut pas représenter. Chaque sous-section comme celle-là tente d'expliquer un aspect important du domaine, elle braque un « projecteur » pour éclairer une partie du domaine.

Ces documents peuvent même être dessinés à main levée, car ça transmet l'impression qu'ils sont temporaires, et pourraient être changés dans un futur proche, ce qui est vrai parce que le modèle est modifié de nombreuses fois au début avant d'atteindre un état plus stable.

Il pourrait être tentant d'essayer de créer un grand diagramme couvrant le modèle tout entier. Toutefois, la plupart du temps de tels diagrammes sont presque impossibles à constituer. Et qui plus est, même si vous parvenez à fabriquer ce diagramme unique, il sera si encombré qu'il ne véhiculera pas la compréhension mieux que le ferait l'assortiment de petits diagrammes.

Faites attention aux longs documents. Ils prennent beaucoup de temps à écrire, et peuvent devenir obsolètes avant d'être terminés. Les documents doivent être synchronisés avec le modèle. De vieux documents qui utilisent le mauvais langage et ne reflètent pas le modèle ne sont pas très utiles. Essayez de les éviter quand c'est possible.

Il est aussi possible de communiquer en utilisant du code. La communauté XP plaide abondamment pour cette approche. Du code bien écrit peut être très communicatif.

Bien que le comportement exprimé par une méthode soit clair, le nom de la méthode est-il aussi clair que son corps ? Les assertions d'un test parlent d'elles-mêmes, mais qu'en est-il du nom des variables et de la structure générale du code ? Donnent-ils haut et fort une version intégrale des faits ? Du code qui fonctionnellement fait ce qu'il y a à faire, n'exprime pas forcément ce qu'il y a à exprimer. Ecrire un modèle en code est très difficile.

Il y a d'autres façons de communiquer lors de la conception. Ce n'est pas l'objectif de ce livre de les présenter toutes. Une chose est néanmoins claire : l'équipe de conception, composée d'architectes logiciels, de développeurs et d'experts du domaine, a besoin d'un langage qui unifie leurs actions, et les aide à créer un modèle et à l'exprimer dans du code.

3

Conception dirigée par le Modèle

Les chapitres précédents soulignaient l'importance d'une approche du développement logiciel centrée sur le domaine métier. Nous avons dit qu'il était fondamentalement important de créer un modèle profondément enraciné dans le domaine, et qui reflète les concepts essentiels du domaine avec une grande précision. Le Langage omniprésent devrait être pratiqué pleinement tout au long du processus de modélisation de manière à faciliter la communication entre les spécialistes logiciels et les experts du domaine, et à découvrir les concepts clés du domaine qui devront être utilisés dans le modèle. L'objectif de ce processus de modélisation est de créer un bon modèle. L'étape suivante est l'implémentation du modèle en code. C'est une phase tout aussi importante du processus de développement logiciel. Si vous avez créé un excellent modèle mais que vous échouez à le transférer correctement dans le code, il en résultera en un logiciel de qualité discutable.

Il arrive que les analystes logiciels travaillent avec les experts du domaine métier pendant des mois, découvrent les éléments fondamentaux du domaine, mettent en lumière leurs relations, et créent un modèle correct, qui capture le domaine de façon exacte. Puis le modèle est passé aux développeurs. Ce qui peut se produire, c'est que les développeurs regardent le modèle et découvrent que certains des concepts ou relations qui s'y trouvent ne peuvent pas être correctement exprimés par du code. Ils utilisent donc le modèle original comme source d'inspiration, mais ils créent leur propre conception qui emprunte des idées du modèle, et y ajoutent certaines de leurs propres idées. Le processus de développement se poursuit, et davantage de classes sont ajoutées au code, creusant l'écart entre le modèle d'origine et l'implémentation finale. On n'est plus assuré d'avoir le bon résultat à la fin. Il se peut que de bons développeurs mettent sur pied un produit qui marche, mais résistera-t-il à l'épreuve du temps ? Sera-t-il facilement extensible ? Sera-t-il aisément maintenable ?

Tout domaine peut être exprimé à travers de nombreux modèles, et tout modèle peut se traduire de diverses manières dans le code. A chaque problème particulier il peut y

avoir plus d'une solution. Laquelle choisir ? Avoir un modèle analytiquement correct ne signifie pas qu'il puisse être directement exprimé en code. A ce stade, la question principale est la suivante : comment allons-nous aborder la transition du modèle vers le code ?

Parmi les techniques de conception parfois préconisées, il y a ce qu'on appelle le *modèle d'analyse*, qui est vu comme étant séparé du design du code et généralement fait par des personnes différentes. Le modèle d'analyse est le produit de l'analyse du domaine métier, il se traduit par un modèle qui ne prend pas en compte le logiciel utilisé dans l'implémentation. On se sert de ce genre de modèle pour comprendre le domaine. Un certain niveau de connaissance est bâti, et le modèle résultant peut être analytiquement correct. Le logiciel n'est pas pris en compte à cette étape car on le considère comme un facteur de confusion. Ce modèle parvient ensuite aux développeurs qui sont censés faire la conception. Comme le modèle n'a pas été construit avec des principes de conception en tête, il ne servira probablement pas bien cet objectif. Les développeurs devront l'adapter, ou créer une conception séparée. Et il cesse d'y avoir un mappage entre le modèle et le code. Résultat, les modèles d'analyse sont rapidement abandonnés après qu'on ait commencé à coder.

Un des principaux problèmes de cette approche est que les analystes ne peuvent pas prévoir certains défauts de leur modèle, ni toutes les subtilités du domaine. Il arrive que les analystes soient allés trop dans les détails de certains composants du modèle, et n'en aient pas assez précisé d'autres. On découvre des détails très importants pendant le processus de conception et d'implémentation. Il peut s'avérer qu'un modèle fidèle au domaine ait de sérieux problèmes avec la persistance des objets, ou un comportement inacceptable en termes de performances. Les développeurs seront obligés de prendre des décisions par eux-mêmes, et apporteront des modifications à la conception pour résoudre un problème réel qui n'avait pas été pris en compte lorsque le modèle avait été créé. Ils produisent une conception qui s'éloigne du modèle, le rendant moins pertinent.

Si les analystes travaillent indépendamment, ils vont finalement créer un modèle. Quand ce modèle est transmis aux concepteurs, une partie de la connaissance du domaine et du modèle détenue par les analystes est perdue. Même si on peut exprimer le modèle à travers des diagrammes et des documents écrits, il y a des chances pour que les concepteurs ne saisissent pas tout le sens du modèle, les relations entre certains objets, ou leur comportement. Il y a des détails d'un modèle qui ne s'expriment pas facilement sous forme de diagramme, et ne peuvent pas être présentés dans leur intégralité même dans des documents écrits. Il ne sera pas facile pour les développeurs de les saisir. Dans certains cas ils feront des suppositions sur le comportement voulu, et il est possible qu'ils fassent les mauvaises, débouchant sur un fonctionnement incorrect du programme.

Les analystes tiennent leurs propres réunions fermées où l'on débat de beaucoup de choses autour du domaine, et où il y a beaucoup de partage de connaissance. Ils créent un modèle censé contenir toute l'information sous forme condensée, et les développeurs doivent en assimiler l'intégralité en lisant les documents qu'on leur donne. Ce serait bien plus productif si les développeurs pouvaient se joindre aux réunions des analystes et ainsi accéder à une vue claire, complète du domaine et du modèle avant de commencer à concevoir le code.

Une meilleure approche est de lier étroitement modélisation du domaine et conception. Le modèle devrait être construit en gardant un œil sur les considérations logicielles et conceptuelles. On devrait intégrer les développeurs dans le processus de modélisation. L'idée importante est de choisir un modèle qui puisse être exprimé convenablement dans du logiciel, pour que le processus de conception soit direct et basé sur le modèle. Le fait de coupler étroitement le code à un modèle sous-jacent donne du sens au code et rend le modèle pertinent.

Impliquer les développeurs permet d'avoir du feedback. Cela permet de s'assurer que le modèle peut être implémenté en logiciel. Si quelque chose ne va pas, le problème est identifié à un stade précoce, et on peut facilement le corriger.

Ceux qui écrivent le code devraient très bien connaitre le modèle, et se sentir responsables de son intégrité. Ils devraient réaliser qu'un changement dans le code implique un changement dans le modèle ; sans quoi ils refactoreront le code jusqu'au point où il aura cessé d'exprimer le modèle original. Si l'analyste est dissocié du processus d'implémentation, il perdra rapidement toute préoccupation concernant les limites introduites par le développement. Le résultat de cela sera un modèle qui n'est pas pragmatique.

Toute personne technique qui contribue à l'élaboration du modèle doit passer du temps à manipuler le code, quel que soit le rôle premier qu'il ou elle joue dans le projet. Toute personne ayant la responsabilité de modifier du code doit apprendre à exprimer un modèle à travers le code. Chaque développeur doit être impliqué, à un niveau ou un autre, dans la discussion autour du modèle et être en contact avec les experts du domaine. Ceux qui contribuent de manière non technique doivent engager consciemment, avec ceux qui manipulent le code, un échange dynamique d'idées sur le modèle à travers le Langage omniprésent.

Si on ne peut pas faire la correspondance entre la conception, ou une partie centrale de celle-ci, et le modèle du domaine, ce modèle n'aura que peu de valeur, et la justesse du logiciel sera suspecte. Qui plus est, les mappages complexes entre modèles et fonctions conceptuelles seront difficiles à comprendre, et, en pratique, impossibles à maintenir lorsque la conception changera. Un fossé mortel s'ouvrira entre l'analyse et

la conception si bien que le discernement qu'on gagnera à pratiquer l'une des deux activités ne nourrira pas l'autre.

Concevez toute portion du système logiciel de telle sorte qu'elle reflète le modèle du domaine de manière très littérale, de cette manière le mappage sera évident. Revisitez ensuite le modèle et modifiez-le pour qu'il puisse être implémentable plus naturellement dans le logiciel, même si votre but reste une représentation fine du domaine. Exigez un modèle unique qui serve bien ces deux objectifs, en plus de supporter un Langage omniprésent fluide.

Puisez dans le modèle la terminologie à utiliser pour la conception et l'affectation des responsabilités de base. Le code devient une expression du modèle, donc il se peut qu'un changement apporté au code se traduise en un changement du modèle. Son effet doit se propager en conséquence à travers le reste des activités du projet.

Lier étroitement l'implémentation à un modèle nécessite généralement des langages et outils de développement qui supportent un paradigme de modélisation, comme par exemple la programmation orientée objet.

La programmation orientée objet convient bien à l'implémentation de modèle car ils sont tous deux basés sur le même paradigme. La programmation orientée objet prévoit des classes d'objets et leurs associations, des instances d'objets, et l'envoi de messages entre eux. Les langages de POO rendent possible la création de mappages directs entre les objets du modèle avec leurs relations, et leurs équivalents en programmation.

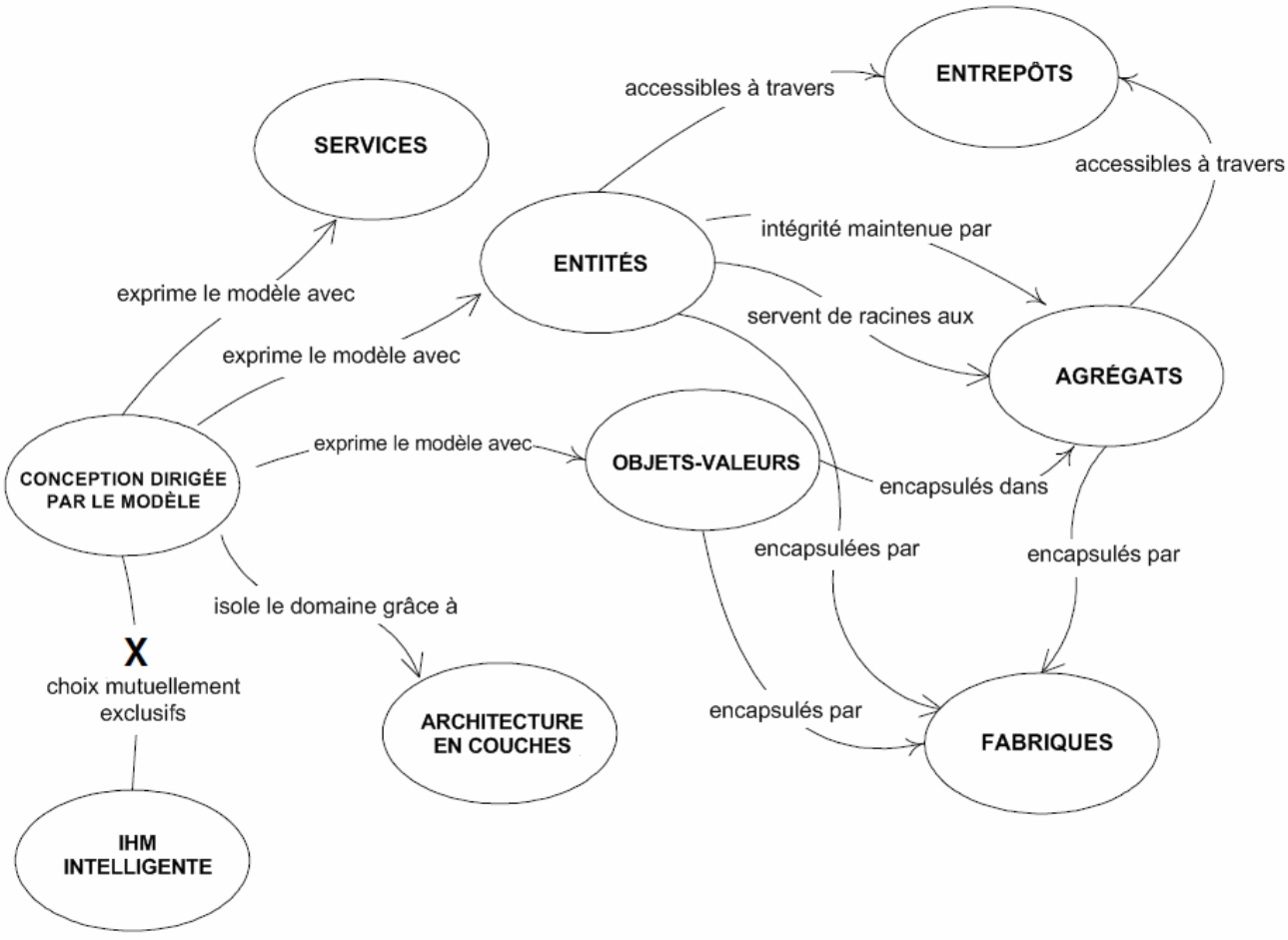
Les langages procéduraux offrent un support limité de la conception dirigée par le Modèle. Ces langages ne proposent pas les briques nécessaires pour implémenter les composants-clés d'un modèle. Certains disent qu'on peut faire de la POO avec un langage procédural comme le C, et en effet, une partie des fonctionnalités peuvent être reproduites de cette façon. Les objets peuvent être simulés par des structures de données. Ce genre de structure ne contient pas le comportement de l'objet, il faut le rajouter séparément dans des fonctions. La signification de telles données existe seulement dans l'esprit du développeur, car le code lui-même n'est pas explicite. Un programme écrit dans un langage procédural est généralement perçu comme un ensemble de fonctions, l'une appelant l'autre, qui travaillent ensemble pour atteindre un résultat donné. Un programme comme cela est incapable d'encapsuler facilement des connexions conceptuelles, ce qui rend le mappage entre le domaine et le code difficile à réaliser.

Certains domaines spécifiques, comme les mathématiques, sont facilement modélisables et implémentables en programmation procédurale, car bien des théories mathématiques se traitent facilement en utilisant des appels de fonctions et des structures de données, en effet il s'agit avant tout de calculs. Il y a des domaines plus

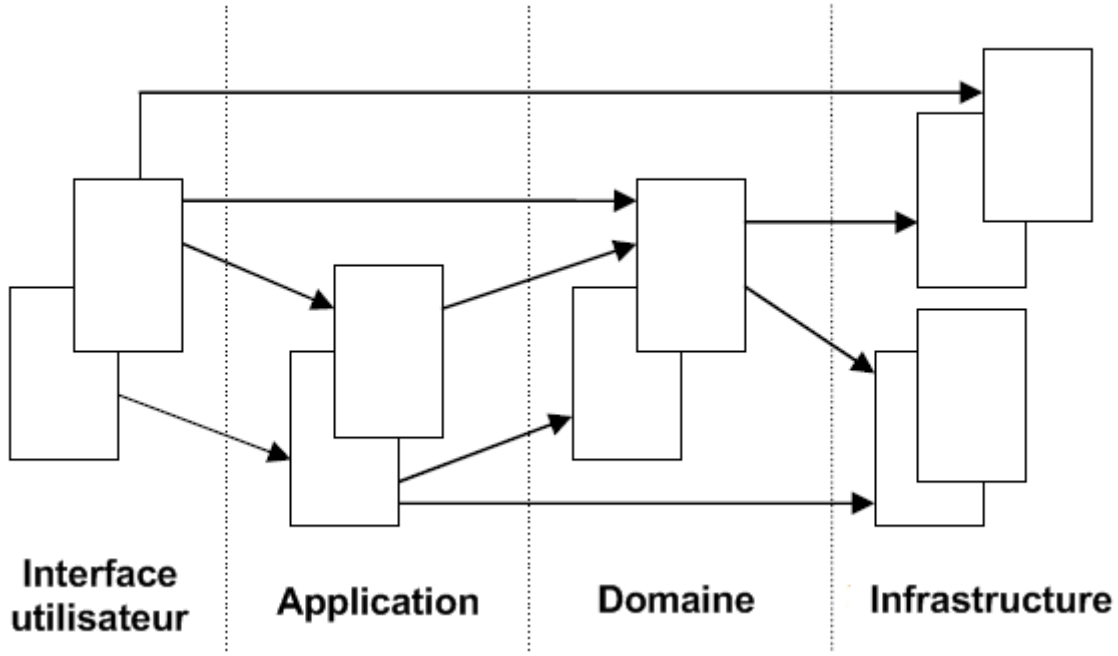
complexes qui ne sont pas juste une suite de concepts abstraits impliquant des calculs, et ne peuvent pas être réduits à un jeu d'algorithmes, c'est pourquoi les langages procéduraux sont bien en peine d'exprimer ces modèles. Pour cette raison, la programmation procédurale n'est pas recommandée en conception dirigée par le modèle.

Les blocs de construction d'une conception orientée Modèle

Les sections suivantes de ce chapitre exposent les principaux patterns utilisés en conception dirigée par le modèle. Le diagramme qui suit est une carte des patterns présentés et des relations qui existent entre eux.



L'architecture en couches



Lorsqu'on crée une application logicielle, une grande part de l'application n'est pas reliée directement au domaine, mais fait partie de l'infrastructure ou sert le logiciel lui-même. Il peut arriver, et c'est justifié, que la partie domaine d'une application soit assez réduite comparée au reste, puisqu'une application typique contient beaucoup de code lié à l'accès à la base de données, à l'accès aux fichiers ou au réseau, aux interfaces utilisateur, etc.

Dans un programme orienté objet, le code de l'IHM, de la base de données, et d'autres modules de support se retrouve souvent directement écrit dans les objets métier. Une partie de la logique métier est quant à elle embarquée dans le comportement des composants d'IHM et des scripts de base de données. Cela arrive parfois car c'est la façon la plus simple de faire marcher les choses rapidement.

Cependant, quand du code relatif au domaine est mélangé aux autres couches, il devient très difficile de garder un œil dessus et de s'en souvenir. Des changements superficiels dans l'IHM peuvent en réalité modifier la logique métier. Il se peut que changer une règle métier exige une fouille méticuleuse dans code de l'IHM, dans code de la base de données, ou d'autres éléments du programme. Implémenter des objets orientés modèle cohérents devient difficilement praticable. Les tests automatisés deviennent peu commodes. Avec toute la technologie et toute la logique incluse dans chaque activité, on doit garder un programme très simple ou il devient impossible à comprendre.

Pour cette raison, vous devez partitionner un programme complexe en COUCHES. Imaginez une conception au sein de chaque COUCHE qui soit cohérente et ne dépende que des couches en-dessous. Suivez les modèles d'architecture standard pour fournir

un couplage faible aux couches du dessus. Concentrez tout le code lié au modèle du domaine dans une couche et isolez-le du code d'interface utilisateur, applicatif, et d'infrastructure. Les objets du domaine, libérés de la responsabilité de s'afficher eux-mêmes, de se stocker eux-mêmes, de gérer les tâches applicatives, et ainsi de suite, pourront se concentrer sur l'expression du modèle du domaine. Cela permet à un modèle d'évoluer jusqu'à être assez riche et assez clair pour capturer la connaissance essentielle du métier et la mettre en œuvre.

Une solution architecturale courante pour les conceptions dirigées par le domaine contient quatre couches conceptuelles :

Interface utilisateur (couche de présentation)	Responsable de la présentation de l'information à l'utilisateur et de l'interprétation des commandes de l'utilisateur.
Couche application	C'est une couche fine qui coordonne l'activité de l'application. Elle ne contient pas de logique métier. Elle ne recèle pas l'état des objets métier, mais elle peut détenir l'état de la progression d'une tâche applicative.
Couche domaine	Cette couche contient les informations sur le domaine. C'est le cœur du logiciel métier. L'état des objets métier est renfermé ici. La persistance des objets métier et peut-être aussi leur état est délégué à la couche infrastructure.
Couche infrastructure	Cette couche agit comme une bibliothèque de soutien pour toutes les autres couches. Elle fournit la communication entre les couches, implémente la persistance des objets métier, contient les bibliothèques auxiliaires de la couche d'interface utilisateur, etc.

Il est important de scinder une application en couches séparées, et d'établir des règles d'interaction entre elles. Si le code n'est pas clairement séparé en couches, il deviendra vite si enchevêtré qu'il sera très difficile de gérer les changements. Une simple modification dans une section du code pourra avoir des résultats inattendus et indésirables dans d'autres sections. La couche domaine devrait se concentrer sur les enjeux du cœur du domaine. Elle ne devrait pas être impliquée dans des activités d'infrastructure. L'IHM ne devrait être étroitement liée ni à la logique métier, ni aux tâches qui incombent normalement à la couche infrastructure. Une couche application est nécessaire dans beaucoup de cas : il faut qu'il y ait un gestionnaire au-dessus de la logique métier qui supervise et coordonne l'activité d'ensemble de l'application.

Par exemple, une interaction typique entre application, domaine et infrastructure pourrait ressembler à ceci : l'utilisateur veut réserver une route pour un vol, et

demande au service application dans la couche applicative de le faire. Le tiers application récupère les objets métier appropriés auprès de l'infrastructure et invoque les méthodes adéquates dessus, par exemple pour vérifier les marges de sécurité par rapport aux autres vols déjà réservés. Une fois que les objets du domaine ont fait toutes les vérifications et mis à jour leur statut à « décidé », le service application persiste les objets en passant par l'infrastructure.

Les Entités

Il y a une catégorie d'objets dont l'identité semble rester la même au fil des états du logiciel. Chez ces objets, ce ne sont pas les attributs qui comptent, mais une ligne de continuité et d'identité qui s'étend sur la durée de vie d'un système et peut s'allonger au-delà. Ces objets sont appelés Entités.

Les langages de POO conservent des instances d'objets en mémoire, et ils associent une référence ou une adresse mémoire à chaque objet. Cette référence est unique à un objet à un instant donné, mais il n'y a aucune garantie qu'elle le reste indéfiniment. En fait, c'est plutôt le contraire. Les objets sont constamment enlevés et remis dans la mémoire, ils sont sérialisés et envoyés à travers le réseau pour être recréés à l'autre bout, ou ils sont détruits. Cette référence, qui fait office d'identité pour l'environnement d'exécution du programme, n'est pas l'identité dont nous parlons. Si une classe porte une information sur la météo, comme la température, il est tout à fait possible d'avoir deux instances distinctes de cette classe qui contiennent toutes deux la même valeur. Les objets sont parfaitement égaux et interchangeables, mais ils ont des références différentes. Ce ne sont pas des entités.

Si nous devions implémenter le concept d'une personne utilisant un programme logiciel, nous créerions probablement une classe Personne avec une série d'attributs : nom, date de naissance, lieu de naissance, etc. Est-ce qu'un de ces attributs constitue l'identité de la personne ? Le nom ne peut pas être l'identité parce qu'il peut y avoir d'autres gens qui s'appellent pareil. On ne pourrait pas faire la distinction entre deux personnes homonymes, si on devait seulement prendre en compte leur nom. Nous ne pouvons pas non plus utiliser la date de naissance, parce qu'il y a beaucoup de gens nés le même jour. Il en va de même pour lieu de naissance. Un objet doit se distinguer des autres même s'ils peuvent avoir les mêmes attributs. Une confusion d'identité peut conduire à une corruption des données.

Considérons l'exemple d'un système de comptes bancaires. Chaque compte a son propre numéro. Un compte peut être précisément identifié par son numéro. Ce numéro reste inchangé tout au long de la vie du système, et assure la continuité. Le numéro de compte peut exister en tant qu'objet en mémoire, ou il peut être détruit de la mémoire

et envoyé à la base de données. Il peut aussi être archivé quand le compte est fermé, mais il existe toujours quelque part du moment qu'on a un intérêt à le garder sous le coude. Peu importe la représentation qui en est faite, le numéro reste le même.

Donc, implémenter des entités dans le logiciel revient à créer de l'identité. Pour une personne ça peut être une combinaison d'attributs : nom, date de naissance, lieu de naissance, nom des parents et adresse actuelle. Le numéro de sécurité sociale est aussi utilisé aux Etats-Unis pour créer l'identité. Pour un compte bancaire, le numéro de compte semble suffire. Généralement, l'identité est un attribut de l'objet, une combinaison d'attributs, un attribut spécialement créé pour préserver et exprimer l'identité, ou même un comportement. Il est important que deux objets avec des identités différentes soient facilement distingués par le système, et que deux objets de même identité soient considérés comme les mêmes. Si cette condition n'est pas satisfaite, alors le système entier peut devenir corrompu.

Il y a différentes manières de créer une identité unique pour chaque objet. L'ID peut être généré automatiquement par un module, et utilisé en interne dans le logiciel sans être rendu visible pour l'utilisateur. Ca peut être une clé primaire dans une table de la base de données, qui est certifiée unique dans la base. Lorsque l'objet est pris dans la base, son ID est récupéré et recréé en mémoire. L'ID peut aussi être créé par l'utilisateur comme c'est le cas avec les codes associés aux aéroports. Chaque aéroport a un identifiant chaîne de caractères unique qui est reconnu internationalement et utilisé par les agences de voyages du monde entier pour identifier les aéroports dans la programmation de leurs voyages. Une autre solution est d'utiliser les attributs de l'objet pour créer l'ID, et quand ça ne suffit pas, un autre attribut peut être ajouté pour aider à identifier l'objet en question.

Lorsqu'un objet se distingue par son identité plutôt que par ses attributs, faites de cela un élément primordial de sa définition dans le modèle. Gardez une définition de la classe simple et focalisée sur la continuité du cycle de vie et l'identité. Définissez une façon de distinguer chaque objet quelle que soit sa forme ou son historique. Restez vigilant par rapport aux spécifications qui demandent à retrouver des objets par leurs attributs. Définissez une opération qui garantit la production d'un résultat unique pour chaque objet, si possible en y rattachant un symbole qui est garanti unique. Ce moyen d'identification peut venir de l'extérieur, ou ça peut être un identifiant arbitraire créé par et pour le système, mais il doit correspondre aux distinctions d'identité dans le modèle. Le modèle doit définir ce que signifie « être la même chose ».

Les entités sont des objets importants d'un modèle du domaine, et elles devraient être examinées dès le début du processus de modélisation. Il est aussi important de déterminer si un objet doit être une entité ou non, c'est ce dont il est question dans le pattern suivant.

Les Objets-Valeurs

Nous avons parlé des entités et de l'importance de les reconnaitre tôt dans la phase de modélisation. Les entités sont des objets nécessaires dans un modèle du domaine. Devons-nous faire de tous les objets des entités ? Chaque objet doit-il avoir une identité ?

Il pourrait être tentant de faire de tous les objets des entités. Les entités peuvent être suivies à la trace. Mais créer et tracer l'identité a un coût. On doit s'assurer que chaque instance a son identité unique, et étiqueter les identités n'est pas simple. Décider ce qui constitue une identité demande une réflexion longue et minutieuse, car une mauvaise décision mènerait à des objets de même identité, ce qu'on ne souhaite pas. Il y a aussi des répercussions sur les performances dans le fait de faire de tous les objets des entités. Il faut qu'il y ait une instance pour chaque objet. Si Client est un objet entité, alors une instance de cet objet, qui représente un client particulier d'une banque, ne peut pas être réutilisée pour des opérations sur des comptes correspondant à d'autres clients. La conséquence est qu'une telle instance doit être créée pour chaque client. Cela peut avoir comme résultat une dégradation des performances du système lorsqu'on a affaire à des milliers d'instances.

Considérons l'exemple d'une application de dessin. On présente à l'utilisateur un canevas, et il peut y dessiner tous les points et lignes de l'épaisseur, du style et de la couleur qu'il souhaite. Il est utile de créer une classe d'objets nommée Point, et le programme pourrait créer une instance de cette classe pour chaque point sur le canevas. Un point comme celui-là contiendrait deux attributs associés à ses coordonnées sur l'écran ou dans le canevas. Est-il nécessaire de considérer chaque point comme ayant une identité ? Est-ce qu'il possède une continuité ? Il semble que la seule chose qui compte chez un tel objet, ce sont ses coordonnées.

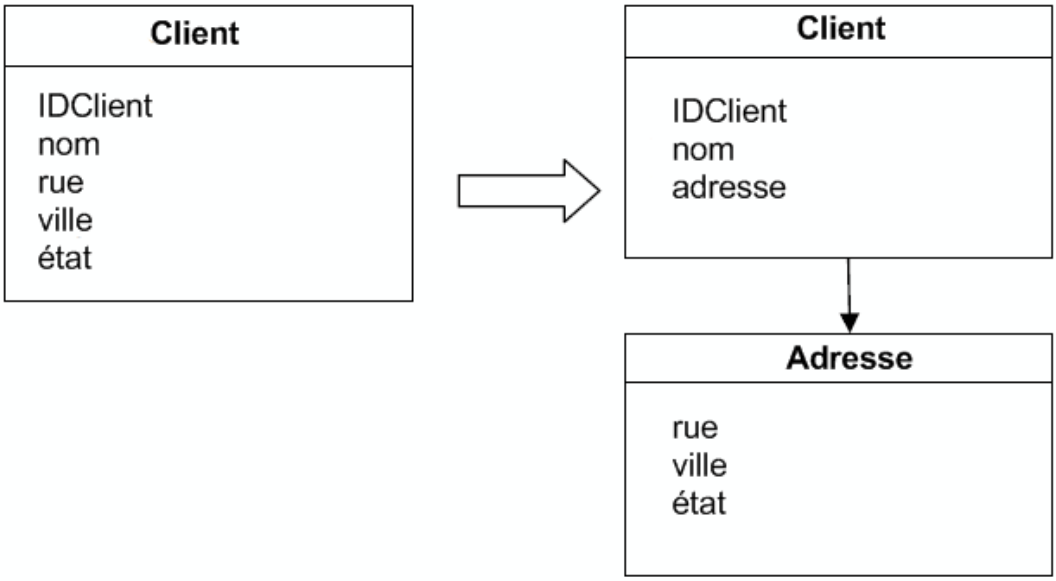
Il y a des cas où on a purement besoin de stocker des attributs d'un élément du domaine. Ce qui nous intéresse n'est pas de savoir de quel objet il s'agit, mais quels attributs il a. Un objet qui est utilisé pour décrire certains aspects d'un domaine et qui n'a pas d'identité, est appelé Objet-Valeur.

Il est nécessaire de distinguer les Objets Entités des Objets-Valeurs. Ca ne sert à rien de faire de tous les objets des entités juste pour des raisons d'uniformité. En fait, il est plutôt recommandé de choisir comme entités seulement les objets qui sont conformes à la définition d'une entité. Et de faire du reste des objets des Objets-Valeurs. (Nous présenterons un autre type d'objet dans la section suivante, mais supposons pour l'instant que nous avons seulement des objets entités et des objets-valeurs.) Ca va simplifier la conception, et il y aura d'autres conséquences positives.

N’ayant pas d’identité, les Objets-Valeurs peuvent facilement être créés et jetés. Personne n’a à se soucier de leur créer une identité, et le garbage collector règle son compte à l’objet quand il n’est plus référencé par aucun autre objet. Ca simplifie beaucoup le design.

Il est fortement recommandé que les objets-valeurs soient immuables. Ils sont créés à l’aide d’un constructeur, et jamais modifiés au cours de leur vie. Lorsque vous voulez une valeur différente pour l’objet, vous en créez tout simplement un autre. Ceci a des conséquences importantes sur la conception. Etant immuables, et n’ayant pas d’identité, les Objets-Valeurs peuvent être partagés. Ca peut s’avérer obligatoire dans certains designs. Les objets immuables sont partageables, avec d’importantes retombées en termes de performances. Ils ont aussi un caractère d’intégrité, au sens intégrité des données. Imaginez ce que cela voudrait dire de partager un objet qui n’est pas immuable. Un système de réservation de voyages en avion pourrait créer des objets pour chaque vol. Un des attributs pourrait être le code du vol. Un client réserve un vol pour une destination donnée. Un autre client veut réserver sur le même vol. Le système choisit de réutiliser l’objet qui comporte le code du vol, parce qu’il s’agit du même vol. Entretemps, le client change d’avis, et choisit de prendre un vol différent. Le système change le code du vol car il n’est pas immuable. Résultat, le code du vol du premier client change aussi.

Il y a une règle d’or : si les Objets-Valeurs sont partageables, ils doivent être immuables. Les Objets-Valeurs devraient garder une certaine minceur et une certaine simplicité. Lorsqu’un Objet-Valeur est demandé par un tiers, il peut simplement être passé par valeur, ou on peut en créer une copie et lui donner. Faire une copie d’un Objet-Valeur est simple, et généralement sans aucune conséquence. S’il n’y a pas d’identité, vous pouvez faire autant de copies que vous voulez, et toutes les détruire si nécessaire.



Les Objets-Valeurs peuvent contenir d'autres Objets-Valeurs, ils peuvent même contenir des références à des Entités. Bien que les Objets-Valeurs soient simplement utilisés pour contenir les attributs d'un objet du domaine, ça ne signifie pas qu'ils devraient comporter une longue liste de tous les attributs. Les attributs peuvent être regroupés dans différents objets. Les attributs qu'on choisit pour constituer un Objet-Valeur devraient former un tout conceptuel. A un client, on associe un nom, une rue, une ville et un Etat. C'est mieux si les informations sur l'adresse sont contenues dans un objet séparé, et l'objet client aura une référence à cet objet. La rue, la ville et l'Etat devraient avoir leur propre objet, l'Adresse, car ils ont conceptuellement leur place ensemble, plutôt qu'être des attributs séparés du client, comme indiqué dans le diagramme ci-dessus.

Les Services

Quand on analyse le domaine et qu'on essaye de déterminer les principaux objets qui le composent, on découvre que certains aspects du domaine ne se transposent pas facilement en objets. On considère de manière générale que les objets ont des attributs, un état interne qu'ils gèrent, et qu'ils exposent un comportement. Lorsqu'on élabore le Langage omniprésent, les concepts clés du domaine sont introduits dans le langage, et les noms de ce dernier sont facilement convertibles en objets. Les verbes du langage, associés aux noms correspondants, viennent former une partie du comportement de ces objets. Mais il y a certaines actions dans le domaine, certains verbes, qui ne semblent appartenir à aucun objet. Ils représentent un comportement important du domaine, ils ne peuvent donc être négligés ou simplement incorporés dans des Entités ou des Objets-Valeurs. Ajouter un tel comportement à un objet le corromprait, le ferait

incarner une fonctionnalité qui ne lui appartient pas. Néanmoins, utilisant un langage orienté objet, nous sommes obligés d'employer un objet à cet effet. Il ne peut pas simplement y avoir une fonction séparée, toute seule. Elle doit être rattachée à un objet. Souvent, ce genre de comportement fonctionne à travers plusieurs objets, potentiellement de classes différentes. Par exemple, transférer de l'argent d'un compte à un autre : cette fonction devrait-elle se trouver dans le compte qui envoie ou dans le compte qui reçoit ? L'un et l'autre semblent tout autant mal placés.

Lorsque ce genre de comportement est identifié dans le domaine, la meilleure méthode est de le déclarer en tant que Service. Un tel objet n'a pas d'état interne, et son objectif est simplement de fournir de la fonctionnalité au domaine. L'assistance fournie par un Service peut être non négligeable, et un service peut regrouper des fonctionnalités connexes qui servent aux Entités et aux Objets-Valeurs. C'est beaucoup mieux de déclarer le Service explicitement, parce que cela crée une distinction claire dans le domaine, ça encapsule un concept. Mettre ce genre de fonctionnalité dans une Entité ou un Objet-Valeur engendre de la confusion, car ce que ces objets représentent n'apparaitra pas clairement.

Les services agissent comme des interfaces qui fournissent des opérations. Les services sont courants dans les frameworks techniques, mais ils peuvent aussi être utilisés dans la couche domaine. L'intérêt d'un Service ne réside pas dans l'objet qui rend le service, il est plutôt lié aux objets sur ou pour le compte desquels les opérations sont effectuées. Par conséquent, il n'est pas inhabituel qu'un Service devienne le point de connexion de beaucoup d'objets. C'est une des raisons pour lesquelles un comportement qui appartient naturellement à un Service ne devrait pas être inclus dans les objets du domaine. Si on intègre une telle fonctionnalité dans les objets du domaine, un réseau d'associations dense se crée entre eux et les objets bénéficiaires des opérations. Un degré élevé de couplage entre de nombreux objets est le signe d'un piètre design parce que ça rend le code difficile à lire et à comprendre, et, plus important encore, ça le rend difficile à changer.

Un Service ne doit pas remplacer une opération qui appartient normalement aux objets du domaine. On ne devrait pas créer un Service pour chaque opération dont on a besoin. Mais lorsqu'il ressort qu'une telle opération est un concept important du domaine, un Service doit être créé pour ça. Un service compte 3 caractéristiques :

1. L'opération exécutée par le Service fait référence à un concept du domaine qui n'appartient pas naturellement à une Entité ou un Objet-Valeur.

2. L'opération effectuée fait référence à d'autres objets du domaine.

3. L'opération n'a pas d'état.

Quand un processus ou une transformation significative du domaine n'est pas la responsabilité naturelle d'une Entité ou d'un Objet-Valeur, vous pouvez ajouter une opération au modèle sous la forme d'une interface autonome déclarée en tant que Service. Définissez l'interface dans des termes du langage du modèle et assurez-vous que le nom de l'opération fait partie du Langage omniprésent. Faites en sorte que le Service n'ait pas d'état.

Quand on utilise des Services, il est important de préserver l'isolation de la couche domaine. On peut facilement confondre les services qui appartiennent à la couche du domaine, et ceux qui appartiennent à l'infrastructure. Il peut aussi y avoir des services dans la couche application, ce qui ajoute encore un niveau de complexité. Ces services sont encore plus difficiles à séparer de leurs homologues résidant dans la couche domaine. Au cours du travail sur le modèle et pendant la phase de conception, on doit s'assurer que le niveau domaine reste isolé des autres niveaux.

Les Services de l'application et les Services du domaine sont généralement tous deux construits autour des Entités et des Valeurs du domaine, ils fournissent des fonctionnalités qui sont directement reliées à ces objets. Décider à quelle couche un Service appartient n'est pas chose aisée. Si l'opération effectuée appartient conceptuellement à la couche application, alors c'est là qu'on devrait placer le Service. Si l'opération concerne des objets du domaine, si elle est strictement liée au domaine, et répond à un besoin du domaine, alors elle devrait appartenir à la couche domaine.

Considérons un exemple pratique, une application web de reporting. Les rapports utilisent des données stockées dans une base, et ils sont générés à partir de gabarits. Le résultat final est une page HTML présentée à l'utilisateur dans un navigateur web.

La couche d'IHM est contenue dans des pages web et permet à l'utilisateur de se connecter, de choisir le rapport souhaité et cliquer sur un bouton pour le lancer. La couche application est une couche fine qui se trouve entre l'interface utilisateur, le domaine et l'infrastructure. Elle interagit avec l'infrastructure de la base de données pendant les opérations de connexion, et avec la couche domaine lorsqu'elle a besoin de créer des rapports. La couche domaine va contenir le cœur du domaine, les objets directement reliés aux rapports. Rapport et Gabarit sont deux de ces objets, sur lesquels sont basés les rapports. La couche infrastructure assurera l'accès à la base de données et aux fichiers.

Quand un utilisateur sélectionne un rapport à créer, il sélectionne en réalité le nom d'un rapport dans une liste de noms. C'est le reportID, une chaîne de caractères. D'autres paramètres sont passés, comme les éléments à afficher dans le rapport et l'intervalle de temps des données qu'il contient. Mais nous parlerons seulement du reportID pour plus de simplicité. Ce nom est passé par le biais de la couche application à la couche domaine. Etant donné le nom, la couche domaine est responsable de la

création et du retour du rapport. Puisque les rapports sont basés sur des gabarits, on pourrait créer un Service, dont le but serait d'obtenir le gabarit qui correspond à un reportID. Ce gabarit est stocké dans un fichier ou en base de données. L'objet Rapport lui-même n'est pas l'endroit approprié pour mettre une telle opération. Elle n'appartient pas à l'objet Gabarit non plus. Donc on crée un Service à part dont l'objectif est de récupérer le gabarit d'un rapport en se basant sur l'ID du rapport. Ce serait un service situé dans la couche du domaine. Il se servirait de l'infrastructure fichier pour aller chercher le gabarit sur le disque.

Les Modules

Dans une application vaste et complexe, le modèle a tendance à devenir de plus en plus gros. Le modèle atteint un point ou il est difficile de parler de lui dans sa globalité, et où il devient compliqué de comprendre les relations et interactions entre ses différentes parties. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire d'organiser le modèle en modules. Les modules sont utilisés comme méthode d'organisation des concepts et tâches connexes en vue de réduire la complexité.

Les modules sont largement utilisés dans la plupart des projets. Il est plus facile de saisir le tableau d'ensemble d'un gros modèle si vous regardez les modules qu'il contient, puis les relations entre ces modules. Une fois qu'on a compris l'interaction entre les modules, on peut commencer à s'intéresser aux détails à l'intérieur d'un module. C'est une manière simple et efficace de gérer la complexité.

Une autre raison d'utiliser des modules est liée à la qualité du code. Il est largement reconnu que le code logiciel doit avoir un fort niveau de cohésion et un faible niveau de couplage. Même si la cohésion commence à l'échelle de la classe et de la méthode, elle peut être appliquée à l'échelle du module. Il est recommandé de regrouper les classes fortement liées dans des modules pour fournir le maximum de cohésion possible. Il y a plusieurs types de cohésion. Deux des plus répandues sont la *cohésion communicationnelle* et la *cohésion fonctionnelle*. La cohésion communicationnelle est effective lorsque des parties du module opèrent sur les mêmes données. Ca a du sens de les regrouper, car il existe une forte relation entre elles. La cohésion fonctionnelle est atteinte quand toutes les parties du module travaillent de concert pour réaliser une tâche bien définie. Elle est considérée comme la meilleure forme de cohésion.

Utiliser des modules dans la conception est une façon de renforcer la cohésion et de diminuer le couplage. Les modules devraient être constitués d'éléments qui vont de pair fonctionnellement ou logiquement, ce qui assure la cohésion. Les modules devraient avoir des interfaces bien définies auxquelles accèdent d'autres modules. Au lieu d'appeler trois objets d'un module, il est mieux d'accéder à une interface, car cela

réduit le couplage. Un couplage faible diminue la complexité, et augmente la maintenabilité. Il est plus facile de comprendre comment un système fonctionne quand il y a peu de connexions entre des modules qui assurent des tâches bien définies, que quand chaque module a des tas de connexions avec tous les autres.

Choisissez des Modules qui incarnent la nature du système et renferment un ensemble de concepts cohérents. Cela mène souvent à un couplage faible entre modules, mais si ce n'est pas le cas, trouvez une manière de modifier le modèle pour débroussailler les concepts, ou cherchez un concept que vous auriez ignoré et qui pourrait être la base d'un Module rassemblant les éléments de manière sensée. Visez un couplage faible, dans le sens de concepts qu'on peut comprendre et réfléchir indépendamment les uns des autres. Raffinez le modèle jusqu'à ce qu'il soit partitionné selon des concepts de haut niveau du domaine et que le code correspondant soit également découplé.

Donnez aux Modules des noms qui deviendront partie intégrante du Langage omniprésent. Les modules et leurs noms doivent donner un aperçu du domaine.

Les concepteurs ont l'habitude de créer des modules dès le début. Ce sont des éléments ordinaires de nos conceptions. Après que le rôle du module ait été décidé, il reste généralement inchangé, tandis que l'intérieur du module peut varier beaucoup. Il est recommandé de s'aménager de la flexibilité, de permettre aux modules d'évoluer avec le projet et de ne pas les figer. C'est vrai qu'un refactoring de module peut être plus coûteux qu'un refactoring de classe, mais lorsqu'une erreur de design d'un module est constatée, il vaut mieux s'y attaquer en changeant le module qu'en trouvant des solutions palliatives.

Les Agrégats

Les trois derniers patterns de ce chapitre vont traiter d'un autre défi de modélisation, un défi lié au cycle de vie des objets du domaine. Les objets du domaine passent par une série d'états au cours de leur vie. Ils sont créés, placés en mémoire et utilisés dans des traitements, puis ils sont détruits. Dans certains cas ils sont sauvegardés dans des emplacements permanents, comme une base de données, où on peut les récupérer un peu plus tard, ou bien ils sont archivés. A un moment donné ils peuvent être complètement effacés du système, y compris de la base et de l'archive.

Gérer le cycle de vie d'un objet du domaine constitue un défi en soi, et si ce n'est pas fait correctement, cela peut avoir un impact négatif sur le modèle du domaine. Nous allons présenter trois patterns qui nous aident à régler cela. Agrégat est un pattern de domaine utilisé pour définir l'appartenance et les frontières des objets. Les Fabriques

et les Entrepôts sont deux design patterns qui nous aident à traiter la création des objets et leur stockage. Nous allons commencer par parler des Agrégats.

Un modèle peut contenir un grand nombre d'objets du domaine. Aussi grande soit l'attention portée à la conception, il arrive que de nombreux objets soient associés entre eux, créant un réseau de relations complexe. Il y a plusieurs types d'associations. Pour chaque association traversable du modèle, il doit y avoir un mécanisme logiciel correspondant qui la met en application. Les véritables associations entre objets du domaine se retrouvent dans le code, et souvent même dans la base de données. Une relation un-à-un entre un client et le compte bancaire ouvert à son nom est exprimée sous la forme d'une référence entre deux objets, et engendre une relation entre deux tables en base, celle qui contient les clients et celle qui contient les comptes.

Bien souvent, le défi avec les modèles n'est pas de faire en sorte qu'ils soient suffisamment complets, mais de les rendre les plus simples et les plus compréhensibles possible. La plupart du temps, il s'avère payant d'éliminer ou de simplifier des relations du modèle. A moins bien sûr qu'elles ne recèlent une compréhension profonde du domaine.

Une association un-à-plusieurs est plus complexe car elle met en jeu de nombreux objets qui deviennent liés. Cette relation peut être simplifiée en la transformant en une association entre un objet et une collection d'autres objets, bien que ça ne soit pas toujours possible.

Il existe des associations plusieurs-à-plusieurs et un grand nombre d'entre elles sont bidirectionnelles. Cela augmente beaucoup la complexité, rendant la gestion du cycle de vie de ce genre d'objets assez difficile. Le nombre d'associations devrait être réduit autant que possible. En premier lieu, les associations qui ne sont pas essentielles pour le modèle devraient être retirées. Il se peut qu'elles existent dans le domaine, mais qu'elles ne soient pas nécessaires dans notre modèle, donc on peut les enlever. Deuxièmement, la multiplicité peut être réduite en ajoutant une contrainte. Si beaucoup d'objets satisfont à une relation, c'est possible qu'un seul puisse le faire si on impose la bonne contrainte sur la relation. Troisièmement, dans bien des cas les associations bidirectionnelles peuvent être transformées en associations unidirectionnelles. Chaque voiture a un moteur, et chaque moteur a une voiture dans laquelle il tourne. La relation est bidirectionnelle, mais elle peut facilement être simplifiée en considérant que la voiture a un moteur, et pas l'inverse.

Après avoir réduit et simplifié les associations entre objets, il se peut qu'on ait encore beaucoup de relations sur les bras. Un système bancaire détient et traite des données client. Ces données comprennent les informations personnelles du client, comme le nom, l'adresse, les numéros de téléphone, la description de l'emploi, et des informations sur le compte : numéro de compte, solde, opérations effectuées, etc.

Quand le système archive ou supprime complètement les informations sur un client, il doit s'assurer que toutes les références sont enlevées. Si beaucoup d'objets possèdent ces références, il est difficile d'être sûr qu'elles ont toutes été retirées. De plus, lorsque les données d'un client changent, le système doit vérifier qu'elles sont correctement mises à jour à travers tout le système, et que l'intégrité des données est garantie. On laisse généralement à la base de données le soin de s'en occuper. Les transactions sont utilisées pour assurer l'intégrité des données. Mais si le modèle n'a pas été soigneusement conçu, il y aura un fort degré de sollicitation de la base, conduisant à des performances médiocres. Même si les transactions de base de données jouent un rôle vital dans de telles opérations, il est souhaitable de résoudre certains problèmes liés à l'intégrité des données directement dans le modèle.

Il est aussi nécessaire de pouvoir faire respecter les invariants. Les invariants sont ces règles qui doivent être maintenues à chaque fois que les données changent. C'est dur à accomplir quand beaucoup d'objets ont des références vers les objets dont les données changent.

Il est difficile de garantir la cohérence des modifications apportées aux objets dans un modèle avec des associations complexes. Dans bien des cas, les invariants s'appliquent à des objets étroitement liés, pas juste à des objets discrets. Même des politiques de verrouillage prudentes peuvent amener plusieurs utilisateurs à interférer entre eux sans raison et rendre un système inutilisable.

Pour cette raison, utilisez des Agrégats. Un Agrégat est un groupe d'objets associés qui sont considérés comme un tout unique vis-à-vis des modifications de données. L'Agrégat est démarqué par une frontière qui sépare les objets situés à l'intérieur de ceux situés à l'extérieur. Chaque Agrégat a une racine. La racine est une Entité, et c'est le seul objet accessible de l'extérieur. La racine peut posséder des références vers n'importe quel objet de l'agrégat, et les autres objets peuvent se référencer entre eux, mais un objet externe peut seulement avoir une référence vers l'objet racine. S'il y a d'autres Entités à l'intérieur de la frontière, l'identité de ces entités est locale, elle fait sens seulement à l'intérieur de l'agrégat.

Comment l'Agrégat assure-t-il l'intégrité des données et fait-il respecter les invariants ? Puisque les objets externes peuvent seulement avoir des références vers la racine, ça veut dire qu'ils ne peuvent pas directement modifier les autres objets de l'agrégat. Tout ce qu'ils peuvent faire, c'est changer la racine, ou demander à la racine d'effectuer des actions. La racine sera capable de modifier les autres objets, mais c'est une opération contenue dans l'agrégat, et contrôlable. Si la racine est supprimée et retirée de la mémoire, tous les autres objets de l'agrégat seront supprimés aussi, car il n'y aura plus d'autre objet possédant une référence vers l'un d'entre eux. Lorsqu'un quelconque changement est apporté à la racine qui affecte indirectement les autres

objets de l'agrégat, il est facile d'assurer les invariants, car c'est la racine qui le fait. Ca serait beaucoup plus dur à faire si des objets externes avaient un accès direct aux objets internes et les modifiaient. Garantir les invariants dans cette circonstance impliquerait de mettre la logique adéquate dans des objets externes, ce qui n'est pas souhaitable.

La racine a la possibilité de passer des références éphémères d'objets internes à des objets externes, à la condition que les objets externes ne conservent pas la référence après que l'opération soit finie. Une illustration simple de cela consiste à passer des copies d'Objets Valeurs aux objets externes. Ce qui arrive à ces objets n'est pas vraiment important, parce que ça n'affectera pas l'intégrité de l'agrégat de toute façon.

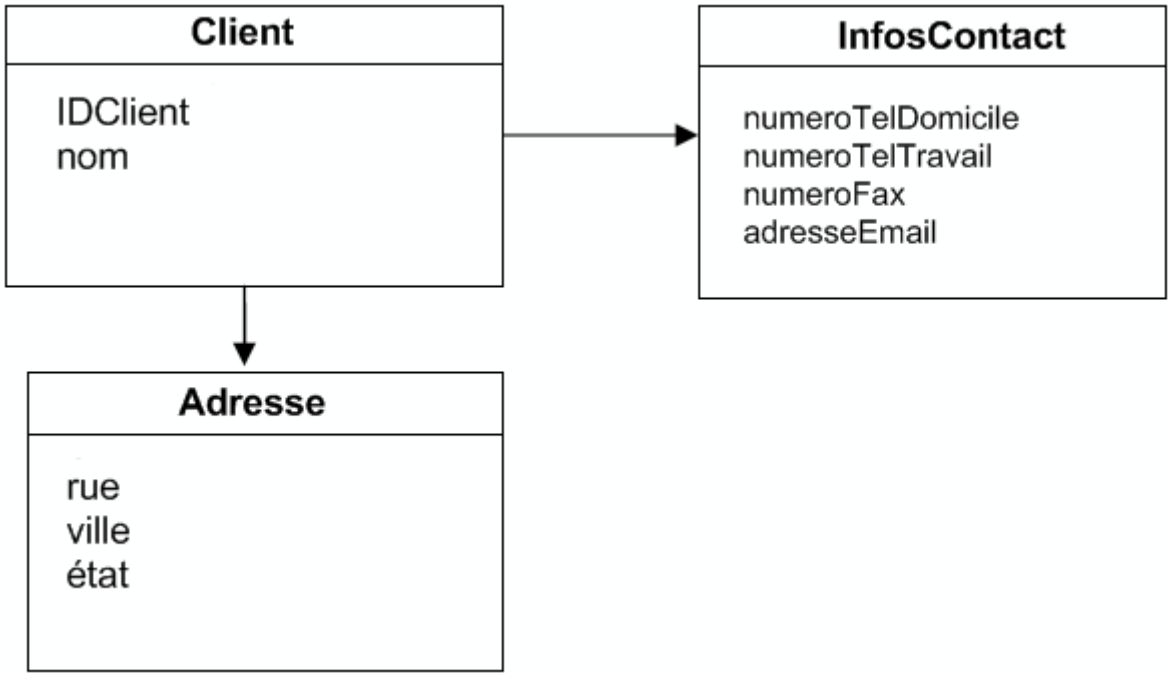
Si les objets d'un Agrégat sont stockés en base de données, seule la racine devrait pouvoir être obtenue par des requêtes. Ont devrait accéder aux autres objets à travers des associations traversables.

Les objets à l'intérieur d'un Agrégat doivent être autorisés à détenir des références vers les racines d'autres Agrégats.

L'Entité racine a une identité globale, et elle est responsable du maintien des invariants. Les Entités internes ont une identité locale.

Rassemblez les Entités et Objets Valeurs dans des Agrégats et définissez des frontières autour de chacun. Dans chaque Agrégat, choisissez une Entité qui sera la racine, et faites-lui contrôler l'accès aux objets situés à l'intérieur de la frontière. Vous ne devez autoriser les objets externes à détenir des références que vers la racine. Des références éphémères vers des membres internes peuvent être passées au-dehors uniquement dans le cadre d'une utilisation pour une opération ponctuelle. Puisque la racine contrôle l'accès, elle ne peut pas être prise de court par une modification inattendue des éléments internes. Grâce à cet arrangement, il devient pratique d'assurer les invariants des objets de l'Agrégat et de l'Agrégat dans sa globalité lors de tout changement d'état.

Un exemple simple d'Agrégation est présenté dans le diagramme qui suit. Le client est la racine de l'Agrégat, et tous les autres objets sont internes. Si on a besoin de l'Adresse, une copie de celle-ci peut être passée aux objets externes.



Les Fabriques

Les Entités et les Agrégats peuvent parfois être vastes et complexes – trop complexes pour être créés dans le constructeur de l'entité racine. En fait, essayer de construire un agrégat complexe dans ce constructeur serait entrer en contradiction avec la manière dont ça se passe souvent dans le domaine lui-même, où des choses sont créées par d'autres choses (comme les composants électroniques sont créés par des lignes d'assemblage). Ce serait comme demander à une imprimante de se construire elle-même.

Lorsqu'un objet client veut créer un autre objet, il appelle son constructeur et lui passe éventuellement des paramètres. Mais quand la construction de l'objet est un processus laborieux, créer l'objet demande une grande connaissance de sa structure interne, des relations entre les autres objets qu'il contient, et des règles qui s'y appliquent. En d'autres termes, chaque client de l'objet va devoir détenir une connaissance spécifique de l'objet à construire. Ca rompt l'encapsulation des objets du domaine et des Agrégats. Si le client appartient à la couche application, une partie de la couche domaine a été déplacée ailleurs, ce qui détraque toute la conception. Dans la vie réelle, c'est comme si on nous donnait du plastique, du caoutchouc, du métal, du silicium et qu'on construisait notre propre imprimante. Ce n'est pas impossible à faire, mais cela en vaut-il réellement la peine ?

La création d'un objet a beau être une opération importante en soi, les opérations d'assemblage complexes ne sont pas de la responsabilité des objets créateurs.

Combiner de telles responsabilités peut produire des designs disgracieux qui sont difficiles à comprendre.

C'est pourquoi il est nécessaire d'introduire un nouveau concept qui aide à encapsuler le processus de création d'un objet complexe. C'est ce qu'on appelle une **Fabrique**. Les Fabriques sont utilisées pour encapsuler la connaissance nécessaire à la création des objets, et elles sont particulièrement utiles pour créer des Agrégats. Quand la racine d'un Agrégat est créée, tous les objets contenus dans l'Agrégat sont créés en même temps qu'elle, et tous les invariants sont appliqués.

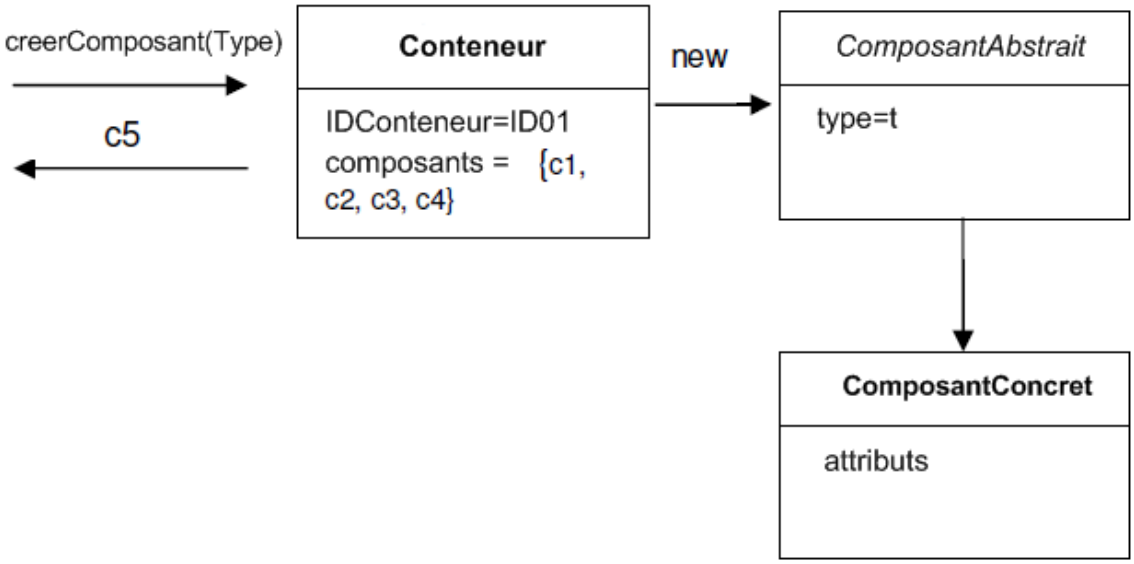
Il est important que le processus de création soit atomique. Si ce n'est pas le cas, il y a des chances pour que le processus soit à moitié terminé chez certains objets, les laissant dans un état indéterminé. C'est encore plus vrai pour les Agrégats. Lorsqu'on crée la racine, il est nécessaire de créer aussi tous les objets sujets à des invariants. Sinon, les invariants ne peuvent pas être appliqués. Pour des Objets Valeurs immuables, cela veut dire que tous les attributs sont initialisés dans un état valide. Si un objet ne peut pas être créé correctement, une exception devrait être levée, assurant qu'on ne retourne pas une valeur invalide.

Pour cette raison, faites basculer la responsabilité de créer des instances d'objets complexes et d'Agrégats dans un objet séparé, qui potentiellement n'a lui-même aucune responsabilité dans le modèle du domaine mais fait tout de même partie du design du domaine. Fournissez une interface qui encapsule tout l'assemblage complexe et ne nécessite pas que le client référence les classes concrètes des objets à instancier. Créez les Agrégats entiers de façon unitaire, en appliquant leurs invariants.

On utilise plusieurs design patterns pour implémenter les Fabriques. Le livre « Design Patterns » (Gamma et al.) les décrit en détail, et présente entre autres ces deux patterns : Méthode de fabrication, et Fabrique abstraite[1]. Nous n'allons pas tenter de présenter ces patterns d'un point de vue conception, mais d'un point de vue modélisation du domaine.

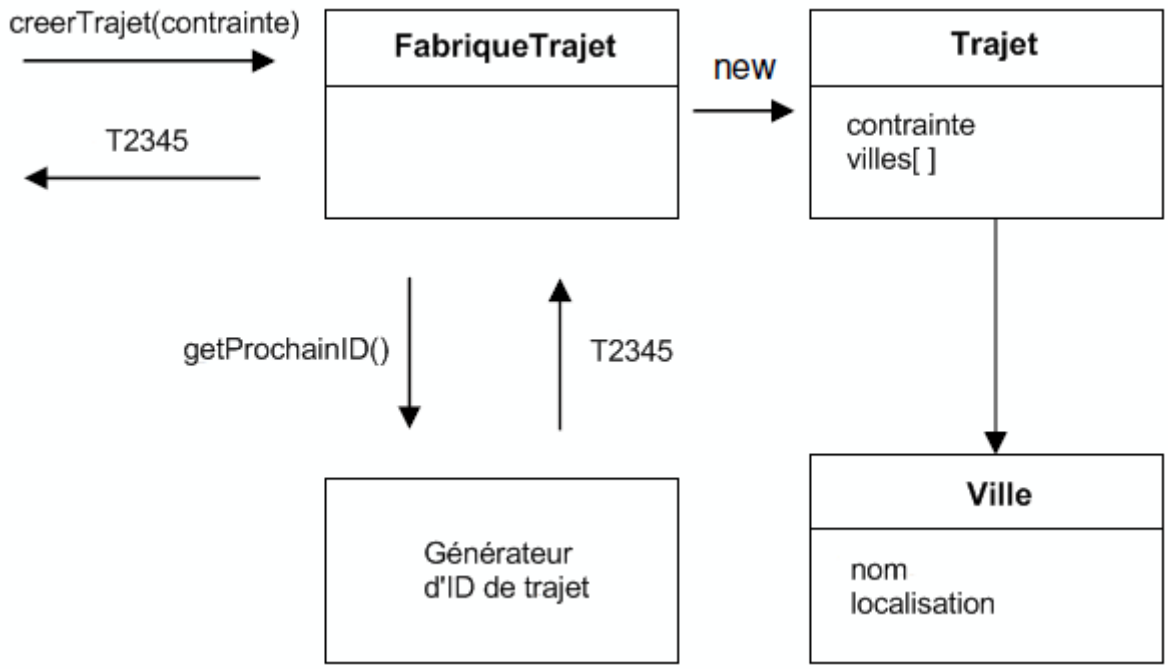
Une Méthode de fabrication est une méthode d'un objet qui contient et masque la connaissance nécessaire pour créer un autre objet. C'est très utile lorsqu'un client veut créer un objet qui appartient à un Agrégat. La solution est d'ajouter une méthode à la racine d'agrégat qui s'occupe de créer l'objet, de mettre en œuvre tous les invariants, et de retourner une référence vers cet objet ou vers une copie de cet objet.

[1] *Factory Method* et *Abstract Factory*



Le conteneur contient des composants qui sont d'un certain type. Quand un tel composant est créé, il est nécessaire qu'il appartienne automatiquement à un conteneur. Le client appelle la méthode creerComposant(Type t) du conteneur. Le conteneur instancie un nouveau composant. La classe concrète du composant est déterminée en se basant sur son type. Après sa création, le composant est ajouté à la collection de composants du conteneur, et une copie en est retournée au client.

Il y a des fois où la construction d'un objet est soit plus complexe, soit elle implique la création d'une série d'objets. Par exemple : la création d'un Agrégat. Cacher les besoins internes de création d'un Agrégat peut se faire dans un objet Fabrique séparé qui est dédié à cette tâche. Prenons l'exemple d'un module d'un programme qui calcule la route pouvant être suivie par une voiture d'un point de départ à une destination, étant donné une série de contraintes. L'utilisateur se connecte au site web qui exécute l'application et spécifie une des contraintes suivantes : trajet le plus court, trajet le plus rapide, trajet le moins cher. Les trajets créés peuvent être annotés avec des informations utilisateur qu'il faut sauvegarder, pour qu'on puisse les retrouver plus tard lorsque l'utilisateur se connectera à nouveau.



Le générateur d'ID de route est utilisé pour créer une identité unique pour chaque route, chose nécessaire pour une Entité.

Lorsqu'on crée une Fabrique, on est forcé de violer l'encapsulation d'un objet, ce qui doit être fait avec prudence. A chaque fois que quelque chose change dans l'objet qui a un impact sur les règles de construction ou sur certains des invariants, nous devons nous assurer que le code de la Fabrique est mis à jour pour supporter les nouvelles conditions. Les Fabriques sont profondément liées aux objets qu'elles créent. Ca peut être une faiblesse, mais ça peut aussi être une force. Un Agrégat contient une série d'objets étroitement reliés entre eux. La construction de la racine est associée à la création des autres objets de l'Agrégat, et il doit y avoir une logique pour constituer un Agrégat. Cette logique n'appartient pas naturellement à un des objets, parce qu'elle concerne la construction d'autres objets. Il semble adapté d'utiliser une classe Fabrique spéciale à qui on confie la tâche de créer l'Agrégat tout entier, et qui contiendra les règles, les contraintes et les invariants devant être appliqués pour que l'Agrégat soit valide. Les objets resteront simples et serviront leur propre but sans être gênés par le fouillis d'une logique de construction complexe.

Les Fabriques d'Entités sont différentes des Fabriques d'Objets Valeurs. Les Objets Valeurs sont généralement immuables, et tous les attributs nécessaires doivent être produits au moment de leur création. Lorsque l'objet est créé, il doit être valide et finalisé. Il ne changera pas. Les Entités ne sont pas immuables. Elles peuvent être changées plus tard en modifiant des attributs, en ajoutant que tous les invariants doivent être respectés. Une autre différence vient du fait que les Entités ont besoin d'une identité alors que les Objets Valeurs, non.

Certaines fois, on n'a pas besoin d'une Fabrique, un simple constructeur suffit. Utilisez un constructeur lorsque :

- La construction n'est pas compliquée.
- La création d'un objet n'implique pas la création d'autres, et tous les attributs requis sont passés via le constructeur.
- Le client s'intéresse à l'implémentation, et potentiellement il veut choisir la Stratégie à utiliser.
- La classe est le type. Il n'y a pas de hiérarchie en jeu, donc pas besoin de choisir parmi une liste d'implémentations concrètes.

Une autre observation est que les Fabriques doivent soit créer de nouveaux objets à partir de zéro, soit on leur demande de reconstituer des objets qui existaient précédemment, mais qui ont probablement été persistés dans une base de données. Ramener des Entités en mémoire depuis leur lieu stockage en base met en jeu un processus complètement différent de la création de nouvelles Entités. Une différence évidente est que l'objet existant n'a pas besoin d'une nouvelle identité. L'objet en a déjà une. Les violations des invariants sont traitées différemment. Quand un nouvel objet est créé à partir de rien, toute violation d'invariant finit en exception. On ne peut pas faire ça avec des objets recréés depuis une base. Les objets doivent être réparés d'une manière ou d'une autre pour qu'ils puissent être fonctionnels, sinon il y a perte de données.

Les Entrepôts

Dans une conception dirigée par le modèle, les objets ont un cycle de vie qui commence par leur création et se termine avec leur suppression ou leur archivage. Un constructeur ou une Fabrique se charge de la création de l'objet. Tout l'objectif de créer des objets est de pouvoir les utiliser. Dans un langage orienté objet, on doit posséder une référence vers un objet pour être capable de s'en servir. Pour avoir cette référence, le client doit soit créer l'objet, soit l'obtenir d'un autre, en traversant une association existante. Par exemple, pour obtenir un Objet-Valeur d'un Agrégat, le client doit le demander à la racine de l'Agrégat. L'ennui, c'est que maintenant le client a une référence vers la racine. Dans de grosses applications, ça peut être un problème parce qu'on doit s'assurer que le client a toujours une référence vers l'objet dont il a besoin, ou vers un autre objet qui lui, a cette référence. Utiliser ce genre de règle dans la conception va forcer les objets à conserver une série de références qu'ils ne garderaient probablement pas autrement. Cela augmente le couplage, créant une série d'associations dont on n'a pas vraiment besoin.

Utiliser un objet implique que l'objet ait déjà été créé. Si l'objet est la racine d'un Agrégat, alors c'est une Entité, et il y a des chances pour qu'elle soit stockée dans un état persistant dans une base de données ou une autre forme de stockage. Si c'est un Objet-Valeur, il peut être obtenu auprès d'une Entité en traversant une association, mais il s'avère que bon nombre d'objets peuvent être directement récupérés dans une base de données. Cela résout le problème de l'obtention de références d'objets. Quand un client veut utiliser un objet, il accède à la base, y retrouve l'objet et s'en sert. Cela semble une solution simple et rapide, mais ça a des impacts négatifs sur le design.

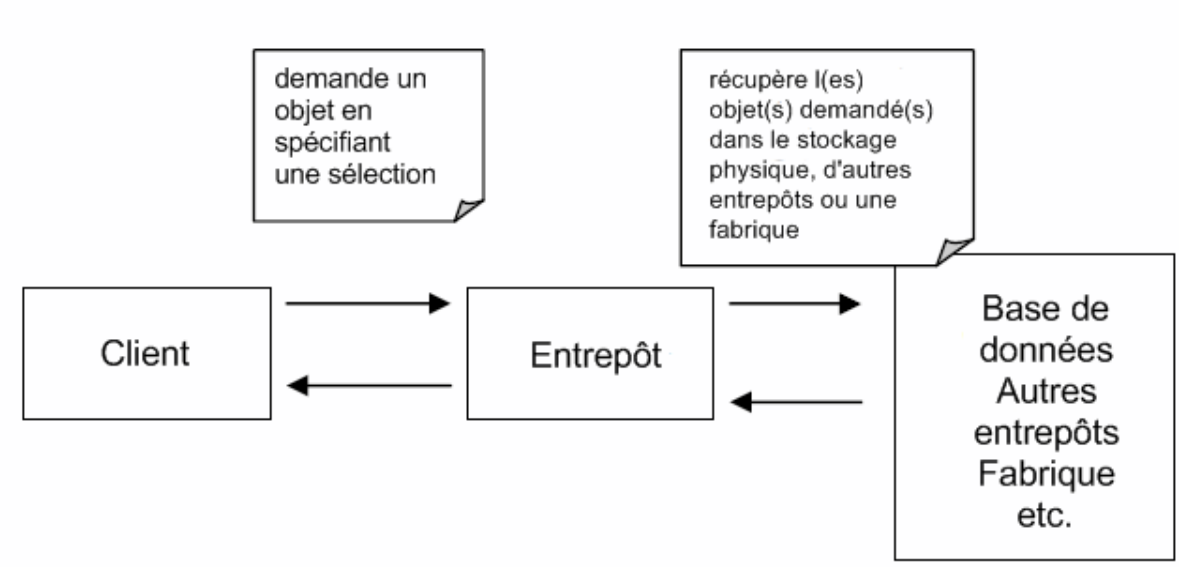
Les bases de données font partie de l'infrastructure. Une solution médiocre serait que le client connaisse les détails requis pour accéder à une base. Par exemple, le client devrait créer des requêtes SQL pour récupérer les données souhaitées. La requête de base de données retournerait un jeu d'enregistrements, exposant encore plus de ses détails internes. Quand beaucoup de clients doivent créer des objets directement depuis la base de données, ce genre de code se retrouve éparpillé un peu partout dans le domaine. A cet instant le modèle du domaine est compromis. Il doit traiter de nombreux détails d'infrastructure au lieu de s'occuper des concepts du domaine. Que se passe-t-il si la décision est prise de changer la base de données sous-jacente ? Tout ce code dispersé doit être modifié pour qu'on puisse accéder au nouvel emplacement de stockage. Lorsque du code client accède à une base directement, il est possible qu'il restaure un objet interne à un Agrégat. Cela rompt l'encapsulation de l'Agrégat, avec des conséquences inconnues.

Un client a besoin d'un moyen concret d'acquérir des références vers des objets du domaine préexistants. Si l'infrastructure rend cela facile, il est probable que les développeurs du code client ajouteront plus d'associations traversables et embrouillent le modèle. Ou alors, il se peut qu'ils utilisent des requêtes pour puiser directement dans la base les données exactes dont ils ont besoin, ou pour piocher quelques objets spécifiques plutôt que de naviguer à partir des racines d'agrégats. La logique du domaine est déplacée dans les requêtes et le code client, et les Entités et Objets Valeurs deviennent de simples conteneurs de données. La complexité technique brute de l'implémentation de l'infrastructure d'accès à la base submerge rapidement le code client, ce qui amène les développeurs à abêtir la couche domaine, et rend le modèle obsolète. L'effet général est qu'on perd la focalisation sur le domaine et qu'on compromet le design.

Pour cette raison, utilisez un Entrepôt, dont le but est d'encapsuler toute la logique nécessaire à l'obtention de références d'objets. Les objets du domaine n'auront pas à s'occuper de l'infrastructure de récupération des références aux autres objets du domaine dont ils ont besoin. Ils iront simplement les chercher dans l'Entrepôt et le modèle retrouvera sa clarté et sa focalisation.

L'Entrepôt est capable de conserver des références vers des objets. Quand un objet est créé, il peut être sauvegardé dans l'Entrepôt, et y être récupéré plus tard quand on voudra l'utiliser. Si le client demande un objet à l'Entrepôt, et que l'Entrepôt ne l'a pas, ce dernier peut aller le chercher dans l'emplacement de stockage physique. Dans tous les cas, l'Entrepôt agit comme un endroit où sont emmagasinés des objets globalement accessibles.

L'Entrepôt peut aussi comporter une Stratégie. Il peut accéder à un stockage persistant ou à un autre en fonction de la Stratégie précisée. Il se peut qu'il utilise différents emplacements de stockage pour différents types d'objets. Cela a pour effet global de découpler le modèle du domaine du besoin de stocker des objets ou leurs références et de celui d'accéder à l'infrastructure de persistance sous-jacente.

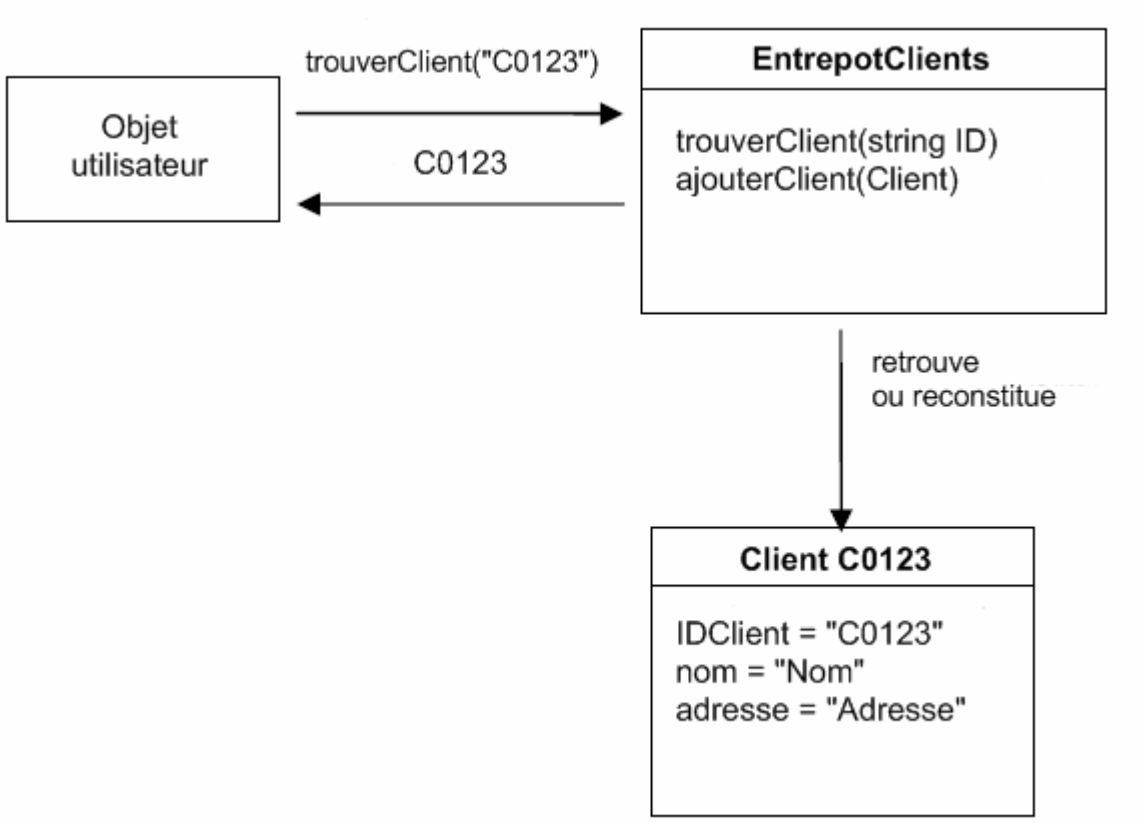


Pour chaque type d'objet qui nécessite un accès global, créez un objet qui puisse procurer l'illusion d'une collection en mémoire de tous les objets de ce type. Organisez-en l'accès à travers une interface globale connue de tous. Fournissez des méthodes pour ajouter et enlever des objets, qui encapsuleront les véritables insertions et suppressions de données dans le stockage des données. Proposez des méthodes qui sélectionnent des objets en se basant sur des critères et qui retournent des objets ou collections d'objets pleinement instanciés dont les valeurs satisfont les critères ; ce faisant, vous encapsulerez la technologie réelle de stockage et de requêtage. Fournissez des Entrepôts seulement pour les racines d'agrégats qui nécessitent réellement un accès direct. Conservez un client focalisé sur le modèle, en délégant tout stockage ou accès aux données aux Entrepôts.

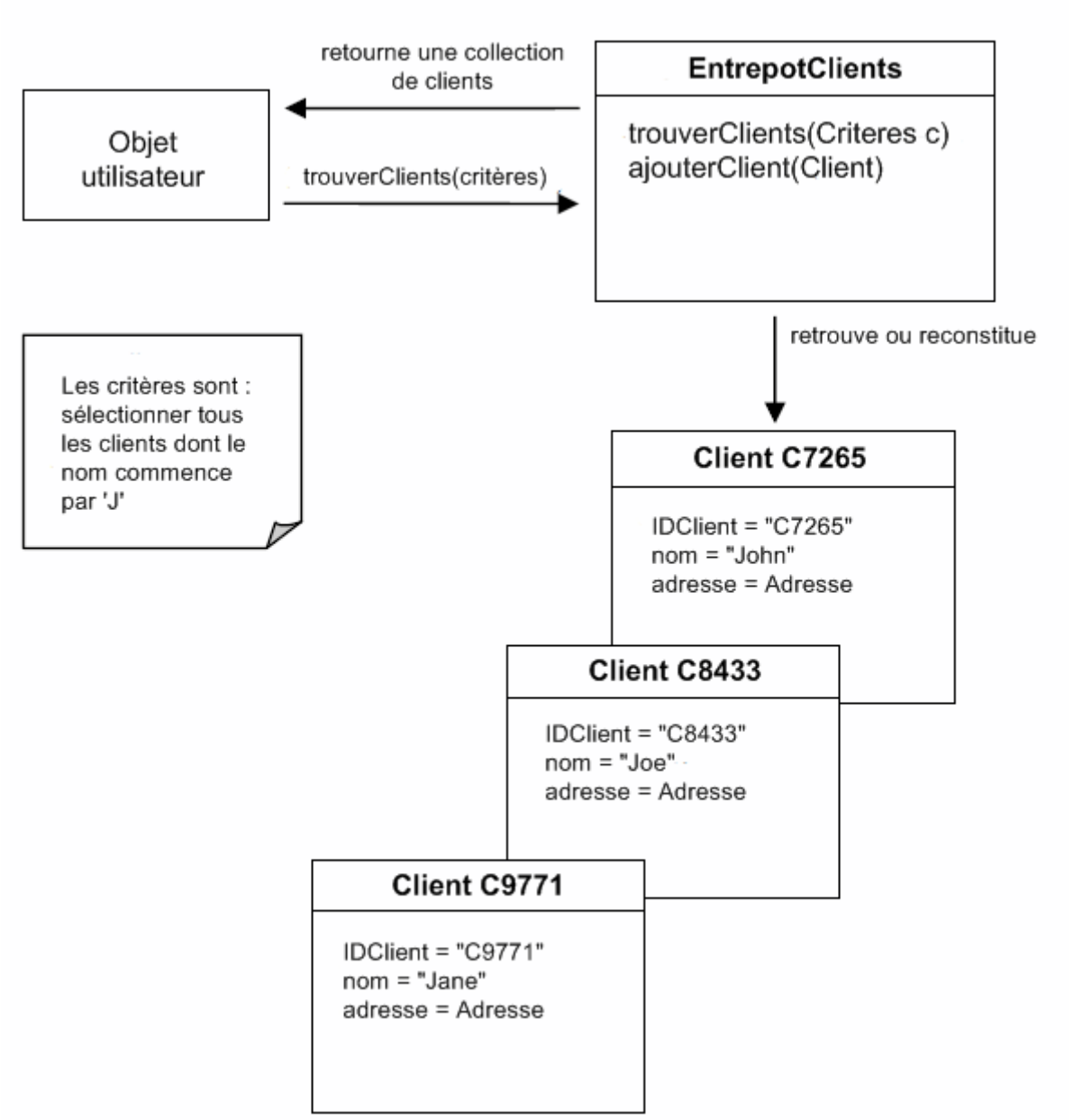
Un Entrepôt peut contenir des informations détaillées dont il se sert pour accéder à l'infrastructure, mais son interface devrait être simple. Un Entrepôt doit avoir un jeu de méthodes utilisées pour récupérer des objets. Le client appelle une de ces méthodes

et lui passe un ou plusieurs paramètres qui représentent les critères de sélection utilisés pour choisir un objet ou un ensemble d'objets correspondants. Une Entité peut facilement être demandée en passant son identité. D'autres critères de sélection peuvent être constitués d'un ensemble d'attributs de l'objet. L'Entrepôt va comparer tous les objets à cet ensemble et retournera ceux qui satisfont aux critères. L'interface de l'Entrepôt pourrait aussi contenir des méthodes utilisées pour effectuer des calculs supplémentaires comme le nombre d'objets d'un certain type.

On notera que l'implémentation d'un entrepôt peut être étroitement assimilée à de l'infrastructure, mais que l'interface de l'entrepôt est du pur modèle du domaine.

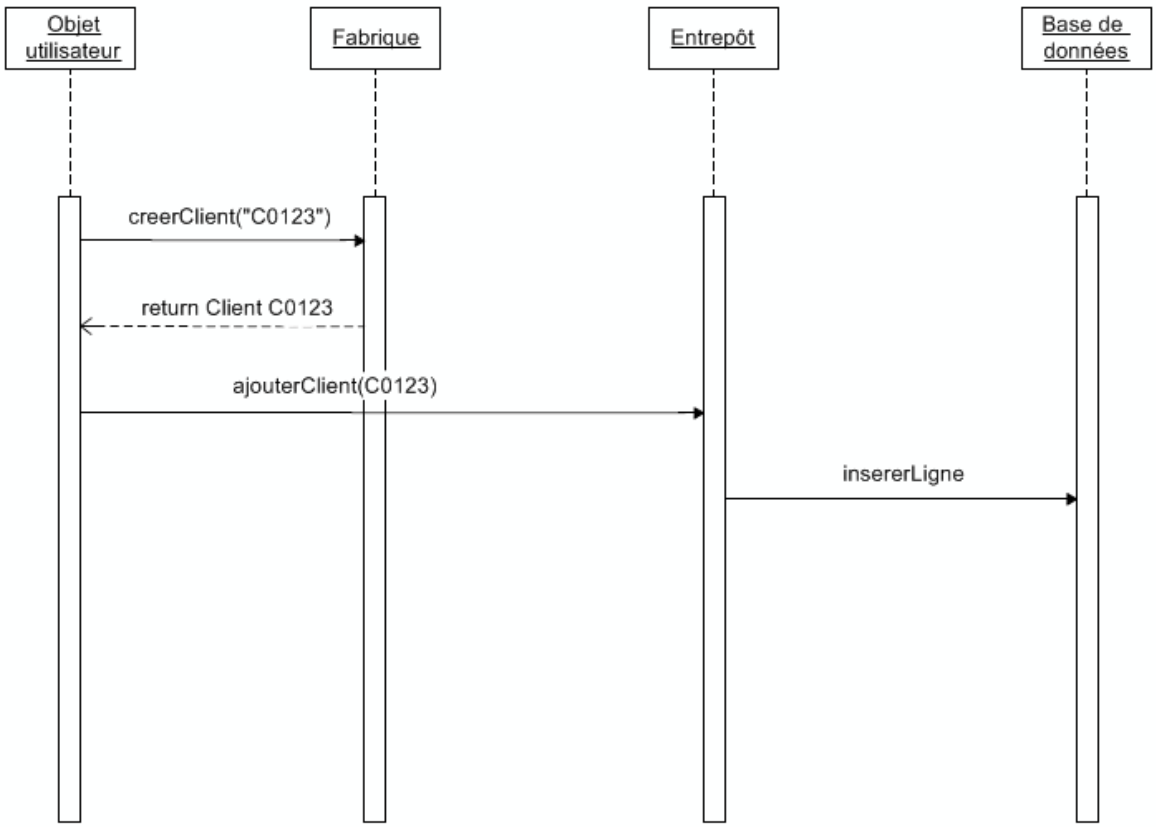


Une autre option est de préciser des critères de sélection sous forme de Spécification. La Spécification permet de définir des critères plus complexes, comme dans l'exemple suivant :



Il y a une relation entre Fabrique et Entrepôt. Ce sont tous deux des patterns de conception dirigée par le modèle, et ils nous aident tous les deux à gérer le cycle de vie des objets du domaine. Tandis que la Fabrique est concernée par la création d'objets, l'Entrepôt se charge des objets déjà existants. L'Entrepôt peut mettre en cache des objets localement, mais très souvent il a besoin de les récupérer dans un lieu de stockage persistant. Les objets sont soit créés en utilisant un constructeur, soit on les passe à une Fabrique pour qu'ils y soient construits. C'est pour cette raison que l'Entrepôt peut être vu comme une Fabrique, car il crée des objets. Ce n'est pas une création *ex nihilo*, mais la reconstitution d'un objet qui a existé. On ne doit pas mélanger Entrepôt et Fabrique. La fabrique crée de nouveaux objets, tandis que l'Entrepôt retrouve des objets déjà créés. Quand un nouvel objet doit être ajouté à

l'Entrepôt, il devrait d'abord être créé par la Fabrique, et ensuite donné à l'Entrepôt qui le stockera comme dans l'exemple ci-dessous.



Une autre façon de qualifier cela est de dire que les Fabriques sont « purement domaine » alors que les Entrepôts peuvent contenir des liens avec l'infrastructure, par exemple la base de données.

Lexique français-anglais des termes DDD

Agrégat	*Aggregate*
Conception dirigée par le domaine	*Model-Driven Design*
Entité	*Entity*
Entrepôt	*Repository*
Fabrique	*Factory*
Fabrique abstraite	*Abstract Factory*
Langage omniprésent	*Ubiquitous Language*
Méthode de fabrication	*Factory Method*
Modèle du domaine	*Domain Model*
Objet-Valeur	*Value Object*
Racine d'agrégat	*Aggregate Root*