

**Formation doctorale en Génie Industriel de Grenoble**

Institut National Polytechnique de Grenoble  
Ecole Doctorale Organisation Industrielle et Systèmes de production

***Les Patterns pour l'Ingénierie  
des Systèmes d'Information Produit***

***par Lilia GZARA***

***Résumé de thèse***

**Laboratoire Gestion Industrielle, Logistique et COncception**  
Institut National Polytechnique de Grenoble

*Décembre 2000*

Le travail de thèse résumé ici s'intéresse aux Systèmes d'Information Produit (SIP). Plus particulièrement, il a pour objectif de proposer un cadre méthodologique pour l'ingénierie des SIP. L'ingénierie des SIP n'est pas actuellement abordée de façon méthodique dans des démarches globales d'informatisation, engendrant ainsi des coûts et des dysfonctionnements importants. L'objet de notre recherche est de proposer un cadre méthodologique de spécification et d'implantation des SIP :

- offrant des modèles de différents niveaux d'abstraction et une démarche générale de conduite de projet SIP couvrant la complexité du SIP (représentation des processus, des versions de produit, etc.), favorisant l'échange d'information entre acteurs et assurant un continuum de transformations dans les spécifications,
- favorisant des spécifications en écart tant d'un point de vue de la capitalisation et la réutilisation de concepts déjà rencontrés que de la prise en compte des ressources logicielles disponibles, afin d'accélérer l'ingénierie du SIP.

Pour cela, une démarche d'ingénierie de SIP basée sur la réutilisation de patrons d'ingénierie (patterns) a été développée. Elle se base sur la technologie de patron et sur l'utilisation du langage de modélisation UML. Un patron capitalise un problème récurrent d'un domaine et sa solution de manière à faciliter la réutilisation de cette solution lors d'une nouvelle occurrence du problème [Rieu, 99a]. Il constitue une base de savoir et de savoir-faire qui permet d'identifier le *problème* à résoudre, propose une *solution* correcte et si possible consensuelle pour y répondre et offre les moyens d'adapter cette solution à un *contexte* spécifique.

Ce travail nécessite et implique des investigations dans deux orientations complémentaires : d'une part dans le domaine du génie industriel pour capitaliser les connaissances autour des produits industriels et de leur processus de définition et d'évolution ; d'autre part dans le domaine de l'informatique et plus particulièrement des systèmes d'information pour définir une démarche d'ingénierie de SIP dotée d'un ensemble de modèles de spécification adaptés aux besoins exprimés et favorisant la réutilisation de connaissances.

Le mémoire de thèse est constitué de trois parties. La première partie définit le cadre de réflexion dans lequel se situe ce travail de thèse. Elle propose un état de l'art sur les SIP et leur ingénierie, précise ensuite la problématique et les objectifs de notre travail et définit enfin les moyens pour approcher la problématique. La deuxième et la troisième partie présentent notre proposition. Elles décrivent les éléments du cadre méthodologique développé et les résultats de son application dans l'entreprise.

Le présent document est une synthèse de nos travaux et suit le plan suivant :

- 1- Position du sujet
- 2- Problématique
- 3- Approche de la problématique : démarche de recherche
- 4- Résultats
- 5- Application à un cas réel
- 6- Conclusions et perspectives

## **1. Position du sujet**

Le système d'information de l'entreprise constitue un véhicule de communication dans l'entreprise et entre l'entreprise et son environnement. La vision systémique de l'entreprise issue des travaux de Jean-Louis Lemoigne situe le système d'information à l'interface entre d'une part le système opérant chargé de la production et répondant à la finalité de l'entreprise et d'autre part le système de pilotage qui dirige l'entreprise et maintient le cap sur les objectifs choisis. Le système d'information assure en effet le lien entre ces deux systèmes en informant le système de pilotage des performances du système opérant et inversement en transmettant au système opérant les instructions du système de pilotage. Une analyse plus fine du système opérant de l'entreprise met en évidence deux processus clef qui concourent à la réalisation de la finalité de l'entreprise :

- un premier processus de "Définition de l'offre produit" qui vise à *définir* et à *maintenir* des produits que l'entreprise met sur le marché. Il est important pour la réactivité de l'entreprise pour mettre continuellement sur le marché des produits adaptés à une demande évolutive et de gagner ou maintenir ainsi des parts de marché.
- un second processus "De la commande à la livraison" qui permet à partir d'une commande ou parfois d'un devis demandé par un client de *fournir* à temps et en qualité le produit le mieux adapté à son besoin.

Ces deux processus clef sont accompagnés par d'autres processus qui les supportent, tels que le processus commercial (obtention de la commande).

Ces deux processus clef prennent une importance et une temporalité différente selon les types d'entreprise. Ainsi, une telle société de grande distribution n'a que peu d'actions sur son offre produit tandis que sa relation au client lui impose de bien maîtriser son processus de traitement des commandes (par une gestion performante de sa logistique, de ses procédures administratives liées à la réception des commandes, à la facturation, etc.). Une petite entreprise qui livre à chacun de ses clients un produit personnalisé et partiellement spécifiquement étudié devra bien maîtriser son processus de définition de l'offre (par une gestion performante de la configuration de ses divers produits, une maîtrise de la base informationnelle accompagnant le développement des produits, une rationalisation de l'ensemble des tâches de développement de produits, etc.).

A ces deux processus clef du système opérant, correspondent des besoins différents d'accès aux informations sur les produits. Le processus "De la commande à la livraison" est essentiellement supporté par les systèmes d'information du type ERP (*Enterprise Resource Planning*) et implique des informations fréquemment mises à jour sans que leur pérennité à long terme ne soit nécessairement importante. Le processus "Définition de l'offre produit" nécessite la mise en place de systèmes d'information du type PDM (*Product Data Management*) que nous appelons SIP (Système d'Information Produit) et implique des informations dont la création et l'évolution sont moins fréquentes et font l'objet de procédures plus strictes (droits d'acteurs, statuts d'information). La pérennité à long terme de ces informations (à tous ses statuts et ses versions) est souvent importante. C'est à ce deuxième système d'information d'entreprise que nous nous intéressons dans ce travail de thèse.

Les systèmes d'information produit sont devenus pour les entreprises (notamment d'ingénierie) un élément crucial pour supporter leur processus de définition de l'offre produit. En effet, avec la complexité de l'offre produit et dans un contexte d'ingénierie concurrentielle, la maîtrise de l'information technique est devenue un sujet capital et difficile : capital car toute défaillance dans la gestion de l'information se traduit de façon immédiate par des non qualités ; difficile compte tenu de la dynamique du système. Les SIP permettent ainsi une gestion performante de la base informationnelle accompagnant le développement des produits et ensuite une rationalisation de l'ensemble des tâches du processus de développement de produits. La réactivité des entreprises aux modifications inhérentes au processus de développement des produits nécessite un pilotage de la circulation de l'information technique, une gestion rigoureuse de son évolution et s'accompagne d'une exigence liée à la maîtrise de la qualité, autant de fonctions qu'assure le SIP. Les entreprises se sont alors intéressées à mettre en place le SIP le mieux adapté à leurs besoins. Face à ce besoin, une offre logicielle appelée Systèmes de Gestion de Données Techniques (SGDT) s'est développée pour répondre aux attentes des entreprises industrielles.

Malgré l'importance des SIP dans l'entreprise, l'ingénierie de ces systèmes, c'est-à-dire les aspects méthodologiques liés à leur spécification et à leur implantation sur un SGDT demeure un processus de support pour l'entreprise dont les coûts engendrés sont à minimiser. Les enjeux associés à ces aspects méthodologiques sont alors stratégiques. La thématique de recherche de ce travail de thèse concerne les aspects méthodologiques liés à l'ingénierie des SIP.

## **2. Problématique**

L'ingénierie des SIP reste un domaine complexe qui partant de l'analyse des besoins d'une application, aboutit à une solution logicielle fiable dans un système technologique cible choisi. Actuellement, la pratique industrielle de l'ingénierie des SIP dans les entreprises industrielles rencontre diverses difficultés techniques, méthodologiques, organisationnelles et humaines. Des difficultés qui constituent actuellement des goulots dans le processus de

développement, engendrant des coûts considérables et menant dans beaucoup de cas à l'échec des projets SIP. Il s'agit notamment :

- de la lenteur du développement des SIP qui engendre des coûts considérables et mène parfois à la livraison de systèmes déjà obsolètes,
- du manque de modèles formels d'expression des besoins suffisamment compréhensibles pour assurer une communication efficace et non ambiguë entre les acteurs concernés. Ce manque de formalisation ralentit le processus d'ingénierie à cause des multiples itérations nécessaires pour préciser les besoins et valider les spécifications,
- de l'absence de continuum de transformations cohérentes des différents modèles élaborées durant les différentes phases d'ingénierie, ce qui mène à des incohérences entre ce qui est attendu et ce qui est livré.

Par ailleurs, malgré la richesse des développements théoriques effectués dans le domaine de l'ingénierie des SI, les travaux de recherche traitant de l'ingénierie des SIP n'en tirent pas profit. Un pont doit donc être établi entre les recherches dans le domaine de l'ingénierie des SI et celles relevant du domaine des systèmes de gestion de données techniques.

C'est sur ces hypothèses que se base donc la définition de notre problématique et le travail réalisé. Ainsi le travail de thèse résumé ici a pour objectif de mettre en place un cadre méthodologique pour l'ingénierie des SIP en abordant trois aspects :

- La définition de *modèles de spécification* de différents niveaux d'abstraction, qui couvrent la complexité du SIP (représentation des processus, des versions de produit, etc.) et favorisent l'échange d'information entre acteurs ;
- La mise en place d'une *démarche générale de conduite de projet SIP* pour construire les différents modèles. Cette démarche doit couvrir l'ensemble des phases du processus d'ingénierie des SIP (analyse, conception, réalisation), assurer un continuum de transformation dans les spécifications et doit être flexible et adaptable au contexte de chaque organisation ;
- *L'accélération du processus* de développement des SIP. L'objectif est de favoriser la capitalisation et la réutilisation de savoir et de savoir-faire expérimentés et mis en œuvre dans des projets antérieurs.

Tel est le cahier des charges du cadre méthodologique proposé.

### **3. Approche de la problématique : démarche de recherche**

Une investigation dans la littérature récente des formalismes de modélisation et des techniques de réutilisation susceptibles de réaliser le cahier des charges ainsi posé a permis de déterminer les éléments clés sur lesquels se base le cadre méthodologique proposé. En terme de formalisme de modélisation, notre choix s'est focalisé sur le langage de modélisation UML [Rumbaugh, 95]. Ce choix est motivé par plusieurs raisons, dont notamment la simplicité de la notation graphique associée (ce qui devrait faciliter la communication entre utilisateurs et concepteurs du SIP lors des spécifications) et la diversité des diagrammes qu'offre UML et qui permet de présenter plusieurs perspectives ou vues de l'architecture du système à développer, à différents niveaux d'abstraction. Par ailleurs, UML présente l'avantage d'être un standard pour la modélisation orientée objet. En terme de réutilisation, le choix a porté sur une approche de réutilisation à base de patrons. Un patron capitalise des fragments de modèles mais également des fragments de démarches d'ingénierie. De ce fait, les deux autres éléments de base du cadre méthodologique proposé (modèle et démarche) se trouvent supportés par les patrons.

La démarche globale d'ingénierie du SIP sera donc un "assemblage" de fragments de démarche, de même que les modèles du SIP seront obtenus par assemblage de fragments de modèles, et ce par réutilisation de divers patrons.

Par ailleurs l'approche à base de patrons favorise une démarche contextuelle puisque dans un patron, il est explicité le problème à résoudre, le contexte dans lequel le problème est résolu et la manière de résoudre ce problème. Le concepteur choisit ainsi à chaque étape du processus d'ingénierie le fragment de modèle et le fragment de démarche associé les plus convenables au contexte dans lequel il se situe. Néanmoins, un effort reste à faire pour pallier à certaines lacunes dans les techniques que nous avons choisies :

- en terme de modélisation et malgré la richesse du langage UML et sa capacité à favoriser un continuum de transformations, il n'assure pas ce continuum. Ainsi, nous nous efforçons dans ce travail de définir une démarche

de transformation entre les différents diagrammes UML à différents niveaux d'abstraction, qui assure un continuum.

- en terme de processus de réutilisation, il s'agit de définir une démarche d'identification de patrons, en s'inspirant des démarches générales d'ingénierie de composants pour la réutilisation et plus particulièrement de l'approche d'analyse de domaine. Il s'agit également de définir les moyens pour assurer une gestion efficace des patrons, notamment en matière d'organisation des patrons, afin de faciliter leur réutilisation.

L'ensemble de ces éléments constituent les bases théoriques du cadre méthodologique proposé. La suite de ce résumé est consacrée à la présentation de ce cadre. Le cadre méthodologique ainsi proposé est entièrement supporté par un catalogue ou une collection de patrons. L'essentiel du travail réalisé consiste à définir un catalogue de patrons pour le domaine du SIP. Nous illustrons dans la suite la démarche adoptée pour identifier et spécifier les patrons, nous présentons ensuite le catalogue de patrons ainsi développé et nous finissons par illustrer la démarche d'ingénierie de SIP à base des patrons ainsi définis, sur cas réel.

## 4. Résultats

### 4.1. Démarche d'ingénierie de patrons pour les SIP

L'adoption d'une approche d'ingénierie de SIP basée sur la réutilisation de patrons nécessite d'abord de produire les patrons à réutiliser et ensuite de réutiliser ces patrons d'une façon systématique. Deux nouveaux processus complémentaires émergent alors :

- ♦ Un processus *pour la réutilisation* est dédié à l'*ingénierie des patrons*. Il consiste à identifier, spécifier et organiser les patrons à utiliser durant la spécification des SIP.
- ♦ Un processus *par la réutilisation* est dédié à l'*ingénierie des SIP*. Partant des spécifications utilisateurs, ce processus facilite la recherche, la sélection, l'adaptation et l'intégration de patrons pour spécifier et implanter le SIP.

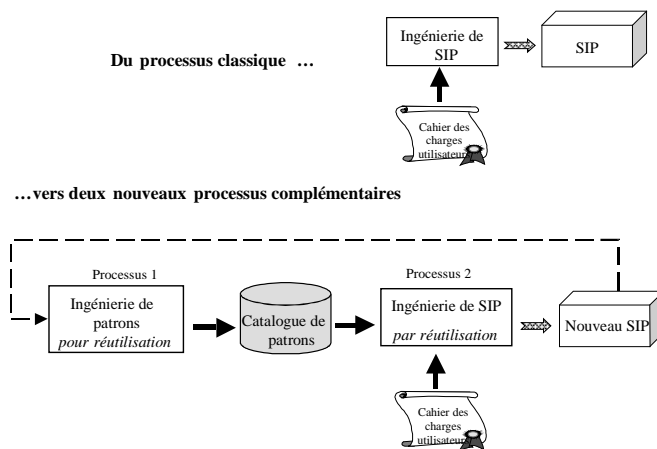


Figure 1 : Processus pour et par la réutilisation

L'objectif ici est de proposer une démarche pour l'ingénierie des patrons (processus *pour réutilisation*). Un patron fournit des solutions à des problèmes types, en visant des objectifs de réutilisabilité et de flexibilité. L'identification des patrons consiste donc à identifier les différents problèmes qui sont souvent rencontrés lors de l'ingénierie des SIP. Il s'agit d'identifier des problèmes susceptibles d'être récurrents et qui soient les plus indépendants possible les uns des autres, auxquels sont associés différents patrons. Ensuite, une fois les patrons identifiés, la conception de patrons consiste à proposer des solutions aux divers problèmes identifiés et à formaliser l'ensemble des problèmes/solutions sous forme de patrons.

**La première étape d'identification de patrons** constitue désormais un problème de recherche essentiel. Pour mettre en œuvre cette phase d'identification, il fallait d'abord *identifier les sources de connaissances* susceptibles de contenir des éléments (donc des problèmes) réutilisables et ensuite *identifier ces éléments* (ces problèmes). Pour

identifier les sources de connaissances, nous adoptons une approche d'**analyse de domaine**<sup>1</sup> classique [Semmak, 98] qui étudie et analyse des systèmes SIP existants afin de produire un référentiel du domaine exprimant les ressemblances et les différences entre les différents systèmes existants (en terme d'objets et d'opérations qui caractérisent ces systèmes). Le résultat de cette analyse est un référentiel qui :

- propose un cadre terminologique et sémantique des connaissances de domaine. Ce cadre permet d'identifier et de classer l'ensemble des objets ou concepts gérés dans le SIP,
- identifie les problèmes de modélisation associés et,
- propose un modèle de référence qui résout les problèmes de modélisation en structurant les concepts (et notamment les relations entre ces concepts) et en explicitant leur comportement, à l'aide de connaissances de développement (ingénierie de SI).

En terme de connaissances de domaine, les SIP sont centrés sur les produits industriels, ils gèrent l'ensemble des informations techniques décrivant le produit à un moment donné ainsi que les divers processus agissant sur le produit et faisant évoluer celui-ci. Deux volets du référentiel du domaine sont alors distingués : le *référentiel produit* et le *référentiel processus*. Ce référentiel du domaine identifie, structure et lie les besoins informationnels rencontrés dans les projets de spécification de SIP et les problèmes de modélisation associés. Il présente donc les solutions du domaine étudié (les modèles de SIP auxquels nous devons aboutir par application des patrons). Pour des raisons d'espace, la discussion et la structuration des différents concepts présentée dans le référentiel du domaine ne sont pas présentés dans ce résumé. Nous nous contentons ici de donner un schéma conceptuel du modèle de référence produit qui est un des résultats de notre analyse de domaine (cf. Figure 2).

Ce référentiel constitue donc une source de connaissances susceptibles de contenir des problèmes récurrents (d'ingénierie de SIP). C'est à partir de ce référentiel que les divers problèmes seront identifiés et donc les patrons associés. L'idée consiste à décomposer le modèle de domaine obtenu de manière à ce qu'il corresponde à divers fragments de modèles (ou plus généralement à divers bouts de spécifications) réutilisables, résolus par des patrons. Le modèle de référence obtenu est donc analysé autrement. Il est alors perçu comme une classe de problèmes pour lesquels différentes solutions sont envisageables. Ainsi **la deuxième étape de l'identification de patrons**, consiste à **identifier les divers problèmes traités par les patrons**. Elle revient à mettre en évidence les différents fragments du modèle SIP à construire par réutilisation de façon à associer un patron à chacun de ces fragments. Le modèle de référence SIP est alors fragmenté de tel sorte que chaque fragment résolve un problème récurrent dans l'ingénierie de SIP.

Explicitement, nous distinguons dans le modèle de référence divers "blocs" de besoins informationnels. Chaque bloc est une constante du modèle SIP, c'est-à-dire qu'il existe dans tout modèle SIP, quelque soit la spécificité de l'entreprise. Le bloc correspond en fait à une information qui doit être gérée dans l'entreprise. Ainsi, si l'on considère le même exemple précédemment présenté pour illustrer les résultats d'analyse de domaine, les divers blocs de ce modèle de domaine (cf. fragments encerclés dans Figure 3) sont relatifs aux niveaux d'abstraction de produit (on distingue en effet trois niveaux d'abstraction de produit : produit-générique, type-produit, produit-physique), aux nomenclatures de produit (nomenclature organique d'étude, nomenclature organique industrielle, nomenclature fonctionnelle, nomenclature géométrique, etc.) et aux documents techniques associés au produit.

---

<sup>1</sup> Dans l'étude bibliographique menée, nous avons dégagé deux tendances pour l'ingénierie de composants : l'approche de rétro-ingénierie et l'approche d'analyse de domaine. Nous préférons l'approche d'analyse de domaine car, reposant sur des techniques qualitatives (basées sur le recensement et la classification des connaissances d'un domaine), elle nous semble plus adaptée à l'identification des besoins informationnels en SIP, de nature souvent informelle. L'approche de rétro-ingénierie utilise en effet des techniques souvent quantitatives et est plutôt adaptée à des composants de type logiciel et d'une façon générale à des composants dont la description est formelle et quantifiable.

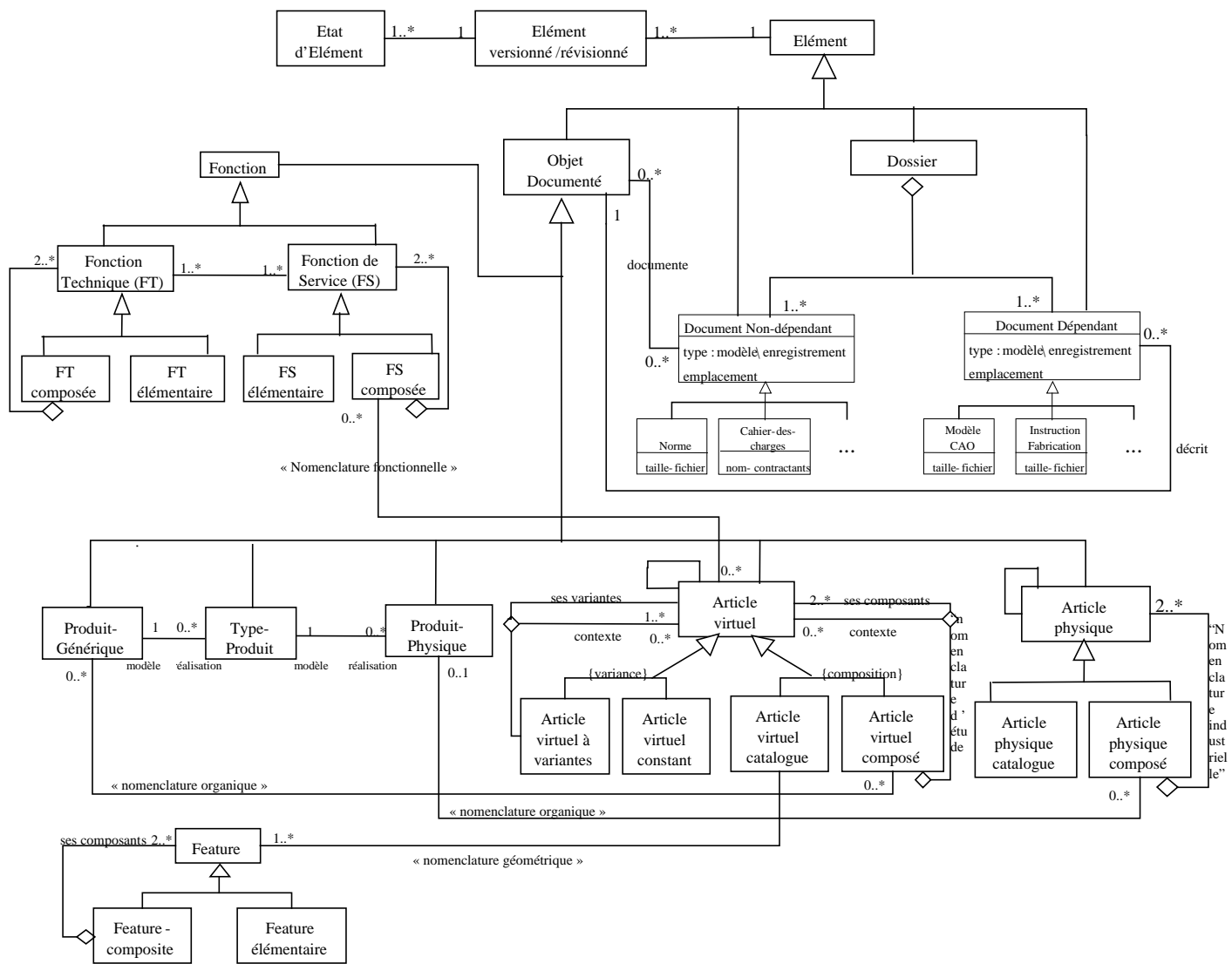


Figure 2 : Exemple de résultats de l'analyse de domaine : modèle de référence produit

Toutefois, la constitution d'un bloc est variable. Les concepts constituant un bloc ainsi que les liens entre ces concepts peuvent varier d'un SIP à l'autre, selon la spécificité de l'entreprise. Soulignons ici que par variance, il ne s'agit pas d'une variance au niveau de la modélisation d'une même connaissance mais d'une variance au niveau de la connaissance elle-même. En effet, il peut y avoir justement une variance au niveau de la modélisation, en modélisant différemment une même connaissance pour des raisons liés par exemple à la technologie informatique cible (relationnel, orienté objet, etc.) ou pour exprimer des vues différentes de la même connaissance. Ici, il s'agit plutôt d'une variance de la connaissance entre les entreprises. Bien évidemment, cette variance "métier" engendre différentes modélisations, correspondant chacune à une variété de la connaissance considérée. Ainsi, et par rapport au même exemple considéré, le bloc "Niveaux de produit" peut être construit avec une, deux ou trois classes selon que l'entreprise gère un, deux ou trois niveaux de produits dans l'entreprise.

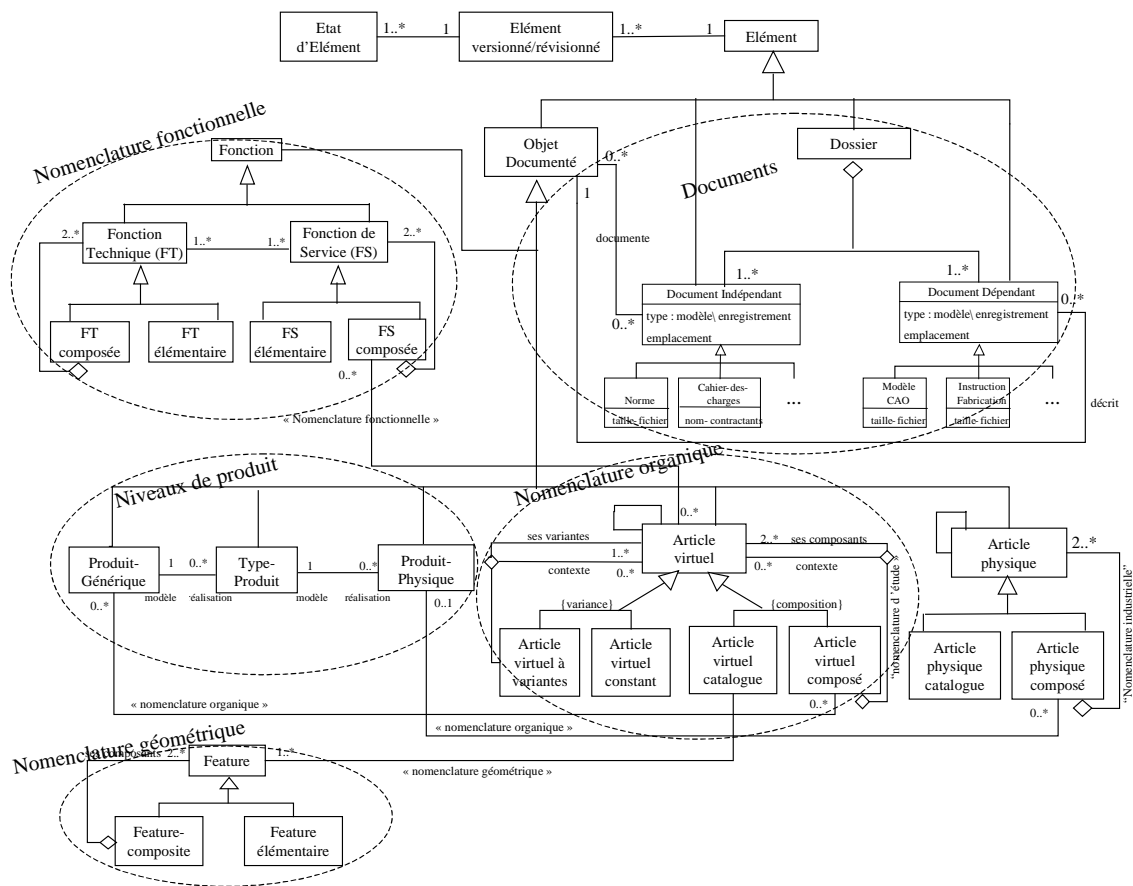


Figure 3 : Exemple de blocs du modèle de référence produit

Une fois les blocs et les points de variabilité identifiés, nous associons à chaque bloc un patron dont l'objectif est de construire le fragment de modèle qui représente le bloc considéré. Ce patron fixe les différents points de variabilité propres au bloc considéré (selon la spécificité de l'entreprise) et dirige ensuite vers divers autres patrons permettant chacun de construire le fragment de modèle représentant le bloc considéré selon un point de variabilité fixé.

Pour illustrer cette démarche, nous considérons le bloc "Niveaux de produit" identifié dans la Figure 3. Ce bloc correspond à une information obligatoirement représentée dans tout modèle SIP; celle relative au produit (avec ses différents niveaux). Nous définissons ainsi un premier patron associé à ce bloc qui permet de construire le fragment de modèle représentant les niveaux de produits gérés dans le SIP. Ce patron fixe pour une entreprise donnée le nombre et le type de niveaux de produit qu'elle gère (produit générique et/ou type produit et/ou produit exemplaire) et dirige vers trois autres patrons permettant chacun, selon le choix fait dans le patron principal, de construire un fragment de modèle représentant un, deux ou trois niveaux de produit (cf. Figure 4).

Une fois les patrons identifiés (en terme de problème à résoudre), la **troisième étape de la démarche d'ingénierie de patrons** consiste à **spécifier les solutions** offertes par ces patrons. Lorsque le problème considéré est un problème de modélisation, cette phase est basée sur l'exploitation de solutions existantes, disponibles dans les catalogues de patrons de conception proposés dans la littérature (tels que les patrons d'E. Gamma [Gamma, 95], de P. Coad [Coad, 96], etc.). Dans ce cas, le problème de modélisation considéré est comparé aux problèmes traités dans les catalogues existants et si le problème est déjà traité, la solution correspondante est alors adoptée, après adaptation selon le contexte du problème étudié. Pour illustrer cette démarche, nous considérons, le même exemple relatif aux niveaux de produit. Si l'on considère le patron "Deux Niveaux de produit", le problème de ce patron est de représenter le concept de produit en deux niveaux d'abstraction. Ce problème est résolu par des patrons de conception proposés dans la littérature tels que le patron "Item-description" de P. Coad [Coad, 92]. Ce patron permet de relier une classe de catégories abstraites A (modèles de voitures par exemple) à une classe d'objets plus concrets C (des voitures individuelles).



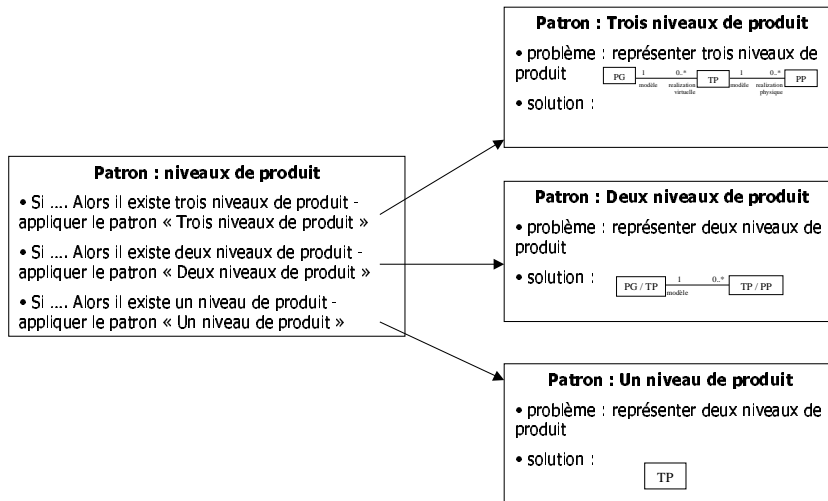


Figure 4 : Patrons du bloc "Niveaux de Produit"

## 4.2. Catalogue de patrons

Nous présentons ici le catalogue de patrons ainsi développé par application de la démarche proposée ci-dessus. Nous organisons les patrons SIP en trois catégories (cf. Figure 5) :

- des **patrons d'analyse produit** qui fournissent des fragments de modèle pour représenter les produits. Ils permettent de fixer les concepts gérés dans le SIP, c'est-à-dire les objets du Système d'Information Organisationnel<sup>2</sup> (SIO), tels que les niveaux de produit, les documents techniques, les nomenclatures, les activités des processus métier, les acteurs du SIP, etc. et ce en terme de classes et de relations entre les classes.
- des **patrons d'analyse processus** qui offrent une manière pour représenter et décomposer les processus métier du SIP. Ils permettent d'analyser les processus en mettant en évidence les activités qui les composent, les éléments entrants et sortants mis en jeu ainsi que les ressources employées dans chacune des activités.
- des **patrons de conception** qui offrent une démarche permettant d'identifier, à partir de la décomposition des processus métiers, les objets du Système d'Information Informatique (SII) afin d'aboutir au modèle de conception du SIP. Elle est basée sur la décomposition des processus métiers jusqu'à arriver aux processus informatiques associés (donc les traitements du SII) et ensuite sur la mise en évidence des collaborations entre les objets du SII pour réaliser les processus informatiques identifiés.

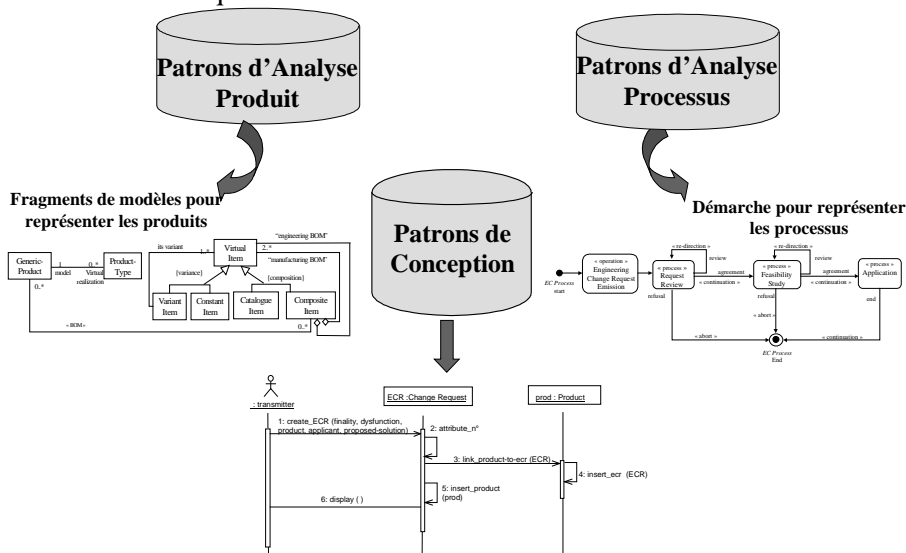


Figure 5 : Trois catégories de patrons

<sup>2</sup> La conception de SIP peut être appréhendée selon au moins deux grands niveaux de préoccupation : d'une part un niveau organisationnel conduisant à spécifier le Système d'Information Organisationnel (SIO) et d'autre part un niveau technique (informatique) conduisant à spécifier la partie de ce SIO qui donnera lieu à informatisation, c'est le Système d'Information Informatisé (SII).

Nous ne développons pas ici les divers patrons développés. Toutefois et pour illustrer le concept de patron, nous développons partiellement un patron d'analyse produit relatif à la construction de nomenclatures de produit avec articles à variantes (cf. Figure 6.).

<b>Nom</b>	Nomenclature avec Variantes.
<b>Problème</b>	Ce patron permet de construire une nomenclature dont certains éléments sont les variantes d'autres éléments de la même nomenclature.
<b>Force</b>	<p>Le modèle de nomenclature avec variantes permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gérer une hiérarchie de variantes de façon à pouvoir éliminer automatiquement certaines variantes lorsque les variantes de niveau supérieur ne sont pas retenues.</li> <li>- exprimer le contexte dans lequel un élément est une variante d'un autre élément. Ceci permet d'associer à une variante donnée toutes les autres variantes qui lui sont compatibles.</li> <li>- exprimer la décomposition d'un élément à variantes (qui a différentes variantes) aussi bien au niveau de cet élément (on n'exprime alors que les composants communs à toutes ses variantes) qu'au niveau de ses variantes (on exprime les composants spécifiques à chaque variante)</li> </ul>
<b>Contexte</b>	Ce patron n'exige aucun autre patron ou modèle pour être appliqué.
<b>Solution-Démarche</b>	
<b>Solution-Modèle</b>	<p>Le modèle obtenu a une forme semblable à la suivante:</p> <p>obtenu par application du patron « Nomenclature de Base »</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><i>Elément Composite</i> Invariant :</p> <p>Lorsqu'un élément composite est un élément à variantes alors ses composants sont les composants communs à toutes ses variantes</p> <p>Ajouter (Elément)</p> <p>Pré-condition : le composant d'un élément composite à variantes doit être commun à toutes les variantes de ce composite</p> </div>
<b>Utilise</b>	{Nomenclature de Base <sup>3</sup> }

Figure 6 : Patron d'analyse produit "Nomenclature avec Variantes"

<sup>3</sup> Le patron "Nomenclature de Base" permet de construire une composition récursive d'éléments.

## 5. Application du catalogue de patrons à un cas réel

Pour valider la démarche proposée de spécification de SIP par réutilisation de patrons, nous avons appliqué le catalogue de patrons sur des projets réels de développements d'applications SIP chez notre partenaire industriel Schneider Electric. En partant de l'expression des besoins collectés par le Chef de Projet Utilisateur, un modèle de spécification de l'application est proposé. Nous sommes intervenus dans trois projets d'évolution du SIP de l'Activité Basse Tension (ABT) du DAS BTP<sup>4</sup> de l'entreprise Schneider Electric. Ces projets concernent des sous-parties du SIP global de l'activité :

- le projet *VEGA1-mécanique* pour la gestion du processus de modification de produits mécaniques. Ce processus a ensuite fait l'objet d'une réorganisation et le projet VEGA1-mécanique a été alors suivi d'un second projet *EvolProd* pour la gestion du nouveau processus de modification.
- le projet *VEGA2-électronique* pour la gestion des produits électroniques.

Le projet VEGA1-mécanique nous a permis d'expérimenter les patrons d'analyse processus et les patrons de conception. Le projet EvolProd nous a permis d'expérimenter les patrons d'analyse processus seulement. Le projet VEGA2-électronique nous a permis d'expérimenter l'ensemble du catalogue proposé (patrons d'analyse produit, patrons d'analyse processus et patrons de conception). Il a par ailleurs donné suite à implantation au niveau de Schneider Electric.

Ces applications ne suffisent certes pas à valider l'approche proposée. L'objectif était plutôt de confronter cette approche à des projets réels de développement et de vérifier ainsi les trois points suivants :

- la mise en œuvre de la démarche de spécification par réutilisation de patrons est facilement appréhendable par les concepteurs;
- les patrons proposés répondent à des problèmes récurrents rencontrés dans les projets de développement de SIP sur le terrain industriel;
- les modèles de spécification obtenus par réutilisation des patrons proposés sont conformes aux objectifs de développement.

Dans le mémoire de thèse, nous avons détaillé l'application des patrons dans le projet VEGA2-électronique. Les principaux apports de l'application des patrons dans le cadre du projet VEGA2-électronique peuvent être résumés par :

- la clarté de communication entre concepteurs et utilisateurs du SIP autour des besoins, grâce à l'utilisation des modèles UML, facilement accessibles par les utilisateurs et suffisamment formels pour structurer l'ensemble des besoins ;
- l'aide apportée au concepteur SIP pour aborder successivement les divers problèmes de spécification, en s'appuyant sur un enchaînement préconisé des patrons ;
- l'aide apportée aux intervenants pour exprimer avec précision leurs besoins (les objets du SIP) en les obligeant à déterminer exactement les responsabilités dans les processus métiers qu'ils souhaitent gérés, à fixer les objets manipulés à chaque étape, à classer les objets du domaine qu'il manipulent, etc. ;
- l'accélération des délais de spécification.

Par ailleurs, nous avons défini l'architecture d'un outil informatique support à la démarche d'ingénierie de SIP proposée, afin d'illustrer la faisabilité logicielle de la démarche proposée mais également de proposer un support à cette démarche (cf. Figure 7).

---

<sup>4</sup> Domaine d'Activité Stratégique : Basse Tension Puissance.

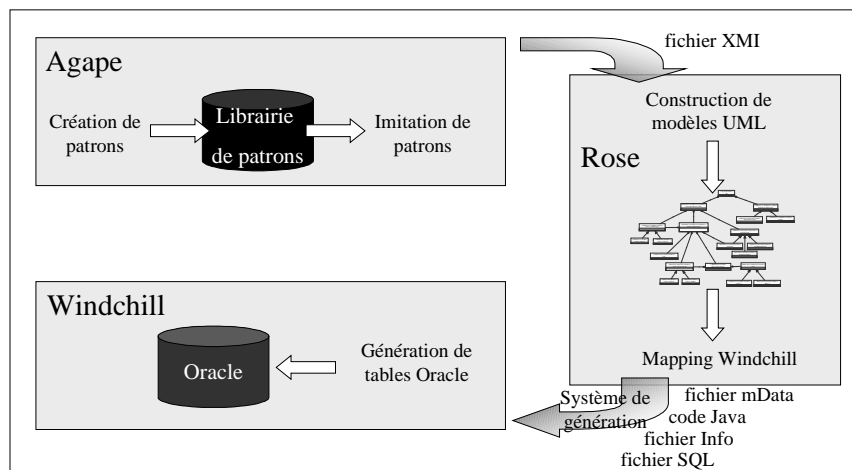


Figure 7 : Architecture de l'outil support proposé

Il ne s'agit pas de développer un outil spécifique à la démarche proposée. Nous proposons, à partir de quelques outils existants dans le commerce et d'un prototype de recherche développé au laboratoire LSR (Logiciel, Systèmes, Réseaux) de l'IMAG (INP-Grenoble), une architecture de l'outil pouvant supporter la démarche et les phases ultérieures d'informatisation (développement du système informatique associé au SIP sur un SGDT). Cette architecture est basée sur l'utilisation de l'outil SGDT du commerce WINDCHILL<sup>5</sup>, du prototype de manipulation de patrons AGAPE, développé à l'équipe SIGMA du laboratoire LSR [Duong, 00] et également de l'atelier Rational\Rose<sup>6</sup> pour la gestion des modèles UML.

## 6. Conclusions et perspectives

L'objectif de ce travail a été de mettre en place un cadre méthodologique pour l'ingénierie des SIP, favorisant l'échange d'information entre acteurs, assurant un continuum de transformations dans les spécifications et favorisant la capitalisation et la réutilisation de savoir et de savoir-faire expérimentés et mis en œuvre dans des projets antérieurs et ce afin d'accélérer le processus d'ingénierie. L'investigation dans la littérature récente des techniques de modélisation et des approches de réutilisation susceptibles de réaliser le cahier de charges ainsi posé a permis de fixer les éléments clés sur lesquels se base le cadre méthodologique proposé. Il s'agit alors de développer une démarche d'ingénierie de SIP basée sur la réutilisation de patrons et l'utilisation du langage UML.

Une démarche d'ingénierie de patrons est alors définie pour identifier et spécifier les patrons du domaine SIP. Un ensemble de mécanismes sont par ailleurs définis pour organiser et faciliter la réutilisation des patrons proposés. Le catalogue de patrons dédiés au domaine des SIP que nous avons proposé est constitué de trois types de patrons:

- des patrons d'analyse produit, pour représenter les objets métiers relatifs au produit et gérés dans le SIP. Ils permettent ainsi de construire le modèle d'analyse du SIP;
- des patrons d'analyse processus, pour analyser et représenter les processus métiers du SIP;
- des patrons de conception, pour représenter les objets informatiques associés aux divers objets métiers identifiés à l'aide des deux types de patrons précédents. Ils permettent de construire le modèle de conception du SIP.

Ces patrons permettent de réutiliser des *fragments de modèles* représentant divers aspects dans le SIP mais également des *fragments de démarches*, définissant ainsi la démarche de spécification par réutilisation. La démarche globale d'ingénierie du SIP est donc un "assemblage" de fragments de démarches, de même que les modèles de spécification du SIP sont obtenus par assemblage de fragments de modèles, et ce par réutilisation de divers patrons. Par ailleurs, le formalisme que nous avons proposé pour représenter les patrons favorise la sélection et l'organisation des patrons. Il

<sup>5</sup> Site internet : [www.ptc.com](http://www.ptc.com)

<sup>6</sup> Site internet : [www.rational.com](http://www.rational.com)

prend en compte également le caractère contextuel des activités d'ingénierie. Ce catalogue de patrons a été validé en l'expérimentant dans des projets réels.

Les principaux apports de notre proposition sont :

- La proposition d'un catalogue de patrons pour l'ingénierie des SIP qui capitalise les savoir et les savoir-faire mis en œuvre dans l'ingénierie des SIP, couvre la complexité des connaissances gérées dans les SIP et propose diverses structurations pour organiser ces connaissances et faciliter leur gestion.
- La contribution à la formalisation de la gestion des données techniques en proposant un référentiel pour le domaine. Ce référentiel délimite l'ensemble des concepts gérés dans les SIP, propose un cadre terminologique et une sémantique à ces concepts et identifie les problèmes de structuration et de gestion associés aux divers concepts. Il propose par ailleurs de résoudre certains de ces problèmes.
- La définition d'une démarche générale pour construire les patrons. Si les patrons commencent à devenir un sujet commun du domaine de l'ingénierie des SI, leur ingénierie pose actuellement de nombreux problèmes et la mise en œuvre de cette forme d'ingénierie constitue une problématique de recherche.
- La contribution à la mise en place d'une nouvelle vision pour organiser les projets de spécification des systèmes d'information. Les approches classiques d'ingénierie de SI sont basées sur l'application de démarches et de modèles de spécification préétablis, ne tenant pas compte de la variabilité entre les organisations. L'approche proposée ici est contextuelle. Elle repose sur un ensemble de patrons dédiés au domaine étudié, indiquant comment adapter les connaissances qu'ils capitalisent, selon le contexte dans lequel elles sont utilisées.

Ce travail ouvre la voie à notre sens vers diverses perspectives de recherche qui se situent sur deux plans : un plan d'approfondissement de la recherche réalisée et un plan d'élargissement du domaine de la recherche.

Pour ce qui est de l'approfondissement du travail proposé, il serait intéressant dans un premier temps de compléter le catalogue de patrons proposé par d'autres patrons raffinant les patrons actuels. L'application du catalogue actuel sur des projets industriels a en particulier mis en évidence la difficulté à spécifier d'une façon détaillée la dynamique associée aux divers objets métiers identifiés. Par ailleurs, la définition de patrons logiciels SIP associés aux patrons métiers que nous avons proposés constitue un atout pour le cadre méthodologique proposé. Soulignons toutefois que la définition de ce type de patrons est extrêmement liée aux SGDT, des logiciels divers et en constante évolution. Dans un second temps, et en ce qui concerne l'expérimentation de la démarche proposée, il serait intéressant d'appliquer les patrons proposés dans d'autres projets industriels de spécification de SIP appartenant à des métiers et des secteurs d'activité variés. Dans le cadre de cette expérimentation, un développement de l'outillage proposé permettra de le valider et de tester ses capacités et ses limites à supporter la démarche proposée.

Les perspectives de notre travail s'articulent autour de deux axes:

1. **Les démarches d'ingénierie des SI à base de patrons** : il serait intéressant de "formaliser" les patrons (actuellement, la majorité des rubriques sont spécifiées en langue naturelle) afin de mieux les gérer et les organiser. Par ailleurs, l'ingénierie des patrons pour la réutilisation est un sujet de recherche essentiel. Nous avons proposé une première démarche pour identifier et spécifier les patrons, qu'il serait intéressant d'appliquer à l'ingénierie d'autres catalogues de patrons. La formalisation des processus d'ingénierie de SI *par* réutilisation de patron est également un sujet de recherche intéressant. L'expérimentation du catalogue de patrons SIP sur une application industrielle a mis en évidence le besoin pour formaliser les démarches de développement par réutilisation et les doter de mécanismes favorisant l'intégration systématique des patrons en facilitant la recherche, la sélection et surtout l'adaptation de patrons. Enfin, il serait intéressant d'étudier l'extension de l'utilisation des patrons pour la résolution de problèmes récurrents dans divers domaines d'ingénierie.
2. **La rationalisation de la gestion des données techniques du produit** : l'analyse de domaine que nous avons menée a été de nature exploratoire et a permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs problèmes liés à la structuration des données techniques et par suite à la rationalisation de leur gestion. Nous citons en particulier les problèmes de gestion des configurations de produits et de la gestion des évolutions des données produit. Certaines de ces perspectives sont déjà mises en œuvre. Elles ont donné lieu à deux sujets de thèse au sein de l'équipe systèmes d'information technique du laboratoire GILCO. En matière de processus SIP, la gestion du workflow

d'ingénierie fait émerger plusieurs questionnements de recherche pour mettre en œuvre notamment des workflow flexibles adaptés à des processus de forte variabilité tels que ceux de développement de produits. Enfin, la recherche que nous avons menée s'est focalisée sur les SIP en offrant un référentiel pour ce domaine et formalisant l'ensemble des connaissances qu'ils couvrent. Ce travail pose les jalons d'un projet plus ambitieux lié à l'organisation de l'ensemble des systèmes d'informations de l'entreprise, dédiés à la productique. Notre souhait est d'étudier les liens, tant au niveau conceptuel que technique, entre ce système essentiel dans l'entreprise avec divers autres systèmes d'information spécifiques à certaines fonctions de l'entreprise. La considération des aspects normatifs associés à ce problème est essentielle dans cette étude. Dans le cadre du projet régional OSCAR (Organisation de Simulations pour la Capitalisation et la Réutilisation), nous contribuons, dans le cadre d'un stage post-doctoral à l'intégration d'applicatifs spécifiques, dédiés aux simulations de produit et aux analyses fonctionnelles de produit dans le cadre du SIP global de l'entreprise.

## *Principales références bibliographiques*

- [Cauvet, 00] Cauvet C., Rieu D., Front-Conte A., Ramadour P., *Réutilisation dans l'ingénierie des systèmes d'information*, dans l'ouvrage collectif Conception des Systèmes d'Information, Rosenthal-Sabroux C. et Cauvet C., Hermès, 2000.
- [CIMdata, 97] CIMdata Inc., *Product Data Management : the definition. An introduction to concepts, Benefits, and Terminology*, (<http://www.cimdata.com/>), 1997.
- [Coad, 92] Coad P., *Object-Oriented Patterns, Communications of the ACM*, Vol 35, N°9, September 1992.
- [Duong, 00] Duong P.Q., *Spécification d'une démarche de développement à base de patterns*, Mémoire de fin d'études de l'Institut de la Francophonie pour l'Informatique, Vietnam - Laboratoire LSR/INPG, France. Septembre 2000.
- [Gamma, 95] Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J., *Design Patterns, Elements of reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- [Maurino, 93] Maurino M., *La gestion des données techniques – Technologie du concurrent engineering*, Ed. Masson, Paris, 1993.
- [Muller, 97] Muller P.A., *Modélisation objet avec UML*, Ed. Eyrolles, 1997.
- [OMG, 97] Object Management Group, *The Unified Modeling Language*, Release 1.1, Reference Manual, 1997.
- [Randoing, 95] Randoing J-M, *Les SGDT*, Ed. Hermès, Paris, 1995.
- [Rieu, 99] Rieu D., Giraudin J.P., Saint-Marcel C., *Réutilisation et patrons d'ingénierie*, Chapitre dans l'ouvrage collectif « Génie Objet – analyse et conception de l'évolution d'objets ». C. Oussalah, Ed Hermes, 1999.
- [Rolland, 96] Rolland C., *L'ingénierie des processus de développement de systèmes : un cadre de référence*, Revue Ingénierie des Systèmes d'Information, Ed. Hermès, Vol 4, n°6, 1996.
- [Semmak, 98] Semmak F., *Réutilisation de composants de domaine dans la conception des systèmes d'information*, thèse de doctorat de l'université Paris I, spécialité Informatique, 1998.
- [Tollenaere, 99] Tollenaere M., *Internet, Intranet, SGDT : couvertures fonctionnelles et complémentarités*, Journée PRIMECA, IFMA, Clermont-Ferrand, 10 juin 1999.