

et leur Impact sur la Modifiabilité des Applications JEE



Le génie pour l'industrie

LASI

Laboratoire en architecture
de systèmes informatiques

Maîtrise en GENIE LOGICIEL

Réalisé par: Nesrine Abdelkafi

Directeur de maîtrise: Mme. Ghizlane El Boussaidi

Codirecteur de maîtrise: Mr. Yann-Gaël Guéhéneuc

Président du jury: Mr. Abdelouahed Gherbi

Membre du jury: Mr. Roger Champagne

Plan

1 Introduction

- Contexte & Problématique
- Objectifs
- Méthodologie

2 Revue de la littérature

- Définitions
- Patrons de conception
- Patrons JEE
- Synthèse

3 Étude empirique

- Préparation de l'étude
- Collecte des données
- Analyse des données

4 Conclusion

- Conclusion
- Limites de l'étude
- Retombée
- Travaux futures

Contexte & Problématique

Objectifs

Méthodologie

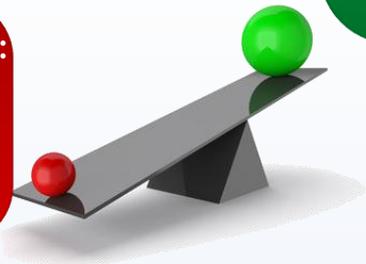
- Le processus de conception:
 - difficile à réaliser
 - nécessite :
 - de l'expérience,
 - des connaissances techniques, et
 - des connaissances du domaine que l'application cible.
- Utiliser des **patrons** (des solutions à des problèmes récurrents) pour la mise en œuvre de ce processus.
 - ➔ But : promouvoir **les attributs de qualité** .

Contexte & Problématique

Objectifs

Méthodologie

Très peu de travaux se sont penchés sur:
l'étude et l'évaluation de l'impact
des patrons sur la qualité
du logiciel



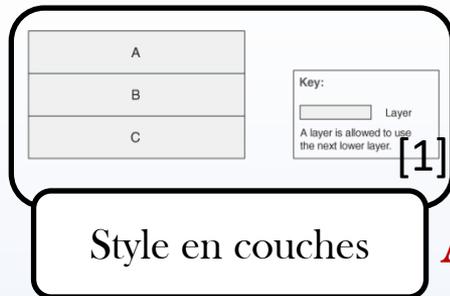
- Plusieurs travaux proposent des approches pour:
- Implémenter des patrons
 - Détecter des occurrences des patrons



Réaliser une étude visant à évaluer l'utilisation des patrons et leur impact sur les attributs de qualité.



Objectif Général: Étudier l'utilisation des patrons et évaluer leur impact sur la qualité des applications



Applications JEE

Portabilité

Testabilité

Modifiabilité

Réutilisation des couches

¹ Bass, Len, Paul Clements et Rick Kazman. 2012. *Software architecture in practice*. Addison-Wesley.



Objectif Général: Étudier l'utilisation des patrons et évaluer leur impact sur la qualité des applications

Objectifs spécifiques

Applications JEE

Patrons JEE

Modifiabilité

Identifier les patrons JEE qui supportent la modifiabilité

Analyser le degré d'utilisation de ces patrons dans les applications JEE

Évaluer l'impact de ces patrons sur la modifiabilité des applications

Revue de la littérature

- Concepts pertinents
 - Architecture logicielle
 - Styles architecturaux
 -
- JEE : Java Entreprise Edition
- Tactiques de modifiabilité
-
- Notion d'étude empirique
- Les travaux liés à l'utilisation des patrons
- Les travaux liés à l'évaluation de l'impact des patrons de conception et des patrons JEE
-

1. Identification de la problématique et des objectifs de recherche

Attribut de qualité= **Modifiabilité** / **Style en couches**= Applications JEE / **Patrons JEE**

2. Réalisation : Étude empirique

2.1. Préparation de l'étude

- Spécifier les questions de recherche et le processus à suivre pour répondre à ces questions

2.2. Collecte des données

- Analyser les applications
- Collecter les résultats d'analyse et les mesures

2.3. Analyse des données

- Tirer des conclusions

Définitions

Patrons de conception

Patrons JEE

Synthèse

Style en
couches

Applicatio
ns JEE

Patron
JEE

Modifiabil
ité

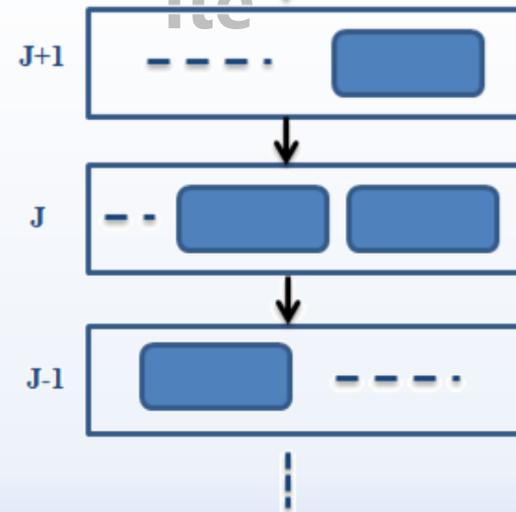
Style en couches

- Structure hiérarchique composée d'un nombre approprié de couches ordonnées du plus bas vers le plus haut niveau d'abstraction. [2]
- Chaque couche est constituée de composants qui font appel aux services des composants de la couche immédiatement inférieure. [2]

Applications JEE

Patron JEE

Modifiabilité



² Buschmann, Frank, Regine Meunier, Hans Rohnert, Peter Sommerlad, Michael Stal, Peter Sommerlad et Michael Stal. 1996. *Pattern-oriented software architecture, volume 1: A system of patterns*. John Wiley and Sons.

Définitions

Patrons de conception

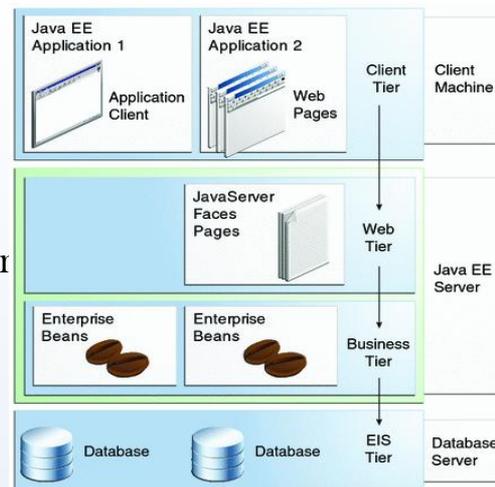
Patrons JEE

Synthèse

Style en
couches**Applications
JEE**Patron
JEE

Modifiabil

- Applications développées en utilisant le *Framework Java Enterprise Edition (JEE)*
- Framework JEE:
 - Une plate-forme conçue pour créer des applications multi-niveaux [3] et elle permet aux développeurs de se focaliser sur la logique métier de l'application. [4]
 - Est organisée selon une architecture composée de quatre niveaux. [5]
 - Offert plusieurs composants qui facilitent le développement d'applications web : Servlet/ Composant EJB/ Page JSP



[5]

³ Oracle. 2014. Java Documentation, « Java Platform, Enterprise Edition (Java EE) 7 ». En ligne.

⁴ Jean-Michel, Doudoux. 1999. « Développons en Java ». < <http://www.jmdoudoux.fr/java/dej/chap-j2ee-javaee.htm> >.

⁵ Oracle. 2013. « The Java EE 6 Tutorial ». En ligne. < <http://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/bnaay.html> >.

Définitions

Patrons de conception

Patrons JEE

Synthèse

Style en couches

- Introduits par Alur et al. [6]
- Proposent une solution à un problème récurrent (comme le patron de conception)
 - Problèmes identifiés lors de développement des applications sur la plateforme JEE.
- 21 patrons JEE qui sont répartis sur trois couches

Applications JEE

Patrons JEE

Modifiabilité

Couche Présentation	Couche métier	Couche intégration
- Intercepting Filter	- Business Delegate	- Data Access Object
- Front Controller	- Service Locator	- Service Activator
- Context Object	- Session Façade	- Domaine Store
- Application Controller	- Composite Entity	- Web Service Broker
- View Helper	- Transfer Object	
- Composite View	- Transfer Object Assembler	
- Service Worker	- Value List Handler	
- Dispatcher View	- Business Object	
	- Application Service	

⁶ Alur, Deepak, Dan Malks, John Crupi, Grady Booch et Martin Fowler. 2003. *Core J2EE Patterns (Core Design Series): Best Practices and Design Strategies*. Sun Microsystems, Inc.

Définitions

Patrons de conception

Patrons JEE

Synthèse

Style en
couchesApplicatio
ns JEEPatron
JEEModifiabil
ité

- « Attribut de qualité de l'architecture logicielle qui concerne le **coût du changement** et fait référence à la **facilité** avec laquelle un système logiciel peut s'adapter aux changements » [7].

⁷ Bachmann, Felix, Len Bass et Robert Nord. 2007. *Modifiability tactics*. DTIC Document.

Tactiques

Tactiques de modifiabilité

Métriques

- « Décision de conception qui affecte l'atteinte d'une réponse souhaitée pour un attribut de qualité » [1].
- Transformation de point de vue architectural dont le but est de **satisfaire un attribut de qualité**.

¹ Bass, Len, Paul Clements et Rick Kazman. 2012. *Software architecture in practice*. Addison-Wesley.

Tactiques

- Classifiées en 4 groupes selon leurs objectifs:

1. Réduction de la taille d'un module
2. Augmentation de la cohésion
3. Réduction du couplage:
 - « Encapsuler (*Encapsulate*) »
 - « Limiter les dépendances (*Restrict dependencies*) »
 - « Utiliser un intermédiaire (*Use an intermediary*) »
 - « Restructurer (*Refactor*) »
 - « Abstraire les services communs (*Abstract common services*) »
4. « *Defer Binding* »

Tactiques de modifiabilité

Métriques

Tactiques

Tactiques de modifiabilité

Métriques

- Mesures quantifiables
- Sont utilisées pour évaluer une propriété d'un logiciel
- Mesurent plusieurs propriétés:
 - Taille: (LOC (Ligne of Code) = nombre de lignes de code source),
 - Complexité,
 - Couplage,
 - Cohésion,
 - Héritage,
 - etc.

Définitions

Patrons de conception

Patrons JEE

Synthèse

Articles	N° d'app analysées	N° de patr étudiés	Approche de détection	Approche d'évaluation	Attribut de qualité évalué
(Di Penta et al., 2008)	3	12	DeMIMA *	-----	Prédisposition aux changements
(Khomh et al., 2009)	6	6	DeMIMA	-----	-----
(Bieman et al., 2003)	5 (Plusieurs versions)	12	Détection manuelle	-----	Prédisposition aux changements
(Jeanmart et al., 2009)	3	Visiteur	Détection manuelle	Expériences des participants	Compréhension et maintenance
(Khomh et Guéhéneuc, 2008)	-----	23	-----	Expériences des participants	Extensibilité, Simplicité, Réutilisabilité, Facilité d'apprentissage, Modularité, Évolutivité, Compréhensibilité, Généralité, Modularité à l'exécution et Robustesse
(Zhang et Budgen, 2012)	Étude systématique de la littérature				
(Ali et Elish, 2013)	Étude de la littérature				

* *Design Motif Identification Multi-layered Approach*

Définitions

Patrons de conception

Patrons JEE

Synthèse

Articles	N° de patr étudiés	N° d'app analysées	Approche de détection	Approche d'évaluation	Attribut de qualité évalué
(Gilart-Iglesias et al., 2005)	9 patrons JEE + 1 patron de conception				
(Hammouda et Koskimies, 2002)	12 patrons JEE				
(Mouratidou et al., 2010)	3	1	-----	Métriques	Maintenabilité

Travaux qui abordent les patrons JEE de façon générale

Définitions

patrons de conception

patrons JEE

Synthèse

		(Di Penta et al., 2008)	(Khomh, Guéhéneuc et Antoniol, 2009)	(Bieman et al., 2003)	(Jeanmart et al., 2009)	((Khomh et Guéhéneuc, 2008)	(Zhang et Budgen, 2012)	(Ali et Elish, 2013)	(Mouratidu u et al., 2010)
Patron de conception	Détection			✓	✓		Étude de l'art		
	Outils	✓	✓						
	Évaluation								
	Expérience				✓	✓			
Patron JEE	Détection								
	Outils								
	Évaluation							✓	
	Expérience								

•Peu de travaux :
 Portent sur l'utilisation des patrons et sur l'évaluation de leur impact sur la qualité des logiciels.
 •Patron JEE :
une seule étude

Définitions

patrons de conception

patrons JEE

Synthèse

			(Di Penta et al., 2008)	(Khomh, Guéhéneuc et Antoniol, 2009)	(Bieman et al., 2003)	(Jeanmart et al., 2009)	((Khomh et Guéhéneuc, 2008)	(Zhang et Budgen, 2012)	(Ali et Elish, 2013)	(Mouratidu u et al., 2010)
Patron de conception	Détection	Manuelle			✓	✓		Étude de l'art		
		Outils	✓	✓						
	Évaluation	Métriques								
		Expérience				✓	✓			
Patron JEE	Détection	Manuelle								
		Outils								
	Évaluation	Métriques							✓	
		Expérience								

Ces travaux:
 -Divergent dans leurs résultats
 -Se concentrent sur un **nombre très réduit** de patrons.

Définitions

patrons de conception

patrons JEE

Synthèse

		(Di Penta et al., 2008)	(Khomh, Guéhéneuc et Antonioli, 2009)	(Bieman et al., 2003)	(Jeanmart et al., 2009)	((Khomh et Guéhéneuc, 2008)	(Zhang et Budgen, 2012)	(Ali et Elish, 2013)	(Mouratidu et al., 2010)
Patron de conception	Détection	Manuelle		✓	✓		Étude de l'art		
		Outils	✓	✓					
	Évaluation	Métriques							
		Expérience				✓		✓	
Patron JEE	Détection	Manuelle							
		Outils							
	Évaluation	Métriques						✓	
		Expérience							

Notion de détection de patrons est liée aux patrons de conception et non pas aux patrons JEE

Étude empirique qui investigate
l'utilisation des patrons JEE dans les
applications et l'évaluation de leur
impact sur la qualité de ces
applications.



Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

Préparation de l'étude

Spécifier les questions de recherche et le processus à suivre pour répondre à ces questions.

Collecte des données

- Analyser les applications
- Collecter les résultats d'analyse et les mesures

Analyse des données

Tirer des conclusions

Questions de recherche



Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?

- ✓ Les patrons JEE qui supportent la modifiabilité,
- ✓ L'ensemble d'applications JEE à étudier pour analyser l'utilisation de ces patrons.

Q2 : Quel est l'impact de l'application de ces patrons JEE sur la modifiabilité des applications ?

- ✓ L'ensemble de **métriques** pour évaluer la modifiabilité des applications et vérifier s'il existe une corrélation entre l'application des patrons JEE et les valeurs des métriques.

1.Choix des applications JEE (1/3)

- Critères de sélection:
 - des applications JEE,
 - des logiciels libres,
 - de différents domaines,
 - de taille différente.
- 4 sites web de partage pour héberger les logiciels libres:
 - '*Sourceforge.net*',
 - '*Java-Source.net*',
 - '*GitHub*' et
 - '*OpenLogic EXchange (OLEX)*'.

➔ 17 applications couvrant 6 domaines différents

1. Choix des applications JEE

- 17 applications JEE:
 - Framework: 4 applications,
 - Communication: 4 applications,
 - Commerciale: 3 applications,
 - Application web: 4 applications,
 - Management: 1 application, et
 - Éducatif: 1 application.

N°	Nom de l'application	Domaine de l'application
1	Peanut 0.1	Framework
2	Merlidev.cpedev	Management
3	WebGallery	Application Web
4	Joindesk 1.2 (version minimale)	Framework
5	J2EE_Bank_Application	Application Web
6	Book_shop	Educatif
7	Personalblog 1.2.6	Communication
8	Joindesk 1.2 (version plus complète)	Framework
9	Java Pet Store 1.3.1	Commerciale
10	Locanda	Commerciale
11	Opendating 0.1.1	Communication
12	Vaza-mail 0.1.1	Communication
13	Paperdog 0.9	Commerciale
14	WebGoat 5.2	Application Web
15	ChangeSet 2.2	Application Web
16	uPortal 2.1.5	Framework
17	Mvnforum 1.2.2	Communication

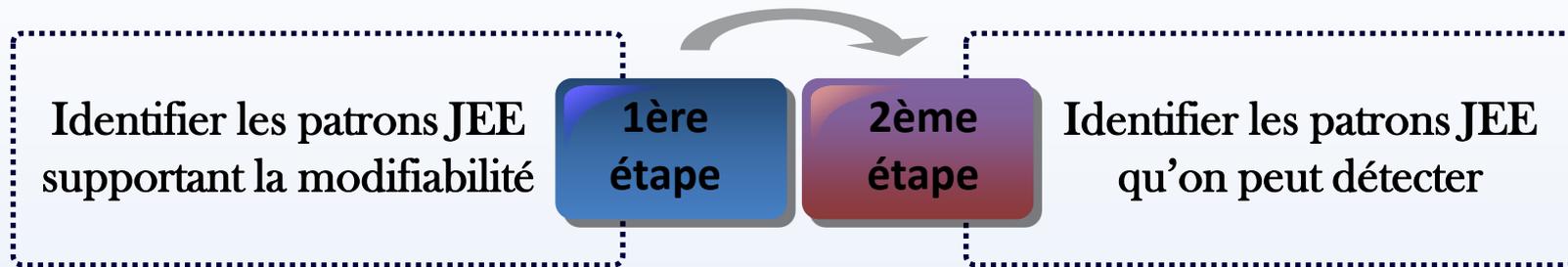
1. Choix des applications JEE (3/3)

- **Objectif:** étudier différentes versions de quelques applications JEE pour évaluer:
 - l'évolution de la distribution des patrons appliqués dans ces versions et
 - l'impact de cette évolution sur les valeurs des métriques.
- Critères de sélection: (i) la taille et (ii) l'existence de plusieurs versions
 - ➔ 3 applications:
 - ‘*Joindesk*’ (0.9, 1.0, 1.1 et 1.2),
 - ‘*mvnForum*’ (1.0, 1.1, 1.2 et 1.2.2) et
 - ‘*Java Pet Store*’ (1.1.2 et 1.3.1).

N°	Nom de l'application	Domaine de l'application
1	Pennt 0.9	Framework
2	Merlidev.cpedev	Management
3	WebGallery	Application Web
4	Joindesk 1.2 (version minimale)	Framework
5	J2EE_Bank_Application	Application Web
6	Book_shop	Educatif
7	Personalblog 1.2.6	Communication
8	Joindesk 1.2 (version plus complète)	Framework
9	Java Pet Store 1.3.1	Commerciale
10	Locanda	Commerciale
11	Opendating 0.1.1	Communication
12	Vaza-mail 0.1.1	Communication
13	Paperdog 0.9	Commerciale
14	WebGoat 5.2	Application Web
15	ChangeSet 2.2	Application Web
16	uPortal 2.1.5	Framework
17	Mvnforum 1.2.2	Communication

2.Choix des patrons JEE (1/8)

- 21 patrons JEE (Alur et al., 2003)
- Nous nous intéressons aux patrons JEE qui supportent la modifiabilité



2.Choix des patrons JEE (2/8)



- Nous nous basons sur les tactiques de modifiabilité pour choisir les patrons JEE à considérer dans l'étude
- ➔ Identifier s'il existe des correspondances entre les patrons JEE et les tactiques de modifiabilité.

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

2.Choix des patrons JEE (3/8)

→ 20 patrons JEE supportant la modifiabilité

→ Le patron 'Service Activator' ne supporte pas la modifiabilité



		Patrons JEE																					
		Intercepting Filter	Front Controller	Context Object	Application Controller	View Helper	Composite View	Service to worker	Dispatcher View	Business Delegate	Service Locator	Session Façade	Application Service	Business Object	Composite Entity	Transfer Object	Transfer Object Assembler	Value List	Data Access Object	Service Activator	Domain Store	Web Service Broker	
Tactiques de modifiabilité	Réduire la taille d'un module	✓			✓	✓		✓						✓				✓			✓		
	Augmenter la cohésion				✓	✓		✓	✓					✓				✓	✓		✓		
	Réduire le couplage	Encapsuler			✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓										
		Limiter les dépendances	✓									✓	✓		✓		✓						
		Utiliser un intermédiaire					✓	✓	✓		✓		✓						✓				✓
	Réduire les services communs	Restructurer	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓				
		Abstraire les services communs		✓					✓														
		« Defer Binding »																					

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

2. Choix des patrons JEE (4/8)

« Data Access Object »:

- ✓ Encapsuler les fonctionnalités relatives à l'accès à la source de données
- ✓ Agir comme intermédiaire entre l'application et la source de données
- ✓ Réduire la complexité du code source des composants qui ont besoin d'accéder aux données

		Patrons JEE																					
		Intercepting Filter	Front Controller	Context Object	Application Controller	View Helper	Composite View	Service to worker	Dispatcher View	Business Delegate	Service Locator	Session Façade	Application Service	Business Object	Composite Entity	Transfer Object	Transfer Object Assembler	Value List	Data Access Object	Service Activator	Domain Store	Web Service Broker	
Tactiques de modifiabilité	Réduire la taille d'un module	✓			✓	✓		✓					✓				✓	✓			✓		
	Augmenter la cohésion				✓	✓		✓	✓				✓				✓	✓			✓		
	Réduire le couplage	Encapsuler			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓										
		Limitier les dépendances	✓									✓			✓		✓						
		Utiliser un intermédiaire					✓	✓	✓		✓		✓						✓	✓			✓
	Réduire les services communs	Restructurer	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓			
		Abstraire les services communs		✓					✓														
		« Defer Binding »																					

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

2. Choix des patrons JEE (5/8)

« Service Activator ».

- Aucune tactique de modifiabilité n'est appliquée pour implémenter ce patron
- Favoriser l'activation des services de façon asynchrone

➔ **Performance** : garantir un gain de temps dans le cas où le client n'a pas besoin d'attendre la fin de traitement.

		Patrons JEE																						
		Intercepting Filter	Front Controller	Context Object	Application Controller	View Helper	Composite View	Service to worker	Dispatcher View	Business Delegate	Service Locator	Session Façade	Application Service	Business Object	Composite Entity	Transfer Object	Transfer Object Assembler	Value List	Data Access Object	Service Activator	Domain Store	Web Service Broker		
Tactiques de modifiabilité	Réduire la taille d'un module	✓			✓	✓		✓						✓				✓			✓			
	Augmenter la cohésion				✓	✓		✓	✓					✓				✓	✓		✓			
	Encapsuler	Encapsuler			✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓										
		Limiter les dépendances	✓										✓			✓		✓						
		Utiliser un intermédiaire					✓	✓	✓		✓		✓							✓			✓	
	Restructurer	Restructurer	✓	✓					✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓					
		Abstraire les services communs		✓					✓															
	« Defer Binding »																							

2.Choix des patrons JEE (6/8)

20

Identifier les patrons JEE supportant la modifiabilité

1ère étape

2ème étape

Identifier les patrons JEE

Chercher des outils pour détecter les patrons JEE

Problème

Solution

-Notion de détection: liée aux patrons de conception:

- ➔ Les outils existants permettent de détecter les patrons de conception
- ➔ Aucun outil ne permet de détecter les patrons JEE

- Utiliser les outils existants pour détecter les patrons JEE (des instances de GoF*)
- Identifier des caractéristiques techniques pour détecter les patrons JEE

2.Choix des patrons JEE (7/8)

Détection

Vérifier que le patron JEE est détectable

OU

ET

Contraintes

1. GoF

Vérifier si le patron est une instance d'un patron GoF

2. Caractéristiques

Vérifier si le patron possède des caractéristiques qui nous permettent de le détecter

3. Simplicité du patron

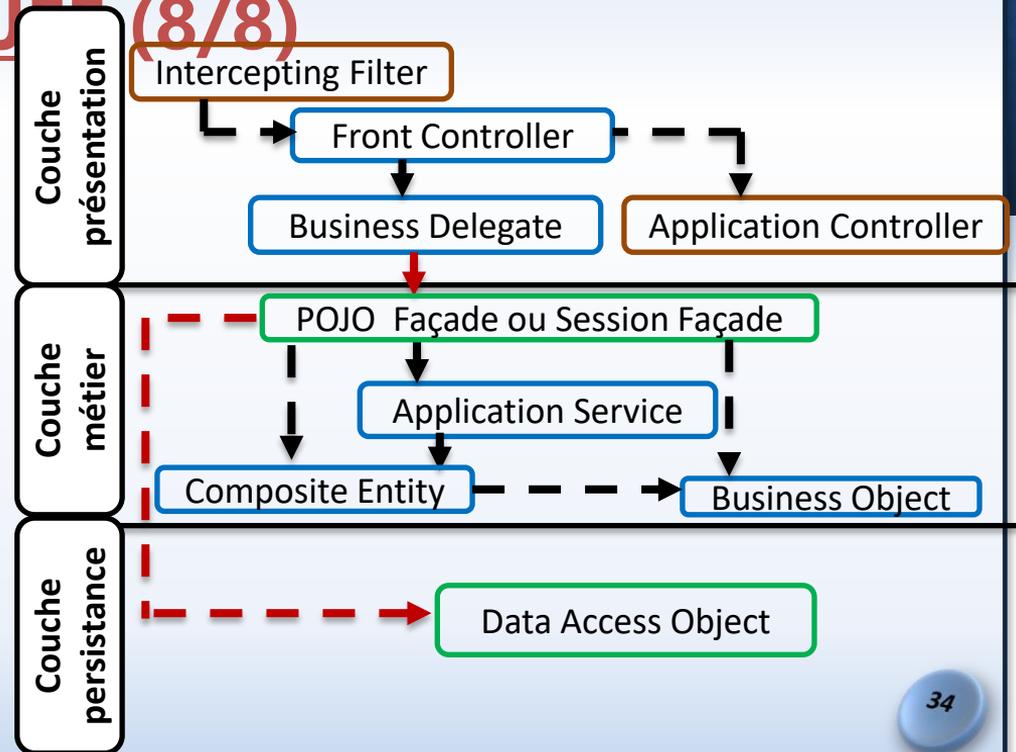
Vérifier que le patron n'est pas combiné de plusieurs classes ou de plusieurs patrons JEE

4. Type de composant utilisé

Vérifier que les classes Java sont utilisées pour implémenter le patron

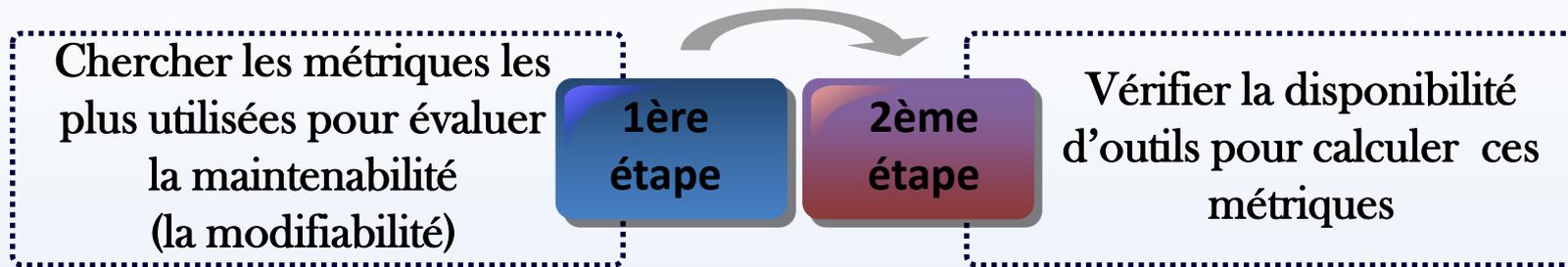
2.Choix des patrons JEE (8/8)

- 9 patrons JEE retenus
 - « *Session Façade* » et « *Data Access Object* »
 - Sont des instances du patron « Façade »
 - 7 patrons JEE : « *Intercepting Filter* », « *Front Controller* », « *Application Controller* », « *Business Delegate* », « *Composite Entity* », « *Business Object* » et « *Application Service* »
 - Dont les caractéristiques nous permettent de les détecter.



3.Choix des métriques (1/5)

- But: évaluer l'impact des patrons JEE sur la modifiabilité des systèmes



3. Choix des métriques (2/5)

Chercher les métriques les plus utilisées pour évaluer la maintenabilité (la modifiabilité)

1ère
étape

2ème
étape

Vérifier la disponibilité des outils pour calculer ces métriques

		Les articles étudiés							Nombre total des métriques différentes
		(Saraiva, 2013)	(Ragab et Ammar, 2010)	(Dagpinar et Jahnke, 2003)	(Chidamber et Kemerer, 1994)	(Sheldon, Jerath et Chung, 2002)	(Briand et al., 2000)	(Fontana et al., 2013)	
Catégories des métriques	Taille	6	6	3	0	0	6	6	14
	Complexité	0	5	0	1	0	0	4	9
	Couplage	15	10	33	2	0	28	0	75
	Cohésion	15	4	3	1	0	10	2	19
	Héritage	5	5	2	2	6	11	1	17

3. Choix des métriques (3/5)

Chercher les métriques les plus utilisées pour évaluer la maintenabilité (la modifiabilité)

134

1ère
étape

2ème
étape

Vérifier la disponibilité des outils pour calculer ces métriques

- 26 métriques retenues
- Certaines métriques nous fournissent des informations redondantes.
- ➔ 16 métriques qui couvrent 5 catégories

3.Choix des métriques (4)

- 4 outils pour mesurer les métriques:
 - CodePro Analytix,
 - LocMetrics,
 - Chidamber & Kemerer Java Metrics (ckjm), et
 - Pattern Trace Identification, Detection and Enhancement in Java (Ptidej).

Catégorie	Métrique	Définition	Outil
Taille	NOM	Number of Methods	CodePro Analytix
	LOC	Lines of Code	CodePro Analytix
	NA	Number of Attributes	CodePro Analytix
	NOC	Number of Classes	CodePro Analytix
	NOP	Number of Packages	CodePro Analytix
Complexité	WMC	Weighted Method Per Class	CodePro Analytix
	CYCLO	McCabe's Cyclomatic Number	LocMetric
Couplage	RFC	Response For a Class	Ckjm
	CBO	Coupling Between Objects classes	Ckjm
	ACAIC	Ancestor Class-Attribute Import Coupling	Ptidej
	ACMIC	Ancestor Class-Method Import Coupling	Ptidej
	CA	Afferent Coupling	CodePro Analytix
	CE	Efferent Coupling	CodePro Analytix
Cohésion	LCOM1	Lack of Cohesion in Methods 1	Ptidej
	LCOM2	Lack of Cohesion in Methods 2	Ptidej
Héritage	ADIH	Average Depth of Inheritance Hierarchy	CodePro Analytix

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

3. Choix des métriques (5/5)

CodePro AnalytiX™

CodePro AnalytiX

un plugin eclipse qui compte les métriques à 3 niveaux (classe, package et système)

ckjm

Chidamber & Kemerer Java Metrics (ckjm)

un outil qui calcule les métriques orientées objet de CK, il a été développé en raison du manque des outils complets et fiables pour le calcul des métriques



LocMetric

un simple outil qui calcule les métriques au niveau système



Pattern Trace Identification, Detection and Enhancement in Java (Ptidej)

un outil dédié à l'analyse et la maintenance des architectures orientées objet



Questions de recherche

(Q1): Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?

(Q2) : Quel est l'impact de l'application de ces patrons JEE sur la modifiabilité des applications ?



Les choix

- (1) 17 applications JEE à analyser,
- (2) 9 patrons JEE, et
- (3) 16 métriques.

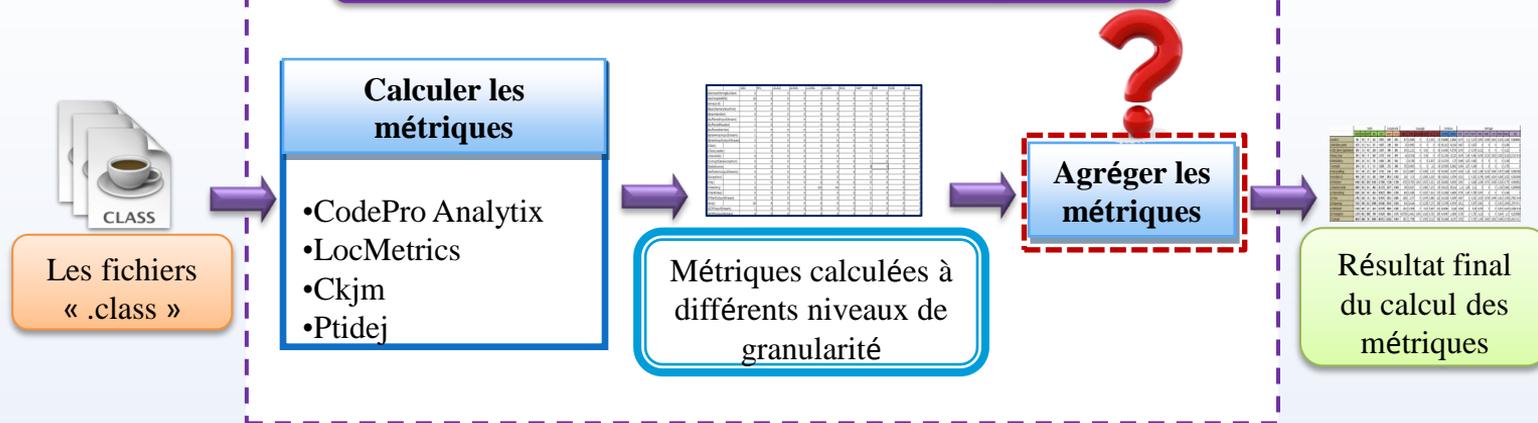
Calcul des métriques

Détection des patrons JEE

Calcul des métriques

Détection des patrons

Processus de calcul des métriques



Pour chaque application

Calcul des métriques

Détection des patrons



Normalisation:

- Agréger les mesures calculées au même niveau de granularité système
- **But:** obtenir une seule mesure pour chaque métrique comme résultat de normalisation.
- Nous nous inspirons de la méthode de normalisation proposée par Fontana et al.(2013)

- Agréger les mesures calculées au niveau méthode ou au niveau classe en calculant soit la moyenne soit la somme.
- Garder les métriques calculées au niveau système telles quelles.

	Taille				Complexité		Couplage					Cohesion		Héritage		
	NCM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLE	CGO	REC	ACAIC	ACMIC	CA	CE		LCOM1	LCOM2
1-Peomt 0.1	86	18	9	64	1057	169	101	2,389	9,2778	0	0	1,333	13	9,48485	2,8485	1,1
2-Merfidev.cpedev	178	13	11	87	1187	218	138	3,846	15,692	0	0	2,5	10	96,1212	42,636	2
3-WebGallery	206	47	42	118	2107	349	185	2,717	7,7391	0	0,0303	4,18	38	14,4242	4,5758	1
4-joindesk 1.2 (version minimale)	293	37	16	167	2721	631	439	2,158	9,1579	0,013	0,4	1,33	47	41,1236	15,225	2,36
5-DEE Bank Application	104	26	11	58	1641	295	156	1,398	10,462	0	0	1,857	23	15,0714	5,25	1,05
6-Book shop	104	16	9	53	1828	272	148	1,188	9,6875	0	0	2,8	14	20,9545	6,5682	1,87
7-PersonalBlog 1.2.6	332	47	22	207	3712	676	378	2,394	10,082	0	0,058	1,25	30	30,5652	12,507	2,34
8-joindesk 1.2 (version plus complète)	940	137	33	541	7659	1933	1302	2,744	9,1282	0	0,0833	1,392	96	9,20513	3,0769	1
9-PetStore 1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,381	0,01489	0,0532	3,321	219	28,0638	8,8936	1,48
10-Locanda	1805	152	16	482	11721	2277	1443	3,399	14,101	0	0,0852	7,272	83	194,523	89,142	1,48
11-Opending 0.1.1	1061	246	45	616	10421	1993	1105	3,045	7,4831	0	0,0235	7,414	179	15,0268	5,6409	2,49
12-Waza 0.1.1	1702	160	31	921	22476	3551	2001	2,19	20	0	0,0738	5,666	122	24,5128	9,2049	1
13-Paperdog 0.9	1582	299	112	1094	20246	4130	2820	4,125	7,9563	0	0,2276	7,175	200	13,5798	4,9339	1
14-WebGoat 5.2	1354	145	22	633	22778	3041	2101	6,32	16,088	0	0,0303	9,687	115	36,6061	14,48	1
15-ChangeSet 2.2	1179	406	308	709	13629	3616	2176	4,384	10,971	0,00148	0,0281	6,765	290	4,92467	1,0089	1
16-suportal 2.1.5	4029	499	38	1805	48715	10121	5893	3,893	15,713	0	0,0914	13,18	308	38,5448	14,872	1
17-mvForm 1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,694	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,38	1,92

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

Calcul des métriques

Détection des patrons

	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1-Peanut 0.1	86	18	9	64	1057	169	101	2,389	9,2778	0	0	1,333	13	9,48485	2,8485	1,1
2-Merlidev.cpedev	178	13	11	87	1187	218	138	3,846	15,692	0	0	2,5	10	96,1212	42,636	2
3-WebGallery	206	47	42	118	2107	349	185	2,717	7,7391	0	0,0303	4,18	38	14,4242	4,5758	1
4-Joindesk 1.2 (version minimale)	293	37	16	167	2721	631	439	2,158	9,1579	0,013	0,4	1,33	47	41,1236	15,225	2,36
5-J2EE_Bank_Application	104	26	11	58	1641	295	156	1,308	10,462	0	0	1,857	23	15,0714	5,75	1,05
6-Book_shop	104	16	9	53	1828	272	148	1,188	9,6875	0	0	2,8	14	20,9545	8,5682	1,87
7-PersonalBlog 1.2.6	332	47	22	207	3712	676	378	2,394	10,082	0	0,058	1,25	30	30,5652	12,507	2,14
8-Joindesk 1.2 (version plus complète)	940	137	33	541	7659	1933	1302	2,744	9,1282	0	0,0833	1,392	96	9,20513	3,0769	1
9-PetStore 1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,381	0,01489	0,0532	3,321	219	28,0638	8,8936	1
10-Locanda	1805	152	16	482	11721	2277	1443	3,399	14,101	0	0,0852	7,272	83	194,523	89,142	1,48
11-Opending 0.1.1	1061	246	45	616	10421	1993	1105	3,045	7,4831	0	0,0235	7,414	179	15,0268	5,6409	2,49
12-Vaza 0.1.1	1702	160	31	921	21476	3551	2001	2,19	20	0	0,0738	5,666	122	24,5328	9,2049	1
13-Paperdog 0.9	1592	299	112	1094	20246	4130	2820	4,325	7,9563	0	0,2276	7,175	200	13,5798	4,9339	1
14-WebGoat 5.2	1354	145	22	633	22778	3041	2101	6,32	16,088	0	0,0303	9,687	115	36,6061	14,48	1
15-ChangeSet 2.2	1179	406	308	709	33629	3616	2176	4,384	10,971	0,00148	0,0281	6,765	290	4,92467	1,0089	1
16-uPortal 2.1.5	4019	499	38	1805	48715	10121	5893	3,893	15,713	0	0,0914	13,18	306	38,5448	14,872	1
17-mvnForm 1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,694	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,38	1,92

Calcul des métriques

Détection des patrons

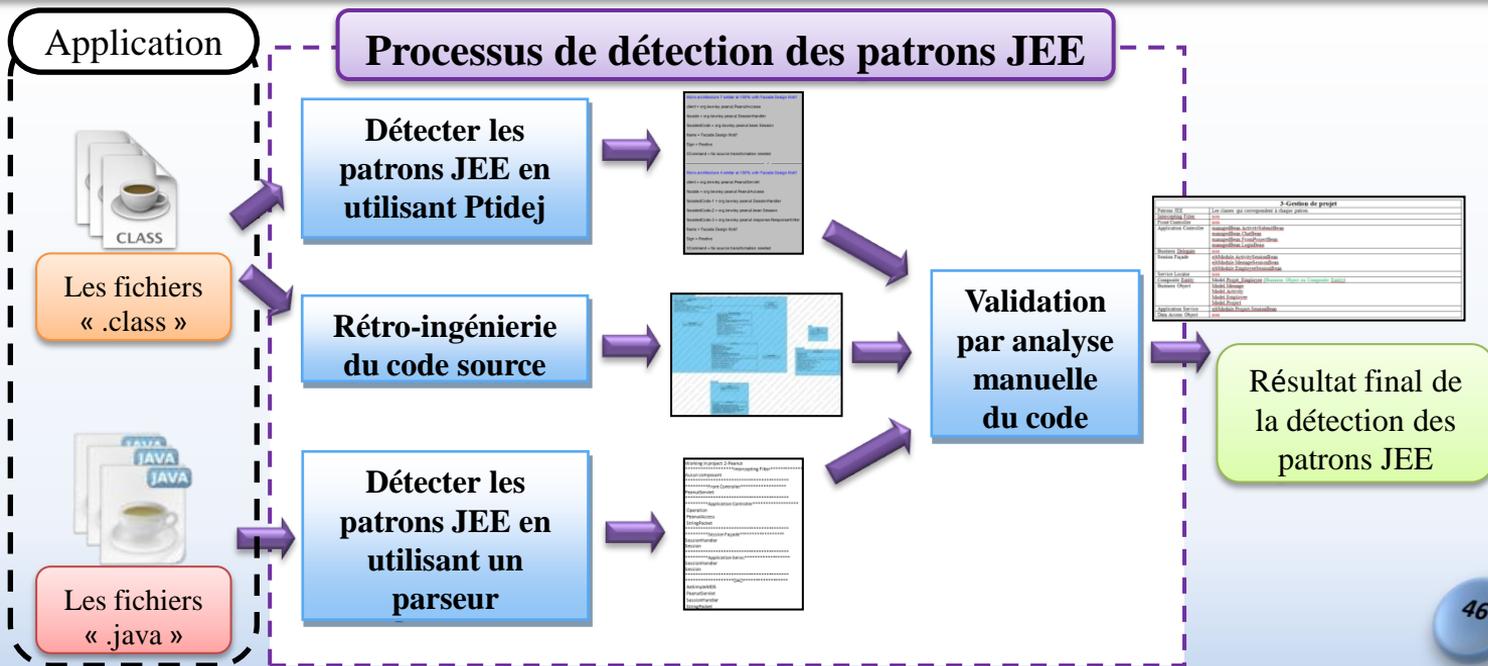
Joindesk (Version minimale)	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Joindesk 0.9	71	14	9	42	592	107	44	1,33	8,4	0	0	1,67	14	13,167	3,5833	1,57
Joindesk 1.0	290	36	16	165	2651	616	424	2,67	12,4	0,013	0,413	1,27	46	46,267	14,493	2,38
Joindesk 1.1	290	36	16	166	2679	624	432	2,7	12,4	0,013	0,413	1,27	46	46,267	14,493	2,38
Joindesk 1.2	293	37	16	167	2721	631	439	2,6	12,2	0,013	0,4	1,33	47	44,56	15,225	2,36

mvnForum	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.0	2917	219	19	1286	43451	7592	3503	5,95	15,9	0,01	0,0793	10,687	194	268,21	124,52	1,93
1.1	3773	266	26	1872	48076	9289	4503	5,47	16,4	0,02	0,0868	11,304	219	599,95	290,35	1,94
1.2	3791	273	26	1883	48283	9286	4544	5,619	16	0,019	0,0856	11,348	222	612,35	296,63	1,92
1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,7	0,019	0,0856	13,791	222	615,83	298,38	1,92

Java Pet Store	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	DIT
1.1.2	864	233	136	410	12219	2246	986	3,451	7,24	0	0,0092	5,24	179	18,581	6,1106	2,38
1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,4	0,015	0,0532	3,321	219	28,064	8,8936	1

Calcul des métriques

Détection des patrons



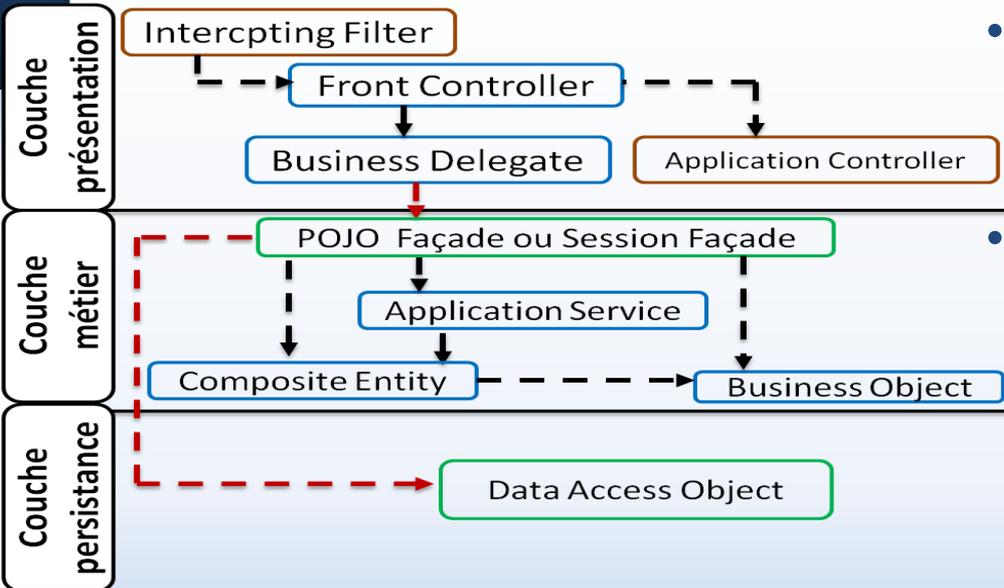
Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

Calcul des métriques

Détection des patrons



- « Session Façade » et « DAO » sont des instances du patron de conception « Façade ».
- Autres patrons JEE peuvent être identifiés en détectant le patron « Façade ».

Préparation de l'étude

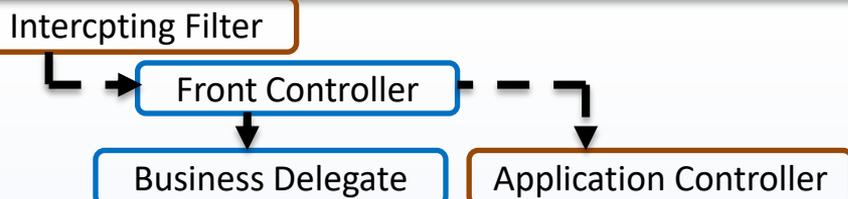
Collecte de données

Analyse des données

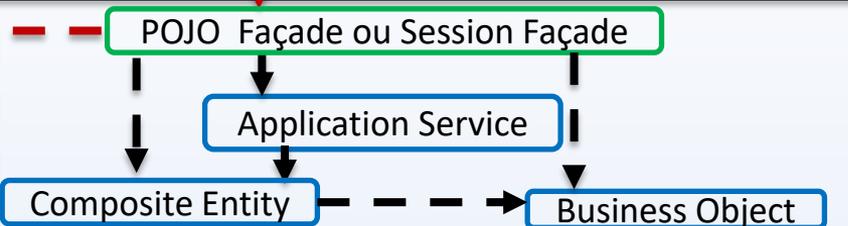
Calcul des métriques

Détection des patrons

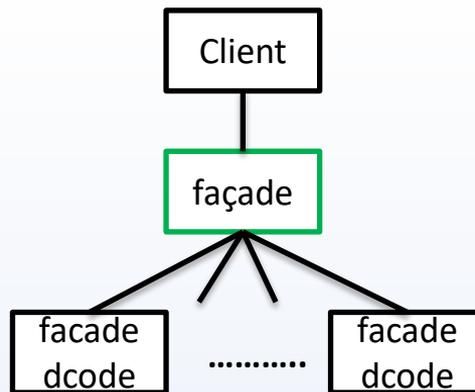
Couche
présentation



Couche
métier



Couche
persistance



Client : *Front Controller*

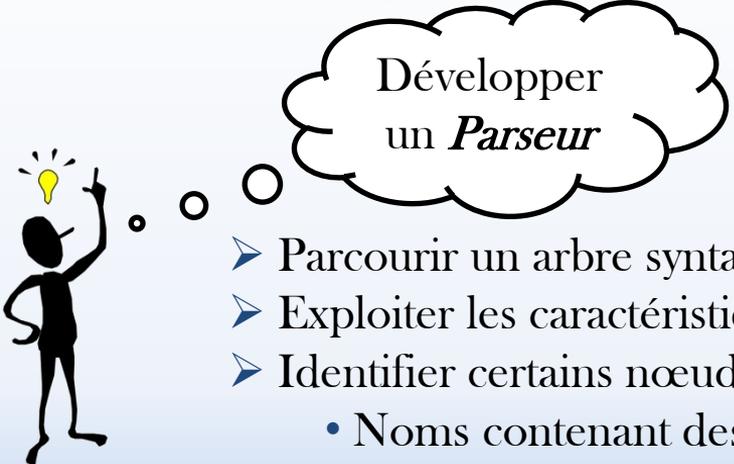
Façade : « *Session Façade* » / « *DAO* »

Facadedcode: ----

Calcul des métriques

Détection des patrons

- **Motivation:** réduire le nombre de fausses occurrences trouvées (faux positifs) et d'occurrences positives non trouvées (faux négatifs)



Développer
un *Parseur*

- Parcourir un arbre syntaxique représentant le code source
- Exploiter les caractéristiques spécifiques aux patrons JEE étudiés
- Identifier certains nœuds spécifiques en utilisant:
 - Noms contenant des mots particuliers ou
 - Classes implémentant certaines interfaces du *Framework* JEE.

Calcul des métriques

Détection des patrons

Patrons JEE	Caractéristiques				
	Mots clés		Interface	Classe abstraite	Annotation
	Nom de la classe	Mot dans la classe			
<i>Intercepting Filter</i>	"Filter"		<i>javax.servlet.Filter</i>		<i>@WebFilter</i>
<i>Front Controller</i>	"Servlet" "Controller"			<i>javax.servlet</i> , <i>http.HttpServlet</i>	<i>@Controller</i> <i>@WebServlet</i>
<i>Application Controller</i>		"Map"			
<i>Business Delegate</i>					
<i>Session Façade</i>	"Session"		<i>javax.ejb</i> , <i>SessionBean</i>		<i>@Stateful</i> <i>@Stateless</i> <i>@Service</i>
<i>Application Service</i>	"Service"				
<i>Data Access Object</i>	"DAO" "DB"	"insert", "select", "update", "delete"			

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

Calcul des métriques

Détection des patrons

	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Session Façade	POJO Façade	Façade (Session & POJO)
1-Peanut 0.1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2-Merlidev.cpedev	0	0	0	0	0	1	4	0	4	0	4
3-WebGallery	2	2	0	1	0	0	3	2	0	0	0
4-Joindesk 1.2 (version minimale)	0	1	0	0	0	0	5	3	0	0	0
5-J2EE_Bank_Application	2	2	0	0	0	0	9	1	0	0	0
6-Book_shop	2	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0
7-PersonalBlog 1.2.6	0	1	0	2	1	0	10	5	0	1	1
8-Joindesk 1.2 (version plus complète)	1	0	1	1	0	0	6	4	0	1	1
9-PetStore 1.3.1	1	2	2	2	0	2	11	3	8	0	8
10-Locanda	0	29	17	2	0	0	23	27	0	0	0
11-Opending 0.1.1	1	12	0	0	0	0	6	19	0	1	0
12-Vaza 0.1.1	0	0	0	13	4	0	8	6	0	2	2
13-Paperdog 0.9	0	0	0	1	0	9	5	10	6	0	6
14-WebGoat 5.2	1	1	0	1	2	1	2	6	1	0	1
15-ChangeSet 2.2	0	15	33	0	0	29	18	12	11	0	11
16-uPortal 2.1.5	1	26	0	13	0	0	21	13	0	7	7
17-mvnForm 1.2.2	2	21	0	2	2	0	24	19	0	2	2

Préparation de l'étude

Collecte de données

Analyse des données

Calcul des métriques

Détection des patrons

Joindesk (Version minimale)	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
Joindesk 0.9	0	0	0	0	0	0	4	2	0
Joindesk 1.0	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.1	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.2	0	1	0	0	0	0	5	3	0

mvnForum	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.0	2	23	0	2	2	0	23	7	0
1.1	2	20	0	2	2	0	24	13	2
1.2	2	20	0	2	2	0	24	15	2
1.2.2	2	20	0	2	2	0	24	18	2

Java Pet Store	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.1.2	1	8	2	0	0	0	9	2	3
1.3.1	1	5	2	2	0	2	11	3	8

Questions de recherche

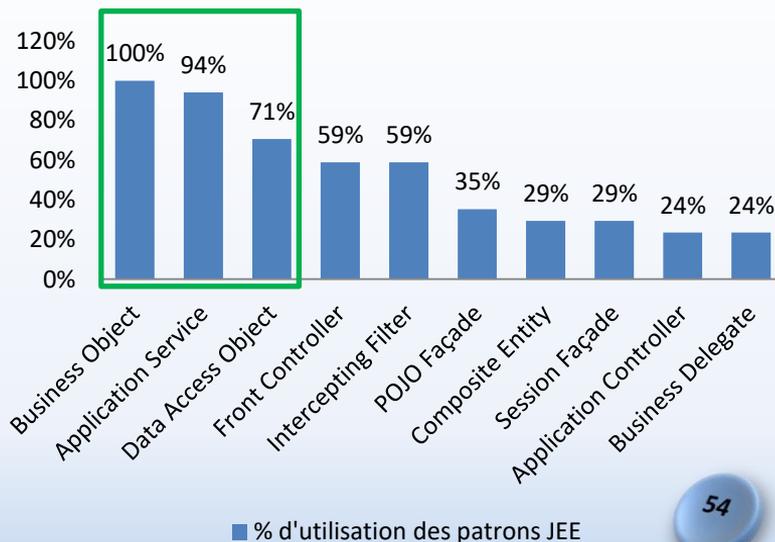
Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?

Q2 : Quel est l'impact de l'application de ces patrons JEE sur la modifiabilité des applications ?

Fréquences d'utilisation des

- 10 patrons JEE étudiés ont été appliqués dans les applications JEE sélectionnées.
- Degré d'utilisation des patrons varie d'une application à une autre.
- « *Business Object* », « *Application Service* » et « *DAO* » sont les patrons les **plus** utilisés :
 - « *Business Object* » : représente les objets métiers
 - « *Application Service* » : correspond à un cas d'utilisation et centralise la logique d'affaires qui agit sur plusieurs « *Business Object* ».
 - « *DAO* » : comprend les fonctionnalités relatives à l'accès à la source de données.

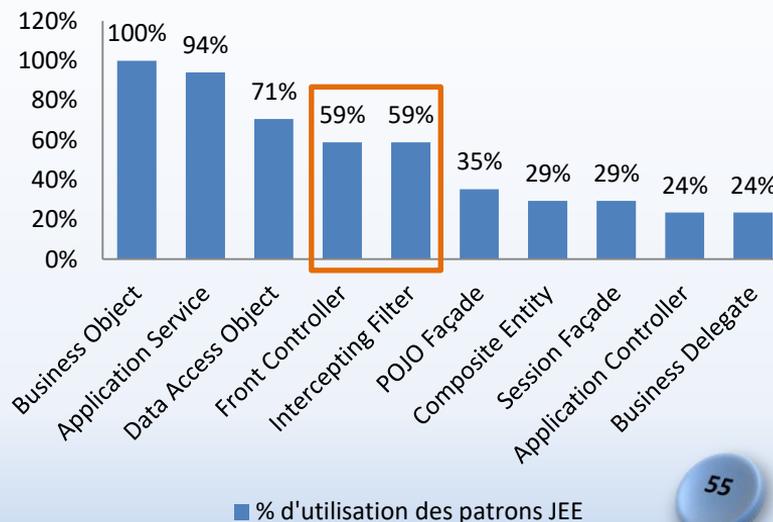
Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?



Fréquences d'utilisation des

- « *Intercepting Filter* » et « *Front Controller* » sont les patrons **moyennement** utilisés:
 - Résolvent des problèmes liés au contrôle des requêtes du client
 - « *Intercepting Filter* » : implémente les prétraitements et les post-traitements des requêtes clients.
 - « *Front Controller* »: traite les requêtes et génère les réponses. (Servlet / JSP)
 - (-) La possibilité d'inclure les traitements de contrôle dans l'un des patrons de la couche présentation.
 - (+) La complémentarité de ces 2 patrons, ils sont utilisés ensemble.

Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?



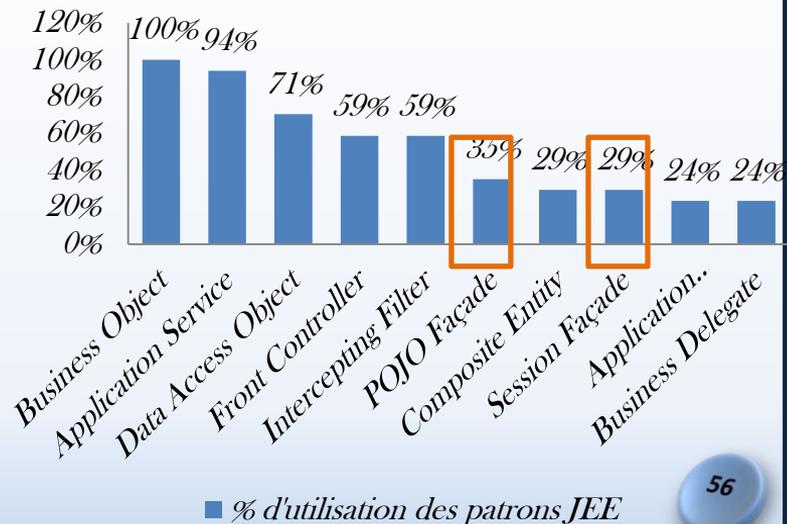
Fréquences d'utilisation des

- « *Session Façade* » et « *POJO Façade* » ensemble, ils sont **moyennement** utilisés (64%):

- Représentent une façade pour la couche métier
- La différence entre ces 2 patrons est en implémentation.
 - « *Session Façade* » : composant EJB
 - « *POJO* Façade* »: simple classe Java

* Plain Old Java Object

Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?

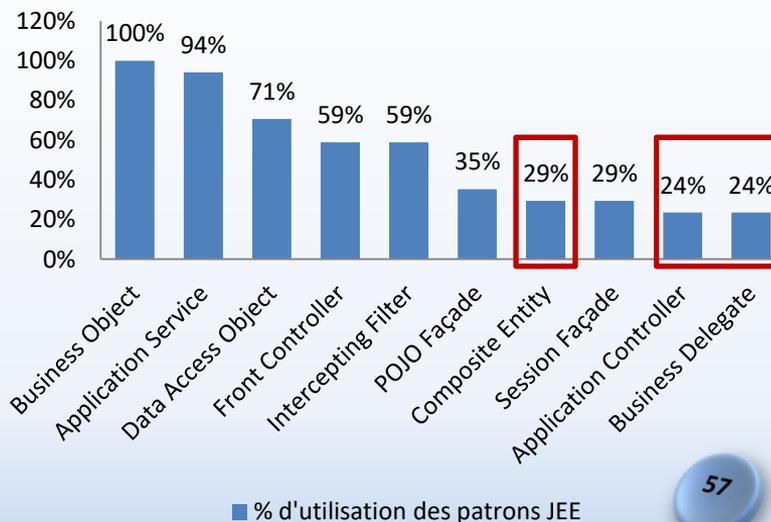


Fréquences d'utilisation des

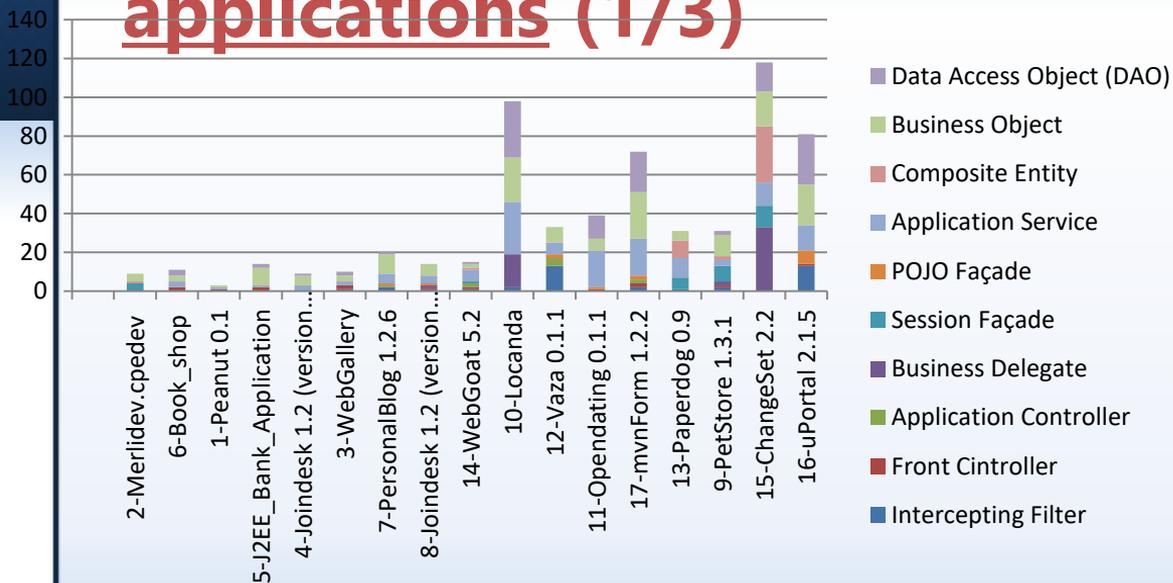
- « *Composite Entity* », « *Application Controller* » et « *Business Delegate* » sont les patrons les **moins** utilisés:

- « *Composite Entity* » : représente les composants comme étant une hiérarchie d'objets persistants.
 - Complexité de l'application et l'utilisation ou non des composants EJB.
- « *Application Controller* » centralise la gestion des commandes et des vues dans une application.
 - Non-centralisation des traitements de gestion
- « *Business Delegate* » représente le point de sortie de la couche présentation pour accéder aux composants métiers
 - Accès se fait directement

Q1: Jusqu'à quel degré les patrons JEE qui supportent la modifiabilité sont-ils utilisés dans les applications JEE?



Cooccurrences des patrons dans les applications (1/3)



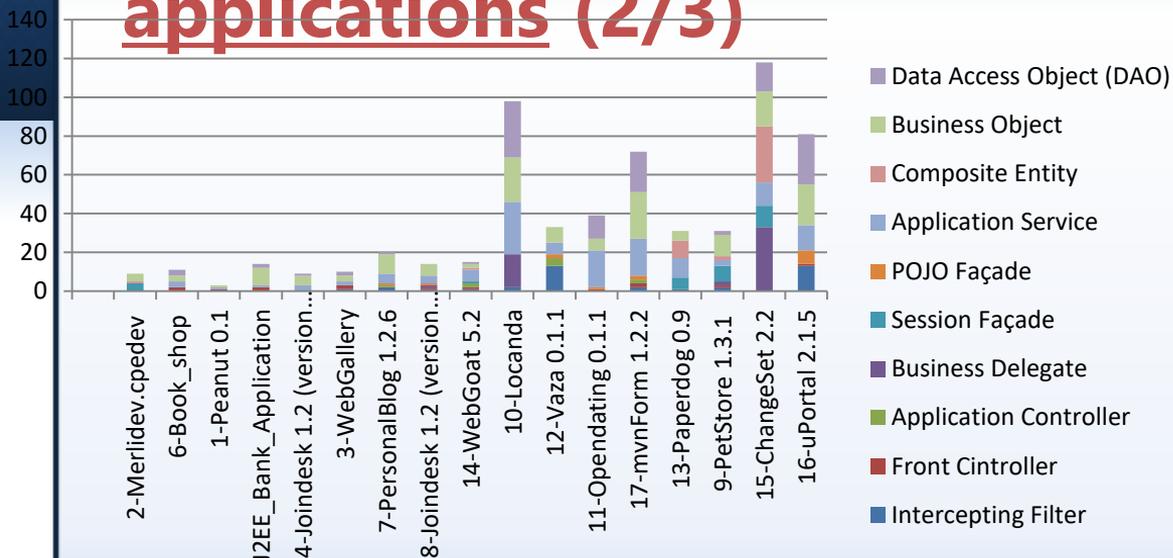
- Aucune application parmi les 17 applications étudiées n'utilise, à la fois, les 9 patrons JEE étudiés.
- Nombre de patrons utilisés est proportionnel à la taille et à la complexité de l'application
- Combinaison la plus utilisée est le triplet: « *Application Service* », « *Business Object* » et « *DAO* ».

Les applications sont ordonnées en fonction du NOC

Cooccurrences des patrons dans les applications (2/3)

- Les patrons « *Front Controller* », « *Intercepting Filter* » et « *Application Controller* »:

- Sont responsables des contrôles des requêtes client
- Sont appliqués ensemble dans les grandes applications



Les applications sont ordonnées en fonction du NOC

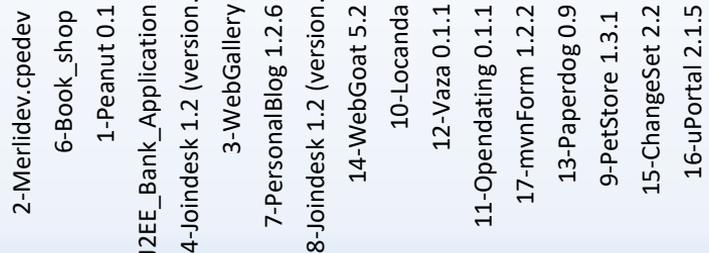
Cooccurrences des patrons dans les applications (3/3)

• (Alur et al., 2003),

- Une instance du patron « *Front Controller* » est utilisée dans l'application



- Relation entre le patron « *Business Delegate* » et le patron « *Session Façade* » est de type 1-à-1



Les applications sont ordonnées en fonction du NOC

Q2 : Quel est l'impact de l'application de ces patrons JEE sur la modifiabilité des applications ?



Étudier le degré d'association entre:
-l'utilisation des patrons JEE et
-la qualité des applications en termes de modifiabilité.

- ➔ Vérifier s'il existe une corrélation entre l'utilisation des patrons JEE et la modifiabilité.
- ➔ Utiliser le coefficient de corrélation de **Spearman** car la distribution des données (les métriques) n'est pas **normale**.

Préparation de l'étude

Collecte de données

Interprétation des résultats

Résultats de corrélation

	Taille					Complexité		Couplage					Cohésion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.4206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

■ r_s avec la valeur-P $\leq 5\% = 0.05$

➔ 11 paires (patron JEE - métrique) de corrélation positive

Interprétations des résultats de corrélations

(1/7)

	Taille				Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage		
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH	
Front Contrôlle	-0.4206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657	
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938	
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871	
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386	
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311	
Application Controller	0.325	0.2512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497		
Composite Entity	0.1919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295	0.1919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295	0.4828	0.4877	0.3027		
Business Object	0.25	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027	0.25	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
Application Serv	0.29	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677	0.29	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
POJO Façade	0.33	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505	0.33	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581
Façade (Session & P	0.49	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581	0.49	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581					

Implémenter chaque traitement de contrôle, effectué sur les demandes client, dans un filtre séparé

- + le nombre d'occurrences → + le nombre de classes → NOM, NA et LOC ↗
- + le nombre d'occurrences → + l'arbre de décisions est complexe → le chemin suivi en invoquant une méthode va devenir plus long (WMC ↗)

Interprétations des résultats de corrélations

(2/7)

	Taille					Complexité		Couplage					Coesion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.4206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0248	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.375												-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.423												0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084												0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.298												-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349											0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179			0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649		0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

Jouer le rôle d'une façade pour la couche métier

- + le nombre d'occurrences → l'introduction de nouvelles classes qui sont référencées par plusieurs autres classes → NA ↗
- + le nombre d'occurrences → l'ajout d'un nouveau niveau dans l'arbre de décisions → le chemin suivi en invoquant une méthode va devenir plus long (WMC ↗)

Interprétations des résultats de corrélations

(3/7)

	Taille				Complexité		Couplage				Coesion		Héritage				
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH	
Front Controller	-0.1206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657	
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938	
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871	
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386	
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311	
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497	
Composite Entity	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.07	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

Identifier l'opération à exécuter et contrôler le flux de données envoyé à la vue

- L'utilisation de ce patron → + le nombre de méthodes exécutées pour répondre à une requête → RFC

Interprétations des résultats de corrélations

(4/7)

	Taille					Complexité		Couplage					Cohésion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.2206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2308	-0.0248	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097							0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429							-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196							0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.12							0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

correspondre à un objet persistant

- Objet : définit des attributs, les accesseurs et les mutateurs pour manipuler ses attributs
 - + le nombre de méthodes dans une classe qui utilisent un sous-ensemble réduit d'attributs → LCOM2

Interprétations des résultats de corrélations

(5/7)

Est une entité composite qui est composée de « *Business Object* ».

	Taille				Complexité		Couplage				Coesion		Héritage			
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.1206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.2415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1836	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0	0	0	0	0	0	0	0	2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0	0	0	0	0	0	0	0	2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.311	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

- L'utilisation de ce patron → + les références aux « *Business Object* » → + le nombre de classes couplées dans l'application → CBO

Interprétations des résultats de corrélations

(6/7)

	Taille					Complexité		Couplage						Cohesion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.1206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

➔ Aucune corrélation n'est trouvée entre ces patrons et les métriques.

- Certains patrons peuvent être implémentés en utilisant autre type de composant (Page JSP).
 - Exemple: le patron « Front Controller »
- Certains patrons sont rarement utilisés dans les applications étudiées.
 - Exemple: le patron « Business Delegate »

Interprétations des résultats pour différentes versions des applications 'Joindesk',

- La subdivision en packages des deux applications 'Joindesk' et 'mynForum',
mynForum et Java Pet Store (1/2):
 - Ne reflète pas la décomposition du système en une hiérarchie en couches
- Le passage d'une version à une autre est décrit par:
 - l'ajout de nouvelles fonctionnalités
 - le renommage, le déplacement ou la suppression de classes
 - l'ajout de nouveaux packages
 - l'ajout de nouvelles occurrences de patrons (e.g., « Application Service », « Business Object »,.....)
 - la suppression des occurrences des patrons (e.g., « DAO »)

Interprétation des résultats pour différentes versions des applications 'Joindesk',

- Les différents changements introduits dans chaque version :

mvnForum et Java Pet Store (2/2):

- Entraînent une évolution de la majorité des métriques (Métriques de taille, de complexité.....)
- Complicent l'identification de l'impact des nouvelles occurrences des patrons ajoutées ou éliminées.

Conclusion

Limites de l'étude

Retombée

Travaux futures

- Les patrons JEE sont appliqués dans les applications JEE étudiées



Les patrons
JEE les plus
utilisés

- Reflètent les bonnes pratiques de l'architecture en couches et ne sont pas spécifiques au *Framework* JEE (« Façades », « DAO »...)
- Sont renforcés par la technologie JEE (« Front Controller »)



Les patrons
JEE les
moins utilisés

- Ne constituent pas une pratique courante dans le développement en couches (« Business Delegate »)
- Dépendent de l'utilisation du modèle de composants EJB (« Composite Entity »)

Conclusion

Limites de l'étude

Retombée

Travaux futures



Correlations
trouvées



Correlations
attendues

- L'évaluation de l'impact des patrons sur la qualité au niveau système
- La non-vérification du fait que les patrons sont correctement utilisés ou non.
- Pour l'analyse de plusieurs versions:
l'ajout de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux composants
 - ➔ Influence les métriques de modifiabilité
 - ➔ Ne permet pas d'isoler l'impact des patrons JEE introduits dans chaque version

Conclusion

Limites de l'étude

Retombée

Travaux futures

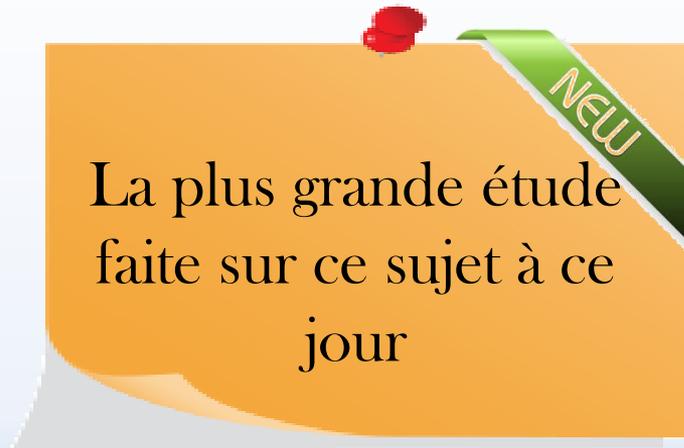
- Majorité des patrons JEE sont implémentés par une seule classe
 - ➔ Facilite leur utilisation et leur compréhension.
- Certains patrons assurent une séparation des différentes logiques (présentation, métier et persistance).
- Chaque patron JEE appartient à une couche spécifique de l'application.
 - ➔ Facilite la délimitation des couches de l'architecture du système, leur compréhension et l'analyse de son architecture.

L'utilisation des patrons JEE facilite
la compréhension et la maintenabilité
des **architectures en couches**

➔ La modifiabilité

- Plusieurs facteurs ont un impact sur la validité des résultats de cette étude:
 - 1) 17 applications (à cause de la non-disponibilité du code source)
 - ➔ L'échantillon des applications JEE analysées peut ne pas être représentatif des applications JEE en général.
 - 2) 9 patrons JEE qui supportent la modifiabilité
 - ➔ Ce choix se justifie par le fait que notre étude se concentre sur la modifiabilité des applications, mais il serait intéressant d'étudier d'autres patrons JEE.
 - 3) L'analyse manuelle du code source a été faite pour valider les occurrences détectées des patrons JEE.
 - ➔ Interpréter l'intention des développeurs dans certains cas pour décider si le patron est appliqué ou non.

- Plusieurs facteurs ont un impact sur la validité des résultats de notre étude:
 - 4) un outil est utilisé pour calculer les valeurs de chaque métrique.
 - ➔ Les outils peuvent avoir différentes implémentations et interprétations de chaque métrique qui va influencer les résultats de notre étude.



➤ À court & moyen terme:

- Augmenter le nombre d'applications JEE à analyser,
- Augmenter le nombre de patrons à étudier,
- Évaluer l'impact des patrons JEE sur d'autres attributs de qualité autre que la modifiabilité,
- Intégrer la détection d'autres types de composants (e.g.: les pages JSP),
- Étudier l'impact des patrons JEE sur la qualité des systèmes au niveau local, et
- Mener une étude avec un groupe d'étudiants qui développent des applications JEE pour évaluer leur qualité avant et après l'utilisation des patrons JEE.

➤ À long terme:

- Étendre l'outil *Ptidej* afin de détecter les patrons JEE ou développer notre propre outil dédié à la détection des patrons JEE,
- Utiliser les patrons JEE pour proposer une nouvelle approche pour la restructuration des architectures en couches.



Merci de votre attention

Questions ?



LASI

Laboratoire en architecture
de systèmes informatiques

ÉTS

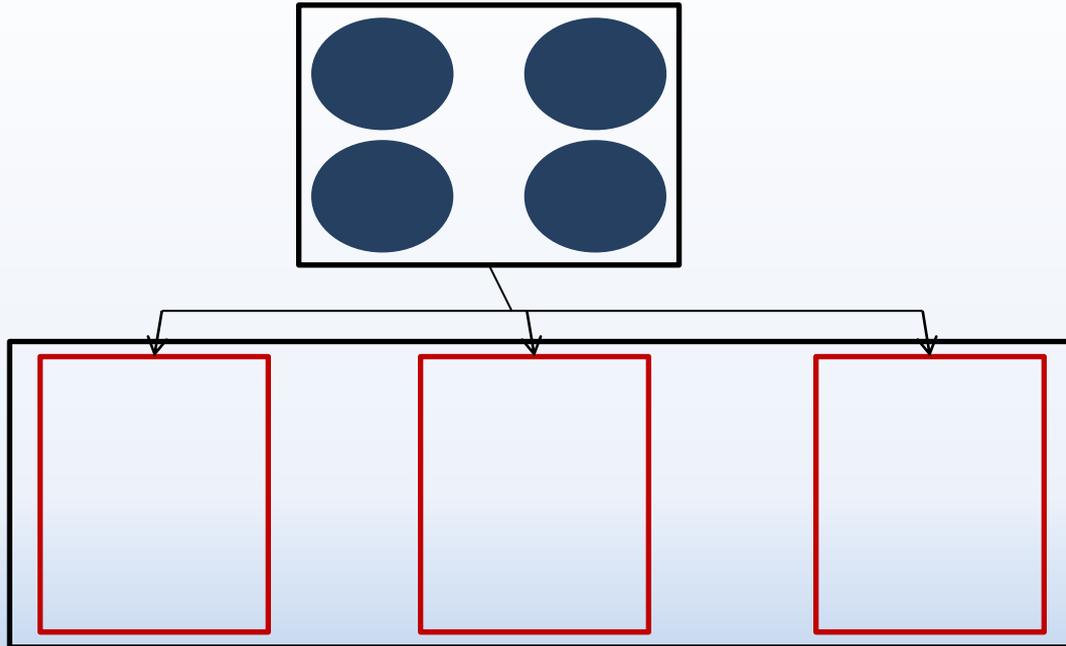
Le génie pour l'industrie

- Tactiques de modifiabilité
- Relations entre les catégories des métriques et les tactiques de modifiabilité
- Normalisation des métriques
- Différentes combinaisons possibles pour détecter des patrons JEE en cherchant des occurrences de Façade avec l'outil *Ptidej*
- Distribution des patrons JEE par domaine
- Choix du coefficient de corrélation
- Spearman & Valeur-P
- Interprétations des différentes versions de 'Joindesk'
- Interprétations des différentes versions de 'mvnForum'
- Interprétations des différentes versions de 'Java Pet Store'

Tactiques de modifiabilité

1. la réduction de la taille d'un module:

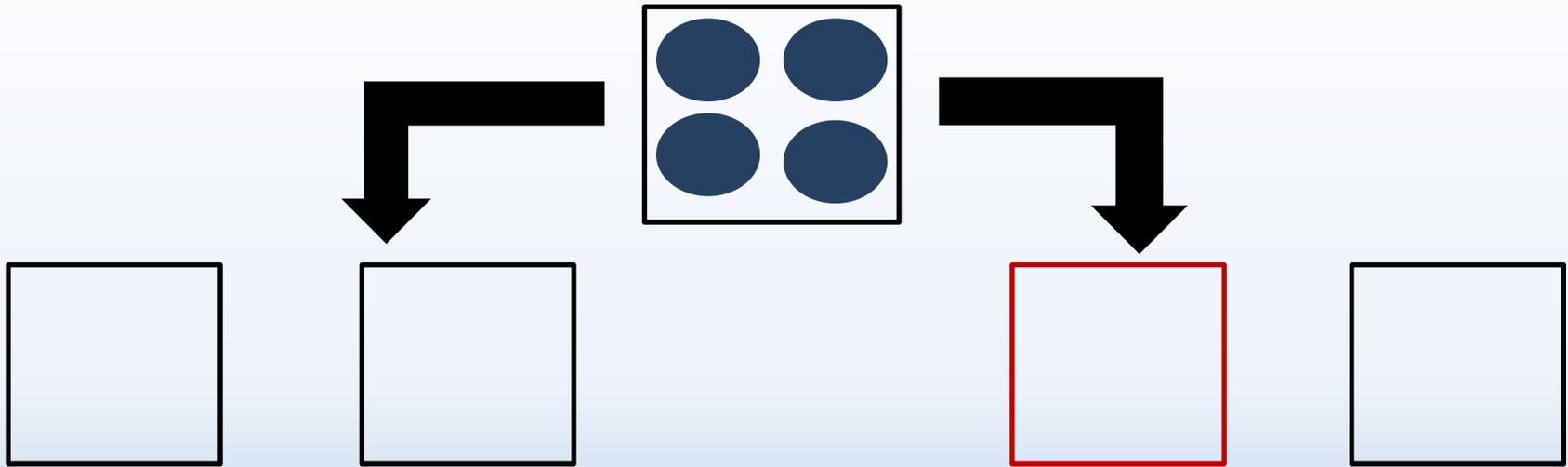
- *Diviser le module (Split Module):* en plusieurs modules de taille inférieure afin de réduire le cout des changements



Tactiques de modifiabilité

2. l'augmentation de la cohésion:

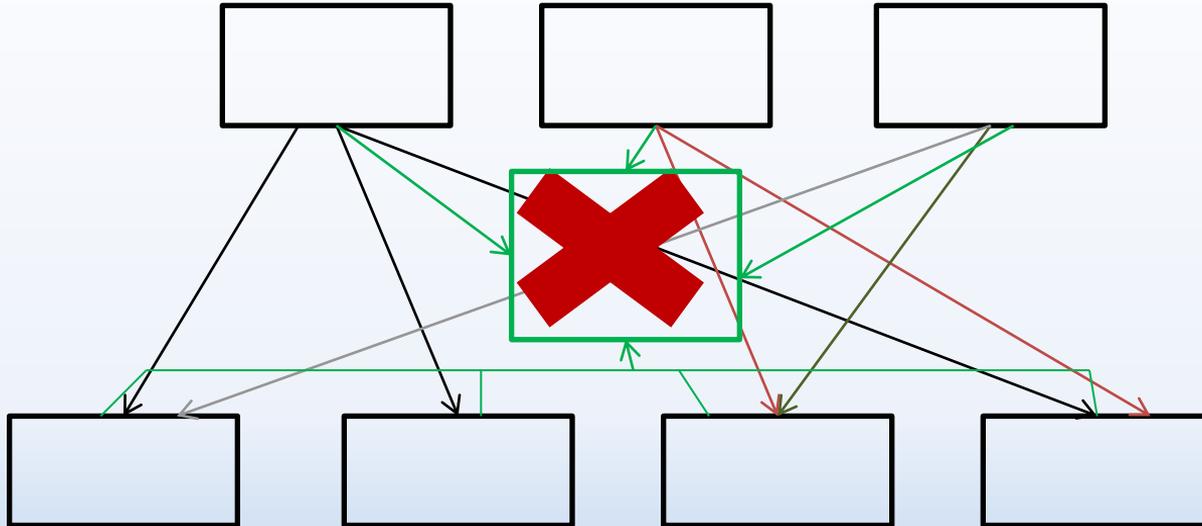
- *Augmenter la cohésion sémantique (Increase semantic coherence):* En déplaçant les responsabilités qui ne fournissent pas les mêmes services d'un module à un autre afin de minimiser l'impact des changements



Tactiques de modifiabilité

3. la réduction du couplage:

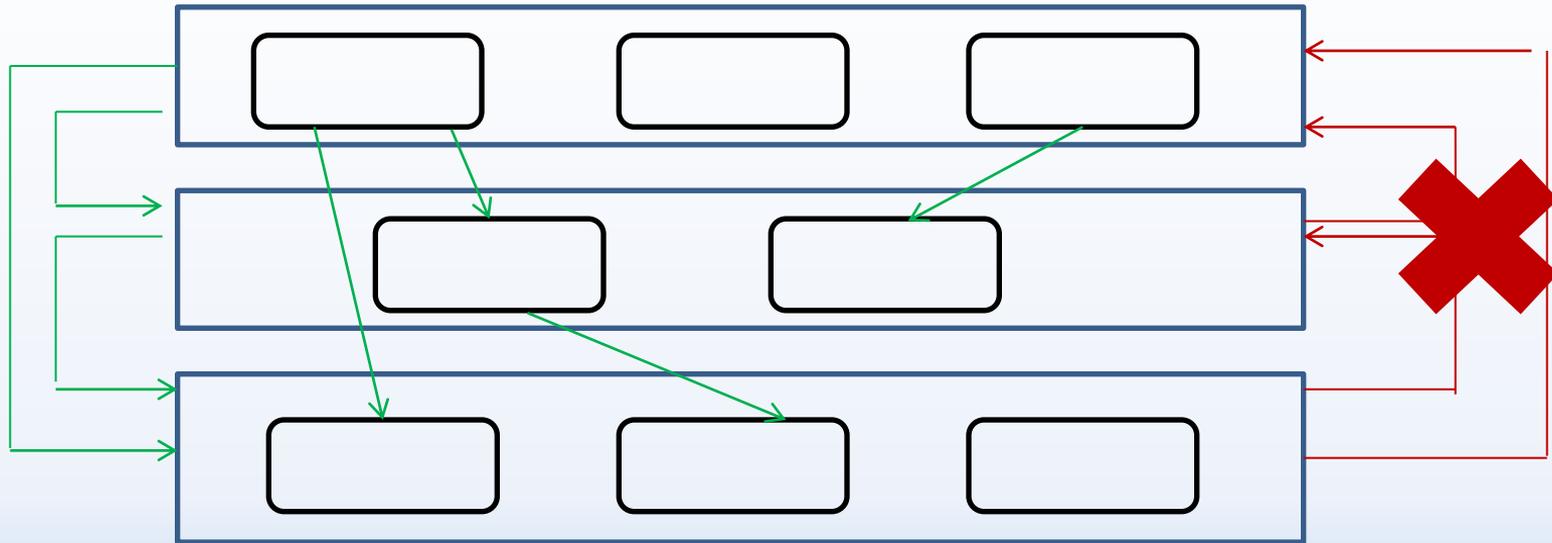
- *Encapsuler (Encapsulate)*: en introduisant une interface qui encapsule les responsabilités afin de limiter l'interaction directe avec le module et réduire la propagation des changements



Tactiques de modifiabilité

3. la réduction du couplage:

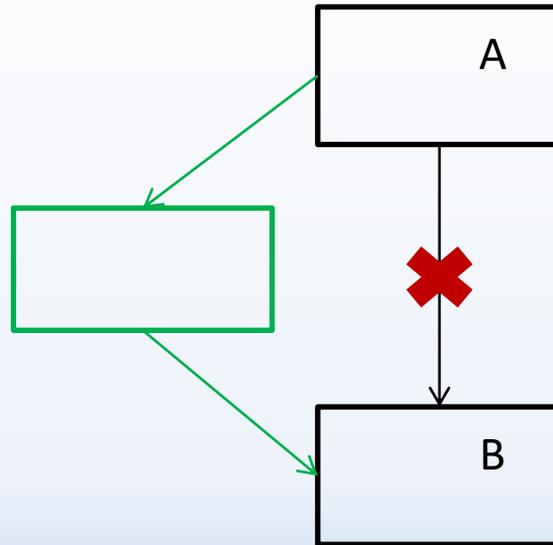
- *Limiter les dépendances (Restrict dependencies)* : en limitant l'accès aux modules autorisés uniquement



Tactiques de modifiabilité

3. la réduction du couplage:

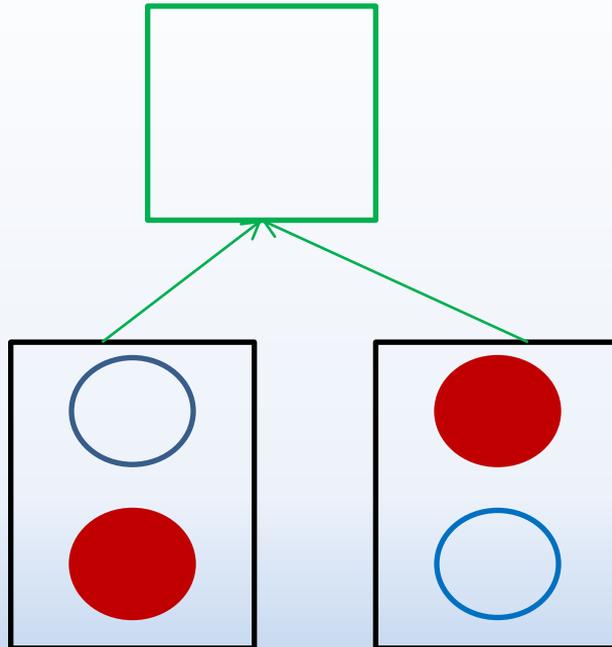
- *Utiliser un intermédiaire (Use an intermediary):* en éliminant la dépendance entre deux modules en introduisant un intermédiaire



Tactiques de modifiabilité

3. la réduction du couplage:

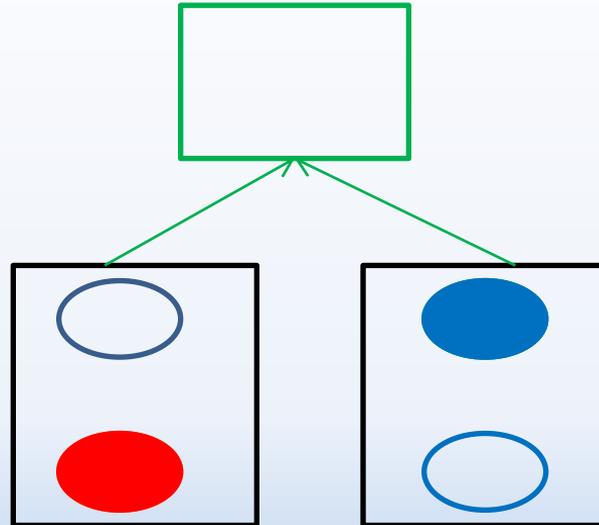
- *Restructurer (Refactor)* : en Refactorisant le code source (dans le cas où le code source est dupliqué ou complexe)



Tactiques de modifiabilité

3. la réduction du couplage:

- *Abstraire les services communs (Abstract common services):* regrouper les services similaires pour minimiser le cout de modification (changer un seul endroit au lieu de plusieurs)



Tactiques de modifiabilité

4. « Defer Binding »:

- ❑ Concevoir des modules paramétrables dont les valeurs des paramètres peuvent être fournies le plus tard possibles
- ❑ Maximiser les changements effectués par l'ordinateur que ceux réalisés par les développeurs
 - ➔ Minimiser l'intervention du développeur pour effectuer les modifications.

Relations entre les catégories des métriques et les tactiques de modifiabilité

		Catégories des métriques				
		Taille	Couplage	Cohésion	Héritage	Complexité
Réduire le couplage	<u>Réduire la taille d'un module</u> Diviser le module (« <i>Split Module</i> »)	×				×
	<u>Augmenter la cohésion:</u> Augmenter la cohésion sémantique (« <i>Increase semantic coherence</i> »)	×		×		×
	Encapsuler (« <i>Encapsulate</i> »)		×			
	Limiter les dépendances (« <i>Restrict dependencies</i> »)		×			
	Utiliser un intermédiaire (« <i>Use an intermediary</i> »)		×			
	Restructurer (« <i>Refactor</i> »)		×		×	×
	Abstraire les services communs (« <i>Abstract common services</i> »)		×		×	
	« <i>Defer Binding</i> »		×		×	

Normalisation des métriques

Catégorie	Métrique	Calculée au niveau
Taille	NOM	Système
	LOC	Système
	NA	Système
	NOC	Système
	NOP	Système
Complexité	WMC	Système
	CYCLO	Système
Couplage	RFC	Classe
	CBO	Classe
	ACAIC	Classe
	ACMIC	Classe
	CA	Package
	CE	Système
Cohésion	LCOM1	Classe
	LCOM2	Classe
Héritage	ADIH	Système

Garder les valeurs des métriques calculées au niveau système: NOM, NOC, NOP, NA, LOC, WMC, CYCLO, CE et ADIH

Agréger les métriques calculées au niveau classe et package en calculant la moyenne: CBO, RFC, ACAIC, ACMIC, CA, LCOM1 et LCOM2

Différentes combinaisons possibles pour détecter des patrons JEE en cherchant des occurrences de Façade avec l'outil Ptidej

Patron JEE	Combinaisons du patron Façade
Front Controller	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Façade</u> : <i>Session Façade</i> <i>DAO</i> • <u>Facadedcode</u> : ----
Business Delegate	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : <i>Business Delegate</i> • <u>Façade</u> : <i>Application Service</i> <i>Session Façade</i> • <u>Facadedcode</u> : ----
Session Façade	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : ---- • <u>Façade</u> : <i>Session Façade</i> • <u>Facadedcode</u> : <i>Business Object</i> <i>Composite Entity</i> <i>DAO</i> <i>Application Service</i>
Data Access Object	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : <i>Session Façade</i> <i>Application Service</i> <i>Front Controller</i> • <u>Façade</u> : <i>Data Access Object</i> • <u>Facadedcode</u> : ----

<i>Application Service</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : ---- • <u>Façade</u> : <i>Session Façade</i> • <u>Facadedcode</u> : <i>Application Service</i>
<i>Business Object</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : ---- • <u>Façade</u> : <i>Session Façade</i> <i>Application Service</i> • <u>Facadedcode</u> : <i>Business Object</i>
<i>Composite Entity</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Client</u> : ---- • <u>Façade</u> : <i>Session Façade</i> <i>Application Service</i> • <u>Facadedcode</u> : <i>Composite Entity</i>

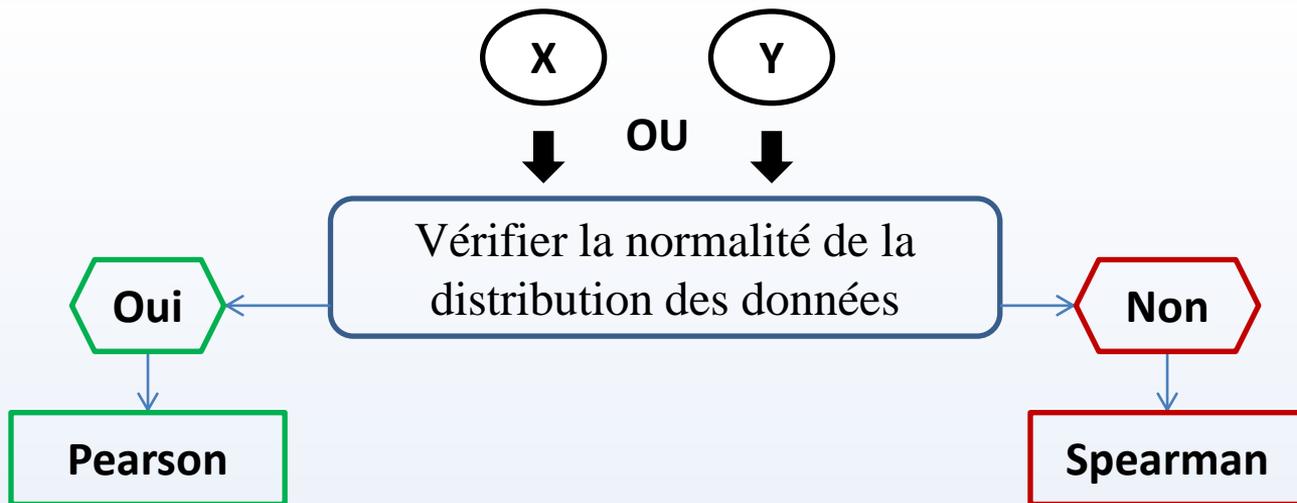
Distribution des patrons par domaine (1/2)

- Distribution des patrons n'est pas la même dans tous les domaines des applications
 - ➔ Certains aspects sont plus significatifs dans un domaine que dans un autre
- « *Front Controller* » est plus utilisé dans les *Frameworks* et les **applications web**
 - ➔ Ce patron est implémenté comme un *servlet*
 - ✓ Ce type de composant est utilisé dans les **applications web** comme l'élément qui manipule les requêtes client
 - ✓ Les *Frameworks*, (dans lesquels ce patron est appliqué) sont utilisés dans des applications web.

Distribution des patrons par domaine (2/2)

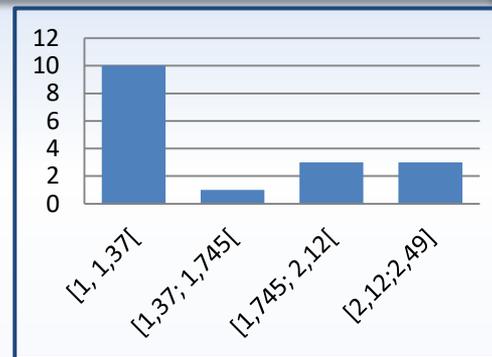
- « *Intercepting Filter* » est très utilisé dans les applications de domaine **Communication** et **Business**.
 - ➔ Ce patron introduit plus de contrôle de sécurité des requêtes clients
- « *Application Controller* » est utilisé dans le domaine **Communication**.
 - ➔ Les applications du domaine communication offrent des interfaces composées de plusieurs vues
- Autres patrons: il n'y a pas de distribution significative par domaine.

Choix de coefficient de corrélation



Choix de coefficient de corrélation

- Vérifier la normalité:
 - Utiliser la méthode graphique au moyen de l'histogramme de fréquence [8]
 - couper automatiquement l'intervalle de définition de la variable en k intervalles de largeur égaux ($k = \log(n)$ et n : nombre d'échantillons) et
 - produire une série de barres dont la hauteur est proportionnelle à l'effectif associé à l'intervalle.
- Outil: le complément *Analysis ToolPak* du logiciel *Excel*
- ➔ Aucune des 16 métriques n'a une distribution normale



➔ Le coefficient de corrélation de Spearman

⁸ Rakotomalala, Ricco. 2008. *Tests de normalité*. Coll. « Université Lumière Lyon 2 ».

< http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Test_Normalite.pdf >.

Le coefficient de corrélation de Spearman [9]

r_s ou ρ_{110}

& Valeur-P

Basé sur le rang des variables et non pas sur les valeurs réelles de ces variables

- $-1 < r_s < 1$.
- Formule du calcul de ce coefficient: $r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i}{n^3 - n}$
 - n: la taille de l'échantillon
 - d: la différence entre les rangs des deux valeurs
- Outil : **STHDA** “*Statistical tools for high-throughput data analysis*”
- Pour évaluer le degré de signification des valeurs de coefficient de corrélation :
Valeur-P
 - Si la valeur-p < seuil= 0.05, il existe une relation entre les deux variables
 - Si la valeur-p > 0.05, on ne peut rien conclure.

Valeur-P

- Les conclusions dépendent de deux hypothèses qui sont :
 - H_0 (l'hypothèse nulle) : l'inexistence de relation entre les deux variables
 - H_1 (l'hypothèse alternative) : l'existence d'une relation entre les deux variables.
- En référant à un seuil bien défini (seuil = 5 % = 0.05):
 - Si la valeur-p < seuil, on rejette l'hypothèse nulle en faveur de l'hypothèse alternative.
 - Si la valeur-p > seuil, on ne rejette pas l'hypothèse nulle et on ne peut rien conclure.

Valeur-P

- Valeur-p < 0.05 :
 - plus la valeur de r_s est proche de -1.
 - ➔ la corrélation est négative (c.-à-d. lorsque x (1re entrée) augmente, y (2e entrée) diminue).
 - plus la valeur de r_s est proche de 1,
 - ➔ la corrélation est positive (c.-à-d. lorsque x augmente, y augmente aussi).
 - la valeur de r_s est proche de 0,
 - ➔ aucune corrélation n'existe entre les deux variables x et y.

Interprétations des résultats pour différentes versions

Joindesk (Version minimale)	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADII
Joindesk 0.9	71	14	9	42	982	107	44	1,3338	8,4	0	0	1,667	14	13,1667	3,5833	1,57
Joindesk 1.0	290	36	16	165	2651	616	424	2,666	12,388	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.1	290	36	16	166	2679	624	432	2,666	12,39	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.2	293	37	16	167	2721	631	439	2,621	12,19	0,013	0,4	1,33	47	44,56	15,225	2,36

Joindesk (Version minimale)	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
Joindesk 0.9	0	0	0	0	0	0	4	2	0
Joindesk 1.0	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.1	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.2	0	1	0	0	0	0	5	3	0

- Les changements majeurs ont été faits en passant de la v 0.9 à la v 1.0 (Métriques et N° d'occurrences des patrons (3 nouvelles occurrences de patrons (« DAO », « Application Service » et « Business Object »))
- Le passage de la v 1.1 à la v 1.2 : CBO et RFC
 - Calcul de la moyenne
 - En termes de somme CBO et RFC

Interprétations des résultats pour différentes versions Joindesk (2/3)

Joindesk (Version minimale)	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Joindesk 0.9	71	14	9	42	582	107	44	1,3333	8,4	0	0	1,667	14	13,1667	3,5833	1,57
Joindesk 1.0	290	36	16	165	2651	616	424	2,666	12,388	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.1	290	36	16	166	2679	624	432	2,666	12,39	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.2	293	37	16	167	2721	631	439	2,621	12,19	0,013	0,4	1,33	47	44,56	15,225	2,36

Joindesk (Version minimale)	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
Joindesk 0.9	0	0	0	0	0	0	4	2	0
Joindesk 1.0	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.1	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.2	0	1	0	0	0	0	5	3	0

- CA (les points d'entrées de chaque package) ↘ en passant de la v 0.9 à la v 1.0
 - Nouvelle occurrence du patron « *DAO* » ➡➡ N° de points d'entrées pour accéder aux données,
 - En termes de moyenne, l'ajout du nouveau package database (qui contient l'occurrence du patron « *DAO* »), va diminuer la valeur de CA.

Interprétations des résultats pour différentes versions de Joindesk (1.0/1.1/1.2)

Joindesk (Version minimale)	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Joindesk 0.9	71	14	9	42	982	107	44	1,3333	8,4	0	0	1,667	14	13,1667	3,5833	1,57
Joindesk 1.0	290	36	16	165	2651	616	424	2,666	12,388	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.1	290	36	16	166	2679	624	432	2,666	12,39	0,0133	0,413	1,273	46	46,2667	14,493	2,38
Joindesk 1.2	293	37	16	167	2721	631	439	2,621	12,19	0,013	0,4	1,33	47	44,56	15,225	2,36

Joindesk (Version minimale)	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
Joindesk 0.9	0	0	0	0	0	0	4	2	0
Joindesk 1.0	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.1	0	1	0	0	0	0	5	3	0
Joindesk 1.2	0	1	0	0	0	0	5	3	0

- CE (les points de sortie de chaque package) ↗ en passant de la v 0.9 à la v 1.0
 - Nouvelles Occurrences des patrons « *Application Service* », « *Business Object* » et « *DAO* » dans différents package → ↗ N° le nombre de dépendances entre les packages → CE ↗

Interprétations des résultats pour différentes versions de mvnForum (1/4)

mvnForum	taille				Complexité		Couplage				Cohesion		Heritage			
	NOI	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	AFC	CIC	ASM	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.0	219	219	9	128	4441	75	50	3,9	15,99	0,013	0,073	10,69	194	268,21	124,524	1,93
1.1	3773	266	26	1872	48076	9289	4503	5,47	16,44	0,0196	0,0868	11,3	219	599,95	290,35	1,94
1.2	3791	273	26	1883	48283	9286	4544	5,619	15,96	0,0193	0,0856	11,35	222	612,35	296,63	1,92
1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,69	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,375	1,92

mvnForum	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.0	2	23	0	2	2	0	23	7	0
1.1	2	20	0	2	2	0	24	13	2
1.2	2	20	0	2	2	0	24	15	2
1.2.2	2	20	0	2	2	0	24	18	2

- Le passage de la v 1.0 à la v 1.1:
 - L'ajout de 9 nouvelles occurrences de patrons (2 occurrences du patron « *Façade* », 6 occurrences du patron « *Application Service* » et une occurrence du patron « *Business Object* »)
 - L'élimination de 3 occurrences du patron « *DAO* »
 - les changements majeurs au niveau du code source
- Le passage de la v 1.1 à la v 1.2 (respectivement de la v 1.2 à la v 1.2.2):
 - L'ajout de 2 (3) nouvelles occurrences du patron « *Application Service* »

Interprétations des résultats pour différentes versions de mvnForum (2/4)

mvnForum	taille					Complexité		Couplage					Cohesion		Heritage	
	NOI	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	AFC	CA	ASM	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.0	231	219	9	28	4411	75	50	3,9	15,89	0,009	0,073	10,69	194	268,21	124,524	1,93
1.1	3773	266	26	1872	48076	9289	4503	5,47	16,44	0,0196	0,0868	11,3	219	599,95	290,35	1,94
1.2	3791	273	26	1883	48283	9286	4544	5,619	15,96	0,0193	0,0856	11,35	222	612,35	296,63	1,92
1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,69	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,375	1,92

mvnForum	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.0	2	23	0	2	2	0	23	7	0
1.1	2	20	0	2	2	0	24	13	2
1.2	2	20	0	2	2	0	24	15	2
1.2.2	2	20	0	2	2	0	24	18	2

- Le passage de la v 1.0 à la v 1.1: RFC ↗
 - L'ajout de nouvelles occurrences des patrons « *Application Service* » et « *Façades* » → introduire une indirection → ↗ le n° de méthodes invoquées lors du traitement d'une requête client.
- Le passage de la v 1.1 à la v 1.2 (respectivement de la v 1.2 à la v 1.2.2): RFC ↘
 - Somme total de RFC ↗, mais en termes de moyenne RFC ↘

Interprétations des résultats pour différentes versions de mvnForum (3/4)

mvnForum	taille				Complexité		Couplage				Cohesion		Heritage			
	NOI	NOC	NOP	LOC	WMC	CYCLO	CBO	AFC	CA	ASM	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH	
1.0	219	219	9	1284	441	75	31	15,99	0,0193	0,0773	10,69	194	268,21	124,524	1,93	
1.1	3773	266	26	1872	48076	9289	4503	5,47	16,44	0,0196	0,0868	11,3	219	599,95	290,35	1,94
1.2	3791	273	26	1883	48283	9286	4544	5,619	15,96	0,0193	0,0856	11,35	222	612,35	296,63	1,92
1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,69	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,375	1,92

mvnForum	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.0	2	23	0	2	2	0	23	7	0
1.1	2	20	0	2	2	0	24	13	2
1.2	2	20	0	2	2	0	24	15	2
1.2.2	2	20	0	2	2	0	24	18	2

- Le passage de la v 1.0 à la v 1.1: **CBO** ↘
 - L'ajout de nouvelles occurrences des patrons « *POJO Façade* » → ↘ le nombre total de classes couplées + ↘ de la valeur de CBO de 31 classes (parmi eux des occurrences des patrons « *Application Service* » et « *Business Object* »).
- Le passage de la v 1.1 à la v 1.2 : **CBO** ↗
 - L'ajout de nouvelles occurrences du patron « *Application Service* » → ↗ n° de classes couplés (parmi eux des occurrences du patron « *Business Object* »)

Interprétations des résultats pour différentes versions de mvnForum (4/4)

mvnForum	taille					Complexité		Couplage					Cohesion		héritage	
	NOI	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	AFC	CA	ASM	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.0	219	219	9	128	4441	75	50	42	15,89	0,0103	0,0773	10,69	194	268,21	124,524	1,93
1.1	3773	266	26	1872	48076	9289	4503	5,47	16,44	0,0196	0,0868	11,3	219	599,95	290,35	1,94
1.2	3791	273	26	1883	48283	9286	4544	5,619	15,96	0,0193	0,0856	11,35	222	612,35	296,63	1,92
1.2.2	3786	273	26	1884	48411	9291	4554	5,454	15,69	0,0193	0,0856	13,79	222	615,83	298,375	1,92

mvnForum	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.0	2	23	0	2	2	0	23	7	0
1.1	2	20	0	2	2	0	24	13	2
1.2	2	20	0	2	2	0	24	15	2
1.2.2	2	20	0	2	2	0	24	18	2

- Le passage de la v 1.2 à la v 1.2.2 : CBO ↘
 - ↘ de la valeur de CBO de 42 classes

Interprétations des résultats pour différentes versions

Java Pet Store	Taille					Complexité		Couplage					Cohésion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.1.2	864	233	136	410	12219	2246	986	3,451	7,24	0	0,0092	5,24	178	18,581	6,1106	2,38
1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,4	0,015	0,0532	3,32	219	28,064	8,8936	1

Java Pet Store	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.1.2	1	8	2	0	0	0	9	2	3
1.3.1	1	5	2	2	0	2	11	3	8

- Le passage de la v 1.1.2 à la v 1.3.1 : beaucoup de changements
 - L'ajout de nouvelles fonctionnalités
 - Le changement du nom, le déplacement ou la suppression de classes
 - L'ajout de nouveaux packages
 - L'ajout de 12 occurrences de patrons JEE
 - L'élimination de 3 occurrences du patron « *DAO* »

Interprétations des résultats pour différentes versions de Java Pet Store! (2/3)

Java Pet Store	Taille				Complexité		Couplage				Cohésion		Héritage			
	DOM	NOC	NOB	NA	NOC	VMC	CLC	FTC	CA	AMC	CA	CLC	LCOM1	LCOM2	ADIH	
1.1.2	166	233	136	410	12219	2246	86	3,51	7,24	0	0,1032	2,25	17	18,581	6,1106	2,38
1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,4	0,015	0,0532	3,32	219	28,064	8,8936	1

Java Pet Store	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.1.2	1	8	2	0	0	0	9	2	3
1.3.1	1	5	2	2	0	2	11	3	8

- Le passage de la v 1.1.2 à la v 1.3.1 : **RFC**
 - L'ajout de nouvelles occurrences des patrons « *Application Service* », « *Composite Entity* » et « *Session Façade* » → introduire une indirection → n° de méthodes invoquées lors du traitement
- Le passage de la v 1.1.2 à la v 1.3.1 : **CBO** légèrement (même si NOC est doublé)
 - les classes ajoutées décrivent de nouvelles fonctionnalités et elles n'ont pas augmenté le CBO des classes existantes.

Interprétations des résultats pour différentes versions de Java Pet Store! (2/3)

Java Pet Store	Taille				Complexité		Couplage				Cohésion		Héritage			
	DOM	NOC	NOB	NA	LOC	VMC	CLC	CC	FT	CA	AM	CA	CC	LCOM1	LCOM2	ADIH
1.1.2	164	233	136	410	12219	2246	86	3,531	7,24	0	0,1032	1,25	17	18,581	6,1106	2,38
1.3.1	1696	309	310	1103	17299	3538	1798	3,577	12,4	0,015	0,0532	3,32	219	28,064	8,8936	1

Java Pet Store	Front Controller	Data Access Object (DAO)	Business Delegate	Intercepting Filter	Application Controller	Composite Entity	Business Object	Application Service	Façade (Session & POJO)
1.1.2	1	8	2	0	0	0	9	2	3
1.3.1	1	5	2	2	0	2	11	3	8

- Le passage de la v 1.1.2 à la v 1.3.1 : CA
 - L'élimination de 3 occurrences du patron « *DAO* » → N° de points d'entrés pour accéder aux données
 - alors que l'ajout de 5 occurrences du patron « *Session Façade* » → N° de points d'entrés à la couche métier.
 - En termes de moyenne, l'ajout de plusieurs packages à la version 1.3.1 ainsi que le déplacement de plusieurs classes ↓ la valeur de CA.

	Taille					Complexité		Couplage						Cohésion		Héritage
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	-0.4206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
	0.09276	0.1935	0.2901	0.155	0.1992	0.1429	0.1779	0.2641	0.3614	0.648	0.0544	0.946	0.3008	0.3203	0.2384	0.8022
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
	0.7583	0.4049	0.1798	0.3625	0.5172	0.502	0.4686	0.0121	0.4189	0.3597	0.526	0.6377	0.4723	0.7941	0.7852	0.2524
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
	0.298	0.3725	0.9245	0.8057	0.3077	0.3998	0.4392	0.8648	0.7837	0.3465	0.7896	0.0705	0.3221	0.1686	0.2066	0.4722
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
	0.2263	0.1373	0.1685	0.4094	0.3527	0.3595	0.3664	0.5355	0.8017	0.2479	0.6666	0.8507	0.2319	0.5877	0.579	0.5958
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
	0.005372	0.0906	0.2113	0.03628	0.04202	0.03738	0.05704	0.6309	0.1129	0.7251	0.02755	0.2597	0.1519	0.2468	0.2222	0.3721
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
	0.2111	0.7485	0.8454	0.2266	0.1491	0.2649	0.2824	0.6215	0.02742	0.9731	0.5082	0.5965	0.6688	0.2064	0.1612	0.8499
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
	0.6459	0.245	0.1035	0.2634	0.3498	0.3135	0.2822	0.0482	0.5761	0.377	0.7259	0.5172	0.3019	0.5327	0.5483	0.3755
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2278	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
	0.779	0.2641	0.08106	0.2511	0.4668	0.4907	0.4152	0.1933	0.3417	0.5703	0.9925	0.3774	0.2721	0.05162	0.04904	0.2377
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
	0.1644	0.4918	0.8698	0.5152	0.1876	0.2721	0.2852	0.9083	0.9435	0.8605	0.1647	0.1529	0.4321	0.1876	0.15	0.1465
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
	0.06008	0.161	0.432	0.05848	0.07807	0.07807	0.1247	0.9593	0.3458	0.7463	0.1344	0.4738	0.134	0.5019	0.3944	0.8475
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581
	0.1126	0.06321	0.05411	0.02113	0.07574	0.04842	0.06849	0.2664	0.1032	0.335	0.527	0.5793	0.08557	0.8465	0.7639	0.8247

Interprétations des résultats de corrélations

(6/8)

	Taille					Complexité		Couplage					Coesion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Controller	0.2206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

➔ Aucune corrélation n'est trouvée entre ces patrons et les métriques.

- « *Front Controller* » : peut être utilisé comme étant une page JSP/ n'avons aucun contrôle sur les pages JSP
- « *Business Delegate* » : rarement utilisé dans les applications étudiées
- « *Application Service* » : malgré qu'il est très appliqué, aucune corrélation n'a été identifiée

Interprétations des résultats de corrélations

(7/8)

	Taille				Complexité		Couplage						Coesion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Contrôlé	0.2206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

- « *DAO* » :
 - Valeur-P qui correspond à CA, est proche de 0.05
 - DAO encapsule les fonctionnalités relatives à l'accès aux données → utiliser par les patrons de la couche métier pour accéder à la base de données → CA

Interprétations des résultats de corrélations

(7/7)

	Taille					Complexité		Couplage					Coesion		Héritage	
	NOM	NOC	NOP	NA	LOC	WMC	CYCLO	CBO	RFC	ACAIC	ACMIC	CA	CE	LCOM1	LCOM2	ADIH
Front Contrôlle	-0.1206	-0.3316	-0.2724	-0.3606	-0.3276	-0.3708	-0.3429	-0.287	-0.2362	-0.1194	-0.4743	-0.0178	-0.2667	-0.2565	-0.3022	-0.0657
Session Façade	0.0806	0.2161	0.3415	0.2357	0.1688	0.1749	0.1886	0.593	0.2098	0.237	-0.1653	0.1232	0.187	-0.0684	-0.0715	-0.2938
DAO	0.2682	0.2309	-0.0249	0.0645	0.263	0.2184	0.201	0.0447	0.072	0.2434	0.07	0.4492	0.2556	0.3499	0.3226	0.1871
Business Delegate	0.3097	0.3757	0.3499	0.2141	0.2404	0.2371	0.2338	0.1616	0.0659	0.2965	0.1127	0.0494	0.3063	-0.1416	-0.1449	-0.1386
Intercepting Filter	0.6429	0.4231	0.3195	0.5105	0.4978	0.5079	0.4698	-0.1256	0.3987	-0.0921	0.5331	0.2895	0.3632	0.2971	0.3124	-0.2311
Application Controller	0.3196	0.084	-0.0512	0.3096	0.3655	0.2865	0.2766	0.1291	0.5335	0.0088	0.1724	0.1383	0.112	0.3227	0.3557	-0.0497
Composite Entity	0.1202	0.2982	0.4085	0.2874	0.2418	0.26	0.2768	0.458	0.146	0.2288	-0.0919	0.1688	0.2661	-0.1627	-0.1566	-0.2295
Business Object	-0.0736	-0.2869	-0.4349	-0.2941	-0.1887	-0.1789	-0.2108	-0.3317	0.2451	0.1482	-0.0025	-0.2279	-0.2819	0.4828	0.4877	0.3027
Application Service	0.3532	0.179	-0.043	0.1691	0.3358	0.2819	0.2745	0.0302	-0.0196	0.0461	0.3529	0.3627	0.2034	0.3358	0.3652	0.3677
POJO Façade	0.4649	0.3558	0.2041	0.4675	0.4388	0.4388	0.3872	-0.0134	0.2438	-0.0848	0.3783	0.1864	0.3786	0.1749	0.2208	0.0505
Façade (Session & POJO)	0.399	0.46	0.4748	0.5536	0.4419	0.4851	0.4521	0.2857	0.4089	0.2491	0.1649	0.1448	0.4292	0.0508	0.0787	0.0581

- Certaines corrélations significatives attendues et reflétant les rôles des patrons ne sont pas trouvées :
 - Nombre limité d'applications étudiées,
 - Nombre de faux occurrences trouvées, et
 - Nombre d'occurrences positives non trouvées-