
Adaptation dynamique de processus métier

Application au circuit du médicament à l'AP-HM

Renaud Angles*,** — Philippe Ramadour** — Corine Cauvet** —
Sophie Rodier*

* Assistance Publique – Hôpitaux de Marseille / DSIO
147, Boulevard Baille
13005 Marseille, France

{prenom.nom}@ap-hm.fr

** Aix-Marseille Université – LSIS (UMR CNRS 7296)

Domaine universitaire de St Jérôme, Av. Escadrille Normandie-Niemen
13397 Marseille cedex 20, France

{prenom.nom}@lsis.org

RÉSUMÉ. *La variabilité est une caractéristique des processus de santé dont la diversité des cas de mise en œuvre fait émerger le besoin de maîtriser leur modélisation, leur gestion et leur adaptation à des environnements fortement dynamiques. La recherche menée au sein de l'AP-HM s'inscrit dans cette problématique. Elle est appliquée au circuit du médicament et elle a conduit à développer l'approche V-BPMI pour la description, la gestion et l'adaptation de processus métier. Ce papier concerne l'adaptation et présente une solution d'adaptation dynamique. Partant d'une base de lignes et de variantes de processus, un nouveau processus à déployer dans un environnement particulier est construit dynamiquement. La vision intentionnelle et contextuelle des processus est le point fort de l'approche.*

ABSTRACT. *Variability is inherent in health processes and the diversity of implementation cases implies the need to control the modeling and management of those processes as well as their adaptation to highly dynamic environments. Research conducted within the AP-HM fits into this problematic. It is applied to the medication circuit and has led to the proposal of the V-BPMI approach for the description, management and adaptation of business processes. This paper treats the adaptation and presents a solution for dynamic adaptation. Starting from a database of process lines and process variants, a new process is dynamically constructed and deployed in a specific environment. Intentional and contextual descriptions of processes are the key point of the approach.*

MOTS-CLÉS : *Processus métier, processus de santé, variabilité des processus, ligne de processus, variante de processus, adaptation dynamique.*

KEYWORDS: *Business process, health care processes, process variability, process line, process variant, dynamic adaptation.*

1. Introduction

Il existe une corrélation forte entre la qualité d'un produit (ou service) offert par une entreprise et celle de son processus d'élaboration. Si l'intérêt porté sur les processus existe depuis longtemps dans l'industrie, au contraire, dans d'autres domaines tels que la santé, alors que la qualité de service est considérée comme un enjeu majeur (Berry and Bendapudi, 2007), force est de constater que les processus restent souvent encore à découvrir (Lenz and Reichert, 2007; Reichert, 2011). De plus, dans les services aux patients, l'information et la connaissance sont essentielles et les systèmes d'information (SI) jouent un rôle important.

Les recherches en SI ont récemment fait émerger un nouveau modèle de SI appelé PAIS (Process-Aware Information Systems) et défini dans (Dumas et al., 2007) par « *A software system that manages and executes operational processes involving people, applications and/or information sources on the basis of process models* ». Dans ce nouveau modèle, les processus répondent au besoin d'alignement entre le métier et le SI et garantissent l'indépendance entre la logique des applications et leur codage informatique. En cherchant à appliquer ce nouveau modèle de SI aux processus de santé, on est confronté au problème de la forte variabilité de ces processus, ce qui constitue une différence importante entre les processus de santé et des processus de type industriel ou administratif.

Sur le plan de la recherche scientifique, la problématique de la variabilité des processus est double : (i) l'expression de la variabilité dans les modèles de processus (Rosemann and Recker, 2006; Vervuurt, 2007) et (ii) l'adaptation des modèles de processus (Weber et al., 2008; Andonoff et al., 2012; Weske, 2012) pour répondre aux spécificités des environnements dans lesquels ils doivent être déployés.

La recherche menée à l'AP-HM (Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille) s'inscrit dans cette double problématique et est appliquée au circuit du médicament (CDM). Dans ce contexte, nous développons l'approche V-BPMI (*Variability-oriented Business Process Modeling and Implementation*) pour la description, la gestion et l'adaptation de processus métier.

Ce papier concerne la facette adaptation de processus et présente une solution d'adaptation dynamique. Un processus devant être déployé dans un environnement particulier est construit dynamiquement par sélection/composition de lignes de processus et de variantes partagées ; son exécution peut être réalisée simultanément à sa production. La vision intentionnelle et contextuelle, utilisée pour exprimer la variabilité des processus et pour les adapter, est le point fort de l'approche.

Le papier est organisé en 6 parties. La partie 2 décrit le circuit du médicament et les exigences liées à son adaptation. La partie 3 présente le modèle de structuration des processus, en particulier les concepts de lignes de processus et de variantes de processus. La partie 4 propose une solution pour l'adaptation dynamique. Une revue de travaux similaires est faite dans la partie 5. La partie 6 conclut le papier.

2. Le circuit du médicament (CDM)

L'AP-HM (Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille) est constituée de quatre sites hospitaliers majeurs disposant chacun d'une pharmacie. Les pharmacies jouent un rôle central dans le processus de circulation du médicament au sein de ces sites.

2.1. Présentation du circuit du médicament

Ce processus est au centre de la qualité du service de soins aux patients dans l'hôpital. Il s'agit d'un circuit complexe composé de nombreux sous-processus. À un très haut niveau d'abstraction, on peut considérer trois phases majeures : la prescription, la dispensation, puis l'administration.

La **prescription** est effectuée par le médecin en service hospitalier. Ce service transmet la demande à la pharmacie afin de recevoir les médicaments nécessaires ou reconstituer son stock. Une fois les prescriptions ou demandes validées par les pharmaciens, les préparateurs en pharmacie réalisent les préparations qui sont acheminées jusqu'aux services demandeurs. Il s'agit de la phase de **dispensation**¹. Enfin, les infirmiers procèdent à l'**administration** des médicaments aux patients.

L'ANAP (Agence Nationale d'Appui à la Performance) propose une description du CDM (GMSIH, 2008; ANAP, 2012)² et distingue 6 cas entraînant dans sa mise en œuvre des différences qui sont la conséquence de spécificités liées au type des produits, au lieu d'administration ou au type de dispensation par exemple.

2.2. Les exigences de l'adaptation du circuit du médicament

Un besoin prégnant en milieu hospitalier est la sécurisation du circuit du médicament (Montana et al., 2009). Face à un processus qui doit respecter à la fois des contraintes générales (réglementaires, sanitaires, ...) et des spécificités liées à chaque site, modéliser ce processus et réutiliser des fragments approuvés permet de gagner en productivité tout en garantissant la qualité et la sécurité.

L'adaptation du processus passe par la satisfaction de nouvelles exigences : (i) la définition de modèles de processus, (ii) le partage de termes et de concepts pour la description des processus et de leur contexte de mise en œuvre (iii) la gestion des processus et de leurs variantes avec des outils de recherche et de sélection dédiés.

La circulation du médicament nécessite la mise en œuvre de nombreux processus ayant chacun plusieurs cas spécifiques de déploiement. Les acteurs mettant en œuvre ces processus ont besoin de les comprendre. L'activité de **modélisation des**

¹. Dans la suite de cet article, tous les exemples et illustrations sont tirés de la partie « dispensation » du processus de circulation du médicament.

² L'étude concernant ce circuit se limite au côté « dispensation » du processus.

processus permet de documenter ces processus et de les rationaliser. Dans le cadre du circuit du médicament, le processus doit pouvoir être décrit à un niveau générique, en faisant abstraction des différents cas de mise en œuvre possibles, et à un niveau opérationnel, pour être mis en œuvre dans un cadre spécifique.

Pour produire et utiliser des modèles de processus partageables, il faut établir un référentiel commun. Il est indispensable de mettre en place une base terminologique définissant et rationalisant les termes utilisés dans la description des processus (une ontologie de domaine par exemple). Les modèles de processus doivent pouvoir être partagés par des entités différentes (par exemple, les quatre hôpitaux de l'AP-HM) afin d'éviter des doublons entre sites et de centraliser les efforts de modélisation et de sécurisation. Il faut aussi noter que les « fournisseurs » de modèles de processus peuvent être différents de ceux qui les réutilisent. Dans le domaine des processus de santé, des modèles généraux sont proposés au niveau national et les sites hospitaliers les déploient en les adaptant. L'AP-HM doit fournir un modèle de processus (ou des parties) pour le CDM qui doit pouvoir être déployé dans ses quatre hôpitaux alors que la terminologie n'est pas unifiée. Il est donc nécessaire de mettre en place une **ontologie partagée du domaine** à laquelle les modèles de processus utilisés doivent donc faire référence. Cette ontologie est en cours d'élaboration par les professionnels de la santé de l'AP-HM en collaboration avec des modélisateurs. Elle ne sera pas détaillée dans ce papier.

Dans le cadre des quatre pharmacies principales de l'AP-HM, on constate que diverses procédures existent, nécessitant de mettre en œuvre les mêmes processus métiers mais en tenant compte des contraintes de chaque pharmacie. Il n'existe pas à l'heure actuelle au sein de l'AP-HM d'approche systématique pour organiser, fédérer et gérer toutes ces spécificités. Les contraintes pesant sur l'exploitation de ce processus évoluent rapidement et il est compliqué d'assurer une évolution cohérente du modèle. Il est donc nécessaire de proposer des **outils permettant de structurer, de gérer et d'exploiter la variabilité** inhérente à ce processus **et de guider son adaptation aux différents environnements dans lesquels on veut le déployer.**

2.3. Identification des contraintes d'adaptation

À un niveau macroscopique, les pharmacies ont toutes la même fonction et les mêmes objectifs, mais elles disposent de moyens différents pour les mener à bien et présentent, à un niveau d'abstraction moins élevé, des différences notoires (GMSIH, 2008; ANAP, 2012). Il est possible d'identifier quatre types de contraintes impactant un processus : légales, organisationnelles, environnementales et techniques.

L'environnement juridique encadrant le CDM est très réglementé et la législation évolue en permanence, imposant à l'hôpital de remanier son organisation avec beaucoup de réactivité. Par exemple, la dispensation de certains produits (produit soumis à la chaîne du froid, médicaments dérivés du plasma, ...) est soumise à des réglementations strictes. Ce sont des **contraintes légales**. La taille de la pharmacie a

également des conséquences sur la façon de mettre en œuvre un même processus, comme la superficie a un impact sur la politique de constitution des stocks. De façon générale, nous qualifions les aspects liés à l'environnement de déploiement du processus (notamment les ressources) de **contraintes environnementales**. Un même processus peut se dérouler différemment selon la personne qui le réalise. Il s'agit alors de cas particuliers dépendant de l'organisation de l'équipe ou du service chargé de la mise en œuvre du processus. On parle de **contraintes organisationnelles** dans ce cas. Enfin, les logiciels utilisés ne sont pas forcément les mêmes dans les 4 pharmacies de l'AP-HM. Il s'agit de **contraintes techniques**.

L'ensemble des exigences pour l'adaptation du circuit du médicament a motivé la solution V-BPMI présentée dans les sections suivantes.

3. V-BPMI : une méthode permettant la description de processus flexibles

Dans cette partie, nous présentons les différents concepts pour la modélisation de la variabilité introduits par V-BPMI.

3.1. Vue d'ensemble de la méthode

V-BPMI est une méthode permettant la production et l'exploitation de modèles de processus centrés sur la variabilité (cf. Figure 1).

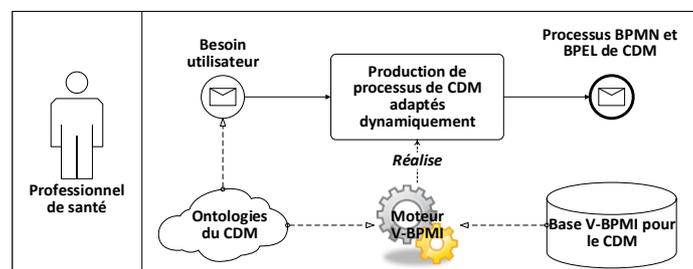


Figure 1. Vue générale de V-BPMI

Elle est basée sur une vision *intentionnelle* et *contextuelle* des processus : V-BPMI considère qu'un processus est mis en œuvre pour atteindre un but précis, c'est la dimension intentionnelle, et que ce but peut être atteint de différentes façons selon le contexte dans lequel il doit être satisfait, c'est la dimension contextuelle. Cette vision a abouti au langage V-BPMN (*Variability-oriented Business Process Model and Notation*) qui « embarque » le langage BPMN (OMG, 2011) et y ajoute des notions permettant la prise en compte de la double orientation intentionnelle et contextuelle de V-BPMI. Le langage BPMN (*Business Process Model and Notation*)

fournit un mécanisme lié à l'expression de variabilité dans un processus : c'est le rôle des processus *ad hoc*. Cependant, ce concept n'offre aucune formalisation de la variabilité ni d'aide à son exploitation, et ce bien que l'OMG ait défini le standard BMM (*Business Motivation Model*) dans lequel la notion de but est introduite (OMG, 2003).

V-BPMI permet la production de modèles opérationnalisables BPMN adaptés et de modèles exécutables BPEL (*Business Process Execution Language*) (White, 2005) orientés services. Cette production est réalisée selon un cycle itératif d'adaptation dynamique permettant, pour un contexte donné, de fixer les choix de variabilité, afin que les modèles produits soient adaptés à ce contexte spécifique.

Le métamodèle des concepts de V-BPMI et l'architecture de l'approche sont détaillés dans (Angles et al., 2013).

3.2. Lignes de processus, variantes de processus et ontologies

L'approche V-BPMI repose principalement sur une base (appelée « base V-BPMI »³) dans laquelle sont mémorisées des *lignes de processus* et des *variantes de processus*. V-BPMI propose un langage, V-BPMN, associé à une notation graphique permettant de représenter ces concepts (cf. Figure 2, les symboles \oplus indiquent qu'il s'agit d'une forme « réduite des concepts »⁴).

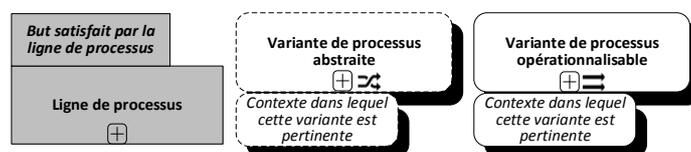


Figure 2. Notations graphiques V-BPMN

Une **ligne de processus** abstrait l'ensemble des façons (*i.e.* l'ensemble des processus métiers) permettant de satisfaire un but métier. Ce concept est similaire à celui des lignes de produits (Klaus Pohl et al., 2005) utilisé dans le monde du génie logiciel et, depuis plus longtemps, dans le monde de l'industrie. Une ligne de processus est caractérisée par un **but** et est associée à des **variantes** satisfaisant toutes ce but. Un but est l'expression d'un objectif à satisfaire. Un but peut être de plus ou moins haut niveau (*i.e.* de niveau stratégique ou de niveau technique) : (*Assurer l'approvisionnement du stock de la pharmacie*)_{But} est un exemple de but stratégique et (*Réceptionner une livraison*)_{But} est un exemple de but technique.

³ Dans la suite de l'article, la « base V-BPMI » désigne la base contenant les lignes de processus et les variantes de processus.

⁴ Les notions de forme « réduite » ou « étendue » se rapportent aux notions équivalentes de BPMN (sous-processus « réduit » ou « étendu »).

Une **variante de processus** contient un processus V-BPMN et est associée à un contexte. Le processus V-BPMN permet de satisfaire le but de la ligne de processus à laquelle la variante est associée et ce de façon pertinente dans le contexte caractérisant la variante. Un **contexte** permet de décrire et d'identifier sans ambiguïté le cadre spécifique dans lequel le processus V-BPMN d'une variante peut être mis en œuvre de façon adaptée. Un contexte est une conjonction (*AND*) d'assertions contextuelles. Les assertions contextuelles sont typées (assertions législatives, assertions portant sur les ressources disponibles, ...) et peuvent être négativées par un opérateur de négation (*NOT*). Par exemple, le but (*Ranger un produit livré par un fournisseur dans le stock de la pharmacie*)_{But} peut être satisfait dans une pharmacie disposant d'étagères et d'un robot mais aussi dans une pharmacie disposant uniquement d'étagères. Ces deux pharmacies sont donc autant de cas spécifiques de mise en œuvre de processus satisfaisant le but précédent (cf. Figure 3). Si l'on considère ce but dans le cas d'une pharmacie disposant d'un robot de dispensation et d'étagères, le contexte associé au déploiement et à la mise en œuvre du processus satisfaisant ce but est le suivant : $((\text{Mode de stockage} = \text{Robot})_{\text{Ressource}} \text{ AND } (\text{Mode de stockage} = \text{Étagères})_{\text{Ressource}})_{\text{Contexte}}$.

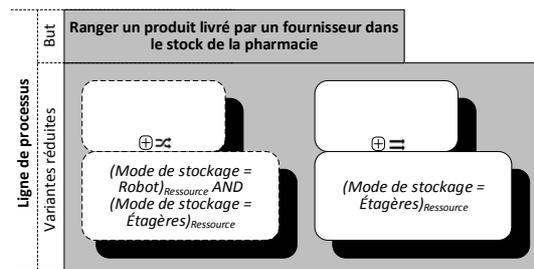


Figure 3. Exemple de ligne de processus associée à deux variantes

Toutes les variantes associées à une même ligne de processus sont discriminées par leur contexte⁵ et présentent donc des processus V-BPMN différents.

Pour être mis en œuvre, le processus V-BPMN d'une variante peut nécessiter la satisfaction de buts. On distingue alors les **variantes opérationnalisables**, pour lesquelles il ne reste pas de variabilité à fixer (*i.e.* qui ne nécessitent pas la satisfaction de buts) et décrites selon le formalisme BPMN, des **variantes abstraites**, pour lesquelles il reste de la variabilité à fixer (*i.e.* qui nécessitent la satisfaction de buts) avant de pouvoir mettre en œuvre les processus V-BPMN associés. Elles font donc référence à au moins une ligne de processus. Par exemple, la variante de gauche de la Figure 3 contient, sous sa forme étendue, une référence à

⁵ Un contexte étant vu comme une conjonction d'assertions contextuelles, dire que des contextes sont différents ne revient pas à dire qu'ils sont disjoints : ils peuvent avoir une intersection ou l'un être inclus dans l'autre, ils n'en restent pas moins différents.

une ligne de processus (cf. Figure 4). Ceci est dû au fait qu'il existe deux manières d'approvisionner le robot : (i) automatiquement *via* un module dans lequel tous les produits sont déversés et à partir duquel le robot détecte et range chaque boîte ou (ii) en scannant manuellement chaque boîte avant de la disposer sur un tapis où elle est récupérée et rangée par le robot.

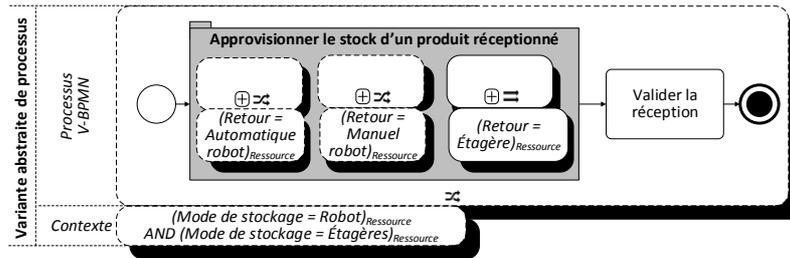


Figure 4. Exemple de variante abstraite

Enfin, V-BPMI utilise une **ontologie de domaine** (Gruber, 1993; Guarino, 1998; Dmitrieva and Verbeeck, 2008) qui permet d'établir un lien formel entre l'organisation, sa stratégie et les modèles de processus V-BPMN. Elle contient notamment une définition de l'ensemble des *buts* et des *contextes* utilisés dans la production de modèles de processus flexibles, ainsi que des *acteurs*, des *processus* et des *ressources* du domaine. Cette ontologie est actuellement en cours d'élaboration au sein de l'AP-HM, *via* une collaboration entre les professionnels de santé et des modélisateurs. Elle est actuellement décrite en OWL (W3C, 2012), mais ce choix reste encore à confirmer, et l'ontologie doit encore être complétée et validée.

3.3. Structuration de la base V-BPMI

La base de lignes de processus et de variantes de processus utilisée par V-BPMI est structurée par des liens statiques. Une ligne de processus peut être associée à plusieurs variantes : toutes ces variantes sont discriminées par leur contexte et permettent de satisfaire le but décrivant la ligne de processus. Ceci peut, pour chaque but, et donc chaque ligne de processus, être représenté par un *arbre de variabilité* à deux niveaux dans lequel le but/la ligne de processus est la racine et les contextes/les variantes associé(e)s sont les feuilles. Le lien statique unissant la racine à chaque feuille est un lien OU (choix exclusif : les contextes identifiant les variantes d'une même ligne de processus étant différents⁵). La base V-BPMI peut être vue comme une « forêt » d'arbres de variabilité (cf. Figure 5), un par but/ligne de processus présent(e) dans la base, indépendants les uns des autres.

La section suivante montre l'utilisation de la base V-BPMI et des arbres de variabilité pour l'adaptation dynamique de processus.

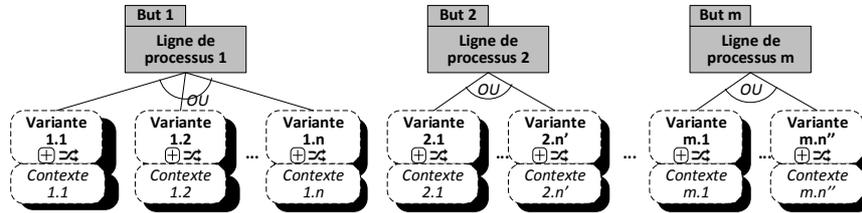


Figure 5. La base V-BPMI : une forêt d'arbres de variabilité

4. Adaptation dynamique de processus

La méthode V-BPMI permet de produire des processus adaptés dynamiquement. Cette production est initiée par un *besoin utilisateur* et fournit un processus BPMN, opérationnalisé par un processus BPEL, permettant de satisfaire ce besoin. Le moteur V-BPMI déroule un *cycle d'adaptation dynamique*.

4.1. Le besoin utilisateur

Le besoin utilisateur est exprimé au moyen d'un but (celui que l'utilisateur souhaite satisfaire) et d'un contexte (celui dans lequel le but doit être satisfait) (cf. Figure 6). Ils peuvent être formulés en s'appuyant sur les sous-ontologies de buts et de contextes (l'idée étant de guider l'utilisateur dans l'expression d'un but et d'un contexte dont la formulation est cohérente avec le contenu de l'ontologie).

Besoin métier	But	Réceptionner une livraison
	Contexte	(Mode de stockage = Robot) _{Ressource} AND NOT(Type de livraison = Dépôt-vente) _{Environnement}

Figure 6. Exemple de besoin métier

4.2. Le cycle d'adaptation dynamique

Le cycle d'adaptation dynamique est organisé en quatre activités (cf. Figure 7). Il est itératif (du point de vue dynamique) et incrémental (du point de vue statique, *i.e.* le processus BPMN étant produit progressivement à travers les itérations).

Le cycle d'adaptation, dans sa globalité, et les phases qui le composent doivent être « outillés » par des opérateurs qui sont en cours de définition.

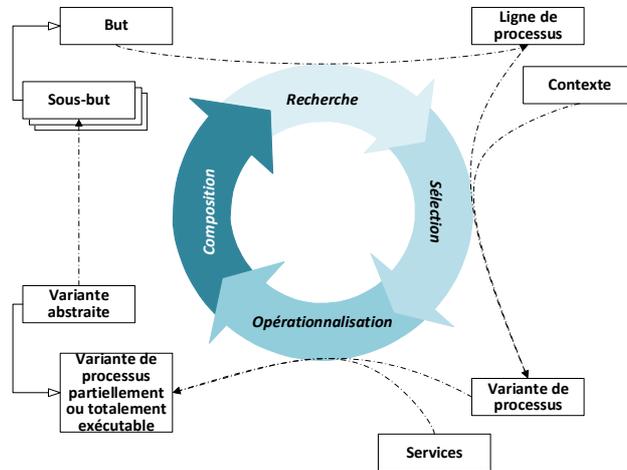


Figure 7. Le cycle d'adaptation dynamique

La phase de **recherche** requiert la formulation d'un but (initialement le but du besoin utilisateur). Le moteur V-BPMI détermine, en se basant sur l'ontologie du domaine et des opérateurs de comparaison de buts, la ligne de processus la plus à même de satisfaire le but exprimé. Si aucune ligne de processus ne permet de satisfaire ce but, l'utilisateur a la possibilité d'en créer « manuellement » une *ad hoc*, qui sera rajoutée à la base V-BPMI ou de reformuler le but de son besoin.

Une fois une ligne de processus choisie, il faut déterminer le cadre dans lequel elle doit être mise en œuvre. Cela passe par la phase de **sélection** durant laquelle le contexte du besoin est pris en compte. Le moteur V-BPMI établit un degré de similarité, *via* des opérateurs de comparaison de contextes et à l'aide de l'ontologie du domaine, entre le contexte précisé dans le besoin et les contextes caractérisant les variantes associées à la ligne de processus choisie dans la phase de recherche. Cette étape permet la sélection d'une variante associée à la ligne de processus. En l'absence de variante satisfaisante, l'utilisateur peut choisir une variante existante au contexte similaire (le contexte du besoin est modifié) ou proposer une nouvelle variante correspondant au contexte courant, produite de manière *ad hoc* et qui enrichira la base V-BPMI et sera associée à la ligne de processus préalablement sélectionnée. La variante sélectionnée (ou produite) fournit un processus V-BPMN avec un ordonnancement des activités à réaliser dans le contexte spécifié.

La phase d'**opérationnalisation** permet de spécifier la façon dont toutes ou certaines des activités du processus V-BPMN de la variante sélectionnée vont être mises en œuvre. Les activités visées sont les activités élémentaires (tâches BPMN). Ceci se concrétise au niveau technique par le choix des web services qui seront effectivement invoqués pour réaliser ces tâches. À ce niveau, la variante est totalement (si elle ne contient que des tâches BPMN) ou partiellement

opérationnalisée. Si la variante est abstraite (*i.e.* si elle fait référence à au moins une ligne de processus), il faut alors réitérer le cycle d'adaptation dynamique et intégrer le résultat de cette itération en son sein (voir composition ci-dessous). Si la variante est opérationnalisable, c'est donc un « simple » processus BPMN pouvant être « traduit » *via* des mécanismes classiques en BPEL, puis déployé et exécuté.

La phase de **composition** permet d'intégrer les lignes de processus référencées depuis la variante produite à la phase précédente (si elle est abstraite) : ce sont autant de sous-buts pour lesquels il est nécessaire de refaire une itération dans le cycle d'adaptation. Itération après itération, on obtient des processus BPMN pouvant être « intégrés » dans la variante à la place des lignes de processus référencées.

Il n'est pas nécessaire d'attendre la fin des itérations pour opérationnaliser le processus produit : dès qu'un fragment BPMN est produit, il est opérationnalisé en BPEL et peut être mis en œuvre. Les évolutions de contexte induites par la mise en œuvre des activités sont prises en compte dynamiquement. Par exemple, la réception d'une livraison permet de déterminer le type de produits qu'elle contient et donc de le mode de stockage adéquat (qui n'est pas nécessairement connu en début de processus). Le cycle offre donc un support à l'adaptation dynamique : la production d'un processus adapté se réalise simultanément à son exécution.

4.3. *Vers des graphes d'adaptation dynamique*

La base V-BPMI, contenant les lignes de processus et les variantes de processus, est structurée statiquement en forêt d'arbres de variabilité (cf. Figure 5) liant buts/lignes de processus aux contextes/variantes par un lien de choix (*OU exclusif*). Ainsi, lors d'une itération dans le cycle d'adaptation dynamique :

- La phase de recherche fournit en sortie un des arbres de cette forêt : celui dont la ligne de processus racine permet de satisfaire le but du besoin utilisateur.
- La phase de sélection, à partir de cet arbre, fournit en sortie une des variantes apparaissant en tant que feuille de l'arbre : celle dont le contexte correspond au contexte du besoin utilisateur.
- La phase d'opérationnalisation permet de réaliser partiellement ou totalement cette variante en liant les tâches élémentaires à des services.
- La phase de composition permet d'établir dynamiquement des liens entre une variante abstraite (partiellement opérationnalisée) et d'autres arbres de variabilité (cf. Figure 8). En effet, une variante abstraite fait référence à au moins une ligne de processus. Pour pouvoir réaliser la variante totalement, il faut donc chercher dans la base d'autres arbres de variabilité qui indiquent comment ces lignes de processus peuvent être mises en œuvre (par de nouvelles itérations dans le cycle). Ainsi, la variante abstraite, *via* les lignes de processus référencées en son sein, est dynamiquement liée, par des liens *ET*, aux arbres de variabilité dont ces lignes de processus sont les racines respectives.

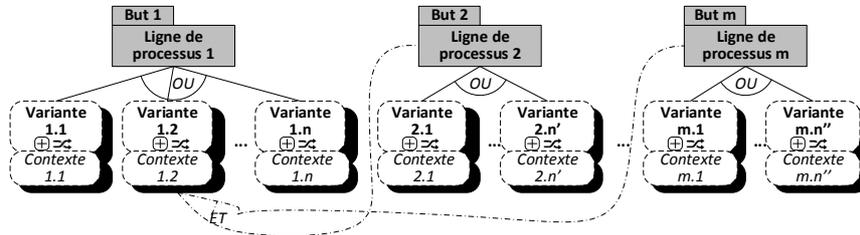


Figure 8. Liens dynamiques entre arbres de variabilité

Lier dynamiquement des arbres de variabilité permet de générer un *graphe d'adaptation dynamique* pendant les itérations du cycle d'adaptation (cf. Figure 9).

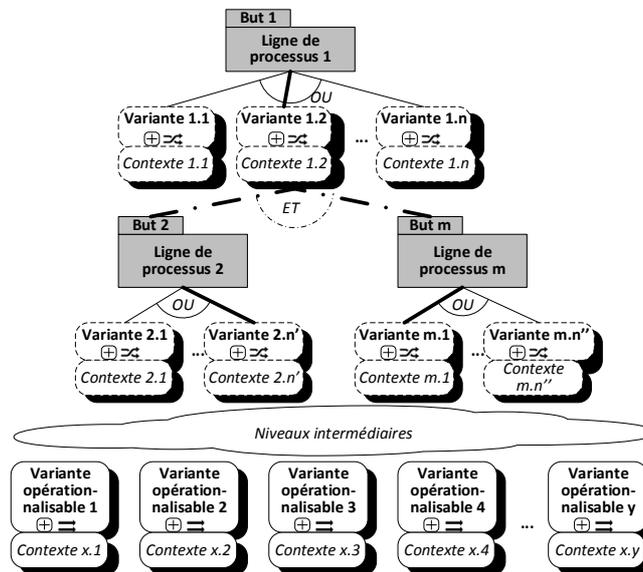


Figure 9. Graphe d'adaptation dynamique

Dans la Figure 9⁶, les liens gras sont ceux qui ont effectivement été « suivis » pour répondre au besoin initial :

- Parmi tous les liens *OU* situés sous une ligne de processus, un seul peut être « suivi » (en fonction de la similarité entre le contexte du besoin utilisateur et le contexte de la variante vers laquelle ce lien conduit).

⁶ Contrairement à ce que pourrait laisser penser cette figure, toutes les feuilles (qui sont toutes des variantes opérationnalisables) ne sont pas forcément à la même profondeur.

– Tous les liens *ET* construits dynamiquement depuis une variante abstraite sur laquelle on s'est positionné doivent être « suivis ».

5. État de l'art

La problématique de l'adaptation est étudiée dans différents domaines de recherche. Par exemple, en production et logistique, C-EPC (Mendling et al., 2006), extension de EPC et de ARIS (Scheer, 2000), aborde cette problématique. Nous nous limitons dans cet article à étudier des approches du domaine des SI.

Dans ce domaine, l'adaptation est un sujet traité par de nombreuses communautés (Lopisteguy et al., 2012) (interfaces homme-machine, architectures, ingénierie des méthodes, ingénierie du logiciel, ...). En particulier, la variabilité en tant que solution à la problématique de l'adaptation a été largement abordée, par exemple avec les lignes de produits (Klaus Pohl et al., 2005; Metzger et al., 2007). La vision processus des SI a fait émerger un courant de recherche sur l'ingénierie des processus dans lequel de nombreux auteurs s'intéressent aussi à la variabilité (Ayora et al., 2011; Denekere et al., 2011). Les propositions sont le plus souvent orientées sur l'expressivité des métamodèles de processus en termes de variabilité.

Dans l'approche PROVOP (Hallerbach et al., 2010), un *processus générique* est modélisé comme un graphe d'activités contenant des *points d'ajustement* permettant d'identifier les zones variables du graphe. Ces zones sont modifiées par des *options*, constituées d'*ajustements* (ajout ou suppression d'activités, ...) afin d'obtenir des processus adaptés. Il est possible de combiner les options selon des *règles*. Le choix des options est cependant difficile à faire sur des modèles contenant de nombreuses options, puisque celles-ci ne sont pas liées formellement aux besoins utilisateurs et à la stratégie de l'entreprise. V-BPMI permet d'identifier les zones de variabilité, en accord avec le contexte, à l'aide des lignes de processus et des variantes.

Un modèle BPCN (Ruopeng et al., 2006, 2009) est composé d'une *ossature* d'activités figée ou faiblement variable, entrecoupée d'ensembles *ad hoc* d'activités non ordonnées et de *contraintes de sélection et d'ordonnancement* « pesant » sur chacun de ces ensembles d'activités *ad hoc*. La composition de processus BPCN ne permet pas de spécifier un cadre formel d'application pour un processus donné. V-BPMI apporte un élément de solution en documentant formellement les variantes et donc le cadre dans lequel elles peuvent être utilisées pour la composition.

Le couplage DECLARE/YAWL (Aalst and Hofstede, 2005; Pesic et al., 2007) propose de modéliser un processus par un ensemble de *règles*. Il s'agit d'un paradigme déclaratif basé sur l'expression de *contraintes* (obligatoires ou optionnelles) et de *modèles de contraintes*, pour offrir une plus grande flexibilité. Un modèle DECLARE ne contient pas d'ossature et tout processus en conformité avec les contraintes exprimées peut être produit. Ces *modèles de contraintes* présentent certaines similarités avec les assertions contextuelles qui permettent d'identifier les

variantes adéquates en V-BPMI, à ceci près que ces dernières permettent un lien direct entre les modèles et les contraintes métier.

Si les concepts introduits dans ces approches sont adaptés à l'expression de la variabilité des activités et de l'ordonnement des activités dans un processus, peu de propositions intègrent des concepts formalisés permettant le déploiement de processus flexibles en entreprise. La prise en compte formelle des notions de but et de contexte semble être un moyen de supporter ce déploiement. Dans (Chaabane et al., 2010), les *versions de processus* sont associées à un but et un contexte. Dans (Nurcan and Edme, 2005), la notion d'*intention* associée à la description d'un processus permet d'intégrer de la variabilité qui sert à l'adaptation. La notion de *contexte* est proposée dans (Saidani and Nurcan, 2009) pour considérer la variabilité sur la dimension organisationnelle d'un processus, en particulier sur le rôle des acteurs. Certaines approches proposent des mécanismes d'adaptation pour permettre à l'utilisateur d'effectuer des changements sur les modèles de processus (Rosemann et al., 2008). La problématique de l'adaptation des processus reste ouverte sur le plan du guidage et de l'automatisation. Dans V-BPMI, les notions de but et de contexte permettent d'exprimer le besoin d'adaptation et de le traiter par un cycle qui guide la sélection et la composition de fragments existants.

6. Conclusion

Le travail présenté dans ce papier concerne l'adaptation des processus à des environnements particuliers et il est appliqué au circuit du médicament. La recherche est menée au sein de l'AP-HM et a permis de définir une nouvelle méthode de modélisation de processus dans laquelle un processus n'est pas réduit à un ordonnancement d'activités mais est considéré avec sa finalité (exprimée par un but) et un contexte. Cette vision permet de disposer d'une base structurée dans laquelle sont gérées des lignes de processus et des variantes : la base V-BPMI. Ce papier montre l'intérêt de la vision intentionnelle et contextuelle des processus pour construire dynamiquement des processus adaptés à différents environnements. En cherchant à réaliser un but dans un contexte, le cycle d'adaptation compose dynamiquement des lignes de processus, il sélectionne des variantes au regard du contexte et, *in fine*, il construit un processus exécutable. L'utilisation d'une ontologie est essentielle pour établir les correspondances entre le but et le contexte exprimant un besoin avec les lignes et les variantes de processus disponibles.

L'approche V-BPMI est en cours d'élaboration en collaboration avec l'AP-HM, qui fournit la connaissance métier. Les professionnels de la santé participent à la proposition et à la validation expérimentale des concepts. En l'état actuel, la base V-BPMI est en cours de déploiement et l'ontologie en cours de définition. Les méthodes de production et de réutilisation de lignes de processus et de variantes restent à formaliser et à outiller.

La recherche sur le cycle d'adaptation se poursuit par la définition d'opérateurs de correspondances portant sur les buts et les contextes. Ces opérateurs doivent exploiter les principes de décomposition de buts en sous-but et d'inclusion entre contextes. L'implantation de ces opérateurs et du cycle d'adaptation doit à terme permettre de disposer au sein de V-BPMI d'un moteur orienté vers la satisfaction de buts dans des contextes donnés. Par ailleurs, cette recherche se poursuit aussi sur les aspects méthodologiques pour guider la conception d'une base V-BPMI.

7. Bibliographie

- Aalst, W. M. P. van der, and A. H. M. ter Hofstede, 2005, YAWL: Yet Another Workflow Language: *Information Systems*, v. 30, no. 4, p. 245–275.
- ANAP, 2012, Sécuriser la prise en charge médicamenteuse du patient. La délivrance nominative des médicaments dans les établissements de santé.
- Andonoff, E., C. Hanachi, and S. Nurcan, 2012, L'adaptation des processus d'entreprise, *in* P. Lopisteguy, D. Rieu, and P. Roose, eds.
- Angles, R., C. Cauvet, P. Ramadour, and S. Rodier, 2013, V-BPMI: a Variability-oriented Framework for Web-based Business Processes Modeling and Implementation, *in* RCIS 2013.
- Ayora, C., V. Torres, and V. Pelechano, 2011, Dealing with Variability in Business Process models: An Evaluation Framework: p. Technical Report, ProS-TR-2011-05.
- Berry, L. L., and N. Bendapudi, 2007, Health Care: A Fertile Field for Service Research: *Journal of Service Research*, v. 10, no. 2, p. 111–122.
- Chaabane, M. A., E. Andonoff, R. Bouaziz, and L. Bouzguenda, 2010, Modélisation multidimensionnelle des versions de processus: *Ingénierie des systèmes d'information*, v. 15, no. 5, p. 89–114.
- Denekere, R., E. Kornysheva, and I. Rychkova, 2011, Des lignes de processus aux familles de processus: INFORSID.
- Dmitrieva, J., and F. J. Verbeeck, 2008, Formal Ontology in Information Systems, *in* C. Eschenbach, and G. Michael, eds., *Information Visualization from Ontology*: p. 19–24.
- Dumas, M., W. M. P. van der Aalst, and A. H. M. ter Hofstede, 2007, Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software through Process Technology: *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, no. 3, p. 455–456.
- GMSIH, 2008, Informatisation du circuit du médicament et DMS - architecture cible et son intégration dans le système d'information de production de soins.
- Gruber, T. R., 1993, A Translation Approach to Portable Ontology Specifications.
- Guarino, N., 1998, Formal Ontology and Information Systems, *in* *Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS*: p. 3–15.
- Hallerbach, A., T. Bauer, and M. Reichert, 2010, Capturing Variability in Business Process Models: The Provop Approach: *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, v. 22, no. 6-7, p. 519–546.
- Lenz, R., and M. Reichert, 2007, IT support for healthcare processes – premises, challenges, perspectives: *Data & Knowledge Engineering*, v. 61, no. 1, p. 39–58.
- Lopisteguy, P., D. Rieu, and P. Roose, 2012, L'adaptation dans tous ses états: p. 39–71.

- Mendling, J., J. Recker, M. Rosemann, and W. M. P. van der Aalst, 2006, Generating correct EPCs from configured C-EPCs, *in* H. Haddad, ed., *Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'06)*: Press, ACM, p. 1505–1510.
- Metzger, A., K. Pohl, P. Heymans, P. Y. Schobbens, and G. Saval, 2007, Disambiguating the Documentation of Variability in Software Product Lines: A Separation of Concerns, Formalization and Automated Analysis, *in* *15th Requirements Engineering*: p. 243–255.
- Montana, M., P. Villano, and M. C. Rousseau, 2009, Informatisation, évaluation et sécurisation du circuit du médicament: *Journal de pharmacie clinique*, v. 28, no. 2, p. 97–102.
- Nurcan, S., and M.-H. Edme, 2005, Intention-driven modeling for flexible workflow applications: *Software Process: Improvement and Practice*, v. 10, no. 4, p. 363–377.
- OMG, 2011, *Business Process Model and Notation (BPMN)*.
- OMG, 2003, *MDA Guide Version 1.0.1*: no. June.
- Pesic, M., H. Schonenberg, and W. M. P. van der Aalst, 2007, DECLARE: Full Support for Loosely-Structured Processes, *in* *Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2007. EDOC 2007. 11th IEEE International*.
- Pohl, Klaus, G. Böckle, and F. Van der Linden, 2005, *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques*.
- Reichert, M., 2011, What BPM Technology Can Do for Healthcare Process Support, *in* M. Peleg, N. Lavrač, and C. Combi, eds., *Artificial Intelligence in Medicine: Springer Berlin Heidelberg*, p. 2–13.
- Rosemann, M., and Jan Recker, 2006, Context-aware Process Design: Exploring the Extrinsic Drivers for Process Flexibility, *in* *The 18th International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Proceedings of Workshops and Doctoral Consortium*: p. 149–158.
- Rosemann, M., Jan Recker, and C. Flender, 2008, Contextualisation of business processes: *International Journal of Business Process Integration and Management*, v. 3, no. 1, p. 47–60.
- Ruopeng, L., S. Shazia, and G. Guido, 2009, On managing business processes variants: *Data & Knowledge Engineering*, v. 68, no. 7, p. 642–664.
- Ruopeng, L., S. Shazia, and G. Guido, 2006, Using a Temporal Constraint Network for Business Process Execution, *in* G. Dobbie, and J. Bailey, eds., *ADC '06 Proceedings of the 17th Australasian Database Conference: Australian Computer Society, Inc. Darlinghurst*, p. 157–166.
- Saidani, O., and S. Nurcan, 2009, Context-awareness for adequate business process modelling, *in* *Research Challenges in Information Science, 2009. RCIS 2009. Third International Conference on*: p. 177–186.
- Scheer, A. W., 2000, *ARIS: Business Process Modelling*, 3rd Edition: Berlin.
- Vervuurt, M., 2007, *Modeling Business Process Variability*: University of Twente.
- W3C, 2012, *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition)*.
- Weber, B., M. Reichert, and S. Rinderle-Ma, 2008, Change Patterns and Change Support Features - Enhancing Flexibility in Process-Aware Information Systems: *Data & knowledge engineering*, v. 66, no. 3, p. 438–466.
- Weske, M., 2012, *Business Process Management Architectures*, *in* *Business Process Management: Springer Berlin Heidelberg*, p. 333–371.
- White, S. A., 2005, Using BPMN to Model a BPEL Process.