Chapitre 5 : Principes de conception en paquets

« La perfection n'est atteinte, non pas lorsqu'il n'y a plus rien à ajouter, mais lorsqu'il n'y a plus rien à enlever. » ***Antoine de Saint-Exupéry***

1. Objectifs de la conception en paquet

Les paquets (packages) définissent un moyen d'organiser les sources et de structurer la conception.

- Les paquets sont affectés à un ingénieur ou à une équipe d'ingénieurs de développement.
- Les paquets qui sont hautement interdépendants tendent à être rigides, non réutilisables et difficiles à maintenir. En même temps, les liens sont obligatoires pour pouvoir collaborer à la réalisation des fonctionnalités du logiciel.

Les enjeux de la structuration en paquets :

- réduire la complexité selon le principe « diviser pour régner »,
- améliorer la développabilité,
- les paquets sont affectés à un ingénieur ou à une équipe d'ingénieurs de développement.
- diminuer le temps de compilation,
- Le temps de compilation peut être de plusieurs heures.
- simplifier la construction de la distribution,
- améliorer la testabilité,
- favoriser la réutilisation : les paquets qui sont hautement interdépendants tendent à être rigides, non réutilisables et difficiles à maintenir.

Ces enjeux deviennent critiques à mesure que la taille du logiciel augmente.

1.1. Qu'est qu'un paquet ?

- Il y a plusieurs dimensions à la notion de paquet en UML.
  - groupe de classes (dossier en Java et C++),
  - espace de noms (package en Java, namespace en C++),
  - sécurité des classes (public ou package en Java, public en C++).
- Les classes d'un paquet sont souvent compilées ensemble en bibliothèque :
  .jar, .dll, .lib, .so, .a
- Rappel : en Java les paquets se nomment par rapport à un nom de domaine Internet (à l'envers), par exemple : `fr.ensicaen.ecole.projet.paquet`. Cela définit un espace de noms.

1.2. Dépendance entre paquets

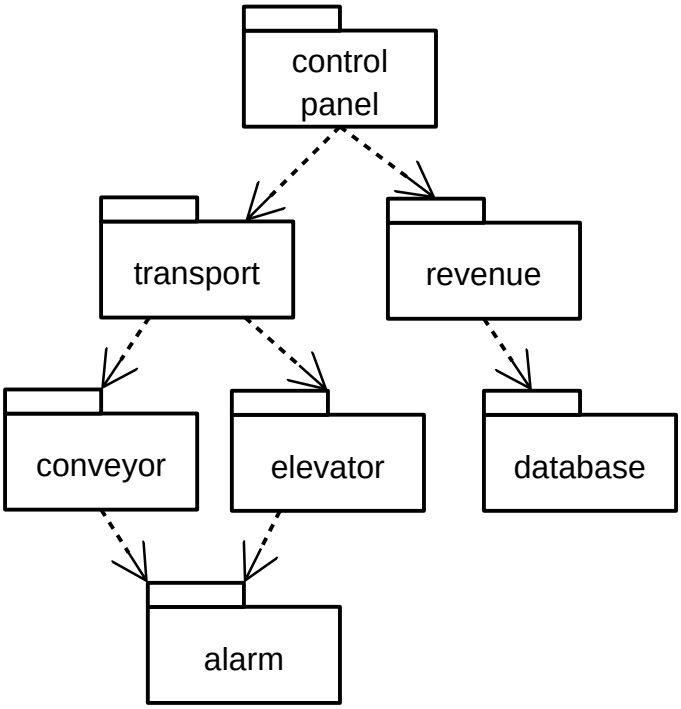
La dépendance signifie que certaines classes d'un paquet ont besoin de classes d'un autre paquet pour fonctionner.

Une dépendance est une relation entre classes :

- Héritage
- Implémentation d'interface
- Association
- Utilisation

Liens entre paquets

- `import` en Java
- `include` en C++



1.3. Challenges de la conception en paquets

Les dépendances entre les paquets peuvent constituer des freins à la conception.

- Développement : quand un paquet A dépend d'un paquet B maintenu par une autre équipe, les évolutions du paquet B impactent le paquet A.
- Compilation : quand un paquet A dépend d'un autre paquet B, le paquet A doit être recompilé à chaque fois que le paquet B est modifié. La compilation complète d'un logiciel peut durer plusieurs heures.
- Intégration : quand deux développeurs travaillent sur un même paquet, l'intégration nécessite une résolution des conflits manuelle pouvant être extrêmement compliquée.

Les paquets présentent les mêmes challenges que les classes :

- Développabilité
- Maintenabilité
- Réutilisabilité
- Testabilité.

1.4. La conception en paquets en questions

Questions :

- Quel est le meilleur critère de partitionnement ?
- Quels principes utiliser pour identifier les paquets ?
- Est-ce que les paquets doivent être définis au début du projet ou en cours de projet ?
- Pour répondre à ces questions, on peut s'appuyer sur 6 principes qui gouvernent la composition et l'organisation d'un paquet.

2. Trois principes de composition d'un paquet

Que mettre dans un paquet ?

- Principe 1. Équivalence livraison / réutilisation
- Principe 2. Fermeture commune
- Principe 3. Réutilisation commune

2.1. Principe 1. Équivalence réutilisation / livraison

Définition

- **Les paquets doivent être créés avec des classes réutilisables.**
- **Soit toutes les classes à l'intérieur d'un paquet sont réutilisables soit aucune d'entre elles.**

Objectif

- *Point de vue de la réutilisation*.
- Les paquets doivent être gérés comme des bibliothèques de classes à part entière (numéro de version, archive). Le mainteneur du paquet doit être conscient de ses obligations envers les utilisateurs du paquet.

Exemples de structuration en paquet

- Un paquet avec les classes Calendar, Date, Time.
- Un paquet avec les classes Point, Line, Polygon.
- Un paquet avec les classes Chart1D, Chart2D, Chart3D, Histogram1D

Motivations

- Éviter qu'un code soit dépendant des évolutions des paquets importés.
- Laisser la possibilité d'utiliser une version antérieure des paquets efférents.

2.1.1. Définition de la réutilisabilité

- La recopie de code n'est pas de la réutilisation. Le code copié devient du code normal.
- Un paquet a la qualité de la réutilisabilité si et seulement si le réutilisateur n'a pas besoin de regarder le code pour le réutiliser (autre que l'interface publique).
- Le paquet doit être pensé puis réutilisé comme s'il s'agissait d'une archive compilée (eg. .jar, .dll).

2.2. Principe 2. Fermeture commune

Définition

- **Les classes impactées par les mêmes changements doivent être placées dans un même paquet.**

Objectif

- *Point de vue de la maintenance.*

- Un paquet ne doit pas avoir plus d'une raison de changer.

Motivation

- Réduire l'impact des changements et donc réduire les coûts d'évolution et de maintenance.

2.2.1. Liens avec les principes SOLID

Ce principe est le principe de responsabilité unique appliqué aux paquets.

- Un changement qui affecte un paquet affecte également toutes les classes de ce paquet mais aucun autre paquet.

Exemple de structuration en paquet :

- Les classes CellDatabase (base de données) et CellEntity (table) devraient aller dans le même paquet.

Ce principe est aussi étroitement lié au principe d'ouverture-fermeture.

- Puisque 100 % d'ouverture n'est pas possible, il faut mettre les classes impactées par un même changement dans le même paquet.

2.3. Principe 3. Réutilisation commune

Définition

- **Réutiliser une classe d'un paquet, c'est réutiliser le paquet entier.**
- **Si vous réutilisez une des classes dans un paquet, vous les réutiliser toutes.**

Objectif

- *Point de vue de la réutilisation.*
- Les classes qui ont tendance à être utilisées ensemble appartiennent au même paquet.

Exemple de structuration en paquet :

- Mettre ensemble la classe conteneur et son itérateur.

Motivation

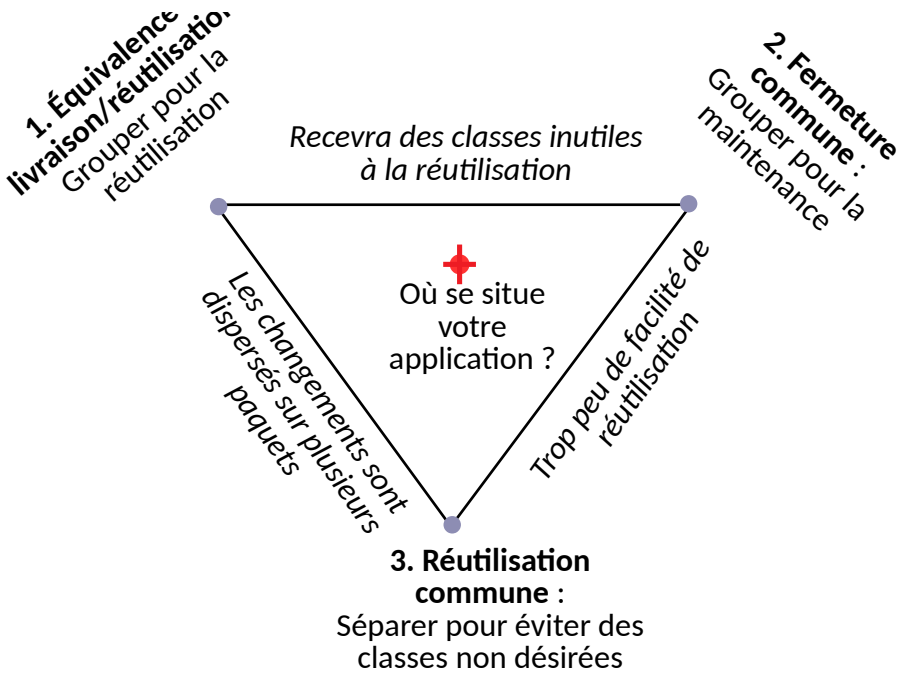
- Réutiliser une classe d'un paquet force à dépendre de tout le paquet. Si l'on place 2 classes totalement indépendantes dans un même paquet, on oblige les utilisateurs d'une classe à dépendre de l'autre classe alors que c'est inutile et coûteux.

2.3.1. Lien avec les principes SOLID

- C'est le principe de ségrégation des interfaces appliqué aux paquets.
- Les classes qui ne sont pas étroitement liées les unes aux autres avec des relations de classes ne devraient pas être dans le même paquet.

2.4. Conflits d'intérêts entre principes

- Ces principes peuvent se révéler en contradiction. Nous devons choisir entre ces trois principes pour construire nos paquets. La figure ci-dessous illustre ces conflits.



3. Trois principes d'organisation entre paquets

Quelles relations entre les paquets ?

- Principe 4. Dépendances acycliques
- Principe 5. Relation dépendance / stabilité
- Principe 6. Stabilité des abstractions

3.1. Principe 4. Dépendances acycliques

Définition

- **Les dépendances entre paquets doivent former un graphe direct acyclique.**

Objectif

- Supprimer les dépendances circulaires entre les paquets.

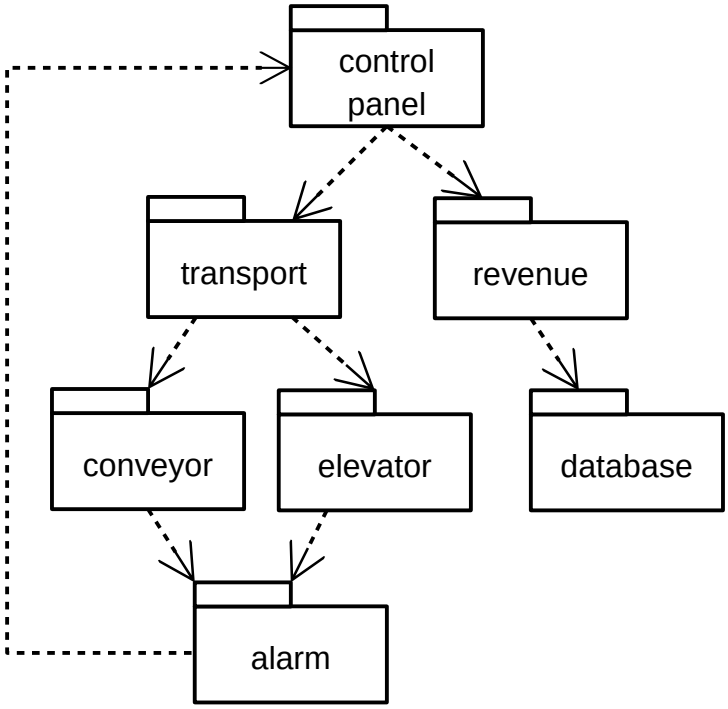
Motivations

- Augmenter la réutilisabilité.
- Réduire les interférences entre les équipes de développement.
- Permettre la testabilité.

Remarque : IntelliJ permet de voir le graphe de dépendance entre paquets et repérer les dépendances acycliques (menu Analyze)

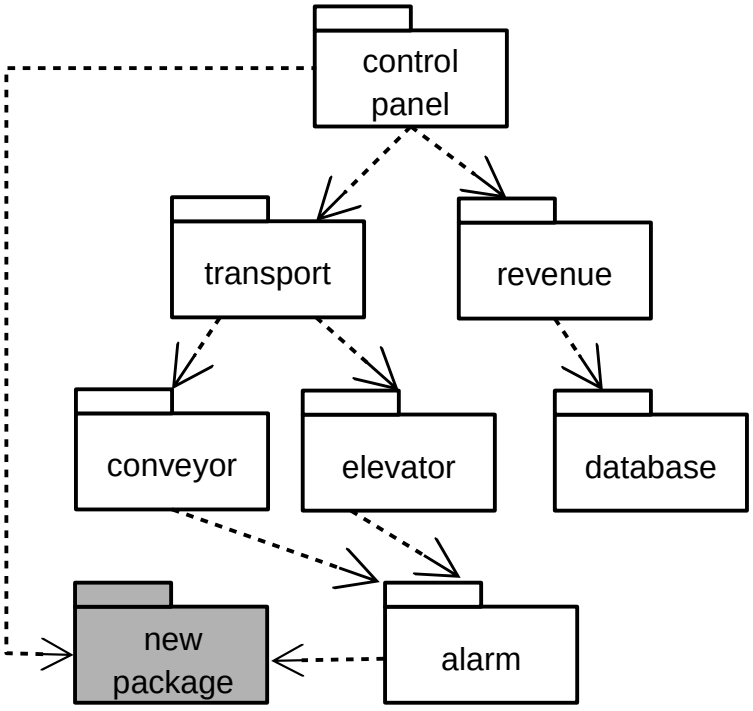
3.1.1. Les cycles ruinent l'harmonie

Par exemple dans la figure ci-dessous, si on modifie le paquet `transport`, cela impacte les paquets `conveyor` et `elevator`, qui impactent eux-mêmes le paquet `alarm`, qui impacte les paquets `control panel` et `revenue` et `database`. Cela peut aussi s'illustrer avec le cas de la compilation. Si on modifie le paquet `transport`, on oblige à recompiler les paquets `conveyor` et `elevation`, qui eux-mêmes obligent à recompiler les paquets `conveyor` et `elevator`, etc.



3.1.2. Solution 1 : Casser les cycles par ajout d'un paquet de dépendances communes

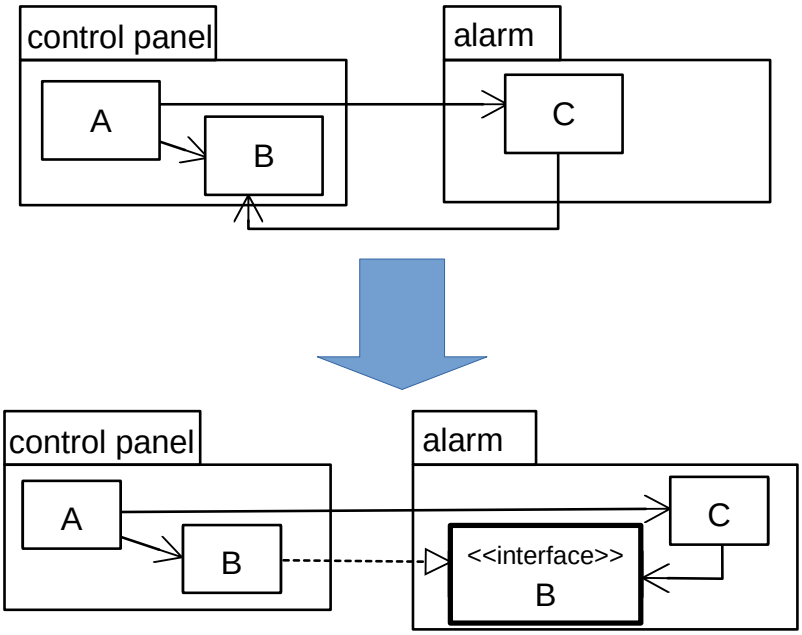
Introduire un nouveau paquet avec les classes de « control panel » partagées par « alarm ».



Ce n'est pas toujours possible. On casse potentiellement la cohésion dans le paquet « control panel ».

3.1.3. Solution 2 : Casser les cycles par inversion des dépendances

- Ajouter une interface dans « alarm » pour inverser la dépendance entre les deux paquets.



3.2. Principe 5. Relation dépendance / stabilité

Définition

- **Un paquet ne doit dépendre que de paquets plus stables que lui.**
- Note : La **stabilité** d'un paquet s'entend comme la **difficulté à changer** le paquet. Donc, la phrase précédente devient : un paquet ne doit dépendre que de paquets difficiles à changer que lui.

Objectif

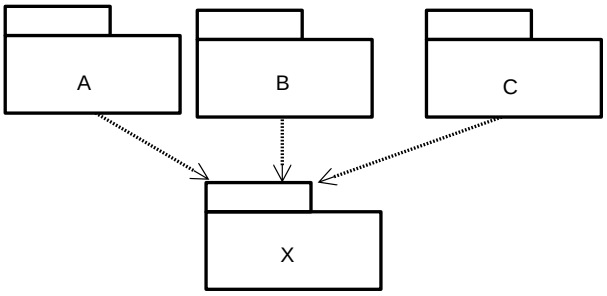
- Un paquet que l'on veut stable ne devrait pas dépendre de paquets qui sont susceptibles de changer au cours du cycle de vie. S'il le fait, les changements dans ses dépendances entraîneront des risques de corrompre le logiciel.
- Or, nous avons naturellement tendance à faire dépendre les abstractions sur les implémentations. Il est donc nécessaire d'inverser cette dépendance pour la faire aller dans le sens de la stabilité.

Motivation

- Limiter l'impact des changements les plus fréquents et maximiser la stabilité globale de l'application.

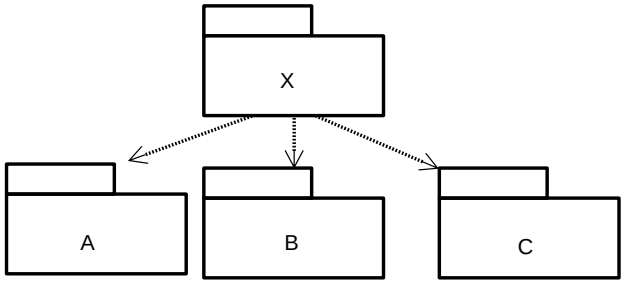
3.2.1. Paquet stable

Un paquet avec beaucoup de dépendances afférentes doit être très stable (ie, parce que difficile à changer) pour limiter l'impact des changements.



3.2.2. Paquet instable

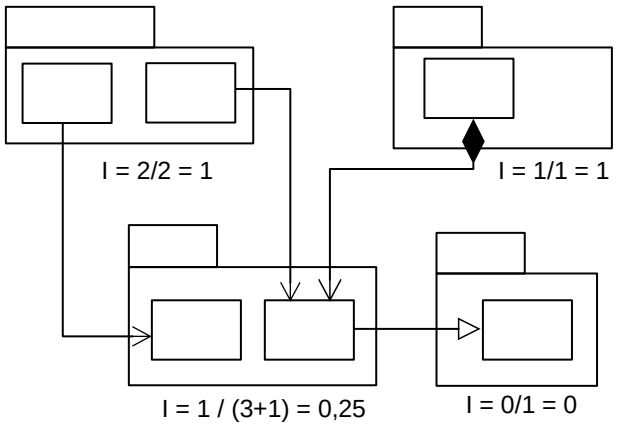
Un paquet avec peu de dépendances afférentes peut être instable (ie, parce que facile à changer).



3.2.3. Une mesure d'instabilité

Instabilité I = Ce / (Ca + Ce)

- Ce = couplages efférents. Nombre de classes dans le paquet qui dépendent de classes en dehors du paquet (*flèches sortantes*).
- Ca = couplages afférents. Nombre de classes en dehors du paquet qui dépendent de classes du paquet (*flèches entrantes*).



- Valeurs dans [0, 1]
- 0 : paquet stable
- 1 : paquet instable

3.2.4. Utilisation de la mesure d'instabilité

Tous les paquets ne peuvent pas être stables. S'ils sont tous stables le système ne serait plus évolutif.

- Mais, la valeur d'instabilité d'un paquet doit être supérieure à la valeur d'instabilité des paquets dont il dépend.

Pour résoudre le problème de la direction de stabilité :

- Principe d'inversion des dépendances.
- Création d'un paquet intermédiaire et déplacer les classes dont dépend la stabilité dans le paquet.

3.3. Principe 6. Stabilité des abstractions

Définition

- **Le degré d'abstraction d'un package doit correspondre à son degré de stabilité.**
- **Les paquets les plus stables doivent être les plus abstraits.**
- **Les paquets instables doivent être concrets.**

Objectif

- Un paquet stable devrait être abstrait de sorte que sa stabilité ne l'empêche pas d'être étendu.
- Un paquet instable peut être concret car son instabilité permet à son code interne d'être facilement changé.
- Un paquet doit être aussi abstrait qu'il est stable.

Motivation

- Les classes abstraites portent la logique de l'application. Elles forment ainsi l'architecture de l'application.

3.3.1. Une mesure d'abstraction

Degré d'abstraction A = Na / N

- Na = nombre de classes abstraites et d'interfaces.
- N = nombre total de classes.

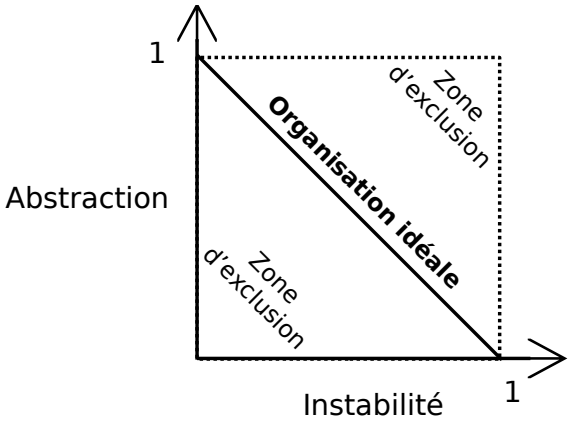
Valeurs dans [0, 1]

- 0 : pas de classe abstraite dans le paquet.
- 1 : que des classes abstraites dans le paquet.

3.3.2. Relation instabilité / abstraction

Mesure de qualité d'un paquet :

- Calcul de la distance à l'organisation idéale entre (I)nstabilité (I) et (A)bstraction
- Organisation idéale : la droite A = 1 – I.
- **Mesure = distance à l'organisation idéale = $|A + I - 1| \in [0,1]$.**
- Paquet (I = 0, A = 0) : non souhaitable.
- Paquet (I = 1, A = 1) : inutile.



4. Méthode de conception en paquets

Est-ce que les paquets doivent être définis au début du projet ou en cours du projet ?

- Réponse : L'organisation en paquet d'un projet ne peut qu'être conçue au fur et mesure de l'avancée du projet.
- Les dépendances entre paquets croissent et évoluent avec l'application.
- Il faut souvent choisir entre développabilité, réutilisabilité et maintenabilité.

Démarche

- Les premiers paquets sont inspirés de l'architecture.
- Puis, les principes sont appliqués dès que se posent les questions de développabilité, réutilisabilité et maintenance.

Conséquence

- En fin de projet, le diagramme de paquets a très peu à voir avec la description de la fonction de l'application ni même de l'architecture. Il forme plutôt une **carte de construction de l'application**.

5. Conclusion

5.1. Conception

- Lors de l'inclusion de classes dans un paquet, nous devons choisir entre développabilité, réutilisabilité et maintenabilité.
- Ce choix conduit à des remises en cause périodiques de la conception en paquets.
- Le partitionnement idéal des classes en paquets ne peut donc pas être anticipé avant d'avoir défini les classes et leurs relations.
- Il n'y a aucune métrique pour calculer automatiquement la cohésion d'un paquet.
- Les mesures de stabilité et d'abstraction sont utilisées pour produire une organisation à faible couplage.

5.2. Gestion de la granularité des paquets

- Décomposer l'application en paquets pour gérer correctement les versions et permettre une réelle réutilisation.
- Regrouper dans un même paquet les classes qui sont utilisées ensemble et qui sont impactées par les mêmes changements.

5.3. Gestion de la stabilité de l'application

- Organiser les modules en un arbre de dépendances.
- Placer les paquets les plus stables à la base de l'arbre.
- Mettre des interfaces entre les paquets dans le sens de la stabilité comme des pare-feux contre les changements.
- Placer les interfaces dans les paquets les plus stables.