

Raisonnement à partir de cas pour expliquer des organisations spatiales

Jean-Luc Metzger

► **To cite this version:**

Jean-Luc Metzger. Raisonnement à partir de cas pour expliquer des organisations spatiales. 11ème Atelier Raisonnement à partir de cas - Plate-forme AFIA, Jul 2003, Laval, France, 10 p, 2003. <inria-00107727>

HAL Id: inria-00107727

<https://hal.inria.fr/inria-00107727>

Submitted on 19 Oct 2006

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.

Raisonnement à partir de cas pour expliquer des organisations spatiales

Jean-Luc Metzger

Orpailleur, Loria, UMR 7503
Campus Scientifique - BP239
54506 Vandœuvre-lès-Nancy, France
jean-luc.metzger@loria.fr

Résumé : Dans cet article, nous présentons le mode de raisonnement d'un système nommé ROSA destiné à expliquer le fonctionnement d'exploitations agricoles au regard de leurs organisations spatiales. Les exploitations agricoles sont modélisées par les agronomes sous forme de graphiques synthétiques appelés chorèmes. Nous avons transformé les chorèmes en graphes d'organisation spatiale (GOS), puis étendu cette représentation en intégrant des explications qui rendent compte du fonctionnement des exploitations agricoles. L'étude de quelques chorèmes d'exploitations agricoles en terme d'organisation spatio-fonctionnelle a permis la construction d'une base de cas. Le raisonnement à partir de cas (RÀPC) appliqué aux GOS pour expliquer de nouvelles organisations spatiales données en entrée du système est décrit. Les stratégies de remémoration sont analysées et discutées afin d'envisager les travaux à mener pour réaliser l'adaptation des explications.

Mots-clés : graphe, raisonnement spatial, remémoration de graphes, adaptation d'explications, agriculture.

1 Introduction

Dans le cadre d'une recherche en partenariat entre des agronomes et des informaticiens¹, nous développons un système à bases de connaissances nommé ROSA (*Raisonnement sur les Organisations Spatiales Agricoles*). Les agronomes font l'hypothèse qu'il existe une relation forte entre l'organisation spatiale des exploitations agricoles et leur organisation fonctionnelle. Aussi, le but de l'application en cours de développement est-il double. D'une part, il s'agit de formaliser et de construire une base de cas décrivant des organisations spatiales et leurs liens avec des organisations fonctionnelles au regard de questions de gestion environnementale. D'autre part, ce système doit permettre, après une première phase d'apprentissage, de formaliser la description de nouvelles exploitations agricoles en terme d'organisation spatiale et d'analyser ces exploitations pour en décrire l'organisation fonctionnelle sur la base des exploitations déjà étudiées.

Le raisonnement mis en œuvre dans le cadre de ce travail suit les principes du *Raisonnement à Partir de Cas* (RÀPC) qui suppose qu'un problème à résoudre, s'il est similaire à un autre problème déjà étudié, doit avoir une solution similaire. La section 2 présente comment nous avons modélisé les organisations spatiales agricoles sous forme de *Graphe d'Organisation Spatiale* (GOS) et comment nous avons modélisé les explications de fonctionnement associées à des structures spatiales que nous définissons comme étant des *Graphes d'Organisation Spatiale Expliqués* (GOS-E). La section 3 présente les principes du RÀPC et comment nous considérons les GOS et les GOS-E dans le cadre du RÀPC. La section 4 traite de la stratégie de remémoration envisagée. En section 5, nous discutons des travaux à mener pour réaliser l'adaptation des explications avant de conclure.

2 Modélisation des organisations spatio-fonctionnelles

Les agronomes utilisent des modèles graphiques, les *chorèmes*, tels que celui présenté figure 1, pour synthétiser leurs connaissances sur des exploitations agricoles qu'ils ont étudiées. Ces chorèmes

¹Ma thèse est cofinancée par l'INRA et l'INRIA.

décrivent les organisations spatiales des exploitations et offrent une interprétation de leur fonctionnement. Les chorèmes permettent de représenter des entités spatiales (bâtiments, champs, routes...) qui sont organisées sur le dessin, non pas en fonction de leur positionnement géographique, mais en fonction de leurs relations aux autres entités. Par exemple, le chorème de la figure 1 modélise une exploitation ovin viande de la région des Causses. Nous pouvons y observer une bergerie à proximité du siège d'exploitation et entourée de surfaces herbagères qui sont des parcs clôturés (3 et 7) contenant des parties cultivées. Les agronomes qualifient ces surfaces de *nougat*. L'exploitation est organisée suivant trois quartiers : la route principale sépare et fait obstacle à l'accès d'une partie de territoire et les parcours (9-10) plus lointains sont accessibles via un chemin d'exploitation. Un bois borde ces derniers et le parcours 10 se situe sur une zone plus en altitude. La côte qui sépare le parcours 4 du parcours 5 est un obstacle de 4 vers 5 dans la mesure où les brebis ne descendent pas cette forte pente. En revanche, la remonter ne les dérange pas. L'exploitant se sert de cette configuration de son territoire pour assurer un pâturage régulier des zones en herbe. Par la présence du point d'eau et des parties cultivées dans le parcours 9, les brebis y sont attirées. L'exploitant apprend à son troupeau le chemin de retour à la bergerie en passant par le parcours 5 qui offre, en été, de l'herbe verte sous le bois. Les brebis rentrent naturellement en remontant la côte entre les parcours 5 et 4.

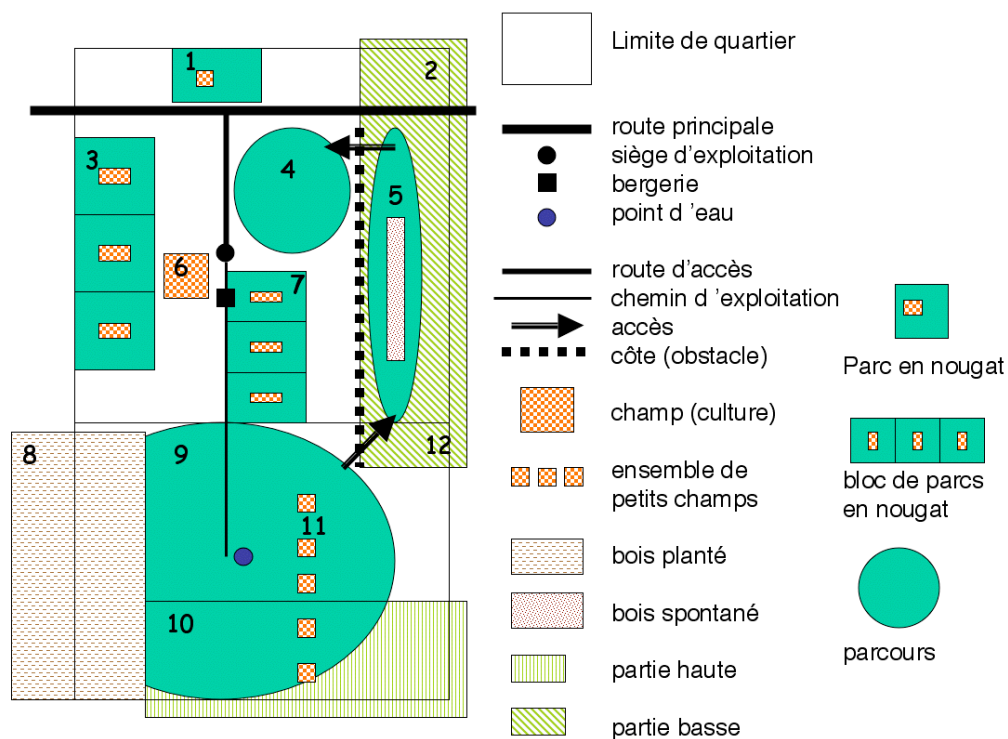


FIG. 1 – Modélisation, sous forme d'un chorème, d'une exploitation ovin viande de la région des Causses.

2.1 Les graphes d'organisation spatiale

De la description du chorème, on comprend que toutes les relations entre les entités ne sont pas directement observables. Elles sont déterminées par l'interprétation du chorème que fait l'agronome à sa lecture. De ce fait, la reconnaissance de formes par des moyens d'analyse d'image n'est pas envisageable pour permettre une représentation des chorèmes dans un langage informatique. Aussi, à la vue du chorème, de sa légende et des explications données par les agronomes, nous avons proposé de traduire le chorème sous la forme d'un *Grappe d'Organisation Spatiale* ou *GOS* présenté figure 2. Cette traduction, résultat d'un dialogue entre agronomes et informaticiens a permis deux choses : d'une part, une meilleure formalisation des représentations chorématiques (Capitaine *et al.*, 2001) et

d'autre part, la construction d'une hiérarchie de concepts des termes du domaine. Les termes du domaine sont décrits suivant deux hiérarchies : une hiérarchie des régions spatiales observées sur les chorèmes et une hiérarchie des relations spatiales entre les régions utilisées par les agronomes. L'organisation de ces hiérarchies n'est pas figée et évolue en fonction des échanges entre informaticiens et agronomes lors de la formalisation des chorèmes (Le Ber *et al.*, 2002).

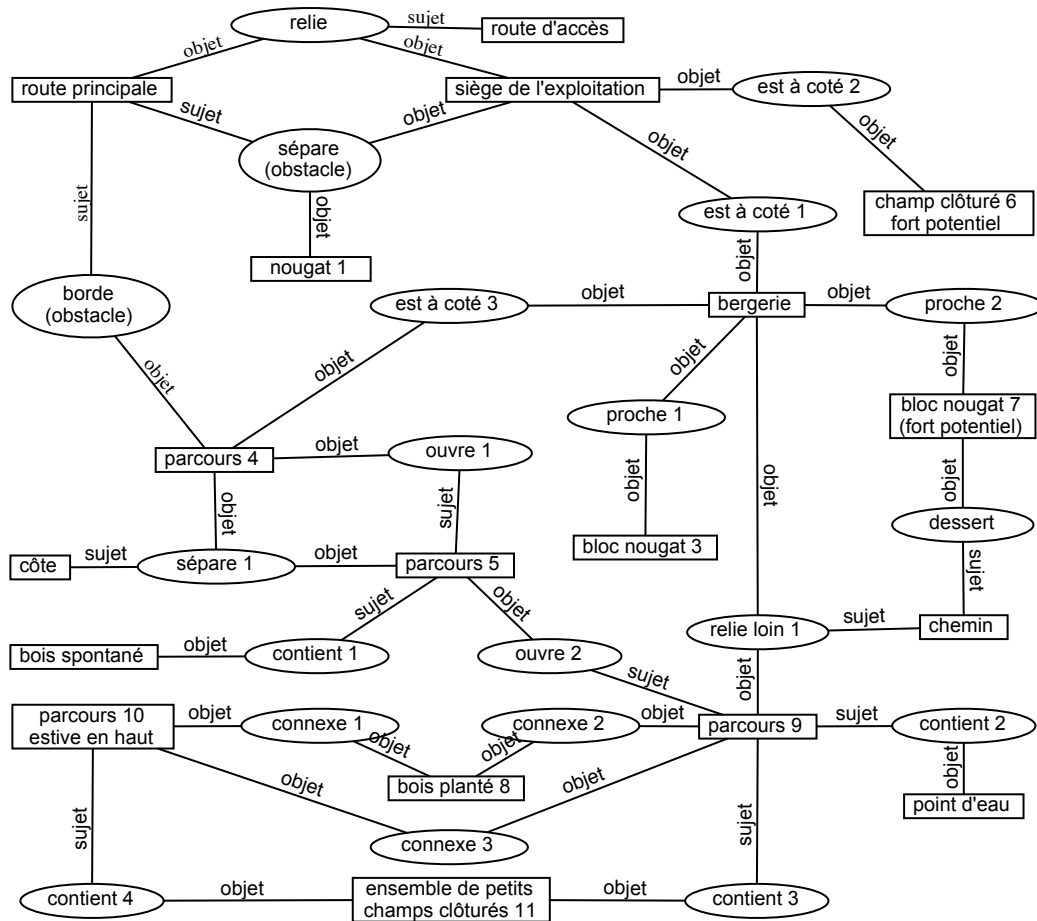


FIG. 2 – GOS traduction du chorème de la figure 1.

Au terme de cette phase d'acquisition de connaissances, nous avons modélisé la description de cinq exploitations en polyculture élevage laitier sur la région Lorraine et quatre exploitations des Causses en élevage ovin viande. Deux hiérarchies sur les régions spatiales ont été construites pour rendre compte des connaissances spécifiques de chaque région. La figure 3 présente la hiérarchie des concepts de région pour les Causses. Cette hiérarchie est organisée en fonction de l'occupation du sol. Par exemple, le concept d'*Amande* représente une surface principalement utilisée pour la culture mais entourée d'un peu herbe. A l'inverse, le concept de *Nougat* traduit la description d'une zone d'herbage dans laquelle sont incluses une ou plusieurs petites surfaces cultivées.

Une seule hiérarchie des relations manipulées par les agronomes a été établie pour les deux régions étudiées. En effet, les mêmes termes sont utilisés pour décrire les relations entre les entités dans les régions. Cette hiérarchie est construite sur la base de la hiérarchie des relations topologiques de la théorie RCC8 et des relations spatiales étudiées dans (Randell & Cohn, 1992), dans laquelle les termes du domaine, utilisés par les agronomes, ont été classés. Des relations ternaires ont été rajoutées à cette hiérarchie pour rendre compte en particulier de la relation *Entre* déclinée en relations *Sépare*, *Isole* et *Relie*.

Les GOS sont des graphes biparties constitués de deux types de sommets : entités et liens. Les entités modélisent des régions spatiales alors que les liens modélisent les relations entre régions. Les entités (resp. liens) sont étiquetées par des concepts de *Région* (resp. *Relation*). Leurs propriétés

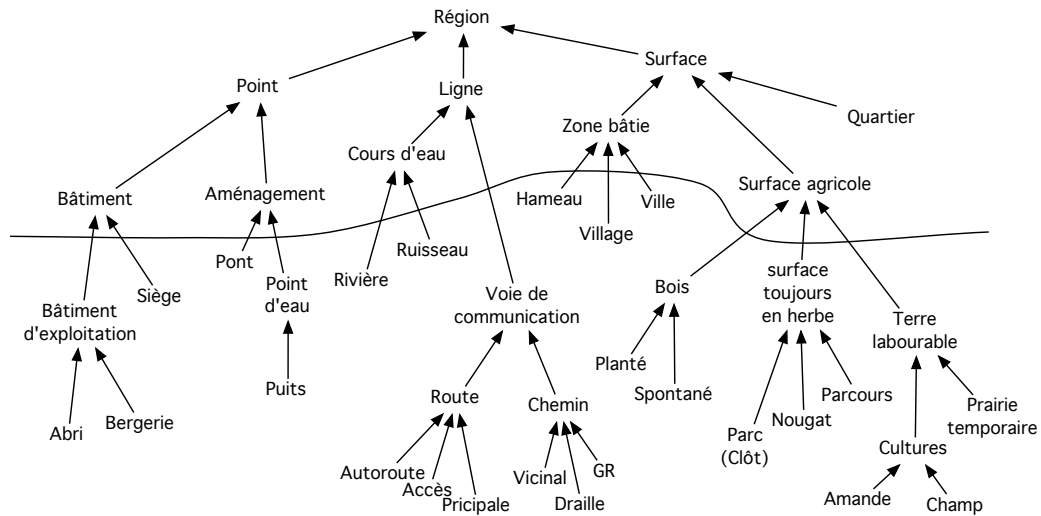


FIG. 3 – Hiérarchie des concepts du domaine associée à la région des Causses.

peuvent être précisées par l'ajout d'attributs à leur description. Par exemple, l'entité *bloc nougat 7 (fort potentiel)* est une instance du concept *Nougat* pour laquelle est ajouté un attribut de *qualité agronomique*, qui prend la valeur *fort potentiel*, et un attribut de *structure*, qui prend la valeur de *bloc* pour indiquer qu'il y a plusieurs surfaces de ce type qui sont traitées par l'exploitant de la même façon (en bloc). Les liens enregistrent, en plus d'autres attributs, les entités qu'ils mettent en relation avec les attributs *sujet* et *objet* qui précisent le rôle des entités dans la relation.

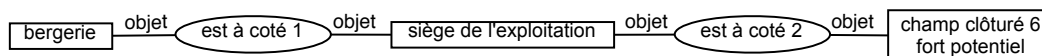
2.2 Les GOS-Expliqués

Les agronomes font l'hypothèse qu'il existe une relation forte entre l'organisation spatiale et l'organisation fonctionnelle d'une exploitation agricole. Les chorèmes servent à modéliser l'organisation de l'espace. Mais plus que ça, ils donnent à voir de façon synthétique les modalités d'organisation du territoire. Ils permettent d'extraire les principes de l'utilisation de l'espace par les exploitants. Cependant, les chorèmes produits dépendent fortement des experts qui les conçoivent et des situations étudiées. En particulier, le nombre et le choix des relations utilisées pour décrire les liens entre les entités dépendent de l'interprétation de l'agronome. De plus, nombre des relations manipulées modélisent des relations fonctionnelles dont l'interprétation est précisée par les agronomes. Ce travail d'interprétation des chorèmes a permis de capter les explications qui sont associées à des parties de graphes décrivant les chorèmes. Les explications sont actuellement représentées sous forme de phrases. Cette représentation devra être enrichie pour permettre leurs manipulations en vue de leurs adaptations. Nous avons donc défini une nouvelle structure associant un GOS et une explication que nous appelons un *Grphe d'Organisation Spatiale Expliqué* ou *GOS-E*. Des exemples d'explications associées au graphe de la figure 2 sont données figure 4. Dans le cas du GOS-E 1, l'utilisation du champ clôturé, par les animaux à fort besoin, est expliqué par son fort potentiel d'une part mais surtout par sa présence à proximité à la fois du siège (surveillance) et de la bergerie (limitation des déplacements). Pour le GOS-E 2, l'utilisation du parcours est expliquée par la présence en son sein d'un point d'eau (attractif) et par la facilité de le rejoindre grâce au chemin. Pour le troisième exemple, une faible utilisation du nougat est expliquée par la présence de la route qui en entrave l'accès.

3 Principe du RÀPC appliqué aux GOS

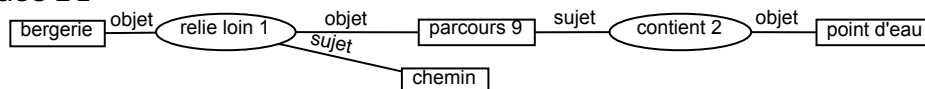
Une fois ce premier travail de formalisation des chorèmes, des GOS et des GOS-E fait, le but est de construire un système permettant l'analyse de nouvelles exploitations et d'en appréhender rapidement les modalités d'organisation. L'analyse doit se fonder sur les connaissances acquises sur les premières exploitations étudiées en détail tant en ce qui concerne leur organisation spatiale que

GOS-E 1



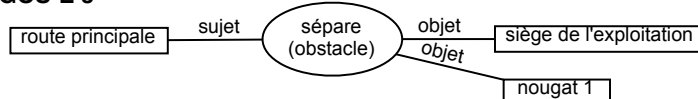
Exp 1 : Utilisation du champ clôturé par des animaux à forts besoins. La proximité du siège permet la surveillance des animaux. La proximité de la bergerie limite les déplacements coûteux.

GOS-E 2



Exp 2 : Le chemin facilite le déplacement du troupeau (il suffit de mettre les brebis sur le chemin pour qu'elles montent dans le parcours 9). Le point d'eau attire également les brebis dans le parcours 9.

GOS-E 3



Exp 3 : La route constitue un obstacle nécessitant le suivi du troupeau pour atteindre le parc en nougat. L'exploitant y emmène ses animaux quand il a du temps.

FIG. 4 – Exemples de graphes d'organisation expliqués résultant de l'interprétation du chorème de la figure 1. Un GOS-E est constitué d'un sous-graphe extrait du GOS modélisant le chorème auquel est associée une explication.

leur organisation fonctionnelle. Ainsi, l'analyse de nouvelles exploitations, décrites en terme d'organisation spatiale, dans le système ROSA, est fondée sur le raisonnement à partir de cas qui utilise les solutions de problèmes déjà résolus pour résoudre de nouveaux problèmes. Le système ROSA est bâti selon l'architecture classique des systèmes de RÀPC : il est constitué d'une base de cas, d'une base de connaissances et d'un module de raisonnement. La base de connaissances est définie par les hiérarchies des concepts du domaine. La base de cas est constituée des GOS-E enregistrés pour les différentes exploitations étudiées. Le raisonnement utilisé suit l'hypothèse du RÀPC qui considère que des problèmes similaires ont des solutions similaires (Lieber, 1997). Dans ROSA, le raisonnement consiste à rechercher, dans les GOS-E de la base de cas, des explications qu'on puisse associer à un graphe décrivant l'organisation spatiale d'une exploitation agricole. Il s'agit donc de reconnaître dans un graphe fourni (le problème *cible*), des sous-graphes similaires aux graphes des GOS-E *source* de la base de cas. Les explications sont ensuite adaptées en fonction d'une similarité calculée entre le sous-graphe extrait du problème *cible* et le graphe *source* du GOS-E correspondant.

L'objet du système étant d'adapter des explications de *source* à *cible*, nous fondons la recherche de sous-graphes similaires à un graphe donné sur la base de connaissances d'adaptation. Nous recherchons des sous-graphes dans le problème *cible* auxquels nous pourrions proposer des solutions par adaptation des solutions des problèmes *source*. Le raisonnement se déroule en deux étapes : remémoration et adaptation. La remémoration consiste à parcourir la base de cas et à reconnaître dans le problème *cible* des problèmes similaires aux problèmes des cas *source*. Puis, une fois cette remémoration effectuée, la phase d'adaptation consiste à transformer l'explication d'un des problèmes *source* en fonction des modifications apportées à *cible* pour le rendre similaire à *source* (Lieber, 1997). La section suivante décrit les mécanismes de remémoration mis en œuvre alors que la section 5 fera le point sur les travaux nécessaires à la réalisation de l'étape d'adaptation.

4 La remémoration

L'idée est d'explorer la base de cas afin de retrouver des sous-graphes du GOS *cible* similaires aux GOS-E *source* dans le but de leur construire une explication par adaptation de celle du GOS-E auquel ils sont ainsi appariés. Le problème consiste en fait à décomposer le GOS *cible* en de multiples sous-problèmes qui peuvent être similaires à différents cas de la base de cas. La remémoration consiste donc à trouver, pour un cas donné, les sous-graphes similaires à ce cas au sein du graphe

problème *cible*. Cette approche peut à certains égards être comparée à l'approche utilisée dans le cadre de systèmes d'aide à la conception. Dans cette approche sont définis, pour des problèmes de conception donnés, des sous-problèmes considérés comme des épisodes de conception résolus l'un après l'autre (Champin, 2002).

Cette recherche consiste donc en une classification de *cible* par rapport aux problèmes *source* de la base de cas. Nous nous plaçons dans le cadre d'une classification sur la base des hiérarchies présentées ci-avant en utilisant les services du système de logiques de descriptions, formalisme dans lequel est représentée notre base de connaissances (Metzger *et al.*, 2003). Une classification dure implique que l'on puisse trouver un problème *source* tel que $source \sqsubseteq cible$, auquel cas il existe un sous-graphe de *cible* plus spécifique que *source* auquel on peut associer l'explication de *source* par simple recopie étant entendu que l'explication d'un problème donné reste valable pour un problème plus spécifique. Cette approche n'offre pas beaucoup d'explications pour un problème *cible* donné à moins d'une richesse extrême de la base de cas ce qui n'est pas le cas actuellement, ni même un objectif. Au contraire, nous voulons nous appuyer sur des connaissances d'adaptation permettant de modifier le graphe *cible* pour rendre certaines de ses parties similaires aux problèmes des cas *source* de la base de cas. Nous parlons alors de classification élastique et le chemin des modifications rendant une partie de *cible* similaire à un problème *source* constitue un chemin de similarité (Lieber, 1997). L'adaptation consiste alors à construire la solution associée à chacun des sous-graphes remémorés sur la base des modifications rendant le problème *source* similaire au problème *cible*.

La recherche de similarités entre problèmes se fait par une tentative d'appariement des graphes. L'appariement se fait en deux étapes. La première étape est une étape de recherche des sommets et des arcs appariables en fonction de critères définis dans le cas *source*. Cette étape fondamentale, détaillée ci-après, permet de contrôler l'explosion combinatoire liée à l'appariement en limitant les recherches sur les seuls sommets et arcs appariables. L'étape suivante recherche les appariements des structures des graphes. Elle consiste à parcourir le graphe du cas *source* et à tenter de lui appairer des sous-graphes du graphe problème *cible* en fonction des sommets et des arcs appariables déterminés à l'étape précédente. Le résultat est alors une liste de sous-graphes du problème *cible* appariés à des GOS-E *source* de la base de cas.

4.1 Recherche des appariements potentiels sur les sommets

En absence de connaissances d'adaptation, nous avons au départ considéré que tous les sommets de type RÉGION (resp. RELATION) étaient comparables entre eux. Une distance peut être simplement calculée entre deux sommets pour définir leur degré de similarité en considérant le nombre de généralisations menant du concept le plus spécifique de chaque sommet au concept le plus spécifique commun aux deux sommets. Les résultats produits avec cette approche ont été ordonnés suivant les distances calculées et soumis aux experts agronomes. L'analyse empirique de ces résultats a montré plusieurs défauts. Nous avons constaté qu'il y a une limite au delà de laquelle la généralisation n'a plus beaucoup de sens. Ensuite, le degré de similarité est fonction du degré de finesse de description de la hiérarchie de connaissances. Plus le nombre de niveaux de spécialisation des concepts est grand, plus la distance entre deux concepts donnés peut être élevée sans être spécialement basée sur des considérations liées aux propriétés associées aux concepts. L'analyse des appariements proposés nous a montré que la généralisation de concepts, ne devait pas, en général, atteindre le troisième niveau de spécialisation symbolisé par la ligne de coupure sur la hiérarchie figure 3. De plus, dans le contexte de cette hiérarchie, une distance de plus de quatre substitutions de concepts entre deux sommets n'est généralement pas acceptable, tout comme une somme de plus de dix sur l'ensemble des sommets des graphes.

Cependant, il y a des cas, comme celui présenté figure 5, où les problèmes *source* et *cible* devraient être considérés comme similaires malgré la grande distance entre les deux calculée sur la hiérarchie. En effet dans ce cas, l'*ensemble de petits champs clôturés* est utilisé par l'exploitant comme le *point d'eau* pour attirer les brebis vers le parcours. Or, avec les critères qui viennent d'être précisés, l'appariement de *cible* à *source* ne pourrait être validé, car sur la base de la hiérarchie, le nombre de substitutions nécessaires pour rendre le sommet *ensemble de petits champs clôturés* similaire au sommet *point d'eau* est de huit et de plus, le concept commun le plus spécifique est au sommet de la hiérarchie. Ici, on se heurte aux deux problèmes principaux liés à l'utilisation des hiérarchies pour comparer des concepts. D'une part, la densité locale de la taxonomie de concepts

n'est pas homogène et d'autre part, cette taxonomie est construite sur la base d'un point de vue implicite. Par exemple, la hiérarchie des concepts est organisée en fonction de l'occupation du sol. Une mesure de distance comme celle utilisée dans (Ganesan *et al.*, 2001) peut limiter l'effet de la variation de densité locale de la taxonomie, mais ne résout pas les problèmes liés aux points de vue.

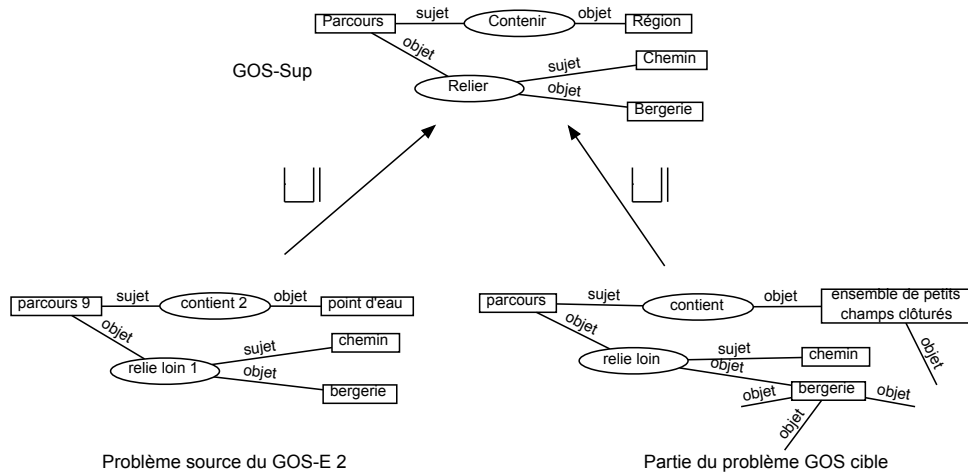


FIG. 5 – Chemin de similarité rendant les GOS source et cible comparables.

Ces observations et une expérience d'acquisition de connaissances d'adaptation utilisées par les agronomes pour dessiner et analyser les organisations spatio-fonctionnelles des exploitations, nous ont conduit à analyser les conditions de comparaison des concepts. Suite à ce travail, nous avons enrichi les GOS-E d'une notion de points de vue qui permet de définir le contexte dans lequel les explications sont données comme cela est présenté dans (d'Aquin *et al.*, 2002). Les points de vue sont par exemple la *surveillance du troupeau* dans le cas du GOS-E 1 de la figure 4 ou le *déplacement du troupeau* pour les GOS-E 2 et 3, les *contraintes sur une surface agricole* ou encore l'*occupation du sol* point de vue auquel est associée la hiérarchie présentée figure 3. Ainsi, d'autres hiérarchies sont à construire avec l'aide des experts agronomes afin de préciser les conditions de comparabilité entre les concepts du domaine en fonction des points de vue. Dans ce cadre, avec des contextes définis par les points de vue, on s'assure que l'adaptation est applicable, i.e. deux sommets appariés jouent le même rôle dans un contexte donné.

La démarche présentée ici permet de trouver un graphe GOS-Sup tel que $source \sqsubseteq GOS-Sup \sqsupseteq cible$ avec un chemin de similarité défini par l'ensemble des substitutions de concepts entre les sommets appariés de *source* et *cible*. L'adaptation est possible dans la mesure où la remémoration est fondée sur des connaissances d'adaptation enregistrées dans les GOS-E sous la forme des points de vue et des hiérarchies auxquelles ils font référence. Dans l'exemple figure 5, on aurait comme sommet du GOS-Sup subsumant les sommets *point d'eau* et *ensemble de petits champs clôturés*, le sommet ATTRACTIF à la place de RÉGION.

4.2 Extension de la remémoration

Au terme de cette étape de remémoration par exploration de la base de cas, une liste de sous-graphes de *cible* appariés à chaque GOS-E donné est fournie par le système. Mais, il est possible que certaines parties de *cible* ne soient appariées à aucun GOS-E de la base de cas. Ces parties ne sont donc pas explicables en l'état. Aussi, le travail d'acquisition de connaissances nous a montré que parfois des structures spatiales différentes mais peu éloignées pouvaient avoir des explications assez proches. Il en va ainsi de graphes où par exemple l'agronome modélisant une exploitation n'a pas jugé utile de préciser si un chemin relie un parcours lointain à la bergerie, comme c'est le cas pour le GOS-E 2 de la figure 4. Dans ce cas le parcours est simplement indiqué comme étant loin de la bergerie. Or, à moins d'un obstacle, normalement précisé, il est considéré que les surfaces agricoles d'une exploitation sont toujours accessibles. Dans ce cas, les explications associées aux différentes structures sont identiques. Pourtant, les graphes ne sont pas comparables au sens de l'appariement décrit ci-avant. En effet, ils n'ont pas le même nombre de sommets, ni le même nombre

d'arcs. D'autre part, il arrive que les connaissances d'adaptation nous permettent de transformer une explication associée à une organisation spatiale donnée, lorsque l'on sait pouvoir trouver une organisation différente par l'application d'une règle d'inférence spatiale transformant une relation par une autre.

Pour cela, nous avons étudié les possibilités de modifier la structure du graphe cible pour ensuite rechercher des appariements comme expliqué précédemment. Ainsi, nous avons identifié différentes règles d'inférence spatiales permettant de transformer les liens entre les entités spatiales. Ces règles peuvent être classées suivant trois catégories :

- Les règles de voisinage : une relation peut être transformée en une relation voisine. Les graphes de voisinages ont été décrits pour les relations de la théorie RCC-8 dans (Cohn *et al.*, 1997) comme présenté figure 6.
- Les règles de composition de relations : une relation entre deux régions peut être inférée à partir de la composition de relations entre ces deux régions et une troisième. Par exemple *Si une région A est à l'intérieur d'une région B et que la région B est proche d'une région C alors la région A est proche de la région C*. La composition des relations de distance a été étudiée dans (Clementini *et al.*, 1997) et la composition des relations topologiques dans (Egenhofer, 1991; Randell & Cohn, 1992).
- Les règles d'inférence spécifiques liées aux connaissances du domaine.

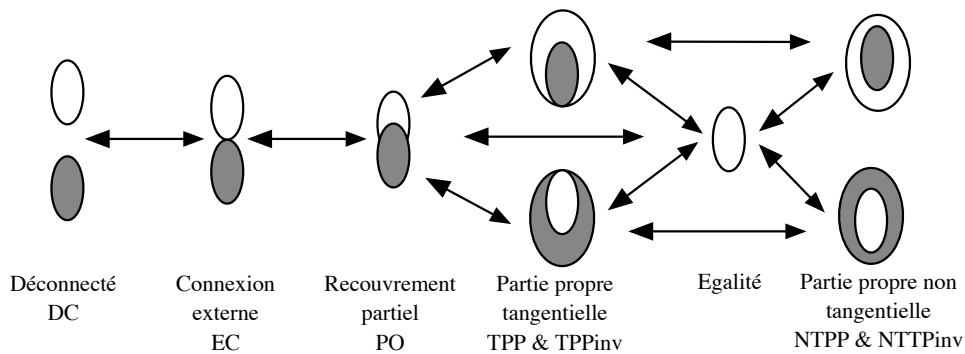


FIG. 6 – Graphe des relations de voisinage pour les relations de la théorie RCC-8.

Une fois appliquées les règles possibles, un nouveau cycle de remémoration peut être lancé sur les parties non expliquées du graphe cible ainsi transformé. Les modalités d'application de ces règles restent à définir. La discussion qui suit tente d'en définir les contours.

5 Discussion

Parmi les règles d'inférence, certaines permettent de modifier la structure des graphes. La question se pose alors de savoir dans quelles conditions ces règles peuvent être appliquées et combien de transformations sont possibles. Dans (Bunke & Messmer, 1993), les opérations d'édition de graphes sont étudiées. Leur enchaînement permet de transformer un graphe donné en n'importe quel autre graphe. Or cette situation n'est pas envisageable, car les transformations entraîneraient trop de cas à étudier qui n'auraient pas de sens en terme de similarité entre deux situations spatiales données. Cependant, les règles d'inférence ne devraient s'appliquer que dans des contextes précis, qu'ils nous restent à déterminer, ce qui devrait limiter leur utilisation. De plus, nous pouvons nous limiter à ne transformer que les parties de cible n'ayant pas déjà été appariées à des GOS-E de la base de cas. Aussi, nous pensons actuellement, que l'application des règles doit être contrôlée par l'opérateur ou bien limitée à un seul cycle de transformation pour limiter l'explosion combinatoire tout en restant dans des contextes de raisonnement spatial raisonnable.

La liste des transformations par substitution de concepts sur les sommets et par application des règles d'inférence pour rendre deux graphes similaires permet de définir un chemin de similarité tel que défini par (Lieber, 1997). Ce chemin de similarité servira de base à la construction d'un *chemin de modifications* (Melis *et al.*, 1998) pour le calcul des adaptations à apporter sur les explications des cas source pour proposer de nouvelles explications aux problèmes cible (figure 7).

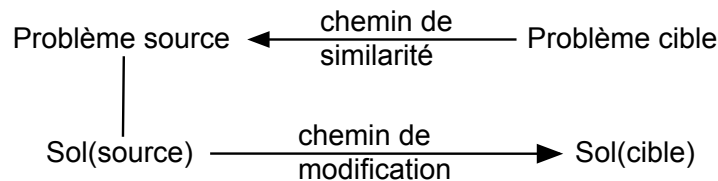


FIG. 7 – Cycle d'adaptation de `sol(cible)`.

Cependant, les explications sont actuellement données sous forme de simples phrases. Cette représentation n'est pas suffisante pour permettre l'application des chemins de modifications sur les explications. Pour cela, nous avons envisagé la possibilité de lier les termes d'une explication aux sommets du GOS-E auxquels ces termes font référence ou encore d'utiliser le formalisme des *Explanation patterns* tels que présentés dans (Schank *et al.*, 1994).

6 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté les graphes d'organisation spatiale (GOS) qui représentent les problèmes à analyser dans le cadre du système ROSA, ainsi que la base de connaissances du domaine sur laquelle s'appuie leur modélisation. Puis, nous avons présenté les GOS-E qui représentent des couples $(P, \text{Sol}(P))$ où P est un problème représenté par un GOS et $\text{Sol}(P)$ est la solution représentée par l'explication associée au GOS. Le principe du raisonnement à partir de cas appliqué au GOS a été décrit avant de présenter les stratégies de remémoration en commençant par l'appariement des sommets rendus similaires par des substitutions sur les concepts dont ils sont instances. Puis, nous avons montré que l'application d'inférences spatiales pouvait augmenter les capacités du système à donner des explications. Enfin, nous avons discuté de quelques uns des problèmes qu'il reste à résoudre pour le développement de notre système. De nombreux travaux restent à mener pour aboutir à un système complet de raisonnement à partir de cas. En ce qui concerne la remémoration, la question se pose des stratégies à appliquer. Une esquisse de solution a été proposée mais l'implantation des règles d'inférence reste à faire pour valider les choix proposés. Pour ce qui est de l'adaptation, les réflexions menées pour la représentation et la manipulation des explications devront être poursuivies afin de permettre l'intégration d'un module d'adaptation au sein du système ROSA.

Références

- BUNKE H. & MESSMER B. (1993). Similarity Measures for Structured Representations. In M. RICHTER, S. WESS, K.-D. ALTHOFF & F. MAURER, Eds., *Proceedings of the First European Workshop on Case-Based Reasoning (EWCBR'93)*, Kaiserslautern, p. 26–31.
- CAPITAINE M., LARDON S., LE BER F. & METZGER J.-L. (2001). Chorèmes et graphes pour modéliser les interactions entre organisation spatiale et fonctionnement des exploitations agricoles. In T. LIBOUREL, Ed., *Géomatique et espace rural. Journées CASSINI 2001, Montpellier, France*, p. 145–163 : SIGMA.
- CHAMPIN P.-A. (2002). *Modéliser l'expérience pour en assister la réutilisation. De la Conception Assistée par Ordinateur au Web Sémantique*. Thèse d'université, Université Claude Bernard – Lyon 1.
- CLEMENTINI E., FELICE P. & HERNÁNDEZ D. (1997). Qualitative Representation of positional information. *Artificial Intelligence*, **95**(2), 317–356.
- COHN A. G., BENNETT B., GOODAY J. & GOTTS N. M. (1997). Representing and reasoning with qualitative spatial relations about regions. In *Spatial and Temporal Reasoning*, p. 97–134. Kluwer Academic Publishers.
- D'AQUIN M., LIEBER J. & NAPOLI A. (2002). Représentation multi-points de vue des connaissances pour l'adaptation. In M.-C. JAULENT, C. LE BOZEC & É. ZAPLETAL, Eds., *actes du Xème séminaire français de raisonnement à partir de cas*, p. 23–31.
- EGENHOFER M. J. (1991). Reasoning about binary topological relations. In O. GUNTHER & H.-J. SCHEK, Eds., *Proceedings SSD'91, Advance in Spatial Databases*, LNCS 525, p. 143–160 : Berlin : Springer-Verlag.
- GANESAN P., GARCIA-MOLINA H. & WIDOM J. (2001). Exploiting hierarchical domain structure to compute similarity. *ACM Transactions on Information Systems*, **21**(1), 64–93.

- LE BER F., BRASSAC C. & METZGER J.-L. (2002). Analyse de l'interaction experts – informaticiens pour la modélisation de connaissances spatiales. In *IC'2002, Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, Rouen*, p. 29–38 : INSA Rouen.
- LIEBER J. (1997). *Raisonnement à partir de cas et classification hiérarchique. Application à la planification de synthèse en chimie organique*. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy I.
- MELIS E., LIEBER J. & NAPOLI A. (1998). Reformulation in case-based reasoning. In B. SMYTH & P. CUNNINGHAM, Eds., *Fourth European Workshop on Case-Based Reasoning, EWCBR-98*, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1488, p. 172–183 : Springer.
- METZGER J.-L., LE BER F. & NAPOLI A. (2003). Représentation et comparaison de structures spatiales dans les logiques de descriptions. In J.-P. BRIOT & J. MALENFANT, Eds., *Langages et Modèles à Objets LMO'03*, p. 197–210 : Hermes Lavoisier.
- RANDELL D. A. & COHN A. G. (1992). Exploiting Lattices in a Theory of Space and Time. *Computers Math. Applic.*, **23**(6-9), 459–476.
- SCHANK R., RIESBECK C. & KASS A. (1994). *Inside Case-Based Explanation*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.