

# Faciliter l’adoption des approches de personnalisation de masse

Jessie Carbonnel

LIRMM, CNRS et Université de Montpellier [jcarbonnel@lirmm.fr](mailto:jcarbonnel@lirmm.fr)

## Résumé

La transition vers une approche *ligne de produits* depuis des produits développés individuellement sans effort de réutilisation est une tâche fastidieuse. Elle concerne pourtant une part conséquente des entreprises souhaitant adopter une telle approche. Alors que de nombreuses approches se concentrent sur l’élaboration et l’analyse de modèles, nous pensons que la prise en compte des produits existants après l’élaboration et pendant l’analyse des modèles peut faciliter la migration et garantir sa cohérence. Nous proposons une approche basée sur une représentation de la variabilité intermédiaire et canonique, l’*equivalence class feature diagram*, permettant de faire des opérations sur la variabilité de produits existants.

## 1 Introduction

L’ingénierie des lignes de produits logiciels (LDPs) [11] regroupe des méthodes permettant de développer un ensemble de produits logiciels similaires, ou famille de produits. Elles sont basées sur la mise en place d’une architecture générique structurant une collection d’artéfacts réutilisables communs, depuis laquelle différentes variantes logicielles peuvent être dérivées. Le processus traditionnel d’adoption d’une telle approche de ”personnalisation de masse” consiste à modéliser le domaine de la famille de produits en définissant et en organisant des caractéristiques jugées pertinentes, puis à implémenter l’architecture générique et les artéfacts correspondants, et ce avant de produire la première variante logicielle. Une étude récente révèle cependant que les entreprises qui optent pour ce genre d’approches ont des stratégies d’adoption qui diffèrent de ce processus [4] ; leurs efforts se concentrent d’abord sur le développement individuel de produits logiciels. La transition vers une approche *ligne de produits* s’opère lorsqu’il devient difficile de maintenir et de gérer ces logiciels existants, et une fois les concepteurs familiarisés avec la variabilité et les artéfacts réutilisables de la famille de produits développée. Mais migrer d’une famille de produits logiciels développés sans effort de réutilisation vers la personnalisation de masse n’est pas une tâche triviale, et implique entre autre d’en modéliser la variabilité.

Les travaux de la littérature sur ce type de migration se concentrent principalement sur l’extraction de modèles de variabilité depuis des produits existants. D’autres travaux proposent des opérations d’analyse de la variabilité basées sur ces modèles. Cependant, après l’extraction, les produits précédemment développés ne sont que très rarement pris en compte dans ces approches. L’abstraction et l’extraction de dépendances caractérisant les produits existants afin d’aider à la réutilisation et la personnalisation de masse restent le point central de nos travaux. Cependant, évaluer et gérer l’impact de l’évolution des produits existants sur ces modèles, et inversement, nous semble fondamental pour aider à garder une cohérence globale durant la migration. Fournir aux concepteurs des outils et des méthodes pour analyser et gérer la variabilité dans ces cas-là fait partie de nos objectifs. Les Sections 2 et 3 présentent les outils que nous avons mis en place pour travailler sur la variabilité de produits existants. La Section 4 détaille nos futurs travaux et la Section 5 conclut ce document.

## 2 Extraction de modèles de variabilité

Nous avons travaillé à l'élaboration d'une représentation graphique et canonique des contraintes logiques pouvant être extraites d'un ensemble de descriptions de produits, les produits étant ici décrits par l'ensemble des caractéristiques qui les composent. L'extraction est réalisée grâce à l'Analyse Formelle de Concepts (AFC) [10], un cadre mathématique permettant de grouper et d'organiser des éléments. L'application de l'AFC nous permet d'organiser un ensemble de produits existant en fonction des caractéristiques qu'ils partagent ou qui leurs sont spécifiques, et ce dans des structures conceptuelles canoniques (i.e., uniques pour un ensemble de produits donné). Ces structures permettent alors d'extraire des informations sur la variabilité de ces produits, telles que les contraintes logiques correspondant aux relations exprimées dans un *feature model* (FM) simple. Les FMs sont le standard *de facto* pour représenter la variabilité d'une famille de produits en fonction de leurs caractéristiques. Ils permettent de structurer des caractéristiques hiérarchiquement et d'exprimer entre elles des relations représentant des contraintes métiers : ils définissent l'interaction entre caractéristiques, et donc les combinaisons valides, correspondant aux logiciels possibles de la LDP modélisée. Plusieurs travaux montrent que les FMs peuvent être associés à des formules de la logique des propositions représentant des contraintes d'implication, d'équivalence, d'exclusion mutuelle, mais aussi des groupes 'OR' et des groupes 'XOR' [9]. Nous avons défini des algorithmes pour extraire ces contraintes depuis les structures conceptuelles [8]. En nous inspirant des FMs, nous avons agencé les caractéristiques de la famille de produits et les contraintes extraites dans une représentation graphique appelée *Equivalence Class Feature Diagram* (ECFD). À l'image des structures de l'AFC, il n'existe qu'un seul ECFD possible pour une famille de produits donnée ; son processus d'extraction et de construction ne nécessite donc aucune intervention humaine. La Figure 1 (gauche) montre un ensemble de configurations représentant des variantes logicielles d'applications de e-commerce, ainsi que l'ECFD associé à ces descriptions (droite/haut).

	Ec	Ca	G	L	Pm	Cc	Ch	B
v1	x	x	x					
v2	x	x	x		x	x		x
v3	x	x	x		x		x	x
v4	x	x	x		x	x	x	x
v5	x	x		x				
v6	x	x		x	x	x		x
v7	x	x		x	x		x	x
v8	x	x		x	x	x	x	x

Ec = e\_commerce, Ca = catalog, G = grid,  
L = list, Pm = payment\_method,  
Cc = credit\_card, Ch = check, B = basket

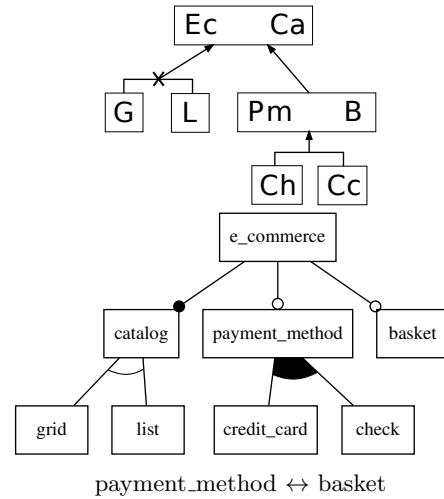


FIGURE 1 – (gauche) Descriptions de produits ; (droite/haut) ECFD correspondant ; (droite/-bas) Exemple de FM pouvant être dérivé de l'ECFD

L'ECFD n'a pas pour vocation de remplacer les modèles de variabilité existants. Son but est de fournir une représentation canonique proche de celle des modèles connus, sans apporter d'autre sémantique que les contraintes logiques définissant les configurations valides, contrai-

rement à un FM qui a en plus une sémantique ontologique portée par ses relations et leur signification. L'ECFD se situe entre la liste des descriptions de produits et les modèles de variabilité exprimant des connaissances sur le domaine de la LDP. Cette représentation peut servir de base à des opérations d'analyse de la variabilité, ou bien pour guider un expert lors de la construction d'un FM représentatif de la famille de produits et ayant une sémantique ontologique cohérente avec le domaine. La Figure 1 (droite/bas) présente un exemple de FM pouvant être dérivé de l'ECFD (droite/haut).

Il faut noter que les contraintes extraites depuis des descriptions de produits peuvent se vérifier dans l'ensemble considéré mais n'avoir aucune signification du point de vue du domaine de la LDP. Ces contraintes "accidentelles" peuvent être identifiées et supprimées par un expert afin de garantir la cohérence de l'ECFD avec ce domaine. Privé de certaines contraintes, il décrit alors toujours les descriptions de produits desquelles il est extrait, mais aussi d'autres configurations possibles. Une fois validé par un expert, l'ECFD représente un espace de configurations de produits possibles et peut servir de guide dans la validation et l'élaboration de nouveaux produits. L'ECFD extrait est voué à évoluer dans le temps en fonction des connaissances de l'expert du domaine, mais aussi avec les modifications éventuelles des produits existants. À l'avenir, cette phase de validation devrait être intégrée dans un processus itératif d'évolution conjointe avec les produits existants, afin d'assurer la cohérence globale de l'approche.

### 3 Opérations sur la variabilité

Nombre d'opérations facilitant la gestion de la variabilité ont été proposées dans la littérature, notamment pour l'extraction automatique (ou semi-automatique) de FMs depuis des descriptions de produits, ou encore sur l'analyse automatique de FMs depuis une formule propositionnelle équivalente. La majorité de ces techniques peuvent être appliquées à notre représentation. Durant nos travaux avec l'ECFD, nous avons étendu des méthodes existantes (composition de FMs assisté par l'AFC) pour considérer les produits existants, ainsi que proposer des approches encore non abordées avec les représentations actuelles (recherche exploratoire dans les familles de produits).

**Extraction de FMs assistée par l'AFC** Il est bien connu que les FMs ne sont pas des représentations canoniques ; En effet, plusieurs FMs différents (i.e., exprimant des relations différentes sur le même ensemble de caractéristiques) peuvent représenter le même ensemble de configurations valides. Cela est dû au fait que plusieurs de leurs relations, qui apportent des connaissances sur le domaine représenté, peuvent être exprimées par la même contrainte logique, et donc autoriser les mêmes combinaisons de caractéristiques. On dit que des FMs ayant des sémantiques ontologiques différentes représentent le même ensemble de configurations valides (i.e., ils sont équivalents) s'ils ont la même "sémantique logique". L'ECFD peut être considéré comme un FM dépouillé de sa valeur ontologique, et donc réduit uniquement à ses contraintes logiques. Si l'on regarde le problème dans l'autre sens, on peut donc associer plusieurs significations différentes aux contraintes de l'ECFD, correspondant alors à un ensemble de FMs équivalents, d'où son nom. L'ECFD, en tant que représentation intermédiaire, fournit alors un cadre permettant de guider un expert dans le choix de la "signification" qu'il peut associer à chacune des contraintes logiques de l'ECFD [7, 8]. Cette sémantique ontologique peut être définie séparément [3], et pourrait permettre l'extraction automatique d'un FM depuis un ECFD.

**Composition de FMs assistée par l'AFC** Les méthodes existantes de composition de modèles de variabilité se basent sur les relations exprimées par les FMs et nécessitent donc comme entrée des FMs cohérents avec le domaine. Cependant, dans notre contexte de travail

où se mélangent modèles et produits existants, il se peut que les FMs soient incohérents ou même inexistantes. Nous avons donc proposé une approche de composition de famille de produits basée sur la liste des configurations valides [7]. Ainsi, les données d’entrées peuvent être des configurations provenant de modèles de variabilité (lorsque ceux-ci sont assez petits), ou bien de descriptions de produits existants. Deux opérations sont définies, l’union et l’intersection (telles que présentées par Acher et al. [1]), basées sur les opérations ensemblistes du même nom appliquées aux ensembles de configurations des familles de produits. L’ECFD associé à l’ensemble obtenu permet de représenter l’union et/ou l’intersection des familles de départ.

**Recherche exploratoire** La recherche exploratoire est une stratégie de recherche d’information permettant à un utilisateur de naviguer à travers une collection structurée de documents afin de le guider vers celui qui répond le mieux à ses exigences. Cette stratégie est particulièrement adaptée lorsque l’utilisateur n’est pas familier avec les documents, ou lorsqu’ils sont trop nombreux pour être connus dans leur intégralité. Les treillis de concepts, une structure de l’AFC, font partie des premières structures utilisées pour réaliser ce genre de processus. Ils structurent des documents en fonction de leurs descripteurs dans un graphe, où chaque nœud du graphe correspond à une combinaison de descripteurs, et les nœuds voisins aux plus petites modifications qui peuvent être apportées à la combinaison de descripteurs courante. La recherche exploratoire dans ce genre de structures lorsque les documents sont des configurations valides et les descripteurs des caractéristiques, permet de répondre à des problématiques de notre contexte. Par exemple, lors de l’élaboration d’un nouveau produit, elle permet de savoir si la configuration correspondante est valide et, sinon, quelles sont les combinaisons de caractéristiques valides les plus proches de la configuration proposée. La recherche exploratoire est aussi une nouvelle stratégie de sélection de caractéristiques par l’utilisateur lors de la personnalisation de son logiciel. C’est cette opération qui a en partie motivé nos travaux sur l’expression de la variabilité avec les structures de l’AFC. Afin de ne pas être confrontés à des problèmes lors du passage à l’échelle, nous avons d’abord proposé une solution pour représenter les modèles de variabilité sous la forme de structures conceptuelles sans avoir à énumérer l’ensemble des configurations valides [5]. Ensuite, nous avons proposé une approche pour réduire l’espace de recherche et son temps de génération en faisant de la génération locale dans des structures conceptuelles ”factorisées”, les AOC-posets [6, 2].

## 4 Perspectives

**Extension de l’ECFD** Jusqu’à présent, l’ECFD représente les contraintes logiques que l’on peut trouver dans des FMs simples. De nombreux travaux montrent les limites des FMs simples et proposent d’étendre et de compléter cette représentation avec, par exemple, des cardinalités ou des attributs. De la même façon, nous souhaitons explorer la possibilité d’étendre l’ECFD pour qu’il prenne en compte d’autres types de contraintes. L’Analyse Relationnelle de Concepts, une extension de l’AFC prenant en compte des relations entre les produits, et les *Pattern Structures*, une autre extension de l’AFC permettant de représenter des cardinalités, sont des pistes que nous souhaitons approfondir. De tels outils pourraient en effet permettre d’extraire des contraintes plus complexes depuis des descriptions de produits. À terme, l’ECFD pourrait servir de base pour extraire, non plus uniquement des FMs simples, mais aussi d’autres modèles de variabilité plus complets (FMs à cardinalités, CVL, OVM).

**Analyse d’impacts** Mettre en place et formaliser l’évolution conjointe des produits existants et des modèles est la prochaine étape de nos travaux. Elle consistera dans un premier temps à analyser et documenter l’impact des modifications pouvant être appliquées aux produits existants sur les modèles extraits de la description de ces produits, et inversement. Dans

un second temps, un processus permettant de propager ces changements d’une représentation à une autre est envisagé, ainsi que l’implémentation d’un prototype afin de tester les limites et avantages d’une telle approche.

## 5 Conclusion

Nous avons présenté une nouvelle structure représentant la variabilité qui est unique pour un ensemble de configurations donné et qui inclut tous les FMs représentant cet ensemble de configurations. Sa construction, réalisée par Analyse Formelle de Concepts, ne nécessite pas d’intervention humaine, mais un expert peut la compléter et se baser sur cette structure pour dériver des FMs simples. Nous l’avons utilisée pour permettre de réaliser des compositions de familles de produits n’ayant pas obligatoirement de modèles de variabilité, et de la recherche exploratoire dans les produits d’une même famille. Par la suite, nous souhaitons étendre cette structure pour représenter une variabilité plus complexe et mettre en place un cadre pour l’évolution conjointe avec les produits existants.

## Références

- [1] Mathieu Acher, Philippe Collet, Philippe Lahire, and Robert B. France. Composing Feature Models. In *the 2nd International Conference on Software Language Engineering (SLE’09)*, pages 62–81, 2009.
- [2] Alexandre Bazin, Jessie Carbonnel, and Giacomo Kahn. On-demand Generation of AOC-posets : Reducing the Complexity of Conceptual Navigation. Accepted for publication in ISMIS’17, 2017.
- [3] Guillaume Bécane, Mathieu Acher, Benoit Baudry, and Sana Ben Nasr. Breathing ontological knowledge into feature model synthesis : an empirical study. *Empirical Software Engineering*, 21(4) :1794–1841, 2016.
- [4] Thorsten Berger, Ralf Rublack, Divya Nair, Joanne M. Atlee, Martin Becker, Krzysztof Czarnecki, and Andrzej Wasowski. A survey of variability modeling in industrial practice. In *the 7th International Workshop on Variability Modelling of Software-intensive Systems (VaMoS’13)*, pages 7 :1–7 :8, 2013.
- [5] Jessie Carbonnel, Karell Bertet, Marianne Huchard, and Clementine Nebut. FCA for Software Product Lines Representation : Mixing Product and Characteristic Relationships in a Unique Canonical Representation. In *the 13th International Conference on Concept Lattices and Their Applications (CLA’16)*, pages 109–122, 2016.
- [6] Jessie Carbonnel, Marianne Huchard, and Alain Gutierrez. Variability Representation in Product Lines using Concept Lattices : Feasibility Study with Descriptions from Wikipedia’s Product Comparison Matrices. In *the International Workshop on Formal Concept Analysis and Applications (FCA&A’15), co-located with (ICFCA’15)*, pages 93–108, 2015.
- [7] Jessie Carbonnel, Marianne Huchard, Andre Miralles, and Clementine Nebut. Feature Model composition assisted by Formal Concept Analysis. In *12th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE’17)*, pages 27–37, 2017.
- [8] Jessie Carbonnel, Marianne Huchard, and Clémentine Nebut. Analyzing Variability in Product Families through Canonical Feature Diagrams. Accepted for publication in SEKE’17, 2017.
- [9] Krzysztof Czarnecki and Andrzej Wasowski. Feature Diagrams and Logics : There and Back Again. In *the 11th International Conference on Software Product Lines (SPLC’07)*, pages 23–34, 2007.
- [10] Bernhard Ganter and Rudolf Wille. *Formal concept analysis - mathematical foundations*. 1999.
- [11] Klaus Pohl, Günter Böckle, and Frank J van der Linden. *Software Product Line Engineering : Foundations, Principles, and Techniques*. Springer Science & Business Media, 2005.