



LOG210 Analyse et conception de logiciels

Notes de cours

Christopher Fuhrman

Yvan Ross

May 18, 2020

Contents

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Analyse et conception de logiciels | 1 |
| 1.1 | Livre obligatoire | 2 |
| 1.2 | Analyse vs Conception | 2 |
| 1.3 | Décalage des représentations | 2 |
| 1.4 | Survol de la méthodologie | 3 |
| 2 | Principes GRASP | 5 |
| 2.1 | Spectre de la conception | 5 |
| 2.2 | Tableau des principes GRASP | 6 |
| 3 | Besoins (exigences) | 9 |
| 3.1 | FURPS+ | 10 |
| 4 | Cas d'utilisation | 11 |
| 4.1 | Exemple: jeu de Risk | 11 |
| 5 | Modèle du domaine (MDD, modèle conceptuel) | 15 |
| 5.1 | Classes conceptuelles | 15 |
| 5.2 | Attributs | 17 |
| 5.3 | Associations | 17 |
| 5.4 | Exemple de MDD pour le jeu de Risk | 19 |
| 5.5 | Attributs dérivés | 20 |
| 5.6 | Classes d'association | 20 |
| 5.7 | FAQ MDD | 21 |
| 6 | Diagrammes de séquence système (DSS) | 23 |
| 6.1 | Exemple: DSS pour Attaquer un pays | 23 |
| 6.2 | DSS fait abstraction de la couche présentation | 23 |
| 6.3 | FAQ DSS | 25 |
| 7 | Contrats d'opération | 27 |
| 7.1 | Exemple: Contrats d'opération pour Attaquer un pays | 27 |
| 8 | Réalisations de cas d'utilisation (RDCU) | 29 |
| 8.1 | Spécifier le contrôleur | 29 |
| 8.2 | Satisfaire les postconditions | 30 |
| 8.3 | Visibilité | 30 |
| 8.4 | Transformer identifiants en objets | 31 |
| 8.5 | Utilisation de tableau associatif (Map<clé, objet>) | 32 |
| 8.6 | RDCU pour l'initialisation, le scénario Démarrer | 32 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 9 | Développement piloté par les tests | 35 |
| 9.1 | Kata TDD | 35 |
| 10 | Réusinage (Refactorisation) | 39 |
| 10.1 | Introduction | 39 |
| 10.2 | Symptômes de la mauvaise conception - Code smells | 40 |
| 10.3 | Automatisation du réusinage par les IDE | 42 |
| 10.4 | Impropriété | 42 |
| 11 | Développement de logiciel en équipe | 43 |
| 11.1 | Humilité, Respect, Confiance | 43 |
| 11.2 | Redondance des compétences dans l'équipe (Bus Factor) | 46 |
| 11.3 | Mentorat | 46 |
| 11.4 | Scénarios | 47 |
| 12 | Outils pour la modélisation UML | 49 |
| 12.1 | Exemples de diagramme avec PlantUML pour LOG210 | 50 |

1 Analyse et conception de logiciels

Voici le descriptif du cours, selon le plan de cours:

À la suite de ce cours, l'étudiant sera en mesure :

- de maîtriser et appliquer des patrons de conception logicielle;
- de concevoir un logiciel orienté objet en appliquant un ensemble de principes et des méthodes heuristiques de génie logiciel;
- de réaliser un logiciel en suivant un processus itératif et évolutif incluant les activités d'analyse et de conception par objets.

Méthodes et techniques de modélisation orientés objet, langage de modélisation, cas d'utilisation, analyse orientée objet, modèle du domaine, conception et programmation orientées objet, principes GRASP, patrons de conception, processus itératif et évolutif.

Séances de laboratoire axées sur l'application des notions d'analyse, de conception et de programmation orientées objet vues en classe. Mise en œuvre d'un modèle d'objet à partir d'une spécification de logiciel et à l'aide d'un langage orienté objet contemporain. Conception d'applications utilisant les outils UML ainsi que des techniques et des outils utiles au génie logiciel, tels qu'un environnement de développement intégré, la compilation automatique et les tests automatiques.



Figure 1.1: Nuage de mots importants du plan de cours de LOG210

1.1 Livre obligatoire

Le livre obligatoire pour ce cours est indiqué dans le plan de cours. **Le présent document n'est pas un substitut pour le livre obligatoire.**

Les références au livre obligatoire seront indiquées par l'icône du livre .

1.2 Analyse vs Conception

Ce sujet est abordé en détail dans le chapitre 1  du livre du cours.

L'**analyse** met l'accent sur une investigation du problème et des besoins plutôt que sur la recherche d'une solution.

La **conception** sous-entend l'élaboration d'une solution conceptuelle répondant aux besoins plutôt que la mise en œuvre de cette solution.

Dans LOG210, c'est une modélisation objet qui est utilisée et pour l'analyse (classes conceptuelles décrivant le problème et les besoins) et pour la conception (classes logicielles proposant une la solution dont sa représentation est proche de la modélisation du problème).

1.3 Décalage des représentations

Plus une solution (conception) ressemble à une description du problème, plus elle est facile à comprendre. La distance entre la représentation d'un problème et la représentation de sa solution s'appelle le *décalage des représentations*. Pour des explications de Larman, lisez la section 9.3  du livre du cours.

Imaginez un jeu qui est joué dans la vraie vie avec un dé à six faces. Ensuite, on veut construire un logiciel pour ce jeu et donc on peut spécifier un besoin de générer un nombre aléatoire entre 1 et 6 (comme un dé à six faces). On peut aussi modéliser ce besoin (un élément du problème) par une classe conceptuelle Dé ayant un attribut `face` dont sa valeur est un type `int`. Les personnes travaillant sur un projet vont facilement comprendre ce modèle, car les gens comprennent les objets qui représentent des aspects de la vraie vie.

Ensuite, imaginez des solutions à ce problème suivantes:

1. On peut définir un programme en langage assembleur pour générer un nombre réel entre 0.00000 et 1.00000. Le programme sera assez complexe, car les métaphores en assembleur sont des registres, des adresses, peut-être des modules, etc.
2. On peut utiliser un langage orienté objet (comme Java ou TypeScript) pour définir une classe `GénérateurNombreAléatoire` qui a une fonction `générer()` qui retourne une valeur réelle aléatoire entre 0.000000 et 1.000000. Il faudra travailler un peu avec le code pour obtenir un nombre entier entre 1 et 6, mais c'est possible. Lorsqu'on lit le nom de la classe, il est possible de deviner à quelle partie du problème ça correspond, mais le lien n'est pas aussi évident.
3. On peut utiliser encore un langage orienté objet, mais cette fois on définit une classe `Dé` ayant une fonction `brasser` qui retourne une valeur aléatoire entière entre 1 et 6.

Parmi toutes les solutions au problème, laquelle a le plus faible décalage de représentation? C'est la troisième, car elle utilise la même notion de classe Dé qui a été utilisée pour modéliser le problème. Cet exemple est trivial, mais le principe est encore plus important lorsque le problème est complexe.

Un défi dans la programmation est d'éviter d'augmenter trop l'écart des représentations. Sinon, la solution devient moins évidente par rapport à son problème. Cette notion est aussi reliée à la facilité de la traçabilité. C'est-à-dire que chaque élément de la solution devrait être facilement traçable au problème. La méthodologie enseignée dans LOG210 cherche à réduire le décalage des représentations, car c'est un bénéfice des langages orientés objet si on fait attention.

1.4 Survol de la méthodologie

La figure 1.2 présente la méthode d'analyse et de conception enseignée dans le cours. C'est une adaptation de plusieurs figures présentées dans le livre du cours.

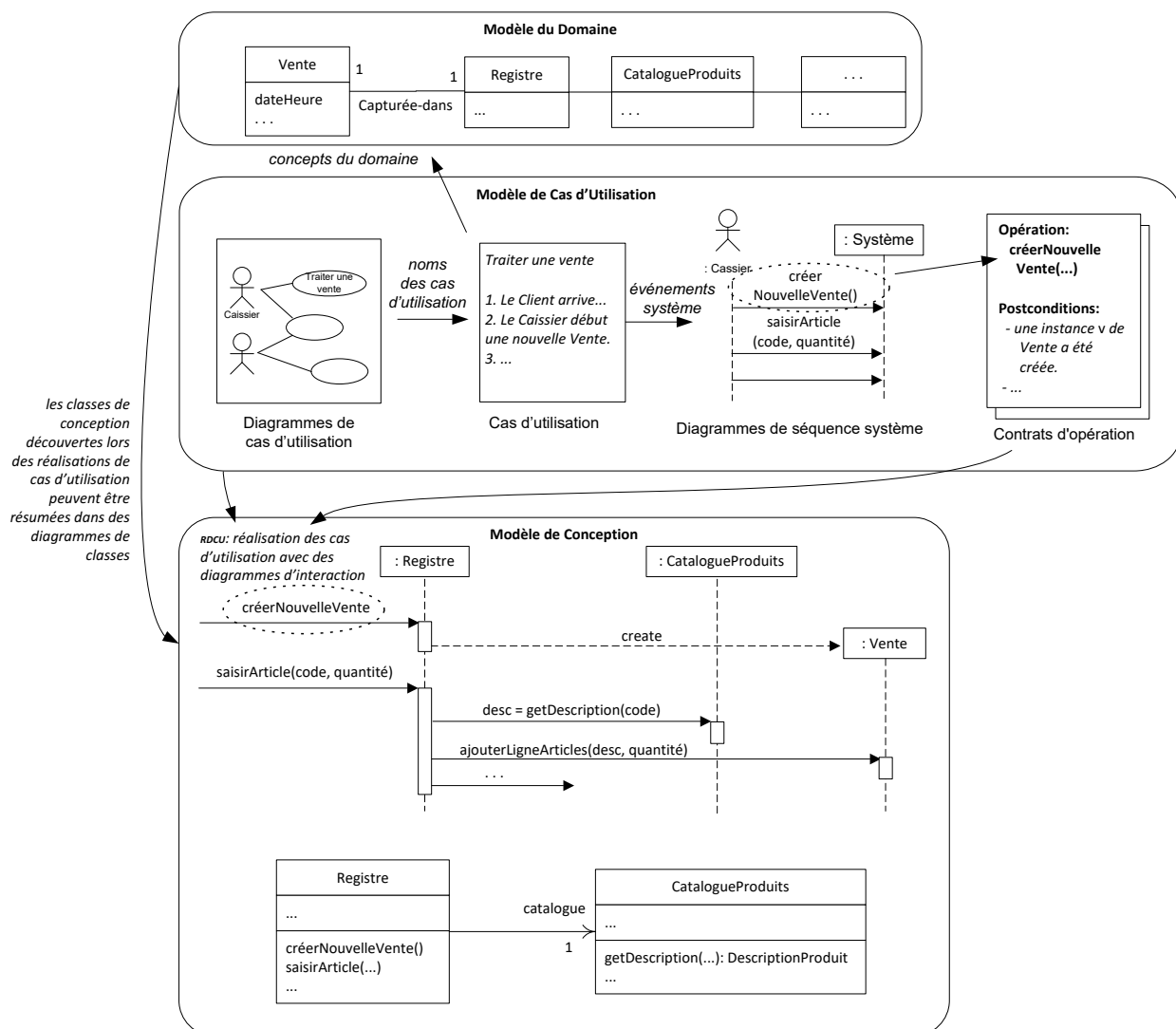


Figure 1.2: Survol de la méthodologie

2 Principes GRASP

GRASP est un acronyme de l'expression anglaise « General Responsibility Assignment Software Patterns » c'est-à-dire les principes pour affecter les responsabilités logicielles dans les classes.

Une approche GRASP devrait amener un design vers la modularité et la maintenabilité.

L'acronyme d'une expression vulgarisée pourrait être POMM: « Principes pour déterminer Où Mettre une Méthode ».

En tant qu'ingénieur logiciel, vous devez décider souvent où placer une méthode (dans quelle classe) et cette décision ne devrait pas être prise de manière arbitraire, mais plutôt en suivant les directives d'ingénierie favorisant la modularité.

Alors, les GRASP sont les directives qui vous aident à prendre des décisions de conception, menant à un design avec moins de couplage inutile et des classes plus cohésives. Les classes cohésives sont plus faciles à comprendre, à maintenir et à réutiliser.

⚠ Avez-vous déjà une bonne expérience en programmation? Avez-vous l'habitude de coder rapidement des solutions qui fonctionnent? Si la réponse est oui, alors travailler avec les principes GRASP peut être un défi pour vous. Vous devez être en mesure de justifier vos choix de conception et cela va vous ralentir au début. Le but avec GRASP (et le cours LOG210) est d'apprendre à faire du code facile à maintenir. C'est normal au début que ça prenne plus de temps. Mais une fois que vous avez l'habitude à l'utiliser, vous serez aussi rapide avec votre développement, mais en plus votre design sera meilleur sur le plan de la maintenabilité.

2.1 Spectre de la conception

Neal Ford a [proposé](#) la notion d'effort pour la conception qu'il a nommée le « Spectre de la conception ». La figure 2.1 illustre le principe.

À une extrémité il y a la notion de mettre presque zéro effort pour une conception, que l'on nomme « Hacking cowboy ». C'est le cas lors d'un hackathon (un marathon de programmation durant 24 ou 48 heures où il faut produire une solution rapidement). Vous ne feriez pas un logiciel avec 10 patrons GoF ou les diagrammes UML pour réfléchir à votre architecture. Mais vous savez aussi que le code qui est produit lors d'un hackathon ne sera pas facile à maintenir. Le seul but est de faire du code qui marche.

Au fait, dans certains contextes d'entreprise (par exemple une entreprise en démarrage qui a seulement six mois de financement), c'est une attitude similaire. Si une solution de « [produit minimum viable](#) » ([MVP en anglais](#)) ^W n'existe pas à la fin de la période de financement, l'entreprise n'existera plus, car il n'y aura pas une deuxième période de financement. Si la compagnie est financée pour une deuxième

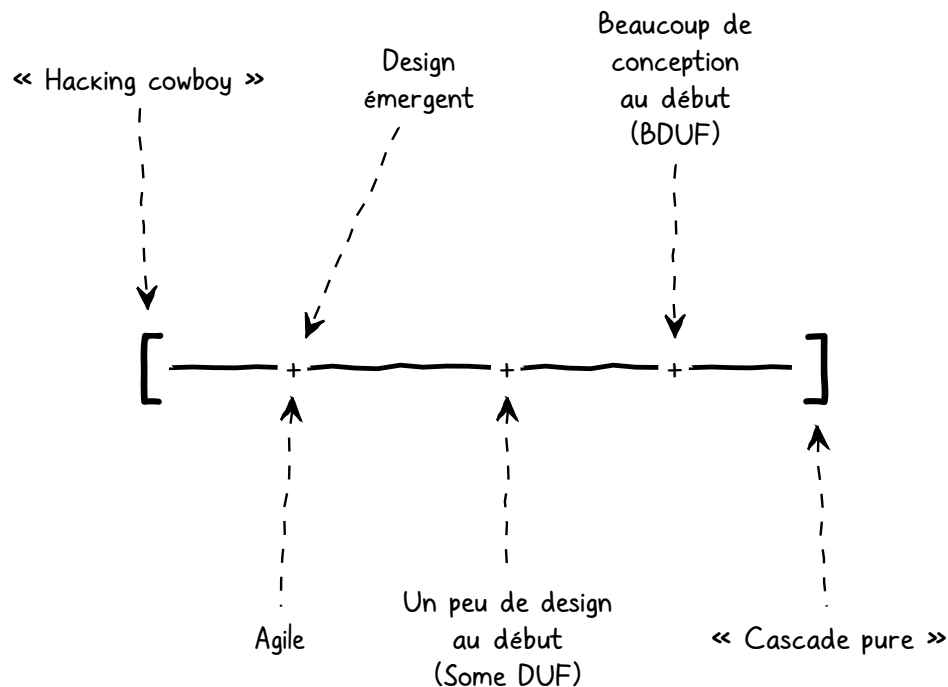


Figure 2.1: Spectre de la conception, adapté de Neal Ford

période, la conception du code aura besoin de beaucoup de soins, car elle a été négligée. Cette négligence à la conception est aussi nommée la « dette technique » [W](#).

À l'autre extrémité du spectre, c'est beaucoup d'effort dépensé sur la conception, que l'on nomme « Cascade pure ». Dans le cycle de vie en cascade, on met un temps fixe, par exemple plusieurs mois, à étudier la conception. Comme toute chose poussée à l'extrême, ce n'est pas idéal non plus. Dans le livre du cours, Larman explique en détail des problèmes posés par une approche en cascade. Dans certains domaines, par exemple les logiciels pour le contrôle d'avion ou des appareils médicaux, une approche cascade est toujours utilisée, en dépit des problèmes dus à l'approche. La sécurité des logiciels est très importante, alors on passe beaucoup de temps à vérifier et valider la conception. Puisque les exigences sont plus stables, l'approche en cascade n'est pas si mal. Pourtant le coût pour produire des logiciels certifiés est énorme.

Le spectre de la conception est très important pour LOG210, parce que c'est le contexte de l'entreprise pour laquelle vous travaillez qui déterminera combien d'effort à mettre sur la conception. Si vous négligez complètement la conception, vous pouvez peut-être produire du code qui fonctionne plus vite à court terme. Mais il faudra repayer la dette technique un jour. Un moyen de gérer cette dette technique est avec le réusinage (anglais refactoring).

2.2 Tableau des principes GRASP

Voici un extrait du livre du cours, **UML 2 et les design patterns** de Craig Larman.

Table 2.1: Patterns (principes) GRASP

| Pattern | Description |
|------------------------------|---|
| Expert en information | <p>Un principe général de conception d'objets et d'affectation des responsabilités.</p> <p>Affecter une responsabilité à l'expert – la classe qui possède les informations nécessaires pour s'en acquitter.</p> |
| Créateur | <p>Qui crée ? (Notez que Fabrique Concrète est une solution de rechange courante.)</p> <p>Affectez à la classe B la responsabilité de créer une instance de la classe A si l'une des assertions suivantes est vraie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. B contient A 2. B agrège A 3. B a les données pour initialiser A 4. B enregistre A 5. B utilise étroitement A |
| Contrôleur | <p>Quel est le premier objet en dehors de la couche présentation qui reçoit et coordonne (« contrôle ») les opérations système ?</p> <p>Affectez une responsabilité à la classe qui correspond à l'une de ces définitions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elle représente le système global, un « objet racine », un équipement ou un sous-système (<i>contrôleur de façade</i>). 2. Elle représente un scénario de cas d'utilisation dans lequel l'opération système se produit (<i>contrôleur de session</i> ou <i>contrôleur de cas d'utilisation</i>). On la nomme <i>GestionnaireX</i> où X est le nom du cas d'utilisation. |
| Faible Couplage (évaluation) | <p>Comment minimiser les dépendances?</p> <p>Affectez les responsabilités de sorte que le couplage (inutile) demeure faible. Employez ce principe pour évaluer les alternatives.</p> |
| Forte Cohésion (évaluation) | <p>Comment conserver les objets cohésifs, compréhensibles, gérables et, en conséquence, obtenir un Faible Couplage ?</p> <p>Affectez les responsabilités de sorte que les classes demeurent cohésives. Employez ce principe pour évaluer les différentes solutions.</p> |
| Polymorphisme | <p>Qui est responsable quand le comportement varie selon le type ?</p> <p>Lorsqu'un comportement varie selon le type (classe), affectez la responsabilité de ce comportement - avec des opérations polymorphes - aux types pour lesquels le comportement varie.</p> |

| Pattern | Description |
|---------------------------|---|
| Fabrication Pure | <p>En cas de situation désespérée, que faire quand vous ne voulez pas transgresser les principes de faible couplage et de forte cohésion ?</p> <p>Affectez un ensemble très cohésif de responsabilités à une classe « comportementale » artificielle qui ne représente pas un concept du domaine - une entité fabriquée pour augmenter la cohésion, diminuer le couplage et faciliter la réutilisation.</p> |
| Indirection | <p>Comment affecter les responsabilités pour éviter le couplage direct ?</p> <p>Affectez la responsabilité à un objet qui sert d'intermédiaire avec les autres composants ou services.</p> |
| Protection des variations | <p>Comment affecter les responsabilités aux objets, sous-systèmes et systèmes de sorte que les variations ou l'instabilité de ces éléments n'aient pas d'impact négatif sur les autres ?</p> <p>Identifiez les points de variation ou d'instabilité prévisibles et affectez les responsabilités afin de créer une « interface » stable autour d'eux.</p> |

3 Besoins (exigences)

Un exemple d'une exigence d'un système pourrait être qu'il doit afficher le nombre d'utilisateurs dans un forum de discussion en ligne. Il s'agit d'une exigence de fonctionnalité. Si cette information doit être actualisée toutes les 2 secondes, alors il s'agit d'une exigence sur *la qualité de la performance* du système. Pour les qualités d'un système comme la performance, on peut les appeler *exigences non fonctionnelles*, car elles ne sont pas les fonctionnalités. Il y a beaucoup d'exemples d'exigences non fonctionnelles, par exemple sur [Wikipedia W](#).



Figure 3.1: Besoins non fonctionnels?

3.1 FURPS+

Le chapitre 5  du livre du cours traite le sujet des besoins et leur évolution. FURPS+ est un modèle (avec un acronyme) pour classer les exigences (besoins) d'un logiciel. Voici un résumé, mais la section 5.4  du livre explique en détail:

- **Fonctionnalité** (*Functionality*). Ce sont les exigences exprimées souvent par les cas d'utilisation, par exemple, *Traiter une vente*. La sécurité est aussi considérée dans ce volet.
- **Aptitude à l'utilisation** (*Usability*). Convivialité - les facteurs humains du logiciel, par exemple le nombre de clics que ça prend pour réaliser une fonctionnalité, combien une interface est facile à comprendre par un utilisateur, etc.
- **Fiabilité** (*Reliability*). Comment le logiciel doit se comporter lorsqu'il y a des problèmes ou des pannes, par exemple, un traitement texte produit un fichier de sauvegarde de secours, ou une application continue à fonctionner même si le réseau est coupé.
- **Performance** (*Performance*) - comment un logiciel doit se comporter lors d'une charge importante sur le système, par exemple, lors de la période d'inscription, Cheminot doit avoir un temps de réponse de moins de 2 secondes.
- **Possibilités de prise en charge** (*Supportability*) Adaptabilité ou maintenabilité - combien le logiciel sera facile à modifier face aux changements prévus, par exemple, lors d'un changement de lois fiscales, quelles sont les caractéristiques de la conception qui vont faciliter le développement d'une nouvelle version du logiciel.
- + : Comprend toutes les autres choses:
 - **Implémentation**. par exemple le projet doit être réalisé avec des langages et des bibliothèques qui ne sont pas payants (logiciel libre).
 - **Interface**. par exemple contraintes d'interfaçage avec un système externe.
 - **Exploitation**. par exemple utilisation de système d'intégration continue.
 - **Aspects juridiques**. par exemple la licence du logiciel, les politiques de confidentialité, etc.

4 Cas d'utilisation

Le chapitre 6  du livre du cours présente les cas d'utilisation. Il s'agit des documents textuels décrivant l'interaction entre un système (logiciel à développer) et un ou plusieurs acteurs (les utilisateurs ou systèmes externes). Le cas d'utilisation décrit plusieurs scénarios, mais en général il y a un scénario principal (« *Happy Path* ») représentant ce qui se passe lorsqu'il n'y a pas d'anomalie.

La notation UML inclut les diagrammes de cas d'utilisation, qui sont comme une table des matières pour les fonctionnalités d'un système.

Dans LOG210, le sujet de comment écrire les cas d'utilisation ne fait pas partie du cours; c'est un élément expliqué dans un autre cours (*LOG410 Analyse de besoins et spécifications*).

4.1 Exemple: jeu de Risk

L'exemple suivant concerne le jeu de Risk.



Figure 4.1: Cinq dés utilisés dans le jeu de Risk¹

Selon « Risk ». 2019. Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Risk&oldid=164264587> (December 9, 2019):

¹By Val42 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Risk-dice-example.jpg>, CC By-SA 3.0 Link

L'attaquant jette un à trois dés suivant le nombre de régiments qu'il désire engager (avec un maximum de trois régiments engagés, et en considérant qu'un régiment au moins doit rester libre d'engagements sur le territoire attaquant) et le défenseur deux dés (un s'il n'a plus qu'un régiment). On compare le dé le plus fort de l'attaquant au dé le plus fort du défenseur et le deuxième dé le plus fort de l'attaquant au deuxième dé du défenseur. Chaque fois que le dé du défenseur est supérieur ou égal à celui de l'attaquant, l'attaquant perd un régiment; dans le cas contraire, c'est le défenseur qui en perd un.

4.1.1 Scénario: Attaquer un pays

1. Le Joueur attaquant choisit d'attaquer un pays voisin du Joueur défenseur.
2. Le Joueur attaquant annonce combien de régiments il va utiliser pour son attaque.
3. Le Joueur défenseur annonce combien de régiments il va utiliser pour sa défense.
4. Les deux Joueurs jettent le nombre de dés selon leur stratégie choisie aux étapes précédentes.
5. Le Système compare les dés et élimine les régiments de l'attaquant ou du défenseur selon les règles et affiche le résultat.

Les Joueurs répètent l'étape 2 jusqu'à ce que l'attaquant ne puisse plus attaquer ou ne veuille plus attaquer.

4.1.2 Diagramme de cas d'utilisation

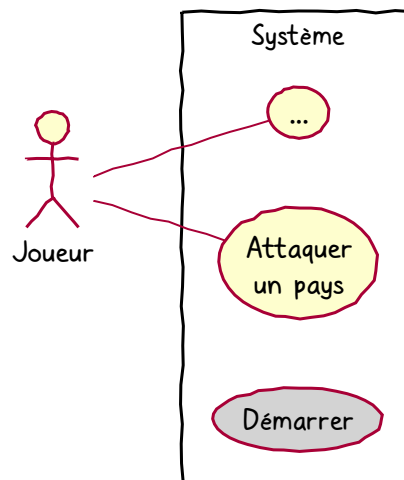



Figure 4.2: Diagramme de cas d'utilisation

Notes:

- Le cas d'utilisation « ... » signifie tous les autres cas d'utilisation du jeu, par exemple pour distribuer les régiments à chaque tour, etc.

- Le cas d'utilisation *Démarrer* n'est pas normalement indiqué dans un diagramme. C'est une astuce pédagogique pour la méthodologie du cours, car il faudra concevoir et coder ce scénario, bien qu'il ne soit pas une fonctionnalité connue par l'utilisateur.

5 Modèle du domaine (MDD, modèle conceptuel)

Les MDD sont expliqués en détail dans le chapitre 9  du livre du cours, mais voici des points importants pour LOG210:

- Les classes conceptuelles ne sont pas des classes logicielles. Ainsi, selon la méthodologie de Larman, *elles n'ont pas de méthodes*.
- Les classes ont des noms commençant avec une lettre majuscule, par exemple *Joueur* et elles ne sont jamais au pluriel, par exemple *Joueurs*.

5.1 Classes conceptuelles

Il y a trois stratégies pour identifier les classes conceptuelles:

1. Réutiliser ou modifier des modèles existants.
2. Utiliser une liste de catégories.
3. Identifier des groupes nominaux.

5.1.1 Catégories pour identifier des classes conceptuelles


Table 5.1: Extrait du tableau 9.1  du livre du cours.

| Catégorie | Exemples |
|---|--|
| Transactions métier | <i>Vente, Attaque, Réservation, Inscription, EmpruntVélo</i> |
| Elles sont essentielles, commencez l'analyse par les transactions. | |
| Lignes d'une transaction | <i>LigneArticles, ExempleLivre, GroupeCours</i> |
| Éléments compris dans une transaction. | |
| Produit ou service lié à une transaction ou une ligne de transaction | <i>Article, Vélo, Vol, Livre, Cours</i> |
| Pour quel concept sont faites des transactions? | |
| Où la transaction est-elle enregistré? | <i>Caisse, GrandLivre, ManifesteDeVol</i> |

| Catégorie | Exemples |
|--|---|
| Rôle des personnes liées à la transaction | <i>Caissier, Client, JoueurDeMonopoly, Passager</i> |
| Qui sont les parties impliquées dans une transaction? | |
| Organisations liées à la transaction | <i>Magasin, CompagnieAérienne, Bibliothèque, Université</i> |
| Quelles sont les organisations impliquées dans une transaction? | |
| Lieu de la transaction; lieu du service | <i>Magasin, Aéroport, Avion, Siège, LocalCours</i> |
| Événements notables, à mémoriser | <i>Vente, Paiement, JeuDeMonopoly, Vol</i> |
| Objets physiques | <i>Article, Caisse, Plateau, Pion, Dé, Vélo</i> |
| Important surtout lorsqu'il s'agit d'un logiciel de contrôle d'équipements ou de simulation. | |
| Description d'entités | <i>DescriptionProduit, DescriptionVol, Livre (en opposition avec Exemple), Cours (en opposition avec Livre)</i> |
| Voir section 9.13 pour plus d'informations. | |
| Catalogues | <i>CatalogueProduits, CatalogueVols, CatalogueLivres, CatalogueCours</i> |
| Les descriptions se trouvent souvent dans des catalogues | |
| Conteneurs | <i>Magasin, Rayonnage, Plateau, Avion, Bibliothèque</i> |
| Un conteneur peut contenir des objets physiques ou des informations. | |
| Contenu d'un conteneur | <i>Article, Case (sur un Plateau de jeu), Passager, Exemple</i> |
| Autres systèmes externes | <i>SystèmeAutorisationPaiementsACrédit, SystèmeGestionBorderaux</i> |
| Documents financiers, contrats, documents légaux | <i>Reçus, GrandLivre, JournalDeMaintenance</i> |

| Catégorie | Exemples |
|--|---|
| Instruments financiers | <i>Espèces, Chèque, LigneDeCrédit</i> |
| Plannings, manuels, documents régulièrement consultés pour effectuer un travail | <i>MiseAJourTarifs, PlanningRéparations</i> |


5.2 Attributs

Les attributs sont le sujet de la section 9.16  du livre. Comme c'est le cas pour les classes et les associations, on fait figurer les attributs *quand les cas d'utilisation suggèrent la nécessité de mémoriser des informations*.

Pour l'UML, la syntaxe complète d'un attribut est :

visibilité nom : type multiplicité = défaut {propriété}

Voici des points importants:

- *Le type d'un attribut est important et il faut les spécifier dans un MDD*, même si dans le livre du cours il y a plusieurs exemples sans type.
- On ne se soucie pas de la visibilité des attributs dans un MDD.
- Faites attention à l'attribut qui devrait être une classe. Si on ne pense pas un attribut *X* en termes alphanumériques dans le monde réel, alors il s'agit probablement d'une classe conceptuelle. Voir la section 9.12  du livre.
- De la même manière, faites attention aux informations qui sont mieux modélisées par des associations, par exemple dans la figure 5.1 la classe Pays n'a pas un *attribut* joueur : Joueur (qui contrôle le Pays), mais elle a plutôt une *association* avec la classe Joueur et un verbe contrôle.

⚠ Il est vrai que dans un langage de programmation, les associations doivent être les attributs dans les classes. Cependant, dans un modèle du domaine on cherche à éviter des attributs si une association peut mieux décrire la relation. La relation relie visuellement les deux classes et elle est décrite avec un verbe.

5.3 Associations

Les associations dans le MDD sont le sujet de la Section 9.14  du livre du cours. Il faut se référer au contenu du livre pour les détails. Une association est une relation entre des classes (ou des instances de classes). Elle indique une connexion significative ou intéressante. Voici des points importants:

- Il est facile de trouver beaucoup d'associations, mais il faut se limiter à celles qui doivent être conservées un certain temps. Pensez à la **mémorabilité** d'une association dans le contexte du logiciel à développer. Par exemple, considérez les associations de la figure 5.1:

- Il existe une association entre Joueur et Pays, car il est important de savoir quel joueur contrôle quel pays dans le jeu de Risk.
- Il n’y a pas d’association entre JeuRisk et Attaque, même si les attaques font partie du jeu. Il n’est pas essentiel de mémoriser l’historique de toutes les attaques réalisées dans le jeu.
- Il y a des associations dérivées de la liste des associations courantes. Voir le tableau 5.2.
- En UML les associations sont représentées par des lignes entre classes.
 - Elles sont nommées (avec des capitales).
 - Des noms simples comme « A », « Utilise », « Possède », « Contient », etc. sont généralement de choix médiocres, car ils n’aident pas notre compréhension du domaine. Essayez de trouver des noms plus riches, si possible.
 - Une flèche (triangle) de « sens de lecture » optionnelle indique la direction dans laquelle lire l’association. Si la flèche est absente, on lit l’association de gauche à droite ou de haut en bas.
 - Les extrémités des associations ont une expression de la multiplicité indiquant une relation numérique entre les instances des classes. Vous pouvez en trouver plusieurs exemples dans la figure 5.1.

Table 5.2: Extrait du tableau 9.2  du livre du cours.

| Catégorie | Exemple |
|---|---|
| A est une transaction liée à une transaction B | <i>Paie mentEnEspèces – Vente</i> <i>Réserve tion – Annulation</i> |
| A est un élément d’une transaction B | <i>LigneArticles – Vente</i> |
| A est un produit pour une transaction (ou un élément de transaction) B | <i>Article – LigneArticles (ou Vente)</i> <i>Vol – Réserve tion</i> |
| A est un rôle lié à une transaction B | <i>Client – Paie ment</i> <i>Passager – Billet</i> |
| A est une partie logique ou physique de B | <i>Tiroir – Registre</i> <i>Case – Plateau</i> <i>Siège – Avion</i> |
| A est physiquement ou logiquement contenu dans B | <i>Registre – Magasin</i> <i>Joueur – Monopoly</i> <i>Passager – Avion</i> |
| A est une description de B | <i>DescriptionProduit – Article</i> <i>DescriptionVol – Vol</i> |
| A est connu/consigné/enregistré/saisi dans B | <i>Vente – Registre</i> <i>Pion – Case</i> <i>Réserve tion – ManifesteDeVol</i> |

| Catégorie | Exemple |
|---|---|
| A est un membre de B | Caissier – Magasin Joueur – Monopoly Pilote – CompagnieAérienne |
| A est une sous-unité organisationnelle de B | Rayon – Magasin Maintenance – CompagnieAérienne |
| A utilise, gère ou possède B | Caissier – Registre Joueur – Pion Pilote – Avion |
| A est voisin de B | Article – Article Case – Case Ville – Ville |

5.4 Exemple de MDD pour le jeu de Risk

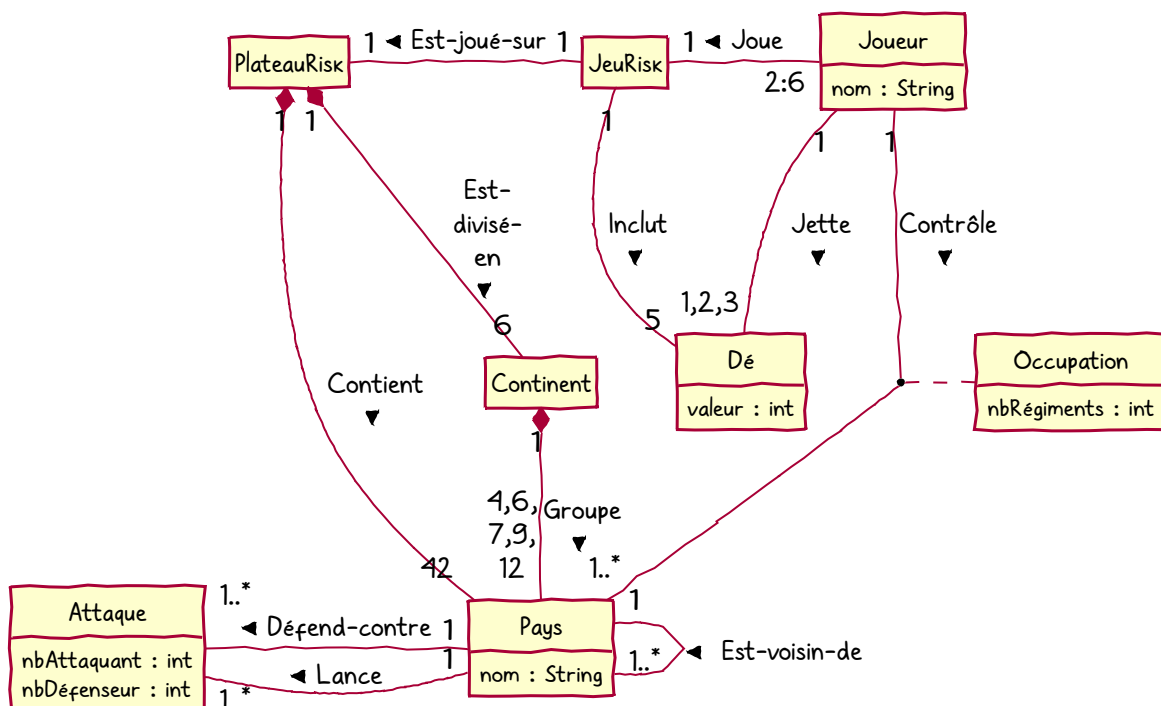


Figure 5.1: Modèle du domaine du jeu de Risk

5.5 Attributs dérivés

Les attributs dérivés sont expliqués en détail dans la section 9.16  du livre du cours. Il s'agit des attributs qui sont calculés à partir d'autres informations reliées à la classe. Ils sont indiqués par le symbole / devant leur nom. L'exemple à la figure 5.2 s'applique à la règle du jeu de Risk spécifiant qu'un joueur reçoit un certain nombre de renforts selon le nombre de pays occupés. La classe Joueur pourrait avoir un attribut dérivé /nbPaysOccupés qui est calculé selon le nombre de Pays contrôlés par le joueur.

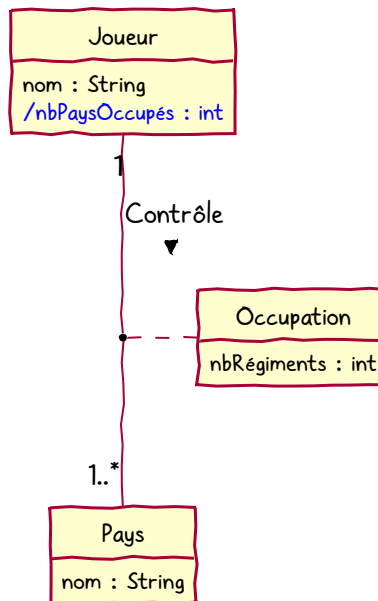



Figure 5.2: Classe d'association dans le MDD Jeu de Risk

5.6 Classes d'association

Les classes d'association dans le MDD sont le sujet de la Section 32.10  du livre du cours (Section 26.10 de la version française).

Une classe d'association permet de traiter une association comme une classe, et de la modéliser avec des attributs...

Il pourrait être utile d'avoir une classe d'association dans un MDD si:

- un attribut est lié à une association;
- la durée de vie des instances de la classe d'association dépend de l'association;
- il y a une association $N-N$ entre deux concepts et des informations liées à l'association elle-même.

Dans l'exemple à la figure 5.3, voici pourquoi il y a une classe d'association **Occupation**. Lorsqu'un **Joueur** contrôle un **Pays**, il doit y avoir des armées dans ce dernier. Le MDD pourrait avoir un attribut `nbRégiments` dans la classe **Pays**. Cependant, l'attribut `nbRégiments` est lié à l'association entre le **Joueur** et le **Pays** qu'il contrôle, alors on décide d'utiliser une classe d'association.

Si un Joueur envahit un Pays, la nouvelle instance de la classe d'association Occupation sera créée (avec la nouvelle association). Pourtant, cette instance d'Occupation sera détruite si un autre Joueur arrive à prendre le contrôle du Pays. Alors, la durée de vie de cette instance dépend de l'association.

Voir le livre obligatoire pour plus d'exemples.

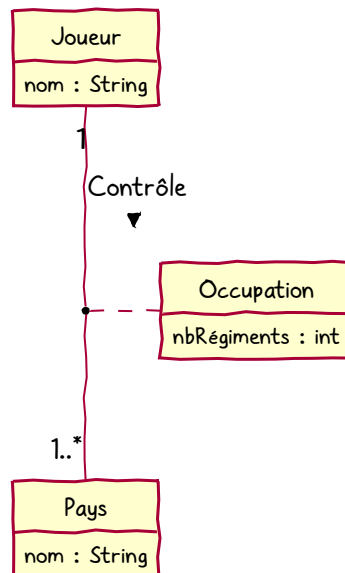


Figure 5.3: Classe d'association dans le MDD Jeu de Risk

5.7 FAQ MDD

Question: Est-ce qu'il y a un MDD pour chaque cas d'utilisation?

Réponse: Selon la méthodologie du livre du cours, il n'y a qu'un seul MDD pour un domaine d'application. Une application peut avoir beaucoup de fonctionnalités (cas d'utilisation), mais il y a un seul MDD.

Ceci étant dit, la notion d'une *version* de MDD existe (par exemple, une version pour chaque itération). Le MDD évoluera normalement après chaque nouvelle analyse. Le MDD au début d'un projet est plus simple, puisqu'il porte sur seulement les cas d'utilisation ciblés à la première itération. Au fur et à mesure qu'on rajoute des fonctionnalités au logiciel, le MDD devient plus riche.

6 Diagrammes de séquence système (DSS)

Un diagramme de séquence système (DSS) est diagramme UML (diagramme de séquence) limité à un acteur (provenant du scénario d'un cas d'utilisation) et le Système. Les DSS sont expliqués en détail dans le chapitre 10  du livre du cours, mais voici des points importants pour LOG210:

- Le DSS a toujours un titre.
- L'acteur est indiqué dans la notation par un bonhomme et c'est représenté comme une *instance* de la classe du bonhomme, par exemple dans la figure 6.1 : Joueur (le « : » signifie une instance).
- Le Système est un objet (une instance : Système) et n'est jamais détaillé plus.
- Le but du DSS est de définir des opérations système (Application Programming Interface) du système; il s'agit d'une conception de haut niveau.
- Le côté acteur du DSS n'est pas un acteur tout seul, mais une couche logicielle de présentation, comme une interface graphique ou un logiciel qui peut reconnaître la parole. Cette couche reconnaît des gestes de l'acteur (par exemple un clic sur un bouton dans l'interface, une demande « Hé Siri », etc.) et envoie une opération système.
- Puisque la couche présentation reçoit des informations des êtres humains, *les opérations système ont des arguments de type primitif*. Il est difficile pour un utilisateur de spécifier une référence (pointeur en mémoire) à un objet. Alors, on peut donner le nom (de type String) d'un morceau de musique à jouer, ou spécifier une quantité (de type Integer).
- Puisque les types des arguments sont importants, on les spécifie dans les opérations système du DSS.
- Un message de retour (ligne pointillée avec flèche ouverte) vers l'acteur représente la communication des informations précises, par exemple les valeurs des dés dans l'attaque. Puisque la couche présentation a beaucoup de moyens pour afficher ces informations, *on ne va pas spécifier les messages de retour comme des méthodes*.

6.1 Exemple: DSS pour Attaquer un pays

La figure 6.1 est un exemple de DSS pour le cas d'utilisation *Attaquer un pays*. Vous pouvez noter tous les détails (titre, arguments, types).

6.2 DSS fait abstraction de la couche présentation

Le but du DSS est de se concentrer sur l'API (les opérations système) de la solution. Dans ce sens, c'est une conception de haut niveau. Le « Système » est modélisé comme une boîte noire. Par exemple, dans la figure 6.2 il y a l'acteur, le Système et une opération système. On ne rentre pas dans les détails, bien qu'ils existent et sont importants.

Plus tard, lorsque c'est le moment d'implémenter le code, les détails importants seront à respecter. Il faut faire attention aux principes de la séparation des couches présentation et domaine. Par exemple, la

DSS pour Attaquer un pays

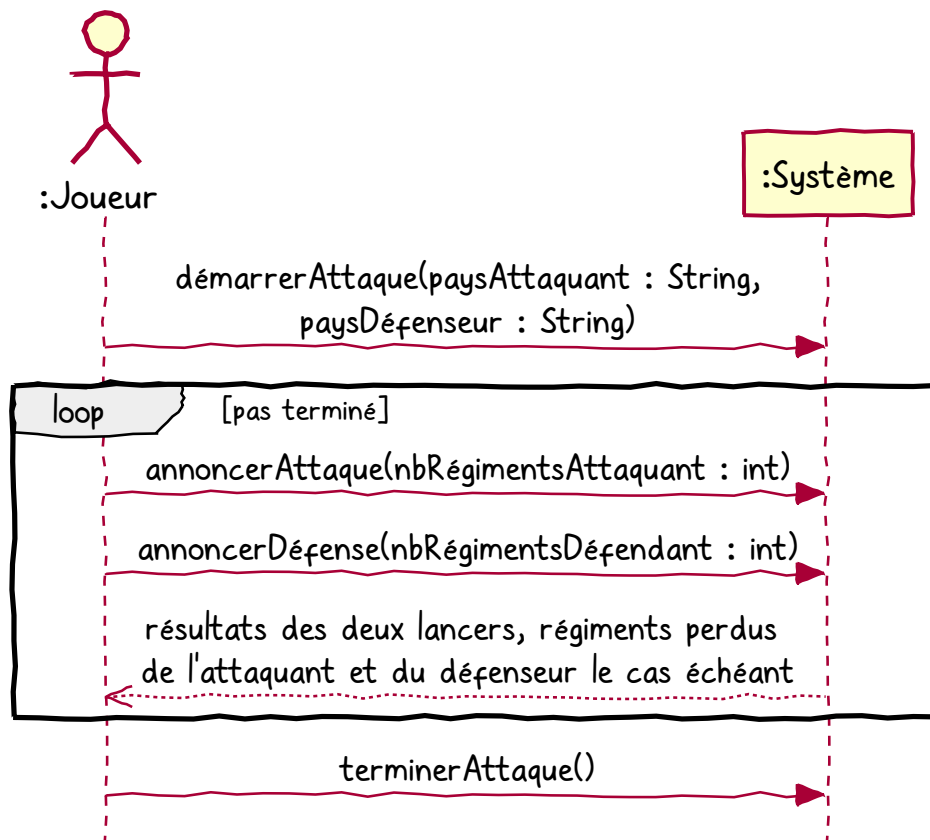


Figure 6.1: Diagramme de séquence système pour *Attaquer un pays*

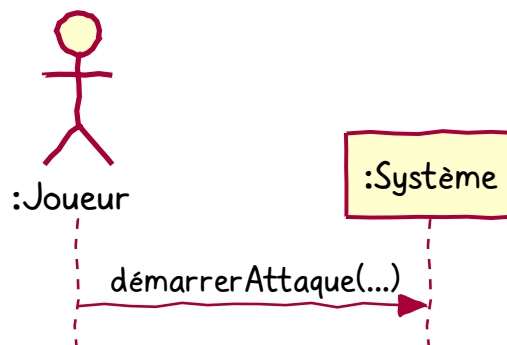


Figure 6.2: Une opération système dans un DSS. C'est une abstraction.

figure 6.3 rentre dans les détails de ce qui se passe réellement dans une opération système quand la solution fonctionne avec un service web:

- D'abord, l'acteur clique sur un bouton;
- Ce clic se transforme en service REST;
- Un routeur transforme l'appel REST en une opération système envoyée à un contrôleur GRASP. Notez que c'est un **objet du domaine qui reçoit l'opération système** – c'est l'essence du principe GRASP Contrôleur;
- Le contrôleur GRASP dirige la suite, selon la solution proposée dans la réalisation de cas d'utilisation (RDCU).

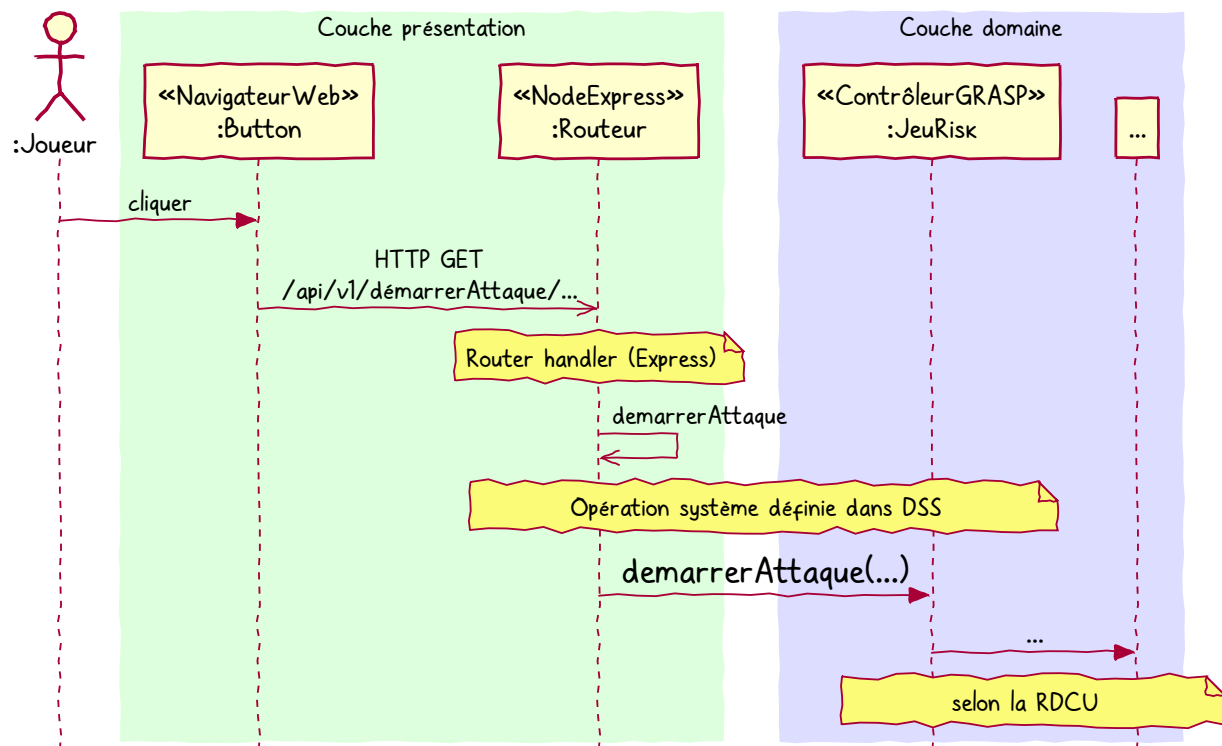


Figure 6.3: Une opération système est envoyée par la couche présentation et elle est reçue dans la couche domaine par son contrôleur GRASP. Ceci est un exemple avec un navigateur web, mais d'autres possibilités existent pour la couche présentation.


⚠ La figure 6.3 est à titre d'information seulement. Les DSS sont censés être simples (sans rentrer dans les détails). C'est de la conception à haut niveau.

6.3 FAQ DSS

Question: Comment faire si un cas d'utilisation a des *scénarios alternatifs*? Fait-on plusieurs DSS (un pour chaque scénario) ou utilise-t-on la notation UML (des blocs `opt` et `alt`) pour montrer des flots différents dans le même DSS?

Réponse: Un objectif de faire un DSS est de **définir les opérations système**. Donc, on peut se poser la question suivante: les scénarios alternatifs impliquent-ils une ou plusieurs opérations système n'ayant pas encore été définies? Si la réponse est non, on peut ignorer les scénarios alternatifs dans le DSS. Par contre, si la réponse est oui, il est essentiel de définir ces opérations système dans un DSS. Quant au choix de faire des DSS séparés ou d'utiliser la notation UML pour montrer les flots différents sur le même DSS, ça dépend de la complexité de la logique des flots. Un DSS devrait être *facile à comprendre*. C'est à vous de juger si votre DSS avec des `opt` ou `alt` est assez simple ou fait du spaghetti. Utilisez un autre DSS (ou plusieurs) ayant le nom des scénarios alternatifs si cela vous semble plus clair.

7 Contrats d'opération

Les contrats d'opération sont le sujet du chapitre 11  du livre du cours. Voici les points importants pour le cours:

- Pour simplifier les choses, on ne spécifie pas les préconditions dans les contrats.
- Notez que les postconditions d'un contrat d'opération et d'un cas d'utilisation ne sont pas la même chose.
- Une postconditions décrit les modifications de l'état des objets dans le modèle du domaine après une opération système.
- Le vocabulaire pour les postconditions provient du modèle du domaine.
- Chaque postcondition doit avoir la bonne forme:
 - création (ou suppression) d'instances;
 - modification des valeurs des attributs;
 - formation (ou rupture) d'associations.
- En rédigeant les contrats, il est normal de découvrir dans le modèle du domaine des incohérences ou des éléments manquants. Il *faut* les corriger (il faut changer le MDD), car cela fait partie d'un processus itératif et évolutif.

7.1 Exemple: Contrats d'opération pour Attaquer un pays

7.1.1 Attaquer un pays

7.1.1.1 Opération: `démarrerAttaque(paysAttaquant:String, paysDéfenseur:String)`

7.1.1.1.1 Postconditions

- une nouvelle instance a de Attaque a été créé
- a a été associé au Pays sur une base de correspondance avec paysAttaquant
- a a été associé au Pays sur une base de correspondance avec paysDéfenseur

7.1.1.2 Opération: `annoncerAttaque(nbRégimentsAttaquant:int)`

7.1.1.2.1 Postconditions

- a.nbAttaquant est devenu nbRégimentsAttaquant

7.1.1.3 Opération: `annoncerDéfense(nbRégimentsDéfendant:int)`

7.1.1.3.1 Postconditions


- `a.nbDéfendant` est devenu `nbRégimentsDéfendant`
- L'attribut valeur des `d1` à `d5` est devenue un nombre entier aléatoire entre 1 et 6
- `Occupation.nbRégiments` est ajusté selon le résultat des valeurs sur une base de correspondance avec `paysAttaquant`.
- `Occupation.nbRégiments` est ajusté selon le résultat des valeurs sur une base de correspondance avec `paysDéfendant`.

7.1.1.4 Opération: `terminerAttaque()`

7.1.1.4.1 Postconditions

- TODO: Handle the change of Occupation?

8 Réalisations de cas d'utilisation (RDCU)

Les réalisations de cas d'utilisation (RDCU) sont le sujet du chapitre F17/A18  du livre du cours. Voici les points importants pour le cours:

- Une RDCU est une synthèse des informations spécifiées dans le MDD, le DSS et les contrats d'opération. Si vous n'avez pas bien compris ces autres éléments, il est difficile de réussir les RDCU. Mais, d'une autre part, c'est aussi une étape pour valider votre compréhension. Il est normal de ne pas tout comprendre au début.
- De manière générale, toute bonne RDCU doit faire les choses suivantes:
 - spécifier un contrôleur (pour la première opération système dans un DSS, qui sera le même pour le reste des opérations dans le DSS);
 - satisfaire les postconditions du contrat d'opération correspondant;
 - rechercher les informations qui sont éventuellement rendues à l'acteur dans le DSS.
- Il s'agit d'un diagramme de séquence en UML. Il faut alors maîtriser la notation UML pour ces diagrammes, mais c'est agile:
 - Il n'est pas nécessaire de faire les boîtes d'activation.
 - On doit se servir des annotations pour documenter les choix (GRASP).
 - Il vaut mieux apprendre à dessiner à la main des diagrammes, car c'est comme ça à l'examen (et c'est plus rapide qu'un outil).
- Le livre présente quelques RDCU qui sont des *diagrammes de communication*. Cette notation n'est pas utilisée dans le cours, car elle est plus complexe à utiliser et elle est comparable à la notation des diagrammes de séquence.
- Faire des RDCU est plus agile que coder, car dans un diagramme on peut voir le flux de plusieurs messages à travers plusieurs classes. Dans le code source, il serait nécessaire d'ouvrir plusieurs fichiers en même temps et on ne peut pas voir toute la dynamique de la même manière. Faire des changements à un diagramme est aussi plus facile que changer tout le code source. Ceci étant dit, *le codage dans un langage de programmation est la seule manière de valider une RDCU*. Évidemment la programmation prend beaucoup plus de temps et n'est pas triviale. Une RDCU est comme un plan d'un architecte pour un bâtiment et la programmation est comme la construction d'un bâtiment.

8.1 Spécifier le contrôleur

Pour commencer une RDCU, on spécifie le contrôleur selon GRASP. Dans les travaux pour le cours, vous devez indiquer *pourquoi vous avez choisi telle classe pour être le contrôleur*. Ce n'est pas un choix arbitraire. Référez-vous à la définition dans [Tableau des principes GRASP](#).

Pour initialiser les liens entre la couche présentation et les contrôleurs GRASP, Larman vous propose de le faire dans la [RDCU pour l'initialisation, le scénario Démarrer](#).

8.2 Satisfaire les postconditions

8.2.1 Créer une instance

Certaines postconditions concernent la création d'une instance. Dans votre RDCU, vous devez respecter le GRASP Créateur. Référez-vous à la définition dans [Tableau des principes GRASP](#).

⚠ Une erreur potentielle est de donner la responsabilité de créer à un contrôleur, puisqu'il a les données pour initialiser l'objet. Bien que ce soit justifiable par le principe GRASP Créateur, il vaut mieux favoriser une classe qui agrège l'objet à créer, le cas échéant.

8.2.2 Former une association

Pour les postconditions où il faut former une association entre un objet *a* et *b*, il y a plusieurs façons de faire.

- S'il y a une agrégation entre les objets, il s'agit probablement d'une méthode `add()` sur l'objet qui agrège.
- S'il y a une association simple, il faut considérer la navigabilité de l'association. Est-ce qu'il faut pouvoir retrouver l'objet *a* à partir de l'objet *b* ou vice-versa? Il s'agira d'une méthode `setB(b)` sur l'objet *a* (pour trouver *b* à partir de *a*), etc.

Dans la plupart des cas, la justification GRASP pour former une association est Expert, défini dans [Tableau des principes GRASP](#). ⚡ Il faut faire attention à la [Visibilité](#).

8.2.3 Modifier un attribut

Pour les postconditions où il faut modifier un attribut, c'est assez évident. Il suffit de suivre le principe GRASP Expert, défini dans [Tableau des principes GRASP](#). Très souvent, c'est une méthode `setX(valeur)` où *X* correspond à l'attribut qui sera modifié à *valeur*. ⚡ Attention à la [Visibilité](#).

Lorsque l'attribut d'un objet doit être modifié juste après la création de ce dernier, ça peut se faire dans le constructeur, comme on voit dans la figure [8.1](#).

8.3 Visibilité

Dans tous les cas, si un message est envoyé à un objet, ce dernier doit être *visible* à l'objet qui lui envoie le message. Régler les problèmes de visibilité nécessite de la créativité. Il est difficile à enseigner cette démarche, mais les points suivants peuvent aider:

- Pour un objet racine (par exemple Université) il peut s'agir d'un objet Singleton, qui aura une visibilité globale. C'est-à-dire que n'importe quel objet pourrait lui envoyer un message. Cependant, les objets Singleton posent des problèmes de conception, notamment pour les tests. Il vaut mieux éviter ce choix, si possible.

📖 Voir [cette réponse sur stackoverflow](#).

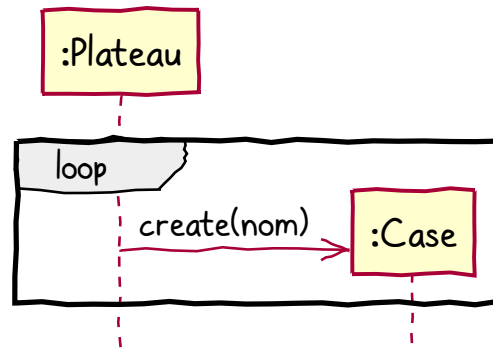



Figure 8.1: Combiner la création d'instance et une modification de son attribut dans un constructeur

- Sinon, il faudra que l'objet émetteur ait une référence de l'objet récepteur. Par exemple dans la figure 8.2, la référence à *b* peut être:
 - stockée comme un attribut de *a*,
 - passée comme un argument dans un message antérieur, ou
 - affectée dans une variable locale de la méthode où `unMessage()` sera envoyé.

Pour plus de détails, voir le chapitre sur la Visibilité  du livre du cours.

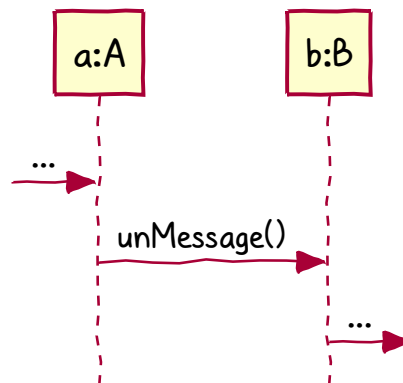


Figure 8.2: L'objet *b* doit être visible à l'objet *a* si *a* veut lui envoyer un message

Pour initialiser les références nécessaires pour la bonne visibilité, Larman vous propose de faire ça dans la [RDCU pour l'initialisation, le scénario Démarrer](#).

8.4 Transformer identifiants en objets

La directive d'utiliser les types primitifs pour les opérations système nous mène à un problème récurrent dans les RDCU : transformer un identifiant (souvent de type `String` ou `int`) en objet. Larman vous propose un idiome (pas vraiment un pattern) nommé **Transformer identifiant en objet** qui sert à repérer la référence d'un objet qui correspond à l'identifiant.

Il y a un exemple à la figure 8.3 provenant du chapitre sur l'**Application des patterns GoF** (Figure 23.18) du livre du cours. Un autre exemple du livre du cours est l'identifiant `codeArticle` transformé en objet `DescriptionProduit` par la méthode `CatalogueProduits.getDescProduit(codeArticle:String):DescriptionProduit`.

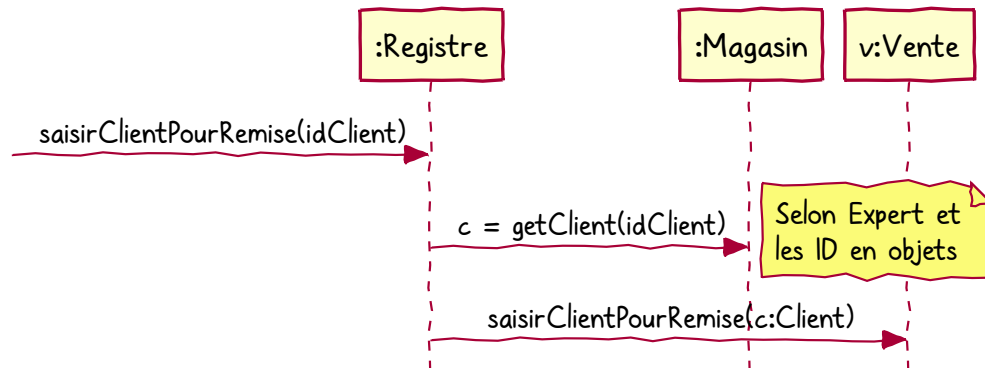


Figure 8.3: Un identifiant `idClient:String` est transformé en objet `c:Client`, qui est ensuite envoyé à la Vente en cours

La section 8.5 explique comment implémenter la transformation avec les dictionnaires (map).

8.5 Utilisation de tableau associatif (Map<clé, objet>)

Pour transformer *ID en objets*, il est pratique d'utiliser un **tableau associatif** (aussi appelé **dictionnaire** ou **map en anglais**)^W. L'exemple du livre du cours concerne le problème de repérer une Case Monopoly à partir de son nom (String). C'est la figure A17.7 ou F17.7 du livre du cours. Voir les détails dans le livre.

Notez que les exemples du livre ne montrent qu'un seul *type* dans le tableau associatif, par exemple `Map<Case>`, tandis que normalement il faut spécifier aussi le type de la clé, par exemple `Map<String, Case>`.

Un tableau associatif fournit une méthode `get` ou `find` pour rechercher un objet à partir de sa clé (son identifiant). La figure 8.4 en est un exemple.

Dans la section suivante, l'initialisation des éléments utilisés dans les RDCU (comme des tableaux associatifs) est expliquée.

8.6 RDCU pour l'initialisation, le scénario Démarrer

Le lancement de l'application correspond à la RDCU « Démarrer ». La section **Initialisation et cas d'utilisation Démarrer** (Sec. 17.4, p.345 dans le livre en français) ou **Initialization and the « Start Up » Use Case** (Sec. 18.4, p.274 dans le livre en anglais) traite ce sujet important. C'est dans cette conception où il faut mettre en place tous les éléments importants pour les hypothèses faites dans les autres RDCU, par exemple les classes de collection (Map), les références pour la visibilité, l'initialisation des contrôleurs, etc.

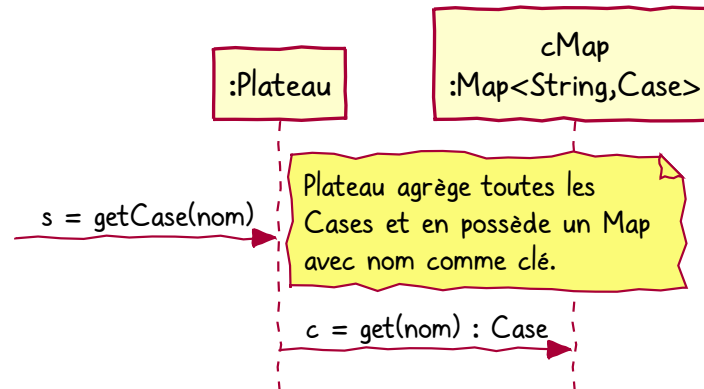


Figure 8.4: Exemple de l'utilisation de tableau associatif pour trouver une Case Monopoly à partir de son nom

Voici quelques points importants:

- Le lancement d'une application dépend du langage de programmation et du système d'exploitation.
- À chaque nouvelle RDCU, on doit possiblement actualiser la RDCU « Démarrer » pour tenir compte des hypothèses faites dans la dernière RDCU. Elle est assez « instable » pour cette raison. Larman recommande de faire sa conception en dernier lieu.
- Il faut choisir l'objet du domaine initial, qui est souvent l'objet racine, mais ça dépend du domaine. Cet objet aura la responsabilité, lors de sa création, de générer ses « enfants » directs, puis chaque enfant aura à faire la même chose selon la structure. Par exemple, selon le MDD pour le jeu de Risk à la figure 5.1, JeuRisk pourrait être l'objet racine, qui devra créer l'objet PlateauRisk et les cinq instances de Dé. L'objet PlateauRisk, lors de son initialisation, pourra instancier les 42 objets Pays et les six objets Continent, en passant à chaque Continent leurs objets Pays lors de son initialisation. Si PlateauRisk fournit une méthode getPays(nom) qui dépend d'un tableau associatif selon [Transformer identifiants en objets](#), alors c'est dans l'initialisation de cette classe où l'instance de Map<String,Pays> sera créée.
- Selon l'application, les objets peuvent être chargés en mémoire à partir d'un système de persistance, par exemple une base de données ou un fichier. Pour l'exemple de Risk, PlateauRisk pourrait charger, à partir d'un fichier JSON, des données pour initialiser toutes les instances de Pays. Pour une application d'inscription de cours à l'université, peut-être toutes les descriptions de cours seront chargées en mémoire à partir d'une base de données. Une base de données amène un lot d'avantages et d'inconvénients, et elle n'est pas toujours nécessaire. Dans LOG210, on n'aborde pas le problème de base de données (c'est le sujet pour un autre cours).

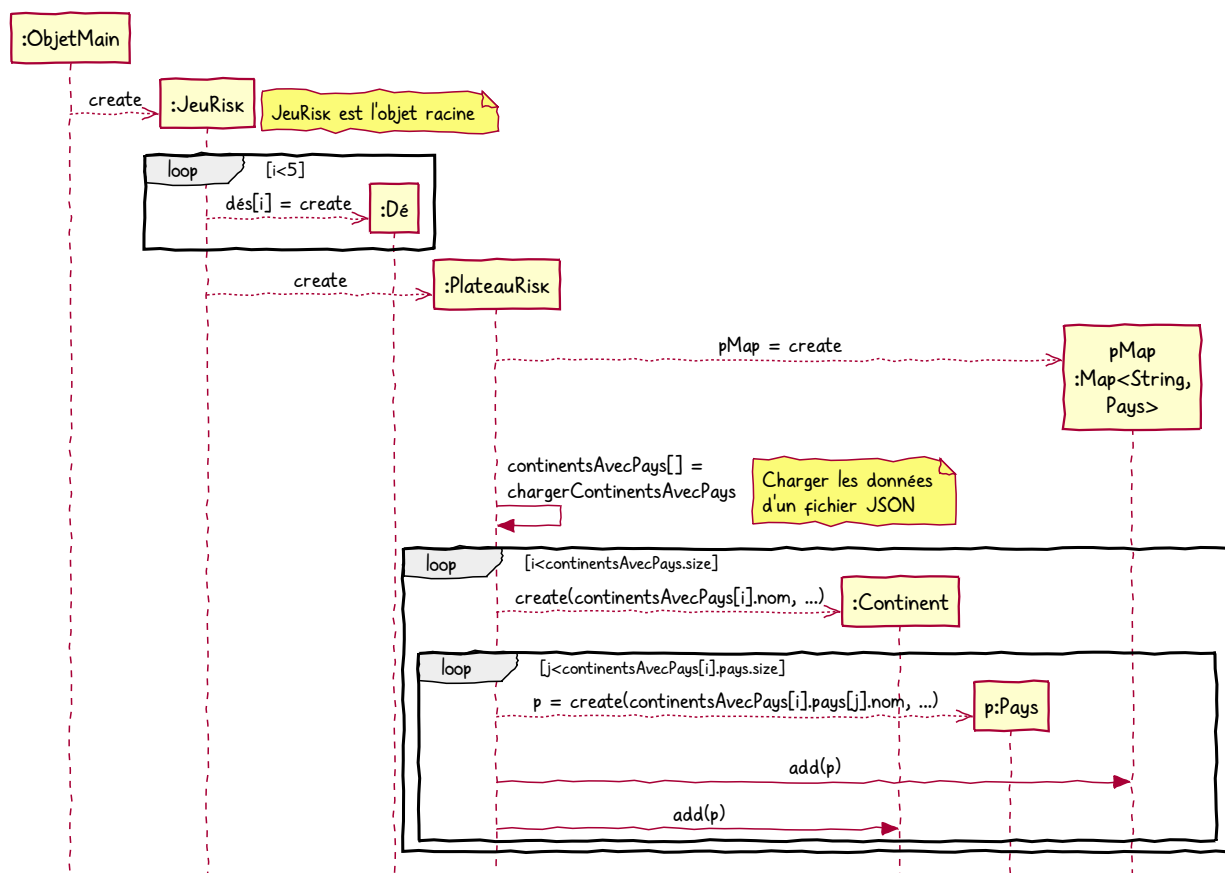


Figure 8.5: Exemple de l'initialisation partielle du jeu de Risk

9 Développement piloté par les tests

Si on écrivait des logiciels pouvant se tester automatiquement? Le développement piloté par les tests (anglais, *test-driven development*, *TDD*) est une pratique populaire et intéressante. Il s'agit d'écrire des logiciels avec un composant d'autovalidation (des tests automatisés). Mais, écrire beaucoup de tests n'est pas toujours une tâche agréable pour des développeurs. Historiquement, si on attend la fin d'un projet pour écrire des tests, il ne reste plus beaucoup de temps et l'équipe laisse tomber les tests. Pour pallier ce problème, le développement piloté par les tests propose de travailler **en petit pas**. C'est-à-dire écrire un test simple (en premier), puis écrire la partie du logiciel pour passer le test de manière simple (le plus simple). Ça fait moins d'ouvrage de codage entre les validations et c'est possiblement même plus stimulant pour les développeurs.

Ainsi, il y a toujours des tests pour les fonctionnalités et le développement se fait en petits incréments qui sont validés par les tests. Faire les petits pas réduit le risque associé à de gros changements dans un logiciel sans validation intermédiaire. Au fur et à mesure qu'on développe un logiciel, on développe également des tests de ce dernier. Puisque les tests sont automatiques, ils sont aussi faciles à exécuter que le compilateur.

Il y a une discipline imposée dans le TDD qui nécessite d'écrire un *test en premier*, avant d'écrire le code. La démarche est illustrée par la figure 9.1. Plusieurs chercheurs ont essayé de voir si tester en premier avait un vrai bénéfice. Les résultats de leurs expériences n'ont pas montré toujours que c'est le cas. Faire un petit test après avoir écrit le code a aussi un bénéfice en termes de qualité. Cependant, des chercheurs sont d'accord que le fait de travailler en petit pas apporte toujours un avantage en termes de qualité.

Sachez qu'il existe beaucoup d'intergiciels (anglais *frameworks*) pour faciliter l'exécution automatique des tests réalisés dans le cadre du TDD. En Java, il y a JUnit, mais il y en a pour pratiquement tous les langages et environnements. En ce qui concerne le squelette pour le laboratoire de LOG210, la version TypeScript utilise [Mocha](#) avec [Chai](#). La version Python utilise [PyTest](#).

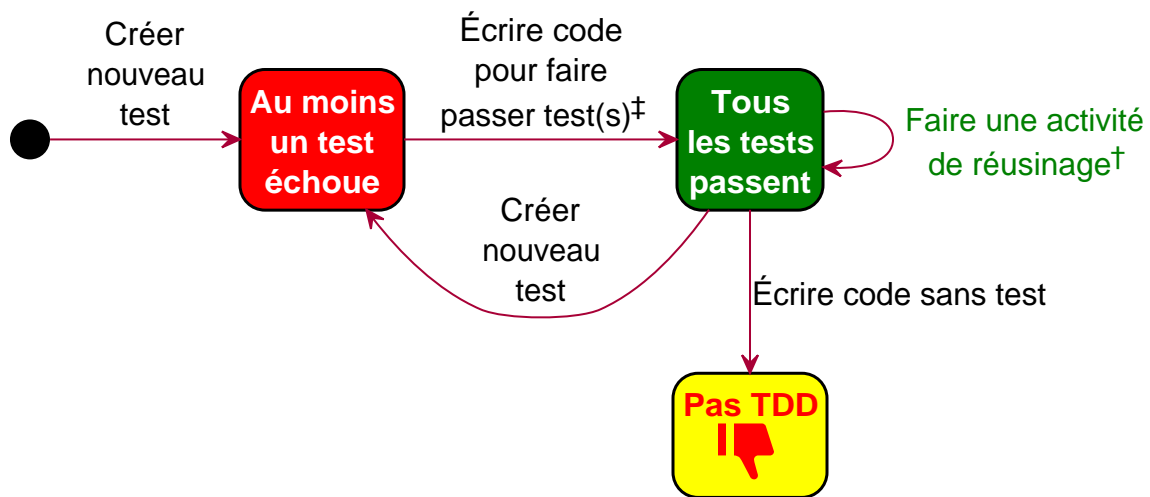
L'exécution de test peut être même faite à chaque commit du code dans un dépôt comme GitHub. Le squelette de LOG210 utilise [Travis](#) pour cela, et dans la version TypeScript et dans la version Python.

Il est possible de mesurer la [couverture de code](#) [W](#) atteinte par les tests (mais ce sujet commence à sortir du cadre de la matière du cours). Les deux versions du squelette utilisent [Coveralls](#) pour ce faire.

Les activités de réusinage sont expliquées dans la section [Réusinage \(Refactorisation\)](#).

9.1 Kata TDD

Pour apprendre à faire du développement piloté par les tests (et pour apprendre les cadriciels supportant l'automatisation des tests), il existe une activité nommée « Kata TDD ». *Kata* est un terme japonais désignant une séquence de techniques réalisée dans le vide dans les arts martiaux japonais. C'est un outil de transmission de techniques, mais aussi de principes, de combat.



†Une activité de réusinage n'est pas censée causer un problème avec un test. Cependant, cela peut arriver que les tests ne passent plus et il faudra corriger des problèmes.
‡Il peut arriver qu'un test soit mal codé (il contient un bogue). Dans ce cas, on corrige le code du test.

Figure 9.1: États du développement piloté par les tests

Alors, le « kata TDD » a été proposé par Dave Thomas et le but est de développer la fluidité avec le développement piloté par les tests. Un kata TDD se pratique avec un IDE (environnement de développement logiciel) et un support pour les tests (par exemple JUnit). Pratiquer le même kata peut améliorer votre habileté de programmation. On peut pratiquer le même kata dans un langage différent ou avec un IDE ou environnement de test différent.

9.1.1 Exemple de Kata TDD FizzBuzz

L'inspiration de cet exercice vient de <http://codingdojo.org/kata/FizzBuzz/>.

Dans cet exercice il faut écrire par le développement piloté par les tests un programme qui imprime les nombres de 1 à 100. Mais pour les multiples de trois, il faut imprimer Fizz au lieu du nombre et pour les multiples de cinq, il faut imprimer Buzz. Pour les nombres étant des multiples de trois et cinq il faut imprimer FizzBuzz. Voici un exemple des sorties:

```
1
2
Fizz
4
Buzz
Fizz
7
8
Fizz
Buzz
11
Fizz
13
14
FizzBuzz
16
17
Fizz
19
Buzz
... etc jusqu'à 100
```

9.1.1.1 Préalables

Il faut installer un IDE qui supporte le réusinage (refactorings) comme VisualStudio Code, Eclipse, IntelliJ, etc. puis un framework de test unitaire (JUnit, Mocha/Chai, unittest, etc.). Pour un exemple qui fonctionne en TypeScript, vous pouvez cloner le code à <https://github.com/profcuhrmanets/code-kata-typescript>

9.1.1.2 Déroulement

Cet exercice peut se faire individuellement ou en équipe de deux. En équipe, une personne écrit le test et l'autre écrit le code pour passer le test (c'est la variante ping-pong). Chacun réfléchit au réusinage lorsque le projet est dans l'état vert. On peut changer de rôle plus tard.

Pour respecter la philosophie de petits pas, il vaut mieux:

- Ne lire que l'étape courante.
- Ne travailler que sur l'étape courante.
- Ne faire que les tests avec les entrées valides.

9.1.1.3 Kata pour FizzBuzz

Les étapes sont simples et précises. Il s'agit de créer une classe ayant une méthode acceptant un entier et retournant une valeur selon les exigences de FizzBuzz décrite plus haut.

1. Un argument de 1 retourne 1.
2. Un argument de 2 retourne 2
3. Un argument de 3 retourne Fizz
4. Un argument de 6 retourne Fizz
5. Un argument de 5 retourne Buzz
6. Un argument de 10 retourne Buzz
7. Un argument de 15 retourne FizzBuzz
8. Un argument de 30 retourne FizzBuzz
9. Supporter des exigences qui évoluent:
 - a. Il faut imprimer Fizz au lieu du nombre si le nombre est un multiple de 3 ou contient un 3 (p.ex. 13 → Fizz).
 - b. Il faut imprimer Buzz au lieu du nombre si le nombre est un multiple de 5 ou contient un 5 (p.ex. 51 → Fizz).
 - c. Il faut imprimer FizzBuzz si le nombre est un multiple de 5 et de 3 ou contient un 5 et un 3 (p.ex. 53 → FizzBuzz).

10 Réusinage (Refactorisation)

10.1 Introduction

Considérez l'histoire suivante, provenant de la 2e édition du livre *Refactoring* de Martin Fowler (2019):

Il était une fois, un consultant qui a rendu visite à un projet de développement afin de regarder une partie du code qui avait été écrit. En parcourant la hiérarchie des classes au centre du système, le consultant l'a trouvé plutôt désordonné. Les classes de niveau supérieur ont émis certaines hypothèses sur la façon dont les classes fonctionneraient, hypothèses incorporées dans le code hérité. Ce code n'était pas cohérent avec toutes les sous-classes, cependant, et a été redéfini à beaucoup d'endroits. De légères modifications à la superclasse auraient considérablement réduit la nécessité de la redéfinir. À d'autres endroits, l'intention de la superclasse n'avait pas été bien comprise et le comportement présent dans la superclasse était dupliqué. Dans d'autres endroits encore, plusieurs sous-classes ont fait la même chose avec du code qui pouvait clairement être déplacé dans la hiérarchie.

Le consultant a recommandé à la direction du projet que le code soit examiné et nettoyé, mais la direction du projet n'était pas enthousiaste. Le code semblait fonctionner et il y avait des contraintes sur l'emploi du temps considérables. Les gestionnaires ont dit qu'ils y parviendraient ultérieurement.

Le consultant a également montré ce qui se passait aux programmeurs travaillant sur la hiérarchie. Les programmeurs étaient enthousiastes et ont vu le problème. Ils savaient que ce n'était pas vraiment de leur faute; parfois, l'évaluation par une autre personne est nécessaire pour détecter le problème. Les programmeurs ont donc passé un jour ou deux à nettoyer la hiérarchie. Une fois terminés, ils avaient supprimé la moitié du code de la hiérarchie sans réduire sa fonctionnalité. Ils étaient satisfaits du résultat et ont constaté qu'il était devenu plus rapide et plus facile d'ajouter de nouvelles classes et d'utiliser les classes dans le reste du système.

La direction du projet n'était pas contente. L'échéancier était serré et il y avait beaucoup de travail à faire. Ces deux programmeurs avaient passé deux jours à effectuer un travail qui n'ajoutait rien aux nombreuses fonctionnalités que le système devait offrir en quelques mois. L'ancien code avait très bien fonctionné. Oui, la conception était un peu plus « pure » et un peu plus « propre ». Mais le projet devait expédier du code qui fonctionnait, pas du code qui plairait à un universitaire. Le consultant a suggéré qu'un nettoyage similaire soit effectué sur d'autres parties centrales du système, ce qui pourrait interrompre le projet pendant une semaine ou deux. Tout cela était pour rendre le code plus beau, pas pour lui faire faire ce qu'il ne faisait pas déjà.

Cette histoire est un bon exemple des deux forces constamment en jeu lors d'un développement de logiciel. D'un côté on veut que le code fonctionne (pour satisfaire les fonctionnalités) et d'un autre côté on veut que

la conception soit acceptable puisqu'il y a d'autres exigences sur un logiciel telles que la maintenabilité, l'extensibilité, etc. La section sur le [Spectre de la conception, adapté de Neal Ford](#) aborde cette dynamique.

Le réusinage (anglais *refactoring*) est, selon Fowler, « l'amélioration de la conception du code après avoir écrit celui-ci ». Il s'agit de retravailler le code source de façon à en améliorer la lisibilité ou la structure, sans en modifier le fonctionnement. C'est une manière de gérer la dette technique, car grâce au réusinage on peut transformer du code chaotique (écrit peut-être par les gens en mode « hacking cowboy ») en code bien structuré. De plus, beaucoup d'IDE supportent l'automatisation d'activités de réusinage, rendant le processus plus facile et robuste. Probablement vous avez déjà « renommé » une variable dans le code source, à travers un menu « Refactoring ».

10.2 Symptômes de la mauvaise conception - Code smells

En anglais, le terme « Code smell » a été proposé par Fowler pour les symptômes d'une mauvaise conception. Le but est de savoir à quel moment il faut affecter des activités de réusinage.

Par exemple, le premier « smell » dans son livre est « Mysterious Name ». Il apparaît lorsqu'on voit une variable ou une méthode dont le nom est incohérent avec son utilisation. Cela arrive puisqu'il n'est pas toujours facile de trouver un bon nom au moment où on est en train d'écrire du code. Plutôt que de rester bloqué sur le choix, on met un nom arbitraire (ou peut-être par naïveté on se trompe carrément de nom). Alors, si vous observez ce problème (smell) dans un logiciel, vous n'avez qu'à appliquer l'activité de réusinage nommée [Change Function Declaration](#), [Rename Field](#) ou [Rename Variable](#), selon le cas.

Un autre exemple serait que vous avez un programme assez complexe, mais avec seulement une ou deux classes. Ces classes ont beaucoup d'attributs et de méthodes. Alors, ce « smell » s'appelle « Large class » et la solution est d'appliquer des activités de réusinage [Extract Class](#), ou éventuellement [Extract Superclass](#) ou [Replace Type Code with Subclasses](#). Avec un IDE dominant et un langage populaire, vous risquez d'avoir des fonctionnalités pour supporter l'automatisation de ces activités de réusinage.

Certaines activités traitent des sujets avancés en conception, mais c'est très intéressant pour ceux qui aiment le bon design. Voici la liste complète des « smells » ainsi que les activités de réusinage à appliquer (voir le catalogue sur le site web pour les détails).

| Symptôme de mauvaise conception (« Smell ») | Activités de réusinage à appliquer éventuellement |
|---|---|
| Mysterious Name | Change Function Declaration , Rename Variable , Rename Field |
| Duplicated Code | Extract Function , Slide Statements , Pull Up Method |
| Long Function | Extract Function , Replace Temp with Query , Introduce Parameter Object , Preserve Whole Object , Replace Function with Command , Decompose Conditional , Replace Conditional with Polymorphisme , Split Loop |
| Long Parameter List | Replace Parameter with Query , Preserve Whole Object , Introduce Parameter Object , Remove Flag Argument , Combine Functions into Class |
| Global Data | Encapsulate Variable |

| Symptôme de mauvaise conception (« Smell ») | Activités de réusinage à appliquer éventuellement |
|---|---|
| Mutable Data | Encapsulate Variable, Split Variable, Slide Statements, Extract Function, Separate Query from Modifier, Remove Setting Method, Replace Derived Variable with Query, Use Combine Functions into Class, Combine functions into Transform, Change Reference to Value |
| Divergent Change | Split Phase, Move Function, Extract Function, Extract Class |
| Shotgun Surgery | Move Function, Move Field, Combine Functions into Class, Combine Functions into Transform, Split Phase, Inline Function, Inline Class |
| Feature Envy | Move Function, Extract Function |
| Data Clumps | Extract Class, Introduce Parameter Object, Preserve Whole Object |
| Primitive Obsession | Replace Primitive with Object, Type Code with Subclasses, Replace Conditional with Polymorphism, Extract Class, Introduce Parameter Object |
| Repeated Switches | Replace Conditional with Polymorphism |
| Loops | Replace Loop with Pipeline |
| Lazy Element | Inline Function, Inline Class, Collapse Hierarchy |
| Speculative Generality | Collapse Hierarchy, Inline Function, Inline Class, Change Function Declaration, Remove Dead Code |
| Temporary Field | Extract Class, Move Function, Introduce Special Case |
| Message Chains | Hide Delegate, Extract Function, Move Function |
| Middle Man | Remove Middle Man, Inline Function, Replace Superclass with Delegate, Replace Subclass with Delegate |
| Insider Trading | Move Function, Move Field, Hide Delegate, Replace Subclass with Delegate, Replace Superclass with Delegate |
| Large Class | Extract Class, Extract Superclass, Replace Type Code with Superclass |
| Alternative Classes with Different Interfaces | Change Function Declaration, Move Function, Extract Superclass |
| Data Class | Encapsulate Record, Remove Setting Method, Move Function, Extract Function, Split Phase |
| Refused Bequest | Push Down Method, Push Down Field, Replace Subclass with Delegate, Replace Superclass with Delegate |
| Comments | Extract Function, Change Function Declaration, Introduce Assertion |

10.3 Automatisation du réusinage par les IDE

À la **section F19.2/A22.2** du livre du cours, le sujet de réusinage est abordé. Il y a plusieurs exemples de base détaillés qui sont automatisés par les IDE dominants tels que Eclipse, IntelliJ IDEA, JetBrains PyCharm, Visual Studio Code, etc. Il se peut que dans un avenir proche le réusinage (l'amélioration du design) devienne une activité réalisée par des algorithmes d'intelligence artificielle.

Pour plus d'activités de réusinage, il y a le catalogue du site refactoring.com.

Voir [cette page web pour savoir comment les activités de réusinage sont faites dans Visual Studio Code](#). D'autres automatisations sont implémentées par des extensions.

10.4 Impropriété

Si quelqu'un dit que son code est cassé pendant plusieurs jours parce qu'il fait du réusinage, ce n'est pas la bonne utilisation du terme [selon Martin Fowler](#). Il s'agit de la *restructuration* dans ce cas.

Le réusinage est basé sur les petites transformations qui ne changent pas le comportement du logiciel.

11 Développement de logiciel en équipe

Le développement de logiciels se fait souvent en équipe. Cependant, il y a des défis pour travailler en équipe. Souvent, avant l'université on apprend comment s'organiser en équipe, faire des rencontres, répartir le travail, planifier, etc. Pourtant, il y a d'autres défis de ce travail, des défis sur le plan humain. C'est le sujet du livre « Team Geek » écrit par Brian W. Fitzpatrick (anciennement de Google) et Ben Collins-Sussman (Subversion, Google).

Aujourd'hui la demande pour le talent en technologies de l'information est importante. Les technologies évoluent constamment. Qui développe du code pour [Flash W](#) ces jours-ci? Cette technologie est quasiment désuète. Cependant, une chose qui ne change pas (beaucoup) est le comportement humain.

Les auteurs de « Team Geek » abordent les problèmes dus aux tendances comportementales chez les développeurs. Par exemple, un développeur n'a pas toujours envie de montrer son code source à ses coéquipiers pour plusieurs raisons:

- Son code n'est pas fini.
- Il a peur d'être jugé(e).
- Il a peur que quelqu'un vole son idée.

Dans tous ces cas, il s'agit de l'insécurité et c'est tout à fait normal. Par contre, ce genre de comportement augmentent certains risques dans le développement:

- de faire des erreurs dans la conception initiale;
- de « réinventer la roue »;
- de terminer le travail plus tard que son compétiteur, qui, lui, a collaboré avec son équipe.

Les auteurs le disent et c'est un fait: si nous sommes tous plus ou moins compétents sur le plan technique, ce qui va faire la grosse différence dans une carrière est notre habileté de collaborer avec les autres.

11.1 Humilité, Respect, Confiance

L'humilité, le respect et la confiance (voir la figure [11.1](#)) sont les qualités de base pour le bon travail en équipe. Cette section présente ces aspects en détail.

11.1.1 Humilité

Voici la définition de *humilité* selon Antidote:

Disposition à s'abaisser volontairement, par sentiment de sa propre faiblesse.

Une personne humble pense ainsi:

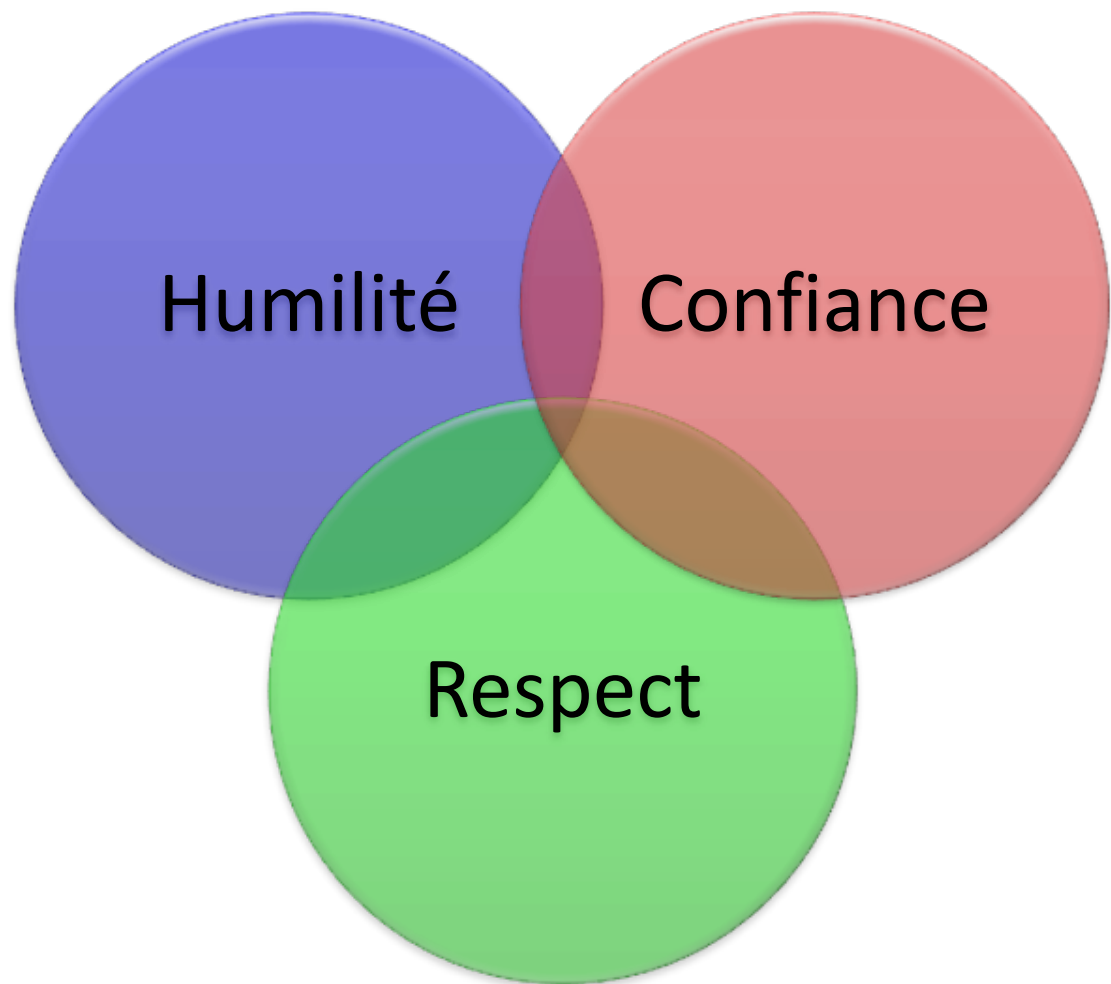


Figure 11.1: Pratiquement tout conflit social est dû à un manque d'humilité, de respect ou de confiance

- Je ne suis pas le centre de l'univers.
- Je ne suis ni omniscient ni infallible.
- Je suis ouvert à m'améliorer.

⚠ L'humilité ne veut pas dire « je n'ai pas de valeur » ou « j'accepte d'être mal traité par les autres ».

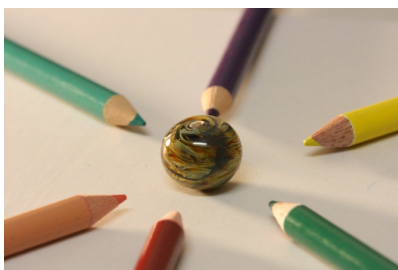


Figure 11.2: Éviter d'être le « Centre de l'univers » (CC BY-NC-ND 2.0) par [Diamondduste](#)

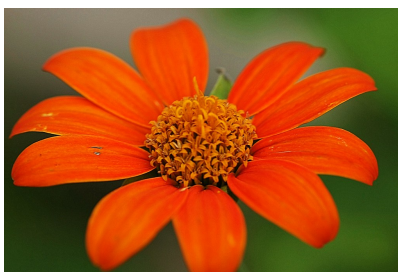


Figure 11.3: « Missing » (CC BY-SA 2.0) par [smkybear](#)

Moi < Équipe

Figure 11.4: Un coéquipier humble va accepter une décision prise par l'équipe, même s'il n'était pas en accord à 100%.

Quelques exemples concrets d'humilité dans le développement:

- Un coéquipier qui n'est pas fort en (JavaScript, Git, etc.) va le reconnaître et va même faire des exercices sur (Internet) pour s'améliorer.
- Un coéquipier (même le chef d'équipe) qui a pris une mauvaise décision (technique ou autre) va l'avouer. Il sait que les autres ne sont pas là pour l'attaquer (ils le respectent).
- Un coéquipier va travailler fort pour que *son équipe* réussisse.
- Un coéquipier qui reçoit une critique ne va pas la prendre personnellement. Il sait que la qualité de son code n'équivaut pas à son estime de soi. (Cela n'est pas toujours facile!)

11.1.2 Respect

Une personne démontrant du respect pense ainsi:

- Je me soucie des gens avec qui je travaille.
- Je les traite comme des êtres humains.
- J'ai de l'estime pour leurs capacités et leurs réalisations.

11.1.3 Confiance

Une personne démontrant la confiance pense ainsi:

- Je crois que les autres coéquipiers sont compétents et qu'ils feront la bonne chose.
- Je suis à l'aise lorsqu'ils prennent le volant, le cas échéant.

Le dernier point peut être extrêmement difficile si vous avez déjà été déçu par une personne incompétente à qui vous avez délégué une tâche.

11.2 Redondance des compétences dans l'équipe (Bus Factor)

Pour qu'une équipe soit robuste, il faut une redondance des compétences. Sinon, la perte d'un coéquipier (pour une raison quelconque) peut engendrer de graves conséquences voire arrêter carrément le développement. Ce principe a été nommé en anglais *Bus factor*. C'est le nombre minimum de coéquipiers à perdre (heurtés par un bus) pour arrêter le projet par manque de personnel bien informé ou compétent. Par exemple, dans un projet de stage, si c'est vous qui écrivez tout le code, alors c'est un *bus factor* de 1. Si vous n'êtes plus présent, le projet s'arrête.

Un coéquipier peut être absent (ou moins disponible) pour des raisons moins graves, par exemple, il part en vacances, il tombe malade, il prend un congé parental, il change de boulot ou il abandonne le cours. Cherchez à répartir les responsabilités dans l'équipe afin d'avoir un *bus factor* d'au moins 2. Partagez des compétences pour maintenir une équipe robuste. Vous pouvez également garder votre solution *simple* et de garder la documentation de votre conception à jour.

⚠ Si un coéquipier quitte en cours de la session, il n'est pas facile de maintenir le même rythme. Cependant, les enseignants et les chargés de laboratoire de LOG210 s'attendent à ce que vous ayez pensé à un plan B avant de perdre le coéquipier. Au moins un autre coéquipier doit être au courant de ce que faisait celui qui quitte, pour que le projet ne soit pas complètement arrêté.

11.3 Mentorat

En LOG210, ça peut être l'enseignant qui décide la composition des équipes. Ça veut dire que forcément certains coéquipiers ont plus d'expérience et de facilité à faire certaines tâches que d'autres. Les équipes doivent composer avec cette diversité. C'est une approche pédagogique reconnue par les experts.

Selon TeamGeek:

Si vous avez déjà un bon bagage en programmation, ça peut être pénible de voir un coéquipier moins expérimenté tente un travail qui lui prendra beaucoup de temps lorsque vous savez que ça vous prendra juste quelques minutes. Apprendre à quelqu'un comment faire une tâche et lui donner l'occasion d'évoluer tout seul est un défi au début, mais cela est une caractéristique importante du leadership.

Si les plus forts n'aident pas les autres, ils risquent de les éloigner de l'équipe et de se trouver seuls sur le plan des contributions techniques. Voir la section sur la [Redondance des compétences dans l'équipe \(Bus Factor\)](#).

Encadrer un coéquipier au début de la session peut prendre beaucoup de temps. Mais, si la personne devient plus autonome, c'est un gain pour toute l'équipe. Cela augmente également le *bus factor*.

Voici quelques conseils pour le mentorat:

- avoir les compétences sur un plan technique;
- être capable d'expliquer des choses à quelqu'un d'autre;
- savoir combien d'aide à donner à la personne encadrée.

Selon TeamGeek, le dernier point est important parce que si vous donnez trop d'information, la personne peut vous ignorer plutôt que vous dire gentiment qu'elle a compris.

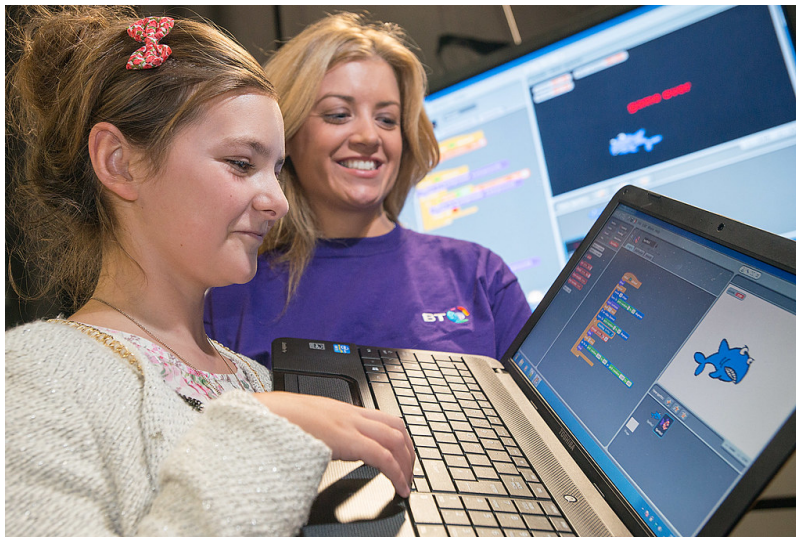


Figure 11.5: Encadrer les coéquipiers est une habileté à mettre sur son CV « CultureTECH BT Monster Dojo » (CC BY 2.0) par [connor2nz](#)

11.4 Scénarios

Voici des situations qui risquent d'arriver dans une session de LOG210:

- un coéquipier se trouve à être le seul à faire de la programmation.
 - il fait ne fait plus confiance à ses coéquipiers, car leur code est trop bogué.

11 Développement de logiciel en équipe

- il croit qu'ils auraient dû apprendre mieux à programmer dans le cours préalables.
- un coéquipier dit qu'il a « fait ses 3 heures de contribution » chaque dimanche chez lui et que ça devrait suffir pour sa partie (il a un emploi et n'a pas beaucoup de temps disponible pour l'équipe).
- un ou deux membres d'une équipe abandonne le cours après l'examen intra, à cause du double-seuil du cours

12 Outils pour la modélisation UML

Le chapitre F20/A22  définit quelques termes importants pour la modélisation avec UML et les outils.

En mode esquisse, lorsqu'on dessine un modèle sur un tableau blanc ou un papier, un outil pratique pour numériser le tout est **Office Lens** ([Android](#) ou [iOS](#)). Les filtres pour supprimer les reflets sur les tableaux blancs sont impeccables.

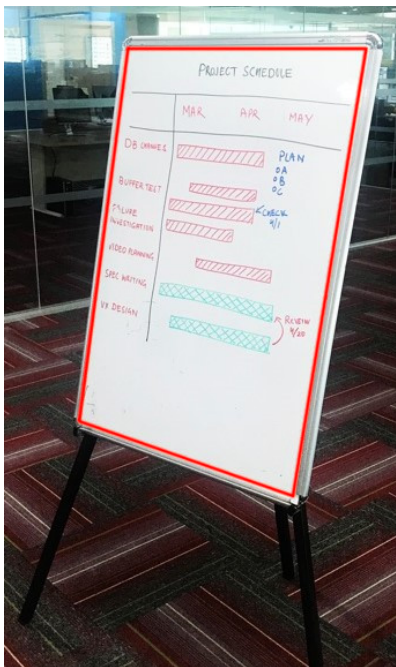


Figure 12.1: Office Lens peut détecter le cadre d'un dessin sur un tableau blanc ou papier et le transformer

Dans LOG210, on exploite l'outil PlantUML pour faire beaucoup de modèles. C'est un outil qui a plusieurs avantages:

- il est basé sur un langage dédié simple (anglais *domain specific language* ou DSL), dont les fichiers peuvent être facilement mis sur contrôle de version (git);
- il est basé sur du code libre;
- il s'occupe de la mise en page des diagrammes (cela est parfois un inconvénient si un modèle est complexe);
- il est populaire (utilisé par des ingénieurs chez Google pour documenter Android, Pay, etc.);
- il existe plusieurs supports pour les outils de documentation:
 - extension [PlantUML pour VisualStudio Code](#) (figure 12.2);
 - extension [PlantUML Gizmo](#) pour Google Docs et Google Slides, développée en 2014 par le professeur Christopher Fuhrman dans le cadre de son travail à l'ÉTS (figure 12.3)

⚠ Tous les travaux demandés pour les **examens** de LOG210 doivent être faits *à la main*. Pour cette raison, il vaut mieux pratiquer dessiner les modèles en mode esquisse (à la main).

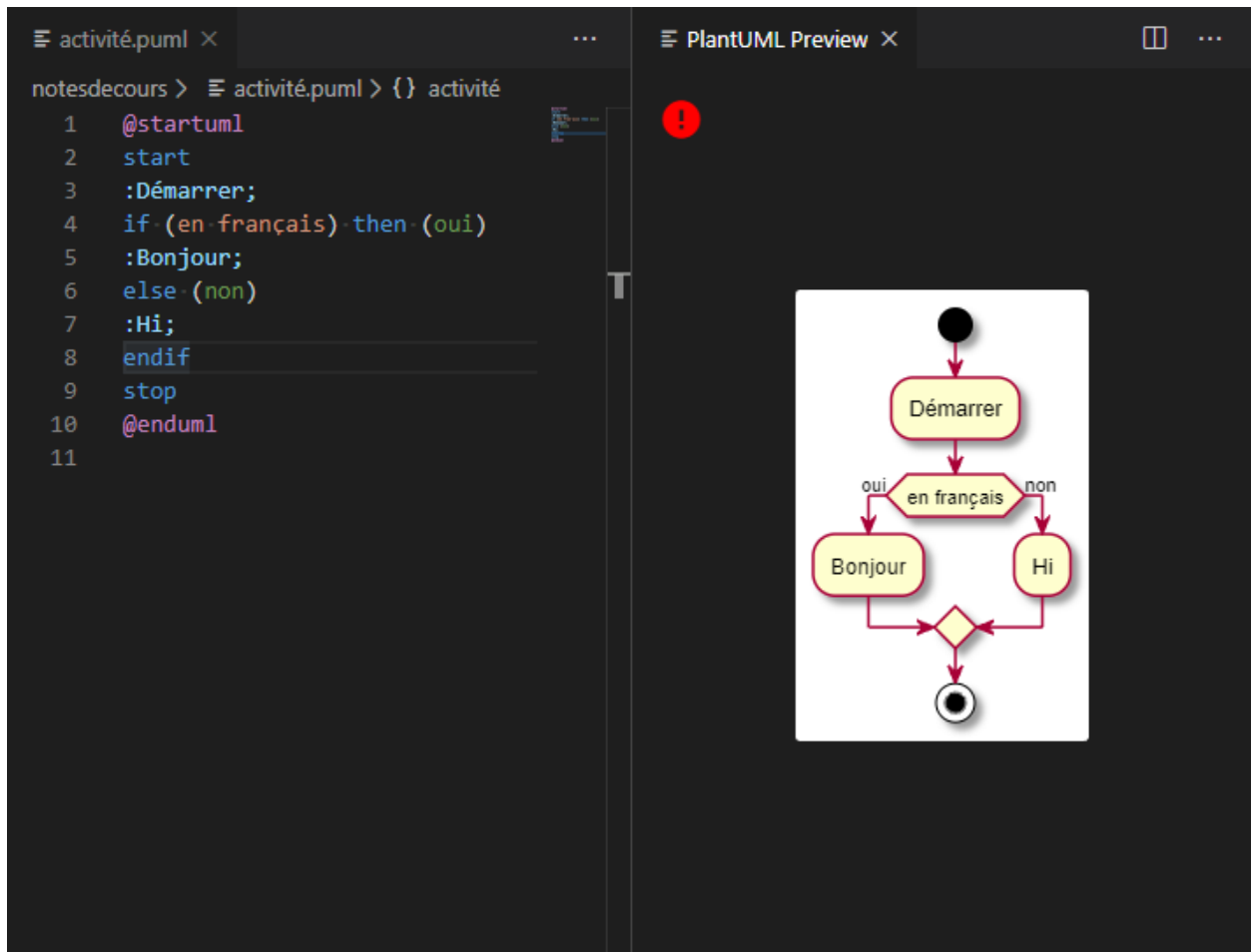


Figure 12.2: L'extension PlantUML pour VisualStudio Code

Pour un débutant, le langage PlantUML peut sembler plus compliqué que utiliser un outil graphique comme Lucidcharts. Cependant, pour beaucoup de diagrammes (p.ex. diagrammes de séquence), ça peut être plus long à créer ou à modifier. Bien que ces éditeurs aient des gabarits ou des modes « UML », ceux-ci ne sont pas toujours conviviaux ou complets. C'est souvent des objets groupés et le vrai sens de la notation UML n'est pas considéré (p.ex. une ligne de vie dans un diagramme de séquence est toujours verticale). Ça peut prendre beaucoup de clics pour effectuer une modification et on peut obtenir des résultats intermédiaires qui n'ont aucun sens en UML (p.ex. la figure 12.4). Il est possible de corriger le diagramme, mais en combien de clics? C'est très vite tannant.

12.1 Exemples de diagramme avec PlantUML pour LOG210

Voir le menu dans PlantUML Gizmo...

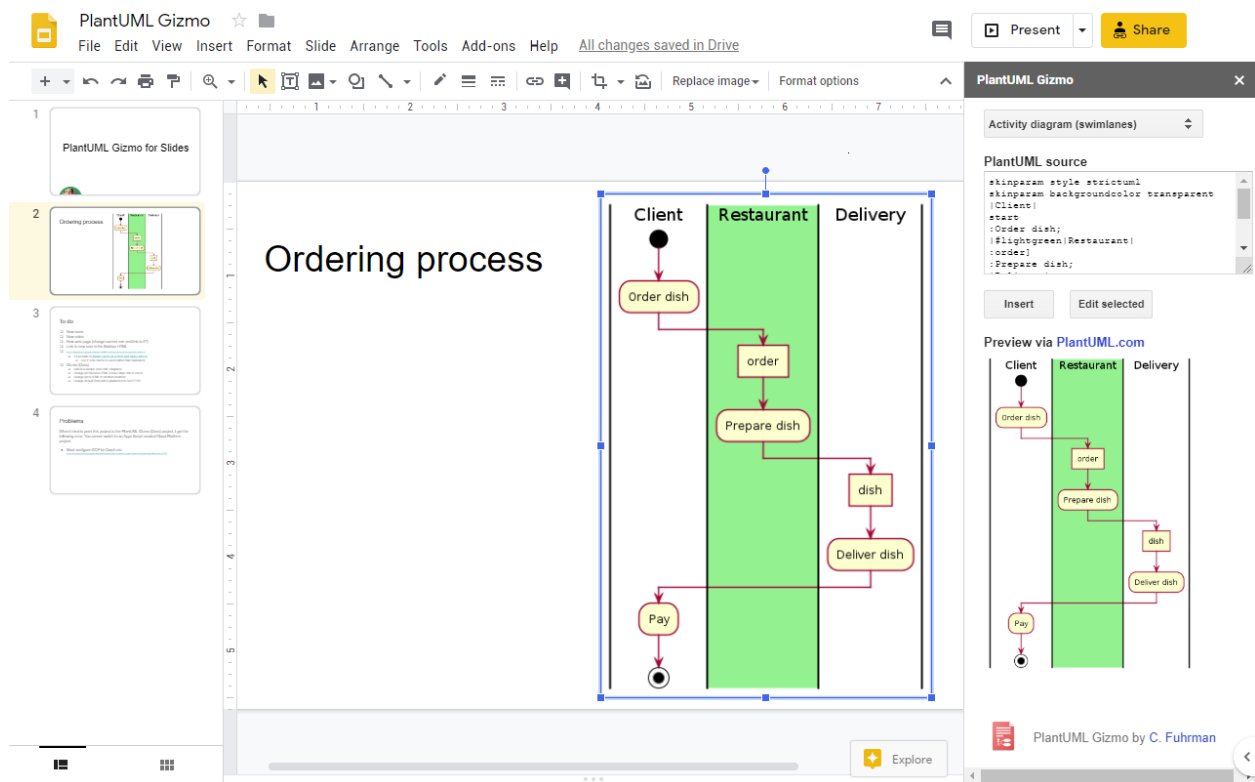


Figure 12.3: PlantUML Gizmo pour Google Docs et Google Slides

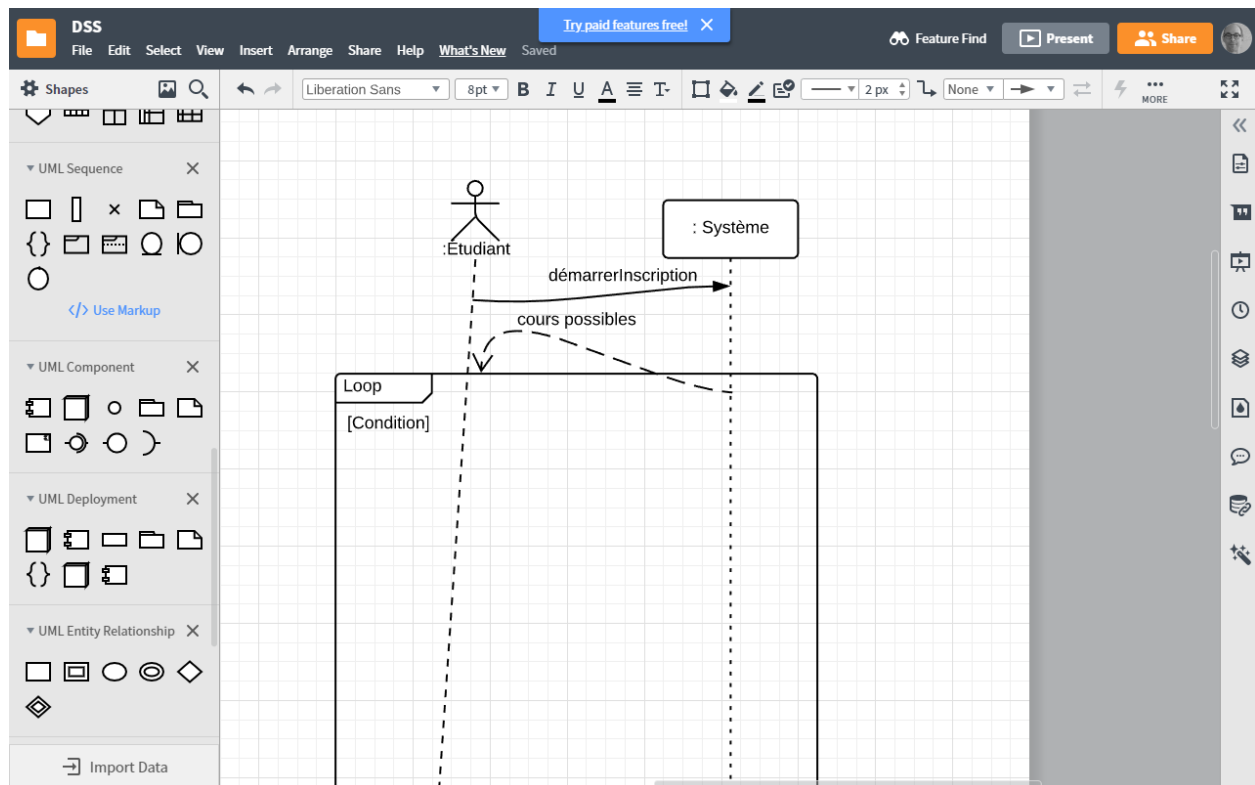


Figure 12.4: Lucidcharts mode UML pour Google permet des diagrammes qui ne sont pas du tout de l'UML. C'est principalement un éditeur graphique et vous risquez de perdre du temps à faire de l'UML avec ce genre d'outil.