HAL
open science

Stratégies ouvertes d'intégration de règles métiers géomatiques dans un système d'information de gestion

Mounir Touzani, Christophe Ponsard, Anne Laurent, Thérèse Libourel Rouge, Joël Quinqueton

▶ **To cite this version:**

Mounir Touzani, Christophe Ponsard, Anne Laurent, Thérèse Libourel Rouge, Joël Quinqueton. Stratégies ouvertes d'intégration de règles métiers géomatiques dans un système d'information de gestion. SAGEO: Spatial Analysis and GEOmatics, Dec 2016, Nice, France. pp.529-542. lirmm-01380608

HAL Id: lirmm-01380608

https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-01380608

Submitted on 18 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

[ISBN : 2-910545-11-3]

Stratégies ouvertes d'intégration de règles métier pour la géomatique dans un système d'information de gestion

Mounir Touzani[1], **Christophe Ponsard**[2], **Anne Laurent**[1], **Thérèse Libourel**[1,3], **Joël Quinqueton**[4]

1. *Université de Montpellier (UM), LIRMM, France*
   touzani@lirmm.fr,laurent@lirmm.fr
2. *CETIC - Centre de recherche, Gosselies, Belgique*
   christophe.ponsard@cetic.be
3. *Espace-Dev (UM, UAG, UR, IRD), France*
   therese.libourel@umontpellier.fr
4. *Université Paul-Valéry Montpellier 3 (UPVM), LIRMM, France*
   jq@lirmm.fr

RÉSUMÉ. *L'information géographique est si présente dans notre quotidien que sa prise en compte dans les systèmes d'information (SI) devient incontournable. Ces SI doivent pouvoir intégrer des aspects spatiaux et temporels au sein de leurs règles métier. Notre objectif est donc de proposer un processus d'évolution d'un SI permettant d'identifier ce type de règles métier à travers un processus d'ingénierie des exigences (IE). Nous avons retenu la méthode KAOS pour mettre en œuvre notre proposition à travers une étude de cas. Nous montrons également comment déployer de telles règles dans les composants les plus appropriés en faveur d'une architecture ouverte.*

ABSTRACT. *Geographic information is so present in our daily lives that its inclusion in information systems (IS) becomes unavoidable. These IS must be able to integrate spatial and temporal aspects into their business rules. Our goal is therefore to provide an IS evolutionary process to identify this type of business rules through a requirements engineering process (IE). We chose the KAOS method to implement our proposal through a case study. We also show how to deploy such rules in the most appropriate components for an open architecture.*

MOTS-CLÉS : *Information Géographique, Règles Métier, Ingénierie des Exigences, Architecture ouverte, Méthode KAOS.*

KEYWORDS: *Geographic Information, Business Rules, Requirements Engineering, Open Architecture, KAOS method.*

SAGEO'2016 - Nice, 6-9 décembre 2016

[ISBN : 2-910545-11-3]

1. Introduction

Dans un monde où les personnes et les objets sont de plus en plus connectés et localisés, l'information géographique (IG) devient omniprésente et indispensable pour l'émergence de nouvelles applications telles que les villes intelligentes et les usines du futur. Dès lors, de nombreux systèmes logiciels sont amenés à entretenir une relation de plus en plus étroite et précise avec le monde réel. L'ampleur de cette évolution est majeure puisqu'en termes de données, au moins 80% sont concernées par la dimension géographique [1].

L'intensité de la relation avec le monde physique couvre un spectre très large : les systèmes cyber-physiques sont un cas de figure extrême car ils sont connectés en permanence et nécessitent des solutions spécifiques. A l'opposé, les Systèmes d'Information (SI) de gestion doivent régulièrement être augmentés afin d'inclure des fonctions géomatiques spécifiques (Pornon, 2011). Cet article est ancré dans cette seconde optique d'évolution.

Dans cet article, nous examinons plus spécifiquement des stratégies ouvertes d'intégration du SI existant, c'est-à-dire exploitant des briques ouvertes en matière de données et/ou de services pour répondre à des besoins géomatiques. Le terme ouvert s'applique ici à la fois au type d'architecture, aux standards et à la disponibilité de composants libres. Ceci offre plusieurs avantages : une architecture modulaire, la possibilité de déployer des services spécifiques en interne ou en externe, ainsi qu'un risque moindre de verrouillage de la solution.

La démarche d'évolution proposée est centrée sur la notion de règle métier (*business rule en anglais*), définie comme une déclaration structurée de haut niveau, permettant de contraindre, contrôler et influencer un aspect du métier (Hay, 2000). En termes d'ingénierie des exigences (IE), une règle métier est une exigence qu'on désire pouvoir faire évoluer aisément et que l'architecture du SI doit clairement expliciter et isoler de la logique applicative (Halle, 2001). Nous considérons donc, par la suite, l'utilisation d'un composant BRMS (système de gestion de règle métier, en anglais : Business Rule Management System) permettant de spécifier, gérer et exécuter les règles métier (Diouf, 2007).

Nous proposons un processus d'évolution où les règles métier sont replacées dans une démarche de modélisation des exigences, afin de déterminer l'impact de l'introduction de nouvelles exigences spatiales et temporelles. Sur cette base, nous guidons notre analyse vers le choix de moteurs de règles adéquats permettant de mettre en place des règles métier modifiées. Nous illustrons notre

1. http://www.esrifrance.fr/sig1.aspx

démarche par plusieurs règles métier à caractère spatial et/ou temporel à identifier dans l'évolution d'un SI dans le contexte de la fusion de deux universités.

Cet article est structuré comme suit : la section 2 présente un état de l'art qui fait l'inventaire des principaux composants capables de soutenir des règles métier de type spatial et temporel. La section 3 décrit la méthodologie proposée afin d'identifier les règles et de concevoir une architecture adaptée pour leur mise en œuvre. La section 4 illustre son application sur plusieurs types de règles métier de notre étude de cas. Enfin, la section 5 conclut et dresse quelques perspectives pour la suite de nos travaux en la matière.

2. État de l'art

Cette section décrit des travaux sur lesquels notre approche est bâtie. Elle donne une synthèse des techniques de modélisation spatio-temporelle du point de vue des systèmes d'information géographiques (SIG) et de l'ingénierie des SI. Ensuite, la notion de règle métier sera approfondie en particulier au niveau des capacités des moteurs de règles à traiter les aspects spatiaux et temporels.

2.1. Approche spatio-temporelle (ST) dans les SIG

L'information géographique (IG) décrit un objet, un phénomène ou un processus du monde réel. Un objet peut être représenté par son nom, son type, sa forme, sa localisation, ses propriétés thématiques ou encore par les relations de proximité qu'il peut avoir avec d'autres objets (Becker, al, 1990). L'analyse spatio-temporelle intègre simultanément les notions d'espace et de temps. L'espace vise des informations de localisation et de relations spatiales entre les objets, de manière qualitative (topologique, de connectivité, de position relative) ou quantitative (distances) entre objets spatiaux (Egenhofer, Herring, 1990 ; Randell *et al.*, 1992 ; Ligozat, 1998 ; Clementini, 2009). La dimension temporelle, quant à elle, cible des événements se produisant soit à un instant ou à une période, soit à des changements intervenant sur plusieurs instants, ou encore sur plusieurs périodes (Allen, 1984 ; Frank, 1994). Des typologies complètes de concepts combinant à la fois le spatial et le temporel couvrent des phénomènes de déplacement et de transformation (Claramunt, Jiang, 2001 ; Mathian, Sanders, 2014).

La représentation d'un objet spatial ou temporel demande une modélisation spécifique. Des chercheurs ont proposé des formalismes de représentation par l'utilisation de pictogrammes spatiaux et temporels dans les modèles, tels que ceux affinés par (Bédard, Larrivée, 2008). Ils ont évolué depuis Modul-R puis PVL (Plugin for Visual Language) sur PictograF [2].

2. PictograF http://pictograf.scg.ulaval.ca

[ISBN : 2-910545-11-3]

2.2. Ingénierie des exigences (IE) et contraintes spatio-temporelles

L'Ingénierie des Exigences (IE) a pour objet d'établir et de maintenir un accord avec les parties prenantes sur les exigences du système à construire (Lamsweerde, 2009). Durant ce processus, les experts métier capturent, structurent, documentent et valident les besoins fonctionnels et non-fonctionnels.

Parmi les méthodes d'IE existantes, les méthodes orientées buts se démarquent par des garanties de complétude, de précision et leur capacité de raisonnement (Lamsweerde, 2001). Notre travail s'appuie principalement sur les modèles de buts et d'objets de la méthode KAOS (Keep All Objectives Satisfied) (Lamsweerde, 2009).

Un **but** est un objectif à atteindre par le système à concevoir. En KAOS, un **modèle de buts** est composé de buts système progressivement décomposés en buts fils, opérationnels selon une logique "ET" (coopération de tous les fils) ou "OU" (alternative entre les fils), traduisant respectivement les conditions "tous les fils sont nécessaires" ou "un des fils est suffisant". La question du « POURQUOI » permet de remonter jusqu'au but père, alors que la question du « COMMENT » permet de raffiner le but père en une multitude de buts fils. Ce raffinement s'arrête jusqu'au dernier but fils contrôlable par un **agent**, qui a cette responsabilité et qui se traduit par une réponse à la question du « QUI ». Ces derniers buts correspondent finalement, soit à des **attentes** sur le comportement d'agents de l'environnement, soit à des **exigences** sur le logiciel ou agent système. Parmi ces exigences figurent les règles métier.

Les buts, les exigences et donc les règles métier sont explicités dans les termes du domaine et capturés dans un **modèle des objets** en ayant recours à un formalisme de diagramme de classe UML (Unified Modelling Language). La plupart des SI standards intègre déjà des propriétés de type temporel, notamment des propriétés invariantes dans le temps ("TOUJOURS") ou de progression ("SI <événement> ALORS <état cible atteint> DANS <délai>" [3].

Les propriétés spatiales peuvent être exprimées selon des principes similaires, via des patrons de formulation et des logiques spécifiques, permettant d'exprimer des relations structurelles spatiales (inclusion, intersection, adjacence,...) telle que DE-9IM (Clementini *et al.*, 1994), ou ayant une dynamique temporelle (transformation, mouvement...). A titre d'exemple, la règle métier suivante intervient dans notre cas d'étude : AUCUN étudiant ne devra effectuer plus d'un déplacement ENTRE sites DURANT une journée afin d'assister aux cours auxquels il est inscrit. Les notations SIG notamment "PictograF" ont aussi été intégrées dans le cadre de notation graphique d'IE, afin de décorer des buts et des entités ayant un caractère spatial ou temporel. Une description plus détaillée est disponible dans (Touzani *et al.*, 2016).

3. Par convention, nous identifions des mots clefs spécifiques en majuscules.

[ISBN : 2-910545-11-3]

2.3. Approche par règles métier

La mise en œuvre des règles métier s'appuie généralement sur un système de gestion de règles métier (BRMS, en anglais : Business Rules Management System). La figure 1 adaptée de l'originale [4], montre l'architecture d'OpenRules, un BRMS très représentatif (Jacob Feldman, 2015).

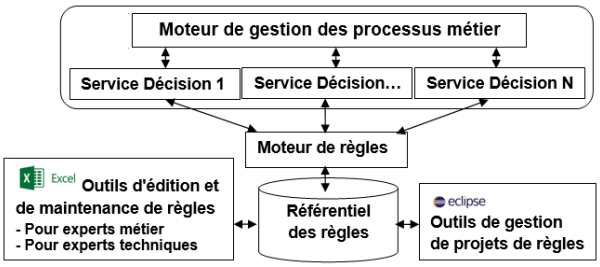

FIGURE *1. Structure d'un BRMS*

– Les règles sont stockées indépendamment du code dans une *base de données de règles métier* qui peut être alimentée par des *outils d'édition*, facile d'accès comme des feuilles de calcul (table de décision) mais aussi des *outils de gestion* plus pointus (analyse des règles).

– Le *moteur d'exécution* des règles peut avoir des capacités d'inférence de nouveaux faits sur base de chaînage avant (déduction de faits ajoutés à la base de règles), le chaînage arrière (recherche de faits pouvant engendrer le fait à démontrer) ou mixte (combinaison des deux techniques précédentes).

– Une *couche de services* peut aussi être présente pour faciliter l'intégration du BRMS dans un environnement ouvert, notamment via des services web.

Les règles métier peuvent être définies de différentes manières :

– des règles simples de type « Si <condition> Alors <action> ». Ce type de règle a été décrit dans la section 2.2. Tous les BRMS supportent ce niveau dans divers formats textuels ou XML, notamment XACML qui représente un langage de règle de contrôle d'accès (OASIS, 2013).

– des tables de décision comprenant plusieurs colonnes de conditions et des actions. Celles-ci permettent de décrire et de comprendre des règles plus complexes. Beaucoup d'outils dont OpenRules [5] et Drools [6] proposent ce type de tables.

4. http://openrules.com/docs/man_4.html
5. OpenRules http://openrules.com
6. Drools http://www.drools.org

[ISBN : 2-910545-11-3]

– des arbres de décision composés de nœuds de conditions, de branches et de feuilles comme actions. Ils peuvent être spécifiés graphiquement. Ce niveau de formalisme est supporté par JRules [7].

La plupart des BRMS disposent de capacités de raisonnement temporel sur des événements et des durées. Certains BRMS ont développé des extensions pour traiter des caractéristiques spatiales, notamment :

– OpenRules a intégré la suite topologique Java (JTS) (Alex Karman, 2014) qui permet d'exprimer des règles intégrant des relations spatiales.

– Drools dispose d'un mécanisme de raisonnement spatial aisé à adapter et à mettre en œuvre (Merilinna, 2014).

– GeoXACML est une extension d'XACML permettant d'exprimer des restrictions géographiques pour le contrôle d'accès IT (OGC, 2007).

2.4. Composants ou services SIG ouverts

La plupart des BRMS cités précédemment sont des outils libres, aisés à intégrer. D'autres composants peuvent leur venir en appoint dans un contexte spatial et/ou temporel pour offrir des fonctions d'accès aux données, de rendu cartographique, de calcul spatial, de géocodage ou de routage de véhicules. Ces fonctionnalités sont intégrées dans des "SIG d'entreprises" monolithiques mais sont également proposées par les solutions ouvertes suivantes de :

– données, rendu cartographique et géocodage. Google et Bing offrent des web-services commerciaux mais des services libres peuvent aussi être déployés sur base d'OpenStreetMap [8]. L'outil libre QGIS peut être utilisé comme serveur de données [9]. L'IGN propose aussi des données ouvertes [10],

– calculs spatiaux. GEOS est la transposition en C++ de la librairie Java JTS déjà évoquée, elle-même utilisée par la librairie GDAL [11]. Ces solutions matures aux licences permissives (LGPL, MIT) sont largement utilisées et peuvent également être intégrées directement par exemple pour rendre possible l'implémentation de règles simples dans un système développé en interne,

– routage de véhicules. Des services de calcul de chemins ou de matrices de distances sont disponibles sous un format libre. Certains sont très efficaces tels que OSRM [12] et Graphhopper [13]. OpenTripPlanner est spécialisé dans le transport multimodal [14].

---

7. JRules http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SS6MTS_7.1.1
8. OpenStreetMap https://www.openstreetmap.org
9. QGIS http://www.qgis.org
10. IGN http://www.ign.fr/institut/activites/lign-lopen-data
11. GDAL http://gdal.org
12. OSRM - Open Source Routing Machine http://project-osrm.org
13. Graphhopper - Road Routing in Java with OpenStreetMaps http://graphhopper.org
14. OpenTripPlanner http://www.opentripplanner.org

[ISBN : 2-910545-11-3]

3. Processus d'évolution

Dans cette contribution, nous proposons un processus d'évolution qui s'appuie sur la méthode d'IE *KAOS* décrite précédemment et qui se base sur une structure en trois étapes. Nous l'illustrons par la figure 2 contextualisée schématiquement à l'étude de cas pour aider à la compréhension du processus qui sera élaboré dans la section 4.

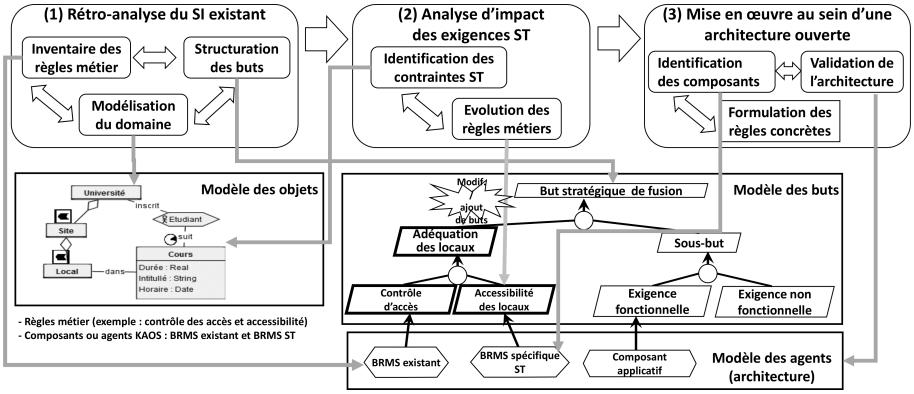

FIGURE *2. Processus d'évolution dirigé par les buts*

Étape 1 - Rétro-analyse orientée buts du SI existant

Cette étape initiale vise à produire un modèle des buts et règles métier en lien avec un modèle du domaine. Les activités suivantes sont réalisées pour aboutir à un modèle cohérent et détaillé. Il s'appuie sur la documentation existante et de la rétro-ingénierie :

– structuration des buts selon une démarche « top-down ». Il s'agit de produire un modèle minimal pour comprendre le système à faire évoluer ;

– identification des règles métier existantes. Nous considérons ici une démarche « bottom-up » en partant de l'architecture et en remontant vers les buts ;

– modélisation du domaine. Un modèle de données abstrait est reconstruit sur la base d'objets métier, intervenant notamment dans la formulation des règles métier et des buts. Des objets ayant certaines caractéristiques spatiales ou temporelles peuvent déjà être annotés à ce stade.

Étape 2 - Analyse ST de l'évolution et adaptation des règles métier

Les nouvelles exigences sont identifiées et analysées pour leurs aspects spatio-temporels. Une analyse d'impact est ensuite réalisée sur :

– le modèle du domaine pour identifier les objets impactés et leurs nouvelles caractéristiques ;

[ISBN : 2-910545-11-3]

– le modèle des buts pour identifier l'impact sur la structure de raffinement et *in fine* sur les règles métier en termes d'ajout et de modification.

Étape 3 - Mise en œuvre au sein d'une architecture ouverte

Afin de mettre en œuvre notre proposition d'évolution du système, voici les points considérés :

– identifier les composants de gestion des nouvelles règles métier, notamment sur base des briques potentielles décrites dans l'état de l'art ;

– valider la cohérence de l'architecture modifiée concernant les aspects non-fonctionnels de maintenabilité (limiter la diversité des composants) et de sécurité (en particulier par rapport à des services déployés en externe) ;

– traduire des règles métier dans le langage spécifique du moteur de règles et en particulier des nouvelles contraintes spatiales et temporelles.

4. Étude de cas : évolution d'un SI lors d'une fusion d'universités

Dans cette section, nous présentons l'étude de cas avant d'appliquer le processus d'évolution décrit à la section précédente.

Notre étude de cas s'inspire de la fusion des universités de Montpellier 1 et 2 (UM1 et UM2). Il s'agit d'un processus initié en 2012 [15] et qui a abouti à la naissance de la nouvelle Université de Montpellier (UM) en 2015. Les objectifs de la fusion sont de renforcer l'offre de formation, d'augmenter le potentiel de recherche et in fine d'accroître le rayonnement international de l'université.

Pour une raison d'abstraction et de simplification, nous considérons uniquement le site principal des deux organisations universitaires initialement indépendantes. Ces sites sont situés à une distance de l'ordre d'une dizaine de kilomètres qui est suffisamment faible pour permettre une mobilité mais suffisamment élevée pour nécessiter de repenser les affectations géographiques et la mobilité des étudiants et enseignants-chercheurs dans le contexte de la fusion.

Afin d'illustrer l'approche en détail, nous ne détaillerons que le but relatif à la mise en adéquation des locaux en termes de qualité, sécurité et accessibilité. Une analyse plus stratégique est décrite dans (Touzani *et al.*, 2016).

4.1. Etape 1 - rétro-analyse du but relatif à l'adéquation des locaux

Ce but présente des caractéristiques spatiales et temporelles importantes. La figure 3 décrit son raffinement jusqu'à l'identification de six exigences qui seront formulées en termes de règles métier. L'idée étant de pouvoir introduire un tel composant dans le cadre du processus d'évolution.

15. http://www.lenouveaumontpellier.fr/nouvelle-universite-montpellier

[ISBN : 2-910545-11-3]

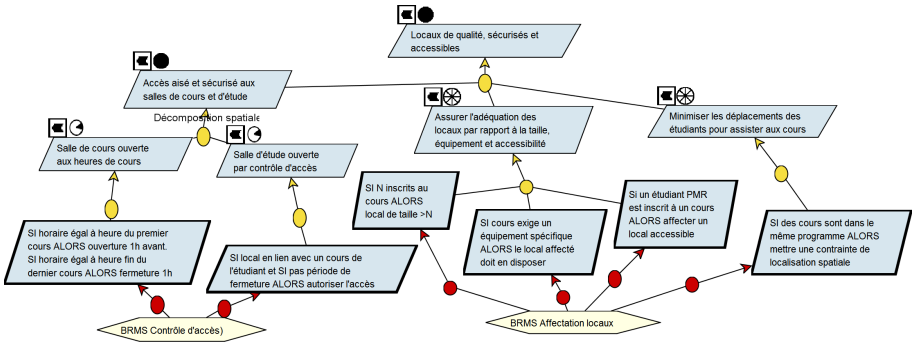

FIGURE *3. Raffinement des buts relatifs à la gestion des locaux*

Les buts sont représentés par des parallélogrammes avec des bords fins et les règles métier par des parallélogrammes avec des bords épais. La formulation de ces dernières utilise une syntaxe classique « Si ... Alors ... ». Des décorations spatiales et temporelles étendant les notations PictograF. Elles sont décrites et utilisées dans notre article (Touzani *et al.*, 2016). Ainsi le but racine a une dimension spatiale bi-dimensionnelle (symbole ◘) de gestion des locaux qui doit être assurée en permanence (symbole ●). Le but plus détaillé, relatif au contrôle d'accès est aussi de nature spatiale et comprend deux aspects complémentaires relatifs à des durées (durant/hors des périodes de cours). Quant aux buts de mise en adéquation relatifs à la taille et aux contraintes de déplacements, ils sont réexaminés de manière plus périodique (symbole ⊛).

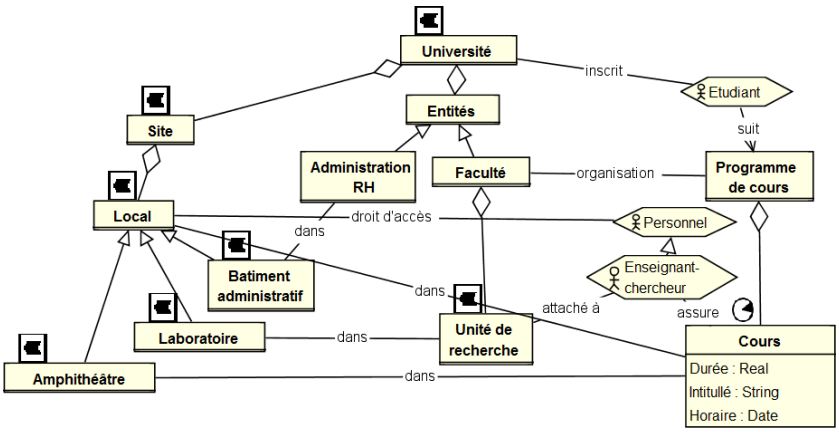

FIGURE *4. Modélisation du domaine (modèle des objets)*

Le vocabulaire utilisé dans les descriptions des buts et des règles est formalisé dans la figure 4. Celle-ci décrit les aspects du domaine qui sont nécessaires

[ISBN : 2-910545-11-3]

et suffisants à la description des buts et règles métier traités ici. Les notations étendues PictograF sont utilisées pour identifier les éléments ayant des dimensions spatiales (sites, bâtiments,...) et temporelles (cours).

Bien que les SI existants ne soient pas basés sur des BRMS, nous pouvons les illustrer dans un langage existant tel que le langage dédiée (DSL) de Drools afin de les exprimer plus précisément mais aussi de préparer les étapes suivantes de l'évolution. Nous détaillons deux des six règles identifiées :

– La règle « **SI** le local est en lien avec un cours d'étudiants et **SI** cela se déroule en période de travail **ALORS** autoriser l'accès » peut s'exprimer comme suit en utilisant une variable d'horloge et un test de compatibilité de la salle avec l'étudiant :

```
rule "Acces Conditionnel"
when
  $salle:Salle($suj_salle=sujets, SessionClock() during periode_travail)
  $etudiant:Etudiant(actif == true, sujets intersect $suj_salle)
then
  $salle.autorisation($etudiant);
```

– La règle : « **SI** un étudiant en situation de handicap (PMR) est inscrit à un cours **ALORS** affecter un local accessible » nécessite un composant de planification. La règle suivante peut être utilisée pour générer la contrainte qui exclura les salles inadaptées. La salle sera sélectionnée par le planificateur sur base de critères supplémentaires de taille et d'équipement.

```
rule "Accessibilite"
when
  $salle : Salle( accessibilite == false )
  $etudiant : Etudiant( PMR == true )
  $cours : Cours( inscrits contains $etudiant )
then
  $planificateur.exclusion($cours,$salle);
```

4.2. Etape 2 - Analyse ST de l'évolution et adaptation des règles

La structure de fonctionnement des universités reste globalement similaire et permet d'appréhender la fusion au niveau des relations d'appartenance représentée par la figure 4. Les entités UM1 et UM2 disparaissent au profit de l'entité UM et les sites UM1 et UM2 deviennent des sites de l'UM. Les programmes de cours sont également unifiés même si l'offre de formation peut comporter une certaine redondance durant une période de transition.

La fusion a plusieurs conséquences sur les buts considérés ici : au niveau des cours, la refonte des programmes et les modifications de volumétrie impliquent de reconsidérer les affectations des locaux, avec la contrainte de limiter les déplacements des étudiants. Une règle serait de garder les étudiants sur le même site toute la journée. En cas d'impossibilité, une période de battement doit être prévue pour permettre le déplacement. D'autre part, une unification des contrôles d'accès est fortement recommandée.

[ISBN : 2-910545-11-3]

4.2.1. Les besoins supplémentaires de déplacement

Ces besoins entre les différents sites peuvent être capturés par de nouvelles règles métier qui seront communiquées à l'outil semestriel de planification. Ce type de problème étant sur-contraint, il est également important de disposer d'informations sur l'importance relative d'une règle par rapport à une autre, ce qui est possible de faire via la table de décision spatiale décrite à la figure 5.

DecisionTableSpatial ContraintesAffectationsLocaux							
	Condition					Conclusion	
#	Main Type	Relationship	Related Type	Oper	Value	**Spatial Significance Score**	
0						=	0
1	CurrentLoc	!sameSite	NextLoc	Is	True	+=	10
2	CurrentLoc	distance	NextLoc	> 10	True	+=	2
3	CurrentLoc	distance	NextLoc	> 20	True	+=	5

FIGURE *5. Table de décision pour une localisation spatiale*

Cette table est basée sur les conventions OpenRules et considère tous les couples d'emplacements successifs pour tous les programmes de cours afin de calculer une pénalité liée au non respect de la contrainte de localisation que l'outil de planification tente de minimiser. D'autres éléments calculés par d'autres règles déjà existantes peuvent entrer également en jeu, par exemple le fait d'allouer un local n'ayant pas les équipements requis, une salle en surcapacité, ou un local qui n'est pas facilement accessible aux étudiants en situation de handicap (règle détaillée à la section précédente).

Pour une meilleure optimisation, il est important de prendre en compte le temps de parcours au lieu de la distance, celui-ci pouvant varier en fonction de l'heure de la journée. Un service web peut être utilisé à cette fin, la table peut alors être adaptée pour spécifier des pénalités en fonction du temps de transport, puisque c'est la dimension temporelle qui compte.

Enfin, des services externes peuvent aussi alimenter le système avec des faits spécifiques, relatifs par exemple à l'accessibilité : il existe des initiatives collaboratives (crowdsourcing) telles que *j'accède* [16] ou même plus spécifiques aux universités [17].

4.2.2. L'unification du contrôle d'accès

Cette unification a pour but de mettre en place un contrôle d'accès avec un moyen d'authentification unique (nouvelles cartes d'accès ou reconnaissance de celles qui existent déjà) mais surtout qui unifie les règles d'accès tout en permettant des spécificités à un site géographique, soit pour des raisons transitoires, soit liées à des particularités telle qu'une sécurisation plus élevée de locaux contenant du matériel coûteux ou dangereux. Une fonction permettant

16. https://www.jaccede.com
17. http://www.handi-u.fr

[ISBN : 2-910545-11-3]

d'identifier le site est nécessaire à cet effet. Par exemple, si le nettoyage à l'UM1 demande une ouverture des salles 1h avant le début des cours sur ce site, nous pourrons ajouter la condition suivante à la règle décrite précédemment :
`Salle(amphi == true, SessionClock() before[1h] ouverture, site == "UM1").`

4.3. Etape 3 - Mise en œuvre au sein d'une architecture ouverte

La figure 6 représente une architecture permettant de réaliser l'évolution des SI. Elle est centrée autour d'un composant BRMS unique qui interagit avec les systèmes existants de contrôle d'accès et les bases de données d'informations. Il a un lien avec deux composants ou services externes pour accéder à des données ouvertes sur l'accessibilité et un service en ligne de calcul de distance. Enfin, un outil de planification unifié est également redéployé.

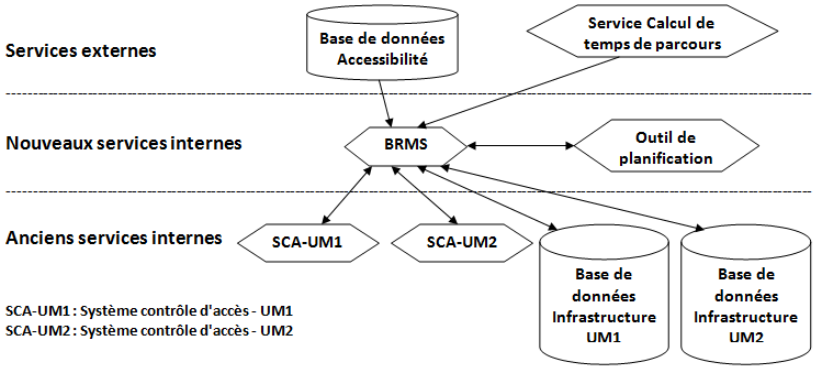

FIGURE *6. Nouvelle architecture ouverte*

Concernant l'unification du contrôle d'accès, chaque université dispose déjà d'un système existant et pas forcément basé sur un BRMS. Une manière progressive consiste à définir une interface commune pour accéder aux données d'autorisation et au mécanisme de contrôle. Le BRMS pourra les exploiter pour un contrôle central, cependant à ce stade, la mise à jour restera locale. Par la suite, cette interface pourra devenir celle du système unifié, afin de permettre une plus grande unification des règles de contrôle d'accès et de faciliter une maintenance centralisée.

5. Conclusion et perspectives

Cet article présente une approche d'évolution de SI pour la prise en compte d'exigences émergentes à caractère spatial et en lien avec la dimension temporelle classiquement présente. Nous nous sommes appuyés sur une approche par règles métier. Sur base d'un état de l'art, nous avons identifié des composants capables de gérer et raisonner sur de telles règles dans un contexte

spatio-temporel mais aussi d'y adjoindre des services ouverts connexes et utiles pour élargir les missions d'un SI existant à certaines fonctions géomatiques. Afin de guider cette évolution, nous avons proposé une méthode orientée buts basée sur nos travaux antérieurs. Nous l'avons illustrée sur un cas d'étude ciblé et avons décrit des règles concrètes dans plusieurs BRMS populaires. Les principaux enseignements tirés à ce stade sont que :

– l'approche orientée buts permet de systématiser la collecte et la classification des règles métier ainsi que l'identification des règles implicites ;

– l'utilisation d'un BRMS est une approche intéressante dans le contexte de fusion, notamment pour gérer des variantes qui doivent coexister en phase de transition. Ceci serait beaucoup plus fastidieux avec des systèmes dits « codés » ;

– un BRMS permet de réaliser des raisonnements spatiaux et/ou temporels ;

– bien qu'il existe des BRMS dédiés à certains raisonnements, se limiter à un seul permet de centraliser la connaissance et faciliter sa maintenance.

De nombreuses perspectives sont ouvertes par ce travail, notamment dans la perspective de l'évolution vers des villes dites « intelligentes » (Smart Cities en anglais), tant du point de vue économique que social et environnemental. Dans nos actions futures, nous envisageons notamment d'affiner notre raisonnement spatio-temporel en proposant des ontologies spécifiques à ce domaine. Nous envisageons également d'adapter nos travaux aux phénomènes de fusion d'autres organisations, dans le domaine agricole par exemple. Au niveau technique, en fonction des besoins, nous envisageons également d'investiguer des composants plus spécialisés tels que le *Complex Event Processing* permettant le traitement réactif de flux de données et utilisé pour le traitement d'alertes, par exemple de vitesse ou de proximité dans les flottes de véhicules, ou encore des *systèmes experts* qui sont capables d'apporter une aide à la décision en reproduisant des mécanismes cognitifs plus complexes que les BRMS et en s'appuyant sur des bases de connaissances(Laurini, Thompson, 1992).

Bibliographie

Alex Karman. (2014, Oct). *The Decision Table Template For Geospatial Business Rules.* Revolutionary Machines, DecisionCAMP.

Allen J. F. (1984). Towards a general theory of action and time. *Artif. Intell.*, vol. 23, n° 2, p. 123–154.

Becker R., al. (1990, Juillet). Network visualization. *4th International Symposium on Spatial Data Handling, Zurich, Switzerland.*

Bédard Y., Larrivée S. (2008). Modeling with pictogrammic languages. *Shekar S, Xiong, H. (ed(s)), Encyclopedia of Geographic Information Sciences*, p. 716–725.

Claramunt C., Jiang B. (2001). An integrated representation of spatial and temporal relationships between evolving regions. *Journal of Geogr. Syst.*, vol. 3, n° 4.

[ISBN : 2-910545-11-3]

Clementini E. (2009). *A conceptual framework for modelling spatial relations.* Thèse de doctorat non publiée, EPFL, Lausanne.

Clementini E., Sharma J., Egenhofer M. J. (1994). Modelling topological spatial relations: Strategies for query processing. *Computers & Graphics*, vol. 18.

Diouf M. (2007). *Spécification et mise en oeuvre d'un formalisme de règles métier.* Thèse de doctorat non publiée.

Egenhofer M. J., Herring J. R. (1990). A mathematical framework for the definition of topological relationships.

Frank A. U. (1994). Qualitative temporal reasoning in gis - ordered time scales. *Proc. of the 6th Int. Symposium on Spatial Data Handling..*

Halle B. von. (2001). *Business rules applied: Building better systems using the business rules approach* (1st éd.). Wiley Publishing.

Hay D. (2000). *Defining business rules – what are they really. final report.* Final Report. Consulté sur http://www.businessrulesgroup.org/first_paper/br01c1.htm

Jacob Feldman. (2015, Dec). *OpenRules - Business Rules and Decision Management System V6.3.4.* http://openrules.com.

Lamsweerde A. van. (2001). Goal-Oriented Requirements Engineering: a Guided Tour. In *Proc. fifth ieee int. symposium on requirements engineerin*, p. 249-262.

Lamsweerde A. van. (2009). *Requirements Engineering - From System Goals to UML Models to Software Specifications.* Wiley.

Laurini R., Thompson D. (1992). *Fundamentals of geographic information systems.* Academic Press Limited. 0-12-438380-7.

Ligozat G. (1998). Reasoning about cardinal directions. *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 9, n° 1, p. 23 - 44.

Mathian H., Sanders L. (2014). *Objets géographiques et processus de changement.* London, ISTE.

Merilinna J. (2014). A mechanism to enable spatial reasoning in jboss drools. In *Int. Conf. on Industrial Automation, Information and Communication Technology.*

OASIS. (2013). *eXtensible Access Control Markup Language (XACML) Version 3.0.* http://docs.oasis-open.org/xacml/3.0/xacml-3.0-core-spec-os-en.html.

OGC. (2007). *GeoXACML Implementation Specification.* http://www.opengeospatial .org/standards/geoxacml.

Pornon H. (2011). SIG - L*a dimension géographique du système d'information.* Dunod. Consulté sur https://books.google.be/books?id=eM_OVMeOV1MC

Randell D., Cui Z., Cohn A. (1992). A Spatial Logic Based on Regions and Connection. In *Proc. 3rd Int. Conf. on Knowledge Representation and Reasoning.* San Mateo, Morgan Kaufmann.

Touzani M., Ponsard C., Laurent A., Libourel T., Quinqueton J. (2016). Vers une modélisation et une analyse des exigences spatio-temporelles. In *Actes du 34e Congrès INFORSID, Grenoble, France, May 31 - June 3*, p. 51–66.