
Les états spatio-temporels d'existence et de présence

Vers une définition des relations entre objets absents ou inexistants

Pierre Hallot¹⁻², Kathleen Stewart¹, Roland Billen²

1. Department of Geographical and Sustainability Sciences, The University of Iowa
316 Jessup Hall, Iowa City, IA 52242, USA
pierre-hallot@uiowa.edu – kathleen-stewart@uiowa.edu

2. Unité de Géomatique, Université de Liège
Allée du 6 Aout, 17, 4000 Liège, Belgique
p.hallot@ulg.ac.be – rbillen@ulg.ac.be

RESUME. Ce travail présente une nouvelle approche visant à caractériser les relations spatio-temporelles qui existent entre objets géographiques qui sont absents ou inexistants au moment de l'analyse. Nous proposons premièrement une analyse formelle des états spatio-temporels de présence et d'existence d'un objet géographique. Ensuite, nous utilisons une combinaison de ces états afin de définir un ensemble de configurations de vie et de mouvement. Le modèle développé sert alors de base formelle à la réalisation d'une série de requêtes spatio-temporelles fondées sur l'analyse de motifs dans la succession d'états spatio-temporels. L'ensemble de la démarche est ensuite appliquée à un cas d'organisation d'une conférence scientifique et permet de définir les relations qui existent entre un événement localisé dans l'espace et le temps et des objets mobiles qui parcourent cet espace, i.e. les participants de la conférence.

ABSTRACT. This paper addresses a new approach to formalize the spatiotemporal relationships between geographical objects that do not exist or that are not present at the time of the analysis. We propose first an analysis of the spatiotemporal states of existence and presence for a geographical object. Then, we combine the spatiotemporal states to define a comprehensive set of life and motion configuration. The proposed model serves as formal basis to perform spatiotemporal queries by retrieving selected patterns in the life and motion configurations. The research is applied to the organization of a scientific conference, in doing so we are able to define the relationships that exist between an event located in space and time and mobile objects evolving within the space, i.e. the conference participants.

MOTS-CLES : Relation spatio-temporelle, Existence, Présence, Requête spatio-temporelle

KEYWORDS: Spatio-temporal relationships, Existence, Presence, Spatio-temporal queries

DOI:10.3199/JESA.45.1-n © Lavoisier 2012 [AR_DOI](#)

1. Introduction

La recherche et le développement de solutions exploitant des données spatio-temporelles ont fortement progressé ces dix dernières années suite aux améliorations constantes des techniques d'acquisition de données et l'évolution des attentes et des comportements des utilisateurs. Par exemple, qu'il s'agisse de l'utilisation de réseaux actifs tels les systèmes Wi-Fi, GSM ou de systèmes de positionnement satellitaire, se localiser est de plus en plus aisé pour toute personne équipée d'un dispositif adéquat. Dans le même temps, l'émergence des réseaux sociaux pousse ces mêmes utilisateurs à partager leur position quasi en temps réel. L'émergence de ces services de localisation en réseau rend disponible une grande quantité de données. Malgré ces profonds changements, on est toujours loin d'une exploitation optimale de ces données localisées dans l'espace et dans le temps.

Tout d'abord, l'accès à une information spatio-temporelle complète reste limité par des contraintes de quantité ou de disponibilité de données, de droits d'auteurs ou encore à cause de restrictions dues à la vie privée. L'analyse de relations spatio-temporelles est donc souvent limitée soit à un système d'acquisition particulier soit volontairement limitée à la portée d'un événement. Ensuite, les raisonnements spatio-temporels complexes mettent souvent en œuvre des objets ou des événements passés ou futurs. Qu'il s'agisse de la visite des ruines d'un ancien château, d'une plaine de bataille, ou plus simplement, de la planification d'une future habitation, ces objets ou événements sont utilisés comme repères de localisation ou comme bases de raisonnement en définissant des liens spatio-temporels entre un ou plusieurs objets. Dans le même ordre d'idée, il n'est pas toujours possible d'associer une géométrie ou une localisation à tous les moments de la vie d'un objet. L'objet peut ne pas ou ne plus avoir de géométrie par nature comme dans le cas d'un bâtiment en projet ou démolé ou bien par manque de données comme dans le cas de la perte du signal de navigation d'une voiture. Finalement, l'exploitation des données spatio-temporelles par le plus grand nombre implique une utilisation d'une sémantique proche du langage naturel. Les requêtes posées sur un jeu de données spatio-temporelles se révèlent souvent compliquées, relevant de la combinaison d'une logique de raisonnement spatiale et temporelle. La perception de l'espace-temps requiert une analyse cognitive de la perception de l'utilisateur final afin de lui permettre de poser des requêtes proches de son langage et lui permettant d'extraire facilement une information riche à partir d'un jeu de données.

Dans cet article, nous tentons de proposer des solutions à ces problèmes en nous appuyant sur l'étude de l'identité des objets. Notre objectif est de permettre la gestion de relations spatio-temporelles entre objets pouvant ne pas encore avoir d'extension spatiale ou ne plus en avoir et entre objets pouvant ne pas être présents durant une période de temps tout en continuant à exister au regard du système.

L'article est structuré de la manière suivante. Dans la section 2, nous dressons un état de l'art des modèles spatio-temporels traitant de la notion d'identité des objets géographiques. Ensuite, dans la section 3, nous définissons le concept d'état spatio-temporel ainsi qu'une vision ontologique associée à ceux-ci. La section 4 est consacrée à la représentation de configurations de vie et de mouvement et ainsi que

de leur utilité dans la formalisation des histoires spatio-temporelles d'objets géographiques évoluant dans un espace n'offrant pas une possibilité de localisation parfaite. Dans la section 5, nous proposons via l'analyse de l'exemple de l'organisation d'une conférence scientifique le moyen d'effectuer des requêtes spatio-temporelles sur base de la recherche de motifs de successions d'états spatio-temporels dans les configurations de vie et de mouvement. Finalement nous concluons en section 6 et dressons des perspectives de recherche futures.

2. Etat de l'art

L'identité d'un objet, qui ne doit pas être confondu avec le concept de clé d'identification (Khoshafian and Copeland 1986), est la propriété intrinsèque de chaque objet lui permettant d'être différencié de tous les autres. Le domaine de la philosophie rapporte ce concept à l'« *identité des indiscernables* » (Zalta 2006). La définition complète d'un objet géographique passe donc par la définition de son identité et de sa spatialité qui peut varier au cours du temps. L'identité d'un objet est définie comme le trait unique qui le distingue de tout autre objet (Khoshafian and Copeland 1986).

La plupart des travaux relatifs à la modélisation de l'identité d'objets géographiques reposent sur le principe de modélisation orientée objet (Khoshafian and Copeland 1986). Ces recherches incluant (Hornsby and Egenhofer 2000a, Hornsby and Egenhofer 2000b, Worboys and Hornsby 2004, Hornsby and Egenhofer 1998) se focalisent sur le concept d'objet géographique et de sa modélisation en qualité d'élément unique. Ces travaux proposent une modélisation des transitions possibles entre objets géographiques considérant leur identité et une modélisation événementielle des transformations d'objets géographiques tenant compte de l'identité respectivement. D'autres modèles proposent une analyse du suivi de l'évolution d'objets géographiques considérant leur possibilité de ne plus exister. Campos (Campos et al. 2003) propose un ensemble de relations et leur sémantique associée décrivant la représentation d'objets géographiques dans un environnement virtuel. Bien que sémantiquement complets, ces modèles ne prennent cependant pas en compte la possibilité d'étudier une relation entre un objet présent au moment de l'analyse vers un objet ayant existé dans le passé ou un événement existant dans le futur. Par exemple, il ne leur est pas possible de rechercher l'ensemble des personnes visitant le futur site d'une habitation.

L'étude des relations entre régions évoluant dans l'espace telle que proposée par Claramunt (Claramunt et al. 1997, Claramunt and Jiang 2000) permet de définir un ensemble de relations spatio-temporelles en croisant le raisonnement spatial topologique (Egenhofer, Egenhofer and Franzosa, 1998) et la logique temporelle proposée par Allen (Allen 1983, Allen 1984). Ces travaux proposent le suivi de séquences de changement lors de l'évolution de parcelles cadastrales. Plus récemment, d'autres modèles de raisonnement spatio-temporels cherchent à décrire les trajectoires d'objets géographiques dans une vision allocentrique (Van de Weghe et al. 2004, Van de Weghe et al. 2006) ou egocentrique (Noyon et al. 2006, Noyon et al. 2007). Ces modèles, basés sur une méréologie spatio-temporelle, décrivent à l'aide d'opérateurs qualitatifs les relations existant entre objets en mouvement. Ces recherches se focalisent sur une approche où tous les objets existent à chaque instant.

Un des objectifs d'un modèle de raisonnement spatial ou spatio-temporel est de formaliser les liens sémantiques qui lient des objets ou événements dans l'espace et

dans le temps (Keßler et al. 2009, Cai 2007, Claramunt and Theriault 1996). L'étude de la sémantique des relations spatio-temporelles permet d'obtenir des requêtes plus proches de la perception des utilisateurs finaux, de construire des modèles d'analyse du langage naturel, et de relier les concepts spatiaux et temporels du langage vers un formalisme permettant une analyse (Lawson et al. 2009, Traugott 1978).

La notion de contexte géographique (Cova and Church 1997), qui représente l'environnement perceptible par un ou plusieurs utilisateurs entretient de forts liens avec la recherche proposée. En effet, la perception de la présence ou d'absence d'un objet géographique fait appel au contexte dans lequel l'objet est observé. Un utilisateur omniscient perçoit l'ensemble des informations relatives à une situation géographique donnée. Tout autre utilisateur ne percevra qu'une partie de cette réalité restreinte par le contexte dans lequel il l'observe.

Actuellement, l'analyse de l'évolution d'un ou plusieurs objets géographiques se focalise soit sur la description de sa trajectoire ou des relations qu'entretiennent plusieurs objets durant leur déplacement, soit sur l'analyse de l'apparition ou la disparition des objets dans le temps sur base de l'identité de ceux-ci. La description des mouvements d'un mobile sur base d'opérateurs qualitatifs est limitée aux périodes de temps durant lesquelles un objet peut être observé. La proposition d'un modèle combinant la possibilité d'analyse des connexions spatio-temporelles entre objets incluant leur possibilité de ne pas exister ou de ne pas être présents durant une période de temps permet de réunir ces deux approches sous couvert d'un modèle unique plus général. Le modèle proposé par la suite répond à ce constat et permet une analyse plus générale de l'ensemble des situations d'évolution d'objets géographiques dans l'espace-temps.

3. Etats spatio-temporels

Postulons qu'un objet géographique ne peut exister durant une infinité de temps. Autrement dit, il existera toujours une période de temps durant laquelle l'objet n'existe pas encore et une période durant laquelle l'objet n'existera plus. De plus, nous posons également qu'un objet détruit et dont l'identité est également détruite ne peut apparaître à nouveau sous sa même forme, i.e. nous n'acceptons pas la résurrection de l'objet géographique. L'étape qui marque la création d'un objet est définie par l'expérience de pensée qui vise à sa conceptualisation. Cependant, il ne serait pas envisageable de concevoir un système permettant de matérialiser tout objet géographique créé lors d'une expérience de pensée. C'est pourquoi il est préférable de restreindre cette définition par le fait de poser que l'existence d'un objet commence dès lors qu'une relation sémantique ou spatiale est établie vers cet objet et qu'il cesse d'exister lorsqu'il n'y a plus de relations vers cet objet. Afin d'explicitier notre position, nous partons des exemples suivants. Une habitation possède une identité dès lors qu'elle est sujette à une expérience de pensée (le maître de l'ouvrage envisage la création d'une habitation) et que des relations sont établies vers l'objet et d'autres objets existants (un plan de l'habitation commence à être dressé, une demande de permis d'urbanisation est déposée pour la future construction). A ce moment, la réalisation physique de l'habitation n'existe pas encore, mais son identité est bel et bien réelle en ce sens qu'elle est utilisée à des fins de communication ou comme objet dans une procédure juridique. Il peut par

ailleurs arriver qu'un objet soit créé, par la définition de son identité et de liens vers cet objet mais qu'aucune réalisation physique ne survienne dans le temps. Nous pensons que dans ce cas, il est toujours opportun de parler d'objet géographique car bien qu'il n'ait qu'une extension virtuelle dans le monde physique, celle-ci peut être utilisée comme lieu de repère ou servir de base à un raisonnement spatial. Un exemple de ce scénario est le cas d'un groupe de personnes manifestant leur opposition à un projet de construction qui sera abandonné par la suite. Une requête possible serait de rechercher l'ensemble des personnes présentes sur le site de construction afin d'identifier les manifestants. Nous sommes ici en présence d'une relation entre objets existants (les manifestants) et un objet de référence n'ayant pas de réalisation physique (le projet de construction).

Lorsqu'un objet existe, il n'est pas nécessairement toujours repérable durant toute son existence. Quelle que soit le type de suivi d'objets géographiques, il existe des périodes de temps durant lesquelles l'objet est soit spatialement hors de la zone d'analyse (par exemple lorsqu'une personne est hors d'atteinte d'un réseau de senseurs actifs), soit des périodes durant lesquelles le système d'acquisition ne permet pas d'obtenir une information quant à la spatialité de l'objet (par exemple lorsqu'un véhicule suivi par un système de positionnement satellitaire est dans un tunnel). Ces différents cas ne correspondent pas totalement à un manque d'information ou à une information floue car l'identité de l'objet reste bien souvent connue. La perte d'information de l'extension spatiale temporaire ne détruit pas l'existence de l'objet géographique.

Afin de rendre compte de ces divers états possible d'un objet géographique, nous proposons de définir formellement les différents états possibles au regard d'une logique de raisonnement temporel, spatial et objet.

Logique de raisonnement temporelle

La logique temporelle utilisée réfère à la proposition de Galton (Galton 1995b). Cette logique permet d'effectuer le lien entre les deux paradigmes de représentation temporelle que sont les instants et les intervalles de temps.

Posons \mathcal{T} être un ensemble d'instant. Nous considérons dès lors la logique temporelle suivante $\mathcal{T} = (T, <)$ possédant les caractéristiques d'irréflexivité (1), de transitivité (2), de linéarité (3), d'illimite (4) et de densité (5).

$$\forall t \neg(t < t) \tag{1}$$

$$\forall t, u, v (t < u < v \rightarrow t < v) \tag{2}$$

$$\forall t, u (t \neq u \rightarrow t < u \vee t > u) \tag{3}$$

$$\forall t \exists u, v (u < t < v) \tag{4}$$

$$\forall t, u (t < u \rightarrow \exists v (t < v < u)) \tag{5}$$

L'intervalle temporel est défini à partir des instants. Considérons \mathcal{I} être un ensemble d'intervalles temporels. Pour chaque duo d'instant distincts t et u , il existe un intervalle I composée de l'ensemble des instants compris de t à u inclus. De plus, t et u sont appelés respectivement le début et la fin de l'intervalle de temps (6). Par ailleurs, Galton propose également la possibilité de retrouver les relations temporelles d'Allen (Allen 1984) sur base de ce jeu d'axiomes (Galton 1995a).

$$\forall t, u(t < u \rightarrow \exists I \wedge \forall i((t \leq i \leq u) \rightarrow i \in I)) \quad (6)$$

Une théorie des états peut être surimposée à la logique temporelle. Celle-ci sert à lier les primitives temporelles aux objets. Nous utilisons le prédicat *Hold-at* (7) pour relier les états aux instants et le prédicat *Holds* (8) pour définir l'état d'un objet valable durant un intervalle de temps. Avec *S* un état, *i* un intervalle de temps et *t* un instant, nous obtenons :

$$\text{Holds} - \text{at}(S, t) \equiv \text{l'état } S \text{ holds à l'instant } t \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Holds}(S, i) &\equiv \forall t(\text{Div}(t, i) \rightarrow \text{Holds} - \text{at}(S, t)) \\ \text{avec} \\ \text{Div}(t, i) &\quad (8) \\ &\text{qui signifie que l'instant } t \text{ est strictement compris dans l'intervalle } i. \end{aligned}$$

Espace de travail

L'originalité de l'approche proposée consiste à définir le concept d'espace de travail (par la suite qualifié de *Workspace*). Un espace de travail représente la portion d'espace dans lequel un phénomène est étudié. Cet espace est défini à l'aide de fonctions de présence. Notons que les concepts définis ici ne se limitent pas à des espaces géographiques mais qu'ils peuvent tout à fait être transposés à des analyses d'espaces virtuels tels des réseaux sociaux, espaces juridiques, mathématiques... L'espace de travail peut soit représenter l'espace d'analyse d'un objet géographique ou d'une composition d'objets géographiques soit la spatialité d'un événement.

$$W_t = \{x \in \text{space} : P(x, t)\} \quad (9)$$

Dans la définition (9), *Space* représente l'ensemble infini de toutes les positions possibles pour un objet et $P(x, t)$ le jeu de fonctions de présences définissant si un objet est situé dans l'espace de travail. Les fonctions de présences sont également dépendantes du temps. En effet, un espace de travail peut changer de spatialité au cours du temps.

Définition de l'état spatio-temporel d'un objet géographique

L'état spatio-temporel d'un objet géographique est conceptuellement défini comme la combinaison de l'existence et de la présence d'un objet géographique. Afin de rendre compte des différents états spatio-temporels d'un objet, nous proposons une représentation conceptuelle des différents concepts qui entrent en compte lors de leur définition (Figure 1). Le premier état d'un objet ou d'un événement est celui d'inexistence. Bien que cet état ne soit pas modélisable dans un système informatique, il représente la première étape de la conceptualisation de l'entité *A*, il s'agit de l'expérience de pensée de l'objet *A*. La définition de l'objet *A* intervient dès lors qu'une relation est établie entre cet objet vers un autre objet ou événement étant lui-même déjà défini. Une identité est alors attribuée à l'objet ou l'événement *A*, il entre en état spatio-temporel d'existence. Deux possibilités sont dès lors possibles. Dans les deux cas, une portion de l'espace est définie comme

correspondant à la localisation de l'objet A. Si l'objet est matérialisé dans cette portion de l'espace, il est qualifié de présent. Il sera dit d'absent s'il est réalisé dans l'espace, c'est-à-dire que l'espace est défini mais qu'il n'y est pas physiquement présent, l'étape permettant la transition de ces deux états est qualifiée de spatialisaiton.

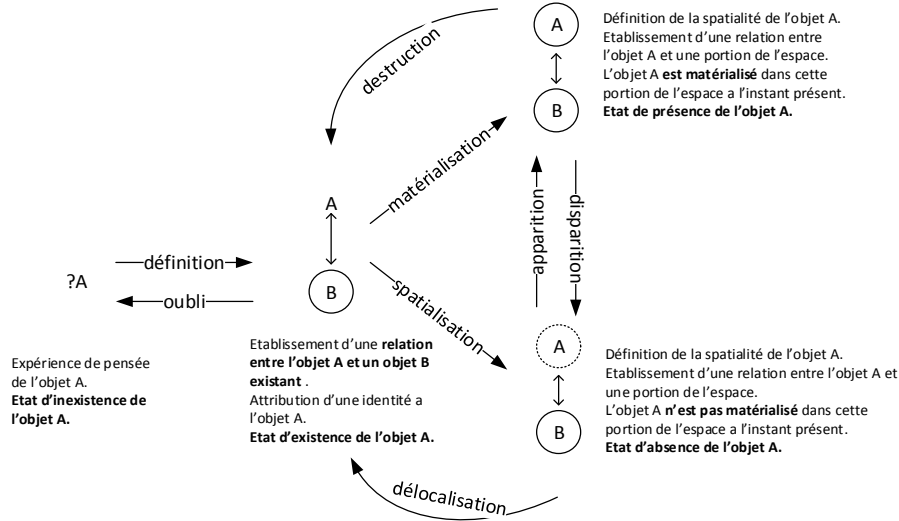


Figure 1. Schématisation conceptuelle des différents états spatio-temporels d'un objet ou d'un évènement A. Les flèches représentent les évènements de transition entre ces différents états. La destruction correspond à un oubli de la localisation de l'objet, la délocalisation marque la perte de réalisation dans l'espace physique sans oubli de sa position.

L'état spatio-temporel d'existence d'un objet ou évènement A est défini comme :

$$\forall j \in I, \exists i_B \in J, \exists R_{B-A}, A \notin space \rightarrow \exists i_A \in J \wedge Hold - at(\exists A, j) \quad (10)$$

avec j un instant temporel, i_B l'identité d'un objet B et R_{B-A} la relation qui lie l'objet B et l'objet A. Nous utiliserons la notation $\exists A$ afin de qualifier l'état spatio-temporel d'existence.

L'état spatio-temporel de présence, noté pA est défini comme :

$$\forall i_A \in J, \forall j \in I: A \subset_j S \rightarrow Hold - at(pA, j) \quad (11)$$

avec i_A l'identité de l'objet A, j un instant temporel, et S l'espace. Nous utiliserons la notation pA afin de désigner l'état d'un objet géographique qui est présent, c'est-à-dire dont la spatialité est accessible à l'instant de l'analyse.

L'état spatio-temporel de non présence ou d'absence est défini comme :

$$\forall i_A \in J, \forall (j, k) \in I: j \neq k, A \notin_j S \wedge A \subset_k S \rightarrow Hold - at(npA, j) \quad (12)$$

avec i_A l'identité de l'objet A, j et k deux instants et S l'espace. L'état d'absence est donc défini comme l'état d'un objet possédant une identité mais non inclus dans

l'espace à l'instant présent. Nous ajoutons la contrainte que l'objet fait partie de l'espace à un instant k futur ou passé.

Etat spatio-temporel et espace de travail

L'espace de travail dans lequel évolue un objet géographique peut être rapproché à la notion de contexte géographique (Cova and Church 1997). Si l'on considère une vue allocentrique, il indique la partie de visibilité de l'analyse, i.e. elle répond à la question : 'quelle portion de l'espace est à disposition de mon analyse ?' Une vision egocentrique par rapport à un objet géographique répond quant à elle à la question : 'quelle portion de l'espace est dans mes possibilités d'actions'. Cette deuxième vision des choses rapproche la notion d'espace de travail à l'étude des prismes spatio-temporels et des très nombreux travaux basés sur Hägerstrand (Hägerstrand 1967).

Dans la suite de ce travail, nous nous concentrerons sur l'analyse de l'état d'un objet géographique au regard de son appartenance ou pas à un espace de travail. Nous posons donc que les définitions (11) et (12) peuvent être restreintes en considérant l'appartenance à l'espace de travail W et non plus à l'espace total S . Ceci nous amène à définir deux états supplémentaires dépendant de l'activité de l'espace de travail. Nous obtenons dans le cas d'un espace de travail actif :

$$\forall j \in I, \exists i_B \in \mathcal{J}, \exists R_{B-A}, A \notin W \wedge W \subset_j S \rightarrow \exists i_A \in \mathcal{J} \wedge \text{Hold} - \text{at}(\underline{\exists A}, j) \quad (13)$$

$$\forall i_A \in \mathcal{J}, \forall j \in I: A \subset_j W \wedge W \subset_j S \rightarrow \text{Hold} - \text{at}(\underline{pA}, j) \quad (14)$$

$$\begin{aligned} &\forall i_A \in \mathcal{J}, \forall (j, k) \in I: j \neq k, A \not\subset_j W \wedge A \subset_k W \wedge W \subset_j S \\ &\rightarrow \text{Hold} - \text{at}(\underline{npA}, j) \end{aligned} \quad (15)$$

Et dans le cas d'un espace de travail inactif :

$$\begin{aligned} &\forall j \in I, \exists i_B \in \mathcal{J}, \exists R_{B-A}, A \notin W \wedge W \not\subset_j S \\ &\rightarrow \exists i_A \in \mathcal{J} \wedge \text{Hold} - \text{at}(\exists A, j) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\forall i_A \in \mathcal{J}, \forall j \in I: A \subset_j W \wedge W \not\subset_j S \rightarrow \text{Hold} - \text{at}(pA, j) \quad (17)$$

$$\begin{aligned} &\forall i_A \in \mathcal{J}, \forall (j, k) \in I: j \neq k, A \not\subset_j W \wedge A \subset_k W \wedge W \not\subset_j S \\ &\rightarrow \text{Hold} - \text{at}(npA, j) \end{aligned} \quad (18)$$

Visuellement les relations (13) à (18) peuvent être représentées selon la Figure 2. Nous utilisons une représentation d'espace temporel pour visualiser un espace de travail W ainsi que les 4 états spatio-temporels correspondant(s ?).

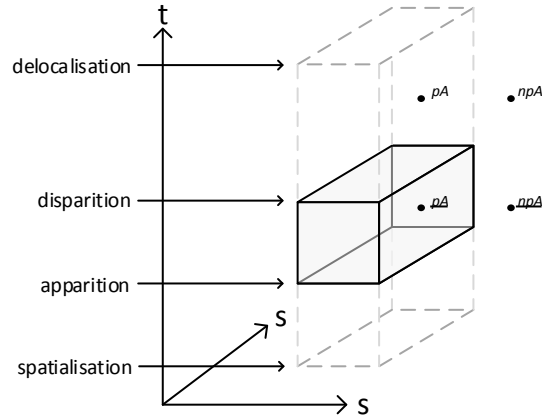


Figure 2. Représentation dans un espace temporel des 4 états spatio-temporels appliqués à un espace de travail actif (région continue) et inactif (région pointillée). Les transitions entre états d'activité de l'espace de travail sont qualifiées par les événements de transitions.

Une étude complète des transitions possibles entre états spatio-temporels a été réalisée dans (Hallot 2012). Celle-ci aboutit à la représentation d'un diagramme conceptuel de voisinage (Freksa 1991) justifié par la théorie de la dominance (Galton 2001).

4. Configuration de vie et de mouvement

L'analyse du suivi des relations spatio-temporelles entre objets géographiques dans le contexte d'un espace de travail est réalisée grâce à l'utilisation de configurations de vie et de mouvement. Les configurations de vie et de mouvement sont l'expression formelle des histoires spatio-temporelles au regard de l'application de la théorie des états définie précédemment. La construction de l'ensemble des configurations de vie et de mouvement passe par la détermination des relations spatio-temporelles entre deux objets. Pour ce faire nous proposons de combiner les états spatio-temporels de deux objets au regard d'un espace de travail. Par la suite, nous étudierons les successions possibles de ces différents états afin de rechercher l'ensemble des successions possibles entre deux objets.

Relations entre états spatio-temporel

Les relations entre états spatio-temporels sont définies comme le produit des deux ensembles d'état spatio-temporels pour un objet. Il existe un ensemble de 36 relations entre états spatio-temporels. Pour chacune de celles-ci, une sémantique peut être attribuée. Nous détaillerons ici quelques exemples significatifs. Notons que les relations spatiales entre deux objets ne peuvent être étudiées que lorsque ceux-ci possèdent tous deux une spatialité au sein d'un espace de travail. Les relations entre états spatio-temporels peuvent donc être vues comme l'ouverture sur une réalité des objets géographiques non encore modélisées.

Les 36 relations entre états spatio-temporels sont :

$$STS_W(A - B) \triangleq STS_W(A) \otimes STS_W(B) \quad (19)$$

$$STS_W(A - B) \triangleq \begin{bmatrix} \exists A \exists B & \cdots & \exists A n p B \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \underline{np A \exists B} & \cdots & \underline{np A n p B} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Analyse de relations entre histoires spatio-temporelles

Le modèle des configurations de vie et de mouvement peut par ailleurs être étendu afin de tenir compte de relations spatiales, comme les relations topologiques entre régions (Egenhofer and Herring 1990) ou les relations projectives (Clementini and Billen, 2006). Dans la suite de notre analyse, nous ne tiendrons compte que d'une relation d'égalité entre les objets géographiques. La relation entre deux histoires spatio-temporelles est décrite comme une succession de relations entre états spatio-temporels. Les différentes successions possibles ont été étudiées dans Hallot (Hallot 2012) afin d'assurer que toutes les relations entre états spatio-temporels soient décrites dans les configurations de vie et de mouvement. La figure 3 décrit les relations spatio-temporelles entre deux objets se déplaçant à l'intérieur et à l'extérieur d'un espace de travail. Pour rappel, leur présence et absence sont définies par leur appartenance à l'espace de travail et l'activité de l'espace de travail est décrit par la relation soulignée ou non. La figure 3 montre trois exemples de l'évolution de deux objets assimilés à des points dans un espace temporel. Chaque relation entre états spatio-temporels est décrite dans la configuration de vie et de mouvement, notée LMC (Life and Motion Configuration), associée à chaque exemple. Par la suite, l'analyse des phénomènes spatio-temporels se fera directement sur base de l'étude de la configuration de vie et de mouvement au lieu de l'analyse de la forme de l'histoire spatio-temporelle. L'écriture de la relation entre histoire spatio-temporelle sous la forme de configuration de vie et de mouvement peut être vue comme une généralisation de ces histoires en se focalisant sur les relations d'identité et de présence des objets analysés.

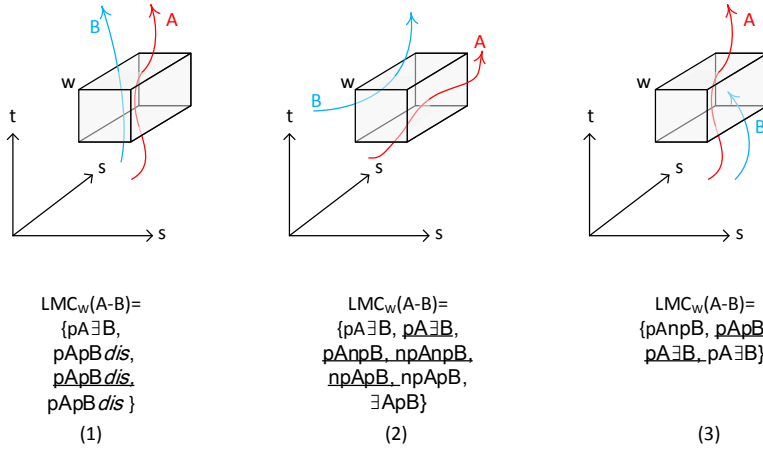


Figure 3. Trois exemples de description de relations entre histoires spatio-temporelles à l'aide de configurations de vie et de mouvement. (1) représente deux objets localisés dans l'espace de travail avant, pendant et après son activité ; le cas (2) montre l'objet A quitter l'espace de travail durant sa période d'activité alors que l'objet B arrive postérieurement au début de l'activité de l'espace de travail ; (3) montre un objet B dont l'existence se termine durant l'activité de l'espace de travail.

Les exemples proposés jusqu'à présent font état d'un seul espace de travail, cependant la combinaison de plusieurs espaces de travail est envisageable. Lorsque l'analyse réalisée se base sur plusieurs méthodes d'acquisition de la spatialité et de la temporalité des objets par exemple. On peut imaginer la combinaison d'une acquisition spatiale via un réseau de senseurs actifs avec une analyse par localisation satellitaire. Une autre option de combinaisons des espaces de travail est de travailler sur la granularité des objets et des relations spatio-temporelles. En effet, si l'espace de travail correspond à un environnement de bureau, il est soit possible d'analyser la présence des objets uniquement au regard de la position à l'intérieur du building, soit de détailler l'analyse au niveau des bureaux eux-mêmes. Dans ce cas, les relations spatiales et temporelles qu'auront les espaces de travail entre eux pourront informer sur une possible déduction d'état spatio-temporel sur les objets présents. Par exemple, si une personne est présente dans son bureau de travail, elle est considérée comme présente dans l'immeuble où se situe son bureau. D'autre part, si une personne est absente de tout bureau mais présente dans l'immeuble, on peut en déduire qu'elle est présente dans un espace commun de l'immeuble. Cette propriété permet également de prévoir quelle sont les possibilités de futurs états spatio-temporels ou de relations entre états spatio-temporels pour un ou deux objets.

Interprétation de motifs de configuration de vie et de mouvement

La modélisation des états spatio-temporels d'un objet et de ses relations permet principalement d'effectuer des requêtes sous la forme d'une recherche de motifs dans les configurations de vie et de mouvement. Nous pensons que cette méthode d'analyse permet de retrouver facilement un ensemble d'objets répondant à un critère de recherche particulier. Cette méthode de travail autorise également d'associer des successions prédéfinies de relations entre états spatio-temporels à des

concepts du langage naturel. De cette façon, nous pensons fournir un cadre de travail pour permettre d'évoluer vers la compréhension de requêtes formulées dans le langage naturel. La recherche de sémantique fait actuellement l'objet d'analyses toutes particulières (Keet et al. 2012) notamment dans la recherche relative au web sémantique et des inférences sur base d'ontologies (Stewart et al. 2013).

Nous avons sélectionné un ensemble de prédicats facilement transférables dans le cadre d'une analyse de configuration de vie et de mouvement. Notons que nous n'avons pas l'intention de présenter une liste exhaustive de toutes les relations sémantiques qu'il serait possible d'obtenir sur base de l'analyse de motifs dans des configurations de vie et de mouvement. Nous proposons plutôt un cadre de travail dans lequel un utilisateur pourrait retrouver facilement la relation qu'il recherche. Il est également évident que toutes les relations sémantiques ne peuvent être expliquées avec le modèle proposé. Cependant, comme celui-ci est extensible via un modèle de relation spatiale et qu'il tient compte de cas plus génériques que les modèles cités dans l'état de l'art, nous pensons qu'il peut servir à de nombreux domaines et analyses. Les concepts dont nous proposons l'analyse sont les suivants : la rencontre, le croisement, la génération, la disparition, l'ignorance et la précédence. Pour chaque terme, nous en donnons notre expression de la sémantique qu'il renferme ainsi que le motif de configuration de vie et de mouvement qui lui correspond.

- **Rencontre**

La rencontre est vue comme le fait que deux objets se retrouvent durant un intervalle de temps à la même position spatio-temporelle. Il est à différencier du croisement pour lequel la temporalité est associée à un instant.

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \{ \dots, Holds(\underline{pApBe}, i), \dots \} \rightarrow A \text{ rencontre } B \quad (21)$$

avec i in intervalle de temps.

L'équation 21 exprime le fait que durant la configuration de vie et de mouvement, on doit retrouver la relation état spatio-temporelle citée. La notion de rencontre peut être affinée en 4 états si l'acquisition de la spatialité des objets n'est pas dépendante de l'espace de travail. Dans ce cas, nous pourrions détailler plus amplement la sémantique de la rencontre. Nous aurions par exemple :

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \{ \dots, Holds(pApBe, i), \dots \} \rightarrow \quad (22)$$

A rencontre B dans le futur ou l'ancien espace de travail.

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \{ \dots, Holds(npAnpBe, i), \dots \} \rightarrow \quad (23)$$

A rencontre B hors du futur ou de l'ancien espace de travail.

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \{ \dots, Holds(\underline{pApBe}, i), \dots \} \rightarrow \quad (24)$$

A et B se rencontrent dans et durant l'activité de l'espace de travail.

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \left\{ \dots, Holds \left(\underline{npAnpBe}, i \right), \dots \right\} \rightarrow \quad (25)$$

A et B se rencontrent hors de l'espace de travail durant l'activité de celui-ci.

Le raffinement proposé par le détail des cas de localisation ou non dans l'activité de l'espace de travail dépend du niveau de granularité de l'analyse effectuée. Par la suite, nous considérerons cependant que l'acquisition de la géométrie de l'objet dépend de sa participation à l'espace de travail.

- **Croisement**

Le croisement est vu au comme la rencontre spatio-temporelle de deux objets n'ayant cependant pas de durée dans le temps, c'est-à-dire survenant durant un instant de temps. La formalisation est fort proche de l'équation (20) si ce n'est que le prédicat utilisé pour représenter la relation entre états spatio-temporels n'est pas *Holds* mais bien *Holds-at*, exprimant un état valable pour un instant.

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \left\{ \begin{array}{l} \dots, \\ Holds \left(\underline{pApBd}, t \right), \\ Holds - at \left(\underline{pApBe}, u \right) \\ Holds \left(\underline{pApBd}, v \right), \\ \dots \end{array} \right\} \rightarrow A \text{ croise } B \quad (26)$$

avec t et v deux intervalles de temps, u un instant. La théorie de la dominance nous indique que dans ce cas, seul l'état \underline{pApBe} peut être instantané.

Le même raffinement que précédemment peut être réalisé afin de détailler si le croisement a lieu ou pas dans l'activité de l'espace de travail.

- **Génération**

La génération consiste à voir l'apparition d'un objet durant la période de présence d'un second objet. La première position de l'objet qui apparait doit être spatio-temporellement identique à l'objet qui le génère. Le motif correspondant à ce concept est :

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \left\{ \begin{array}{l} \dots, Holds - at \left(\underline{pA\exists B}, t \right), \\ Holds - at \left(\underline{pApBe}, u \right) \dots \end{array} \right\} \rightarrow A \text{ genere } B \quad (27)$$

- **Capture**

La capture est vue comme la relation inverse de la génération. Nous interprétons le concept comme le fait pour un objet de perdre sa spatialité juste après une rencontre ou un croisement avec un autre objet. L'expression du motif est la suivante :

$$\forall LMC_W(A - B) : \exists \left\{ \begin{array}{l} \dots, Holds - at \left(\underline{pApBe}, t \right) \vee Holds \left(\underline{pApBe}, u \right), \\ Holds \left(\underline{pA\exists B}, v \right) \dots \end{array} \right\} \rightarrow A \text{ capture } B \quad (28)$$

avec t un instant, u et v des intervalles de temps.

5. Configurations de vie et de mouvements appliquées à l'organisation d'une conférence

L'organisation d'une conférence scientifique peut se définir en termes d'une succession de plusieurs évènements liés à un évènement principal qu'est la conférence. La plupart des conférences sont des évènements cycliques, elles se déroulent principalement annuellement ou bi-annuellement. Dans la suite de notre analyse nous nous focalisons sur les éléments de connexion entre les participants et une édition d'une conférence. L'évènement géographique conférence est composé d'une identité, d'une spatialité et d'une temporalité. Nous pensons que la première étape de la définition d'une conférence est la définition de son identité. Comme expliqué précédemment, celle-ci ne peut être appréhendée par un système que lorsqu'un acteur communique quant à son identité et crée des relations entre celle-ci et d'autres acteurs. C'est notamment le cas lorsqu'un membre d'un groupe scientifique communiquent entre eux quant à l'organisation de la prochaine conférence d'un domaine. Du moment où une communication relative à l'évènement s'établit entre plusieurs acteurs, l'identité de la conférence est définie. Aucune information n'est par ailleurs encore définie quant à sa localisation ou sa temporalité exacte, i.e. la date et le lieu de la conférence ne sont pas encore connus. Seule l'identité de la conférence étant connue, son état est donc $\exists W$ pour une conférence W . L'évolution de la définition de l'évènement passe ensuite par la définition d'une future localisation et d'une future temporalité d'activité, i.e. le lieu et la date de la conférence sont fixés. La représentation de l'histoire spatio-temporelle de cet évènement correspond à la succession d'états spatio-temporels associés à l'évènement :

$$\text{Conference } W = \{ \exists W, npW, pW, \underline{pW}, pW, npW, \exists W \} \quad (29)$$

D'une façon générale, la vie complète de tout objet géographique ou de tout évènement géographique passe par l'ensemble de ces étapes d'états spatio-temporels. La différence entre les différentes situations tient dans le fait que certains états spatio-temporels sont instantanés ou valables durant un intervalle de temps. La description sémantique de l'évènement conférence décrit par la succession d'états spatio-temporels (26) peut être exprimée comme suit :

- $\exists W$: L'identité de la conférence est définie et des relations vers d'autres objets ou évènements sont établies.
- npW : La spatialité de la conférence est définie mais non encore active ou présente. A ce stade, seul le lieu de la conférence est défini, rien ne matérialise cet évènement particulier dans le monde physique.
- pW : La conférence est présente mais non encore active. Cette étape correspond à la préparation de la conférence. La réalisation physique de la conférence apparait. Les marquages indiquant le lieu sont mis en place, la disposition des salles matérialise la conférence, le chapiteau dans lequel se déroule la conférence est construit.
- \underline{pW} : La conférence est matérialisée et active. Il s'agit de l'intervalle de temps durant lequel la conférence se déroule. La conférence est dite

active durant cet intervalle de temps. Notons que l'application de la théorie de la dominance impose que cet état ne peut être instantané. Si l'activité d'un objet ou événement géographique apparaît, cela se produit toujours durant un intervalle de temps. Comme précisé précédemment, il est possible que cet état n'existe jamais dans la succession des états spatio-temporels d'un objet. Il s'agit du cas où la conférence serait annulée.

- pW : La conférence n'est plus active mais toujours présente. Ce stade correspond au démontage des installations de la conférence après que celle-ci ait pris fin. La sémantique de ce stade est identique à la phase de construction du lieu de conférence. La différence entre l'opération de montage et de démontage se fera via l'analyse de la succession des états spatio-temporels de la conférence, i.e. si l'état spatio-temporel précède ou succède à l'état de présence et d'activité.
- npW : Cet état spatio-temporel correspond à la non présence de la conférence. Plus rien ne matérialise l'évènement dans le monde physique. Cependant, la spatialité et l'identité de la conférence est toujours définies. Les participants réfèrent toujours à la conférence (son identité) et au lieu de celle-ci (sa spatialité).
- $\exists W$: A ce stade, la spatialité de la conférence est oubliée. Plus aucune relation n'existe entre la conférence et sa spatialité. La seule information encore en mémoire (vers laquelle des relations existent) est celle vers son identité.

L'espace de travail d'une conférence scientifique varie également durant le temps. La Figure 4 exprime cette variabilité spatiale dans les espaces de travail. La partie de gauche représente la situation où une conférence se termine par une réunion ayant lieu dans un espace restreint par rapport à l'ensemble de l'extension de la conférence. Il s'agit, par exemple, d'un workshop organisé à la fin d'une conférence mais n'utilisant qu'un seul local. La partie de droite symbolise quant à elle, la récurrence observée lors de certaines conférences organisées chaque année à la même localisation spatiale.

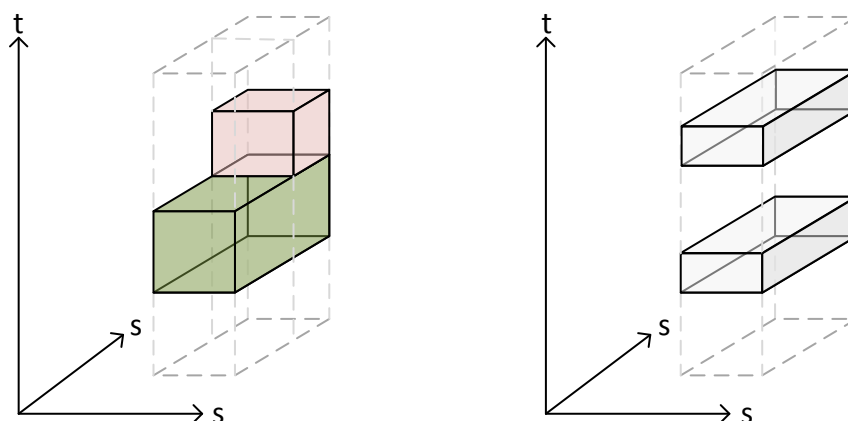


Figure 4. Evolution temporelle d'espaces de travail relatifs à l'organisation d'une conférence scientifique. La partie de gauche représente une réduction de l'espace

dans lequel la conférence est organisée, ex. un workshop suivant directement la conférence mais n'occupant qu'une partie des locaux. La partie de droite représente la succession temporelle d'une conférence localisée au même espace.

Sur base de ce contexte, nous définissons les états spatio-temporels d'une personne par rapport à l'espace de travail défini par la conférence. L'identité d'un individu est étudié au regard de sa connaissance par la conférence, i.e. l'espace de travail. Un individu inscrit à la conférence possède une identité au regard de celle-ci. Sa spatialité n'existe pas encore à ce stade. Dès lors qu'un objet existe, il peut alors être localisé pour autant que sa spatialité soit acquise. Cette spatialité est alors considérée au regard de l'espace de travail défini par la conférence. Les différents états spatiaux possibles sont représentés à la Figure 5. Un individu est en relation de 4 façons principales par rapport à l'espace de travail défini par une conférence.

- pA : L'individu A est spatialement localisé dans l'espace défini pour la conférence mais durant l'inactivité de celle-ci. Cela signifie que l'individu est présent sur le lieu de la conférence avant le début de celle-ci ou après la fin de celle-ci.
- npA : L'individu A est temporellement existant durant l'activité de la conférence mais non spatialement localisé dans l'espace défini par celle-ci. Il s'agit d'une personne connue de l'organisation, dont l'identité existe, mais non localisé dans l'espace défini par la conférence après ou avant l'activité de celle-ci.
- \underline{pA} : L'individu A est temporellement et spatialement présent durant la conférence. Il s'agit d'une personne assistant à la conférence.
- \underline{npA} : L'individu A n'est pas spatialement localisé dans l'espace de travail de la conférence mais il est temporellement présent durant l'activité de celle-ci. Cette situation est le cas d'un individu qui va rejoindre la conférence après le début de celle-ci.

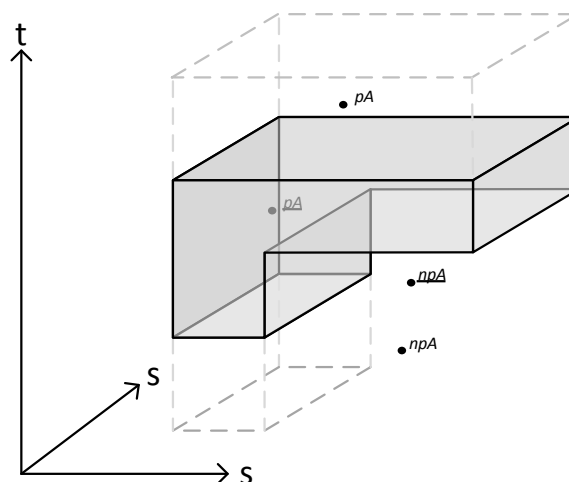


Figure 5. Symbolisation des 4 états spatio-temporels possibles d'une personne par rapport au contexte de l'organisation d'une conférence, considérée comme espace de travail. Un individu peut être présent durant l'activité de la conférence (pA), présent hors de la période d'activité de la conférence ($p\Delta$), non présent durant le déroulement de la conférence (npA), et enfin non présent durant l'inactivité de la conférence ($np\Delta$).

Requêtes relatives à un individu par rapport à un espace de travail

L'espace de travail de la conférence et le lien sémantique entre les différents états spatio-temporels possibles d'un individu participant à la conférence étant définis, il est maintenant possible d'étudier l'évolution d'un individu par rapport à la conférence en terme de successions d'états spatio-temporels et de définir des motifs de recherche correspondants à une requête sur l'interaction d'un individu et de la conférence. Considérant une localisation parfaite de chaque individu en relation avec la conférence, la visualisation de chaque histoire spatio-temporelle ne peut informer que très peu d'une succession spatio-temporelle particulière de chaque individu. Il serait difficile de rechercher visuellement l'ensemble des personnes qui sont présentes sur le lieu de la conférence avant le début de celle-ci ou des personnes qui quittent la conférence durant le déroulement de celle-ci, par exemple. En étudiant une succession d'états spatio-temporels choisis, on peut aisément identifier chaque individu correspondant à une sémantique particulière de déplacement. Par la suite, nous décrivons différents mouvements possibles d'un individu et nous donnerons la succession d'états spatio-temporels correspondants à celle-ci.

- **Quels individus arrivent sur place avant le début de la conférence ?**
La recherche des personnes arrivant sur place avant le début de la conférence peut informer sur leur qualité d'organiseurs ou de participants. En effet, on peut considérer que les organisateurs seront spatialement présents avant le début de l'activation de l'espace de travail conférence. Afin de rechercher tous les individus correspondant à cette catégorie, il est nécessaire de rechercher les personnes qui possèdent une identité au regard

de la conférence, qui sont localisés sur place avant le début de celle-ci et finalement qui restent sur place jusqu'au début de la conférence. En termes de succession d'états spatio-temporels, cela revient à rechercher le motif suivant dans chaque histoire spatio-temporelle individuelle :

$$organise = \{ \dots, pA, \underline{pA}, \dots \} \quad (30)$$

Il est notable qu'une recherche impliquant plusieurs paramètres se résume à la recherche d'un motif assez simple de deux états spatio-temporels.

- **Quels individus s'inscrivent à leur arrivée à la conférence ?**
Les personnes qui ne sont pas inscrites à la conférence sont inconnues du système, elles ne possèdent pas d'identité au regard de l'espace de travail. Ces personnes obtiennent une identité une fois qu'elles sont enregistrées comme participants. Les personnes s'inscrivant à l'avance ne possèdent pas encore de spatialité mais ont déjà une identité. Sur base de cette constatation, il est possible de rechercher le motif suivant :

$$inscrit_sur_place = \{ \underline{pA}, \dots \} \quad (31)$$

De cette façon, toutes les personnes arrivant à la conférence et s'inscrivant directement à la conférence sont repérées. Leur histoire spatio-temporelle ne commence qu'au moment où elles s'inscrivent sur place.

- **Quels sont les individus qui participent à l'entièreté de la conférence ?**
Un individu qui suit l'entièreté de la conférence aura une présence continue entièrement localisée dans la portion d'espace-temps définie par l'espace de travail de la conférence. La recherche des personnes assistant à l'ensemble de la conférence revient donc à rechercher les personnes pour qui se succèdent tous les états de présence active possible.

$$participation_{complete} = \forall Hold - at(\underline{pW}, x) \\ \rightarrow \{ \dots, hold - at(\underline{pA}, x), \dots \} \quad (32)$$

Cette situation correspond, pour un individu, participant à l'ensemble de la conférence, d'avoir un état spatio-temporel de présence localisé dans l'espace attribué à la conférence pour chaque instant où la conférence est active.

L'étude des mouvements de chaque individu par rapport à la conférence peut être réalisée par la recherche d'un motif particulier dans la succession d'états spatio-temporels. Comme on peut le constater via les équations 27 à 29, les successions représentant parfois des sémantiques complexes sont limitées à la recherche de

quelques états spatio-temporels particuliers. Nous pensons également qu'un utilisateur final pourrait aisément décrire lui-même ses propres requêtes aux sémantiques parfois complexes en motifs d'états spatio-temporels.

Requêtes relative à la relation de deux individus par rapport à un espace de travail

L'étude des dynamiques de mouvement d'individus par rapport à un espace de travail passe également par la description des relations qu'entretiennent ces individus par rapport au même espace de travail. Les interrogations en termes de relations spatio-temporelles concernent principalement le fait de savoir si des individus se sont rencontrés. Cette analyse de la connexion spatio-temporelle entre personnes constitue la base de beaucoup de domaines comme, par exemple, l'épidémiologie ou la criminologie. Pour les deux exemples précités, la localisation du contact entre les individus n'est souvent pas l'information la plus importante. L'intérêt de ce genre d'analyse porte plus sur le type de contact (savoir si le contact a induit un changement de direction ou de comportement) et la durée du contact (suffisante ou non pour transmettre une information ou une maladie). Comme précédemment, nous ne présentons pas une liste exhaustive des requêtes possibles via l'utilisation des configurations de vie et de mouvements ou la succession d'états spatio-temporels mais un aperçu de leur intérêt pour la recherche de sémantiques dans un jeu de données.

- **Quels sont les individus qui ont été en contact avec l'individu A durant la conférence ?**

Cette requête consiste à la recherche de toutes les personnes qui ont partagé à un instant donné la position spatiale de l'individu A. Nous considérons ici une distance tampon en deçà de laquelle deux individus sont considérés comme étant à égale position.

$$contact_{A-x} = \forall x \rightarrow \{ \dots, \underline{pApx}, \dots \} \quad (33)$$

La recherche des contacts se limite à retrouver la relation d'état spatio-temporels de coprésence entre l'individu A et tout autre individu x. La durée du contact peut être étudiée en tenant compte de la durée de l'état spatio-temporel ou du nombre d'états du même type que l'on retrouve dans la configuration de vie et de mouvement des deux individus.

- **Quels sont les individus ayant quitté la conférence avant l'arrivée de l'individu A ?**

Cette requête implique une précédence temporelle entre l'action de participer à la conférence et l'arrivée de l'individu A. Ce type de requête se gère traditionnellement avec l'utilisation d'un opérateur de raisonnement temporel d'antécédence. Le motif à rechercher dans l'ensemble des configurations de vie et de mouvement proposées entre l'individu A et l'ensemble des autres individus se limite à la recherche de deux types de relation entre états spatio-temporels successifs.

$$départ A < arrivée x = \forall x \rightarrow \{ \dots, \underline{npAnpx}, \underline{npApx}, \underline{npA?x} \} \quad (34)$$

Toutes les configurations de vie et de mouvement qui se terminent comme présenté à l'équation 31 concernent des individus arrivés à la conférence après le départ de l'individu A. Dans une situation où les individus, arrivés après le départ de A, sont porteurs d'une information, celle-ci ne pourra être transmise à l'individu A sur le lieu de la conférence.

Ces quelques exemples rendent compte de l'intérêt de l'utilisation des configurations de vie et de mouvement dans la recherche de sémantiques dans un jeu de données spatio-temporelles contraintes à un espace de travail. Comme expliqué précédemment, un espace de travail peut être défini en fonction d'une zone de visibilité ou de la spatialité d'un évènement. Celui-ci pouvant évoluer dans le temps, la recherche de motifs dans un ensemble de configuration de vie et de mouvement aide à tenir compte de toute la variabilité de l'espace de travail.

Conclusion

Partant du constat que les modèles de raisonnement spatio-temporel actuels ne prennent pas en compte la gestion des relations vers des objets absents ou non existants, nous proposons, dans ce travail, un modèle de raisonnement spatio-temporel construit sur l'évolution de l'identité d'un objet géographique. En proposant une analyse complète de toutes les étapes de conceptualisation et de création d'un objet géographique, il nous est possible de définir formellement un ensemble d'états spatio-temporels représentant l'ensemble des possibilités d'existence pour un objet. En analysant ces états spatio-temporels au regard d'un espace de travail, il nous est possible d'inclure toute la variabilité d'existence et de présence des objets géographiques. Afin de suivre l'évolution des relations spatio-temporelles entre objets géographiques dans le temps, nous proposons également un cadre de représentation en configuration de vie et de mouvement qui ouvre la porte à toute une série de possibilités d'analyse. Par ce travail, nous avons montré qu'il est possible d'effectuer facilement des recherches dans un jeu de données spatio-temporelles basées sur une méthode sémantiquement riche. Plus qu'une méthode de recherche, nous proposons un cadre de travail ouvrant la porte à une série d'analyses supplémentaires sur un jeu d'information contraint à un espace de travail.

La suite de cette recherche est consacrée à l'implémentation d'un système calculant automatiquement les configurations de vie et de mouvement pour un jeu d'informations. De plus, nous proposons d'étudier la possibilité de lier automatiquement des sémantiques telles la rencontre, le croisement à des requêtes posées par un utilisateur final. L'étude de la combinaison de plusieurs espaces de travail combinés fait également partie de nos objectifs de recherche futurs. De cette façon, nous espérons définir les relations spatio-temporelles soit entre plusieurs jeux de données plus aisément, soit entre jeux de données de granularité spatio-temporelle différente. Finalement, la combinaison des configurations de vie et de mouvement calculées sur plusieurs individus évoluant dans un espace de travail peut conduire au calcul d'une chaîne de connexions afin d'identifier si un individu A a pu entrer en contact avec un individu X et si oui, via quels intermédiaires.

Bibliographie

- ALLEN, J. F. 1983. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. *Communications of the ACM - The University of Rochester*, 26(11), 832-843.
- ALLEN, J. F. 1984. Towards a general theory of action and time. *Artificial Intelligence*, 23(2), 123-154.
- CAI, G. 2007. Contextualization of Geospatial Database Semantics for Human-GIS Interaction. *Geoinformatica*, 11(2), 217-237.
- CAMPOS, J., HORNSBY, K. and EGENHOFER, M. 2003. A temporal model of virtual reality objects and their semantics. *Journal of Visual Languages & Computing*, 14(5), 469-492.
- CLARAMUNT, C. and JIANG, B., 2000. A representation of relationships in temporal spaces. In: ATKINSON, P. and MARTIN, D. eds. *Innovations in GIS VII: GeoComputation*. London: Taylor & Francis, 41-53.
- CLARAMUNT, C. and THERIAULT, M. 1996. Toward semantics for modelling spatio-temporal processes within GIS. *Advances in GIS Research I*, 27-43.
- CLARAMUNT, C., THÉRIAULT, M. and PARENT, C. 1997. A qualitative representation of evolving spatial entities in two-dimensional topological spaces. *Innovations in GIS V, S., Carver (Eds.), Taylor & Francis, London*, 119-129.

- CLEMENTINI, E. and BILLEN, R. 2006. Modeling and computing ternary projective relations between regions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 799-814.
- COVA, T. J. and CHURCH, R. L. 1997. Modelling community evacuation vulnerability using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(8), 763-784.
- EGENHOFER, M. 1993. A Model for Detailed Binary Topological Relationships. *Geomatica*, 47(3-4), 261-273.
- EGENHOFER, M. and FRANZOSA, R. D. 1991. Point-set topological spatial relations. *International Journal of Geographic Information Systems*, 5(2), 161-174.
- EGENHOFER, M. and HERRING, J., 1990. *Categorizing Binary Topological Relations Between Regions, Lines and Points in Geographic Databases*. Department of Surveying Engineering, University of Maine.
- FREKSA, C., Conceptual Neighborhood and its role in temporal and spatial reasoning. ed. *Proceedings of the IMACS Workshop on Decision Support System and Qualitative Reasoning*, 1991 Amsterdam, Holland, 181-187.
- GALTON, A., A qualitative approach to continuity. ed. *Proceedings of the 5th International Workshop on Time, Space and Movement: Meaning and Knowledge in the Sensible World (TSM'95)*, 1995a Toulouse, France, 17-30.
- GALTON, A., 1995b. Towards a qualitative theory of movement. In: KUHN, W. and FRANK, A. eds. *Spatial Information Theory: a theoretical basis for GIS*. Berlin: Springer Verlag, 377-396.
- GALTON, A. 2001. Dominance Diagrams: A Tool for Qualitative Reasoning About Continuous Systems. *Fundamenta Informaticae*, 46(1/2), 55.
- HÄGERSTAND, T., 1967. *Innovation Diffusion as Spatial Process*. Chicago, USA: The University of Chicago Press.
- HALLOT, P., 2012. *L'identité à travers l'espace et le temps, vers une définition des relations spatio-temporelles entre objets géographiques*. PhD (PhD). University of Liège.
- HORNSBY, K. and EGENHOFER, M., Identity-based change operations for composite objects. ed. *8th International Symposium on Spatial Data Handling*, 1998 Vancouver, Canada : International Geographical Union, 202-213.
- HORNSBY, K. and EGENHOFER, M. J. 2000a. Identity-based change: a foundation for spatio-temporal knowledge representation. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(3), 207 - 224.
- HORNSBY, K. and EGENHOFER, M. J. 2000b. Identity-based change: a foundation for spatio-temporal knowledge representation. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(3), 207-224.
- KEET, C. M., FERNÁNDEZ-REYES, F. and MORALES-GONZÁLEZ, A., 2012. Representing Mereotopological Relations in OWL Ontologies with OntoPartS. In: SIMPERL, E., et al. eds. *The Semantic Web: Research and Applications*. Springer Berlin Heidelberg, 240-254.
- KEßLER, C., RAUBAL, M. and WOSNIOK, C., 2009. Semantic Rules for Context-Aware Geographical Information Retrieval. In: BARNAGHI, P., et al. eds. *Smart Sensing and Context*. Springer Berlin Heidelberg, 77-92.
- KHOSHAFIAN, S. and COPELAND, G. 1986. Object identity. *ACM SIGPLAN Notices*, 21(11), 406-416.
- LAWSON, S., VAN DER ZEE, E. and DALEY, L. 2009. Spatial language in computer mediated communication. *Exploration of space, technology, and spatiality*, 165-178.
- NOYON, V., CLARAMUNT, C. and DEVOGELE, T. 2007. A Relative Representation of Trajectories in Geographical Spaces. *Geoinformatica*, 11(4), 479-496.
- NOYON, V., DEVOGELE, T. and CLARAMUNT, C., A formal model for representing point trajectories in two-dimensional spaces. ed. *International Conference on Conceptual*

- Modelling ER'05*, 2005 Klagenfurt, Austria: Lecture notes in computer science, 208-217.
- STEWART, K., FAN, J. and WHITE, E. 2013. Thinking about Space-Time Connections: Spatiotemporal Scheduling of Individual Activities. *Transactions in GIS*, 17(6), 791-807.
- TRAUGOTT, E. C. 1978. On the expression of spatio-temporal relations in language. *Universals of human language*, 3, 369-400.
- VAN DE WEGHE, N., *et al.*, Representation of moving objects along road network. ed. *12th International Conference on Geoinformatics - Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic*, 7-9 June 2004 University of Gäve, Sweden, 187-194.
- VAN DE WEGHE, N., *et al.* 2006. A Qualitative Trajectory Calculus as a Basis for Representing Moving Objects in Geographical Information Systems. *Control and Cybernetics*, 35(1).
- WORBOYS, M. and HORNSBY, K., 2004. From Objects to Events: GEM, the Geospatial Event Model. In: EGENHOFER, M. J., FREKSA, C. and MILLER, H. J. eds. *Geographic Information Science*. Springer Berlin / Heidelberg, 327-343.
- ZALTA, E. 2006. The stanford encyclopedia of philosophy. *College & research libraries news*, 67(8), 502.