HAL
open science

Vers une cohérence de données géographiques: les liens inter-dimensionnels

Ahmad Moussa, Géraldine del Mondo, Michel Mainguenaud, Salah El Falou, Kifah Tout

To cite this version:

Ahmad Moussa, Géraldine del Mondo, Michel Mainguenaud, Salah El Falou, Kifah Tout. Vers une cohérence de données géographiques: les liens inter-dimensionnels. Spatial Analysis and GEOmatics 2017, INSA de rouen, Nov 2017, Rouen, France. hal-01643367

HAL Id: hal-01643367

https://hal.science/hal-01643367

Submitted on 21 Nov 2017

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.

Vers une cohérence de données géographiques: les liens inter-dimensionnels

Ahmad MOUSSA [1], Géraldine DEL MONDO [1], Michel MAINGUENAUD [1], Salah EL FALOU [2], Kifah TOUT [2]

1. *Laboratoire d'Informatique, de Traitement de l'Information et des Systèmes, Normandie Univ, INSA Rouen, UNIROUEN, UNIHAVRE, LITIS, 76000 Rouen, France*

   {ahmad.moussa,geraldine.del_mondo,michel.mainguenaud@insa-rouen.fr}

2. *Laboratoire d'Informatique, Université Libanaise - Faculté des Sciences, Tripoli, Liban*

   {salah.elfalou,ktout@ul.edu.lb}

RÉSUMÉ. *L'espace géographique est structuré par trois dimensions: la dimension spatiale, la dimension alphanumérique et la dimension temporelle. Dans cet article nous proposons une classification des informations associées à chacune des dimensions. La classification est établie en basant sur le niveau de validité de l'information par rapport à la représentation: intégralité ou sous-ensemble de la représentation. Cette classification associées à des règles de comportement des opérateurs de manipulation, nous permet de garantir la cohérence du modèle de données associés au résultat d'un opérateur.*

ABSTRACT. *A geographic space is structured with three dimensions: spatial, alphanumeric and temporal dimensions. In this paper, we propose a classification of information associated with each dimension. This classification is established based on the information validity level with regard to the representation: integrality or subset of the representation. This classification, associated with rules of manipulation, allows us to guarantee the coherency of data model associated with the results of an operator.*

MOTS-CLÉS : *Cohérence de données, Informations géographiques et temporelles, Modélisation et manipulation de données, liaison sémantique*

KEYWORDS: *Data coherency, Geographical and temporal information, Data modeling and manipulation, Semantic link*

1. Introduction

L'espace géographique peut être perçu selon trois dimensions: une dimension spatiale, une dimension alphanumérique et une dimension temporelle. La dimension spatiale recouvre des informations sur la (géo-)localisation: informations spatiales. La dimension alphanumérique recouvre des informations thématiques qualitatives et/ou quantitatives: informations alphanumériques. La dimension temporelle recouvre la perception du temps sous forme d'informations sur le déroulement temporel des événements (Tezuka, Claramunt, 2017 ; Du *et al.*, 2017): informations temporelles.

Ces informations sont les éléments constitutifs d'un Système d'Information Géographique (SIG). Ceci nous permet de définir le concept d'entité selon les trois dimensions: entité spatiale, entité alphanumérique et entité temporelle respectivement. En géomatique, le concept d'entité est utilisé pour désigner un phénomène observé (Claramunt, Thériault, 1995). Il est construit sur la notion de propriété qui se décline dans une, deux ou les trois dimensions. Par exemple, une entité spatiale peut posséder comme propriétés l'extension spatiale et le centroide (Tanguy, Napoli, 2016), une entité alphanumérique peut posséder comme propriétés la population et le maire, et une entité temporelle peut posséder comme propriétés l'heure locale et l'heure universelle.

Une propriété peut être définie soit en extension, soit en intention (i.e., fonction). Une propriété en extension implique que sa valeur est nominale (e.g., valeur fixe de la population quelle que soit la zone spatiale de la ville). Une propriété en intention implique que sa valeur soit définie à partir d'une fonction (e.g., la population définie comme le retour d'une fonction de calcul dépendante de la zone spatiale de la ville). Dans cet article, nous nous focalisons sur les propriétés en extension.

Les trois dimensions peuvent être étudiées suivant deux approches: une approche corrélée et une approche indépendante (figure 1). L'approche corrélée se présente suivant deux niveaux: un niveau intra-atomique et un niveau univers. L'intra-atomique c'est le monde quantique (i.e.; atomique) où le temps et l'espace sont corrélés (principe d'incertitude d'Heisenberg): un objet quantique ne peut être ni parfaitement localisé ni avoir une énergie parfaitement définie. Dans l'univers, le temps ne s'écoule pas de la même façon en fonction de la vitesse à laquelle nous nous déplaçons: une horloge atomique embarquée dans un avion pour un long vol montre un retard de quelques nanosecondes par rapport à une autre restée stationnaire sur terre; donc le temps et l'espace sont très intrinsèquement liés. L'approche indépendante est entre ces deux échelles, où il n'y a pas de corrélation entre les dimensions: la localisation géographique d'une personne, la durée d'un intervalle temporel.

Nous nous situons pour cette étude dans l'approche indépendante et notre objectif général est d'assurer une cohérence lors de la manipulation des informations. La cohérence est la garantie offerte de la validité des informations

fournies par le système. En base de donnée, il y a plusieurs façons pour garantir la validité: des contraintes d'intégrités, des triggers, etc. Ce sont des mécanismes qui vont garantir de donner à l'utilisateur une information qui est cohérente au regard de ses manipulations. Nous allons décliner cette cohérence aux travers d'un domaine environnemental par l'établissement de liens entre les trois dimensions (i.e.; spatiale, alphanumérique et temporelle). Dans une ville (dimension spatiale), par exemple, le maire (Maire, dimension alphanumérique) est responsable en tout endroit de la ville, il est responsable alors en tout sous-ensemble logique ou physique de la ville (e.g.; n'importe quel quartier, un sous ensemble de la représentation spatiale de la ville); par contre, la population de la ville (Population, dimension alphanumérique) n'est valable que pour la ville en entier (e.g.; si la population est définie en extension sa valeur est alors nominale). Par conséquent, les deux propriétés Population et Maire sont cohérentes (i.e.; pertinentes) pour un niveau de représentation globale de la ville. Par contre, ce n'est pas le cas pour un niveau ensembliste de la représentation. Seule la propriété Maire restera pertinente pour un sous-ensemble de la représentation spatiale. Alors, il convient de caractériser la façon selon laquelle une propriété se décline par rapport aux différentes dimensions: "*caractéristique sémantique*".

Notre objectif est d'assurer une cohérence sémantique entre les dimensions, ce que nous dénommons " *liaison sémantique* ". Nous allons proposer un processus d'unification qui permet d'établir les liens sémantiques entre les dimensions (figure 2): liaison entre la dimension alphanumérique et la dimension spatiale (liaison an-sp), liaison entre la dimension alphanumérique et la dimension temporelle (liaison an-tp) et liaison entre la dimension spatiale et la dimension temporelle (liaison sp-tp). Nous allons définir pour chaque liaison un ensemble de caractéristiques sémantiques. Ces caractéristiques permettent d'assurer la cohérence lors de manipulations. Lors de la manipulation, des opérateurs peuvent changer le niveau de détail de l'information (i.e., la granularité). Dans cet article nous travaillons à un niveau fixe de granularité.

Dans cet article, nous nous concentrons sur les liaisons binaires: manipulation inter-dimensionnelle (i.e.; liaisons entre les dimensions deux à deux), la liaison ternaire (i.e.; liaison entre les trois dimensions) dépasse largement la portée du présent article.

Cet article est organisé comme suit: la partie 2 présente un état de l'art des modèles de représentations d'informations, puis les travaux concernant la cohérence d'informations au sein de ces modèles, la partie 3 présente la manipulation inter-dimensionnelle, la partie 4 présente une application et la partie 5 présente une conclusion avec nos perspectives.

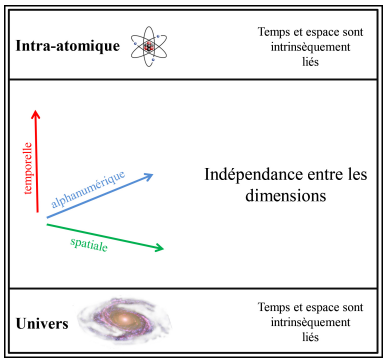

FIGURE *1. Mondes de modélisation.*

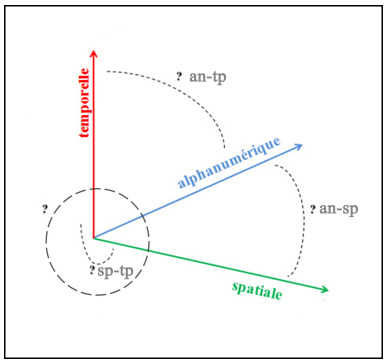

FIGURE *2. Problématique.*

2. État de l'art

La manipulation, action d'appliquer des opérateurs sur des informations, impose que les données résultantes soient cohérentes. Différents modèles de représentation proposent des opérateurs. Dans cette partie, nous présentons de manière synthétique les modèles à disposition pour représenter les informations, puis nous allons nous préoccuper du problème de la cohérence de données.

2.1. Modélisation d'informations

Nous avons deux catégories de modèles de représentations d'informations: les modèles statiques et les modèles dynamiques. Un modèle statique traite les informations (i.e.; dimensions) spatiales et alphanumériques sans tenir compte du temps. Un modèle dynamique gère l'intégration du temps avec la dimension spatiale et/ou la dimension alphanumérique. De façon orthogonale, la modélisation se décline en trois niveaux: modélisation unaire représentant chaque dimension à part, modélisation binaire combinant les dimensions deux à deux, et modélisation ternaire représentant l'intégration de ces trois dimensions.

Une modélisation statique binaire combine des informations spatiales et alphanumériques. Elle représente un objet spatial comme composition de deux parties: une partie spatiale et une partie alphanumérique (Brisaboa *et al.*, 2001). En modélisation dynamique binaire, nous avons par exemple le modèle d'« espace temporel » de (Claramunt, Jiang, 2000), le modèle continum (Harbelot *et al.*, 2014), le modèle de points spatio-temporels (Hornsby, Egenhofer, 2002), le modèle de « *Stratified Spatio-temporel Map Spaces* » (Bittner, 2002) et le modèle de (Lardon *et al.*, 1999) basé sur les concepts de « Vie » et de « Généalogie ». Un exemple de modélisation ternaire est décrit dans (Peuquet, 1994) qui a proposé une logique définissant un objet géographique

par une structure triadique en 3 axes: Quoi - Où - Quand (What - Where - When). Le Quoi détermine la nature de l'objet (i.e.; dimension alphanumérique); le Où détermine l'emplacement de l'objet (i.e.; dimension spatiale); le Quand détermine le temps de l'objet (i.e.; dimension temporelle).

Ces modèles offrent une gamme d'opérateurs de manipulations d'informations, mais ignorent la cohérence des données traitées ainsi que la cohérence des résultats obtenus lors de la manipulation.

2.2. Cohérence de données

La cohérence peut être aussi définie comme une consistance logique de données résultant de la manipulation. À son tour, la manipulation est basée sur les opérateurs offerts par les différents types de modèles.

Initialement, (Mainguenaud, 1994) a proposé une solution pour assurer la cohérence dans le cadre de la liaison an-sp. Il a représenté le niveau de validité d'une information alphanumérique sur l'ensemble de la représentation spatiale de l'objet dépendant cette information: concept de *Granule*. Il a proposé une classification de caractéristiques qui définit la sémantique des entités spatiales dans la représentation partielle ou globale: une propriété alphanumérique est valide (ou non), pour un sous-ensemble de la représentation spatiale d'une entité (caractéristiques: *Subset* ou *Integrality* respectivement). Une étude est aussi proposée pour la construction topologique (intérieur, frontière, global).

Illustration

Reprenons l'exemple de la population et du maire d'une ville. La population est valide pour l'intégralité de la représentation spatiale de la ville (i.e.; caractéristique: *Integrality*), le maire est valide pour n'importe quel sous-ensemble de la représentation spatiale de la ville (i.e.; caractéristique: *Subset*).

Concrètement, supposons une forêt et une ville qui ont une région d'intersection (figure 3-a). Il est clair que la population de la ville n'est pas valide pour la partie forestière de la ville (la population d'une ville est définie et valide pour l'ensemble de la ville); par contre, le maire reste valide pour la partie forestière de la ville (le maire est responsable pour tout endroit de la ville).

L'exemple ville-forêt illustre l'opération d'intersection spatiale: ville $\cap$ forêt (figure 3-b). L'opérateur d'intersection ($\cap$), ou *overlap* (Clementini *et al.*, 1993), prend deux opérandes, soient opérande$_1$ (i.e.; ville) et opérande$_2$ (i.e.; forêt), et retourne un résultat (i.e.; partie forestière de la ville). C'est un opérateur symétrique: opérande$_1$ $\cap$ opérande$_2$ = opérande$_2$ $\cap$ opérande$_1$. Cet opérateur n'affecte pas la caractéristique d'une propriété: *Subset* (ou *Integrality*) reste *Subset* (ou *Integrality* respectivement) après application de l'$\cap$; mais des opérateurs peuvent remettre en cause cette caractéristique.

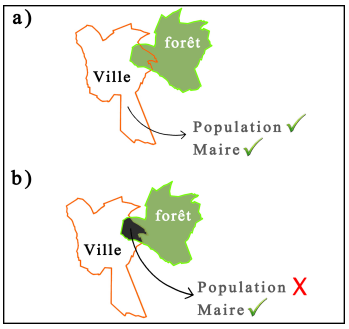

FIGURE *3. Intersection ville ∩ forêt.*

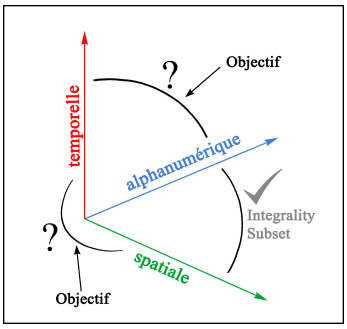

FIGURE *4. Objectifs.*

Pour assurer la cohérence, nous établissons un tableau des règles de cohérence, tableau 1, en se basant sur les critères suivants:

– Si la propriété dans l'opérande est caractérisée par *Integrality*, alors la propriété sera non valide.

– Si la propriété dans l'opérande est caractérisée par *Subset*, alors la propriété reste valide.

– La propriété dans le résultat (i.e.; Maire de la ville dans la partie forestière) prend la même caractéristique de l'opérande$_1$.

D'après le tableau 1, la propriété Population (Caractéristique de l'opérande$_1$ = *Integrality*) n'est pas valide après l'∩ (Caractéristique du résultat = *Integrality*, Cohérence = non valide); par contre, la propriété Maire (Caractéristique de l'opérande$_1$ = *Subset*) reste toujours valide (Caractéristique du résultat = *Subset*, Cohérence = valide).

Caractéristique de l'opérande$_1$	**Caractéristique du résultat**	**Cohérence**
Integrality	*Integrality*	non valide
Subset	*Subset*	valide

TABLE *1. Règles de cohérence au sein de l'opérateur d'intersection.*

Les caractéristiques sémantiques *Subset* et *Integrality* établissent un lien entre la dimension spatiale et la dimension alphanumérique, ce lien n'est ni spatial ni alphanumérique, mais spatial et alphanumérique.

La liaison an-sp donc a été traitée, il n'en reste pas moins que l'intégration de la dimension temporelle avec la dimension spatiale et/ou avec la dimension alphanumérique est encore un challenge. Par conséquent, nous allons nous préoccuper de la liaison avec le composant temporel (figure 4).

3. Manipulation inter-dimensionnelle

Nous avons vu dans la partie 2.2 que nous avons une problématique qui nous permet, par rapport à une structure dimensionnelle de référence (i.e.; la dimension spatiale), d'établir une liaison (i.e.; liaison an-sp). Nous allons faire la même chose sur une autre dimension, la dimension temporelle, et définir un ensemble de caractéristiques permettant de garantir la cohérence des résultats issus de manipulation.

Nous allons adapter une structuration d'éléments permettant de proposer les caractéristiques sémantiques. La dimension spatiale est en 2D (ou plus), une construction ensembliste peut avoir un sens: pour un ensemble de base, nous pouvons avoir un (ou plusieurs) sous-ensemble (s). La dimension temporelle est en 1D, une construction ensembliste peut aussi avoir un sens: pour un intervalle de base, nous pouvons avoir un (ou plusieurs) sous-intervalle (s).

Structurellement, la dimension spatiale nous permet de voir l'entité spatiale soit dans sa globalité (figure 5-a), soit composée de sous-ensembles (figure 6-a); cette définition est valable quel que soit le modèle de représentation de l'entité spatiale et indépendamment de sa construction spatiale topologique: intérieur, frontière et extérieur (figure 7-a).

De façon similaire, en introduisant la dimension temporelle, nous pouvons voir l'entité temporelle soit dans sa globalité (figure 5-b), soit dans un sous-intervalle de sa représentation (figure 6-b) et indépendamment de sa construction temporelle topologique: intérieur, extrémités et extérieur (figure 7-b).

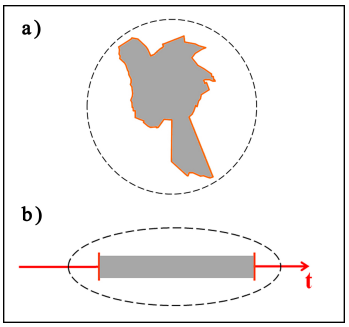

FIGURE *5. Globalité.*

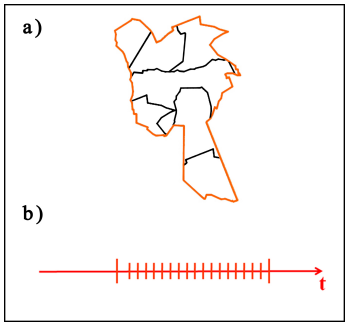

FIGURE *6. Composition ensembliste.*

Nous allons adopter cette logique pour établir les liaisons entre les dimensions alphanumérique et spatiale avec la dimension temporelle (an-tp et sp-tp respectivement). Suite à cette étude, il nous est apparu primordial de savoir si ces liaisons suivent, ou non, une direction d'orientation spécifique.

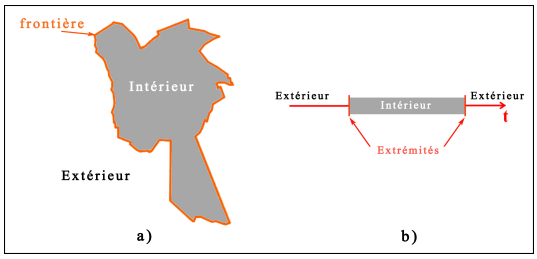

FIGURE 7. *Topologies Spatiale et Temporelle.*

3.1. Liaison alphanumérique-temporelle (an-tp)

Similairement à la liaison an-sp, l'étude de la liaison an-tp nécessite la définition des caractéristiques sémantiques entre les deux dimensions. Ces caractéristiques ne sont ni de type alphanumérique ni temporelle, mais de type alphanumérique et temporel (caractéristiques an-tp).

Cette liaison peut répondre à la question: " Quel est le lien existant entre l'information temporelle et la validité de l'information alphanumérique? ". Nous dénommons cette problématique par " *temporalisation alphanumérique* ". Concrètement, la temporalisation alphanumérique consiste à connaître le niveau de validité de la propriété alphanumérique sur une même entité temporelle. Ce qui demande de caractériser la propriété.

En s'inspirant de la liaison sp-an, nous définissons deux caractéristiques: *Temporal_Integrality* et *Subinterval*. Une propriété est caractérisée par *Temporal_Integrality* si elle est valide pour l'intégralité de la période de l'entité temporelle. Une propriété est caractérisée par *Subinterval* si elle est valide pour n'importe quel sous-intervalle de la période de l'entité temporelle.

Par exemple, supposons les deux propriétés alphanumériques: le Produit Intérieur Brut (PIB) et la Monnaie d'Échange (ME) d'un pays. Le PIB est un indicateur économique mesurant les richesses produites dans un pays et durant un intervalle de temps déterminé (e.g.; une année). La ME réfère à l'unité monétaire légale utilisée dans un pays et durant un intervalle de temps déterminé. Le PIB est caractérisé par *Temporal_Integrality* parce qu'il est défini pour l'intervalle temporel par son intégralité: nous pouvons connaitre le PIB en France pour l'année 2017, mais nous ne pouvons pas le connaitre pour un mois spécifique. La ME est caractérisée par *Subinterval* parce qu'elle est définie pour l'intervalle temporel ainsi que pour n'importe quel sous-intervalle de l'année: nous pouvons connaitre la ME en France pour l'année 2017, et nous pouvons la connaitre pour un mois spécifique.

3.2. liaison spatiale-temporelle (sp-tp)

Similairement à la liaison an-sp, l'étude de la liaison sp-tp nécessite la définition des caractéristiques sémantiques entre les deux dimensions. Ces caractéristiques ne sont ni de type spatial ni temporel, mais de type spatial et temporel (caractéristiques sp-tp).

Cette liaison peut répondre à la question: " Quel est le lien existant entre l'information temporelle et la spatialisation de l'entité spatiale? ". Nous dénommons cette problématique par " *spatialisation temporelle* ".
Concrètement, la spatialisation temporelle consiste à projeter une propriété temporelle sur l'espace.

Nous définissons deux caractéristiques: *Universal* et *Local*. Une propriété est caractérisée par *Universal* si sa définition s'étend sur toute la surface de l'espace applicatif, par exemple le temps universel pour la terre. Une propriété est caractérisée par *Local* si sa définition est particulière à une spatialisation applicative (un lieu, une région ou un pays pour la terre), par exemple l'heure locale.

Supposons la propriété temporelle représentant l'heure (Heure). La propriété Heure peut-être caractérisée par *Universal* si elle représente le temps universel (UT), et peut-être caractérisée par *Local* si elle représente l'heure locale.

3.3. Orientations

Lors d'une liaison entre deux dimensions, nous pouvons remarquer que l'une des deux dimensions est majoritaire sur l'autre, ce qui montre que la liaison est orientée d'une dimension vers une autre. Nous pouvons alors établir chaque liaison suivant deux orientations: la première est dirigée d'une dimension vers une autre et réciproquement pour la deuxième; nous obtenons six cas (figure 8).

L'objectif de l'étude orientée est d'étudier le fait de fixer une dimension (à gauche de la flèche d'orientation) par rapport à l'autre dimension (à droite de la flèche d'orientation), afin de répondre à une (ou plusieurs) problématique (s) formelle (s) spécifique (s).

La liaison an-sp est orientée de l'alphanumérique vers le spatial (figure 8-b) parce qu'elle montre comment une propriété de type alphanumérique se comporte dans la dimension spatiale. La liaison an-tp est orientée de l'alphanumérique vers le temporel (figure 8-c) parce qu'elle montre comment une propriété de type alphanumérique se comporte dans la dimension temporelle. La liaison sp-tp est orientée du temporel vers le spatial (figure 8-f) parce qu'elle montre comment une propriété de type temporel se comporte dans la dimension spatiale. Il reste d'établir les liens restants (i.e.; figure 8-a,d,e).

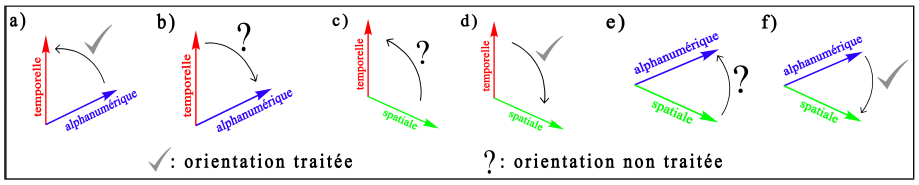

FIGURE *8. Liaisons sémantiques orientées.*

4. Application

Nous avons établi dans la partie 3 les liaisons entre la dimension temporelle et les dimensions alphanumérique et spatiale. Chaque liaison répond à une problématique formelle spécifique: la temporalisation alphanumérique et la spatialisation temporelle. Un ensemble de caractéristiques sémantiques a été proposé. Nous allons utiliser ces caractéristique pour les illustrer applicativement.

Dans ce qui suit, nous présentons une illustration de la temporalisation alphanumérique puis une illustration de la spatialisation temporelle.

4.1. Temporalisation alphanumérique

Pour illustrer le concept de liaison an-tp, considérons les deux propriétés PIB et ME (partie 3.1) d'un pays. Rappelons que le PIB est caractérisé par *Temporal_Integrality* et la ME est caractérisée par *Subinterval*.

Supposons une entité temporelle représentant l'intervalle temporel (I=[2017]) où les deux propriétés PIB et ME sont associées (figure 9-a). Supposons un intervalle J (e.g.; le mois Juillet de l'année 2017) à l'intérieur de I (figure 9-a).

Nous considérons l'opérateur *contains* de l'algèbre d'Allen (Allen, 1983 ; Allen, Hayes, 1985), une algèbre utilisée pour exprimer les positions temporelles des événements (Roy *et al.*, 2016). L'opérateur *contains* prend deux opérandes (i.e.; deux intervalles temporels), soient opérande$_1$ (i.e.; I) et opérande$_2$ (i.e.; J), et retourne l'opérande qui est à l'intérieur de l'autre (i.e.; J): I *contains* J = J (figure 9-b). C'est un opérateur non symétrique: opérande$_1$ *contains* opérande$_2$ $\neq$ opérande$_2$ *contains* opérande$_1$. Cet opérateur n'affecte pas la caractéristique d'une propriété: *Temporal_Integrality* (ou *Subinterval*) reste *Temporal_Integrality* (ou *Subinterval* respectivement) après application de l'opérateur *contains*; mais des opérateurs peuvent remettre en cause cette caractéristique.

Pour assurer la cohérence, nous établissons un tableau des règles de cohérence, tableau 2, en se basant sur les critères suivants:

– Si la propriété dans l'opérande est caractérisée par *Temporal_Integrality*, alors la propriété sera non valide.

– Si la propriété dans l'opérande est caractérisée par *Subinterval*, alors la propriété reste valide.

– La propriété dans le résultat (i.e.; ME du I dans J) prend la même caractéristique de l'opérande$_1$.

D'après le tableau 2, la propriété PIB (Caractéristique de l'opérande$_1$ = *Temporal_Integrality*) n'est pas valide après l'application du *contains* (Caractéristique du résultat = *Temporal_Integrality*, Cohérence = non valide); par contre, la propriété ME (Caractéristique de l'opérande$_1$ = *Subinterval*) reste toujours valide (Caractéristique du résultat = *Subinterval*, Cohérence = valide).

Caractéristique de l'opérande$_1$	**Caractéristique du résultat**	**Cohérence**
Temporal_Integrality	*Temporal_Integrality*	non valide
Subinterval	*Subinterval*	valide

TABLE *2. Règles de cohérence au sein de l'opérateur contains.*

Les caractéristiques sémantiques *Temporal_Integrality* et *Subinterval* établissent un lien entre la dimension alphanumérique et la dimension temporelle, ce lien n'est ni alphanumérique ni temporel, mais alphanumérique et temporel.

4.2. Spatialisation temporelle

Pour illustrer le concept de la liaison sp-tp, considérons deux pays participant à l'espace Schengen, soient France et Islande. L'espace Schengen représente une entité spatiale ayant la propriété d'heure (Heure). L'heure universelle (HU, *Univeral*) est la même dans tout l'espace Schengen. L'heure locale en France (HLfr, *Local*) est différente de l'heure locale en Islande (HLis, *Local*) (figure 10).

Nous n'avons qu'une seule propriété d'Heure. Quand nous appliquons un opérateur qui nous renvoie l'espace Schengen, Heure est qualifiée *Universal* (valide pour l'intégralité de l'espace Schengen et reste valide pour n'importe quel sous-ensemble de l'espace), mais quand nous appliquons un opérateur qui nous renvoie un pays spécifique de l'espace Schengen), Heure est qualifiée *Local* (sa valeur diffère d'un sous-ensemble à un autre, c.à.d. d'un pays à un autre). Alors, la propriété Heure peut-être caractérisée par *Universal* si elle représente le temps universel (UT), et peut-être caractérisée par *Local* si elle représente l'heure locale.

Si après application de l'opérateur de sélection d'un pays nous obtenons la France (par exemple), à ce moment-là nous pouvons choisir de changer la spéci-

fication de la propriété Heure (étant caractérisée par *Universal*) en lui donnant comme caractéristique *Local*, parce que pour un pays donné, il est a priori possible d'avoir l'heure locale qui sera plus pertinente que l'heure universelle.

Le tableau 3 présente la détermination du modèle de données après application de l'opérateur de sélection d'un pays.

Caractéristique de l'opérande$_1$	**Caractéristique du résultat**	**Cohérence**
Univeral	*Local*	valide
Local	*Local*	valide

TABLE *3. Règles de cohérence au sein de l'opérateur de sélection d'un pays.*

Cet exemple montre que pour une même propriété temporelle (i.e.; Heure), nous pouvons avoir deux caractéristiques sémantiques par rapport à la représentation de l'entité spatiale (i.e.; espace Schengen). Cela assure une cohérence d'informations (par exemple, lors de ZoomIn (Del Mondo, Mainguenaud, 2015) dans une carte représentant l'heure dans l'espace Schengen).

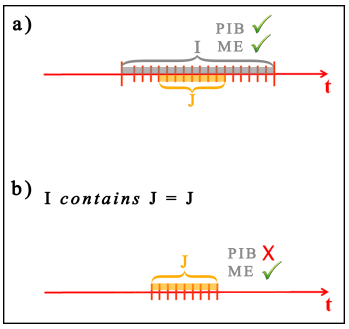

FIGURE *9. I contains J.*

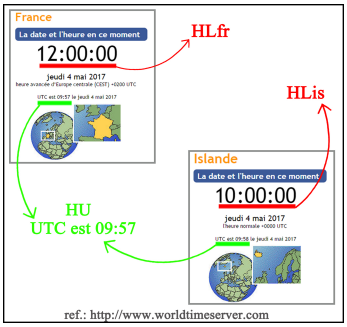

FIGURE *10. Espace Schengen.*

5. Conclusion

La mise à disposition d'un processus assurant une cohérence d'informations est un enjeu important. Si depuis longtemps les approches de modélisation se focalisent sur la corrélation entre les dimensions, la liaison sémantique reste un problème ouvert. La littérature est riche en modèles de représentation d'informations. L'aspect liaison entre les dimensions est moins étudié. Nous avons proposé dans cet article une contribution allant dans ce sens.

Nous partons de l'étude d'une liaison déjà existante (i.e.; la liaison an-sp). Nous proposons dans un premier temps, des caractéristiques sémantiques an-tp

associant l'information alphanumérique et sa validité temporelle (temporalisation alphanumérique: *Temporal_Integrality*, *Subinterval*). Puis nous proposons dans un deuxième temps, des caractéristiques sémantiques sp-tp associant l'information temporelle et sa validité spatiale (spatialisation temporelle: *Universal*, *Local*). Les liaisons proposées sont orientées d'une dimension vers une autre, une étude des orientations inverses est en cours. L'ensemble des liaisons ainsi que les caractéristiques proposées est illustré (figure 11).

Nous nous sommes concentrés sur les propriétés en extension, la généralisation avec les fonctions peut exiger -ou non- de changer les caractéristiques sémantiques associées à une propriété. Nous nous sommes concentrés sur l'aspect cartographique statique de la représentation d'entité. Nous avons envisagé la validité de la propriété par rapport à la représentation statique de l'entité. Nous pouvons le voir sous un aspect dynamique lié à la visualisation de l'entité: sémiologie graphique (Bertin, 1983). Par ailleurs, nous nous sommes concentrés sur la représentation ensembliste de l'entité. Il serait utile d'étudier la validité des propriétés par rapport à la construction topologique de l'entité.

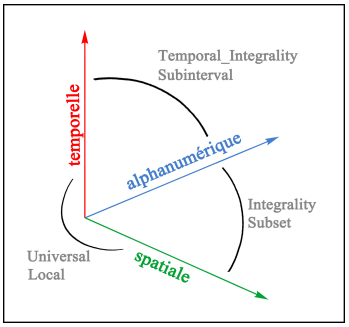

FIGURE *11. Liaisons et caractéristiques.*

Remerciement *Ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien de l'association DAWAA, Akkar-Liban, qui a permis, grâce à une allocation de recherches, de consacrer l'élaboration de la thèse de Ahmad MOUSSA.*

Le travail de Géraldine DEL MONDO et Michel MAINGUENAUD a été partiellement financé dans le cadre de l'ANR RGC4 (ANR-15-CE39-0015).

Bibliographie

Allen J. F. (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, vol. 26, n° 11, p. 832–843.

Allen J. F., Hayes P. J. (1985). A common-sense theory of time. In *Ijcai*, vol. 85, p. 528–531.

Bertin J. (1983). Semiology of graphics: diagrams, networks, maps.

Bittner T. (2002). Reasoning about qualitative spatio-temporal relations at multiple levels of granularity. In *Proceedings of the 15th european conference on artificial intelligence*, p. 317–321.

Brisaboa N. R., Cotelo Lema J., Luaces M. R., Viqueira J. R. (2001). State of the art and requirements in gis. In *Proc. of the 3rd mexican international conference on computer science (enc), aguascalientes, mexico.*

Claramunt C., Jiang B. (2000). A representation of relationships in temporal spaces. *Innovations in GIS VII: GeoComputation*, vol. 7, p. 41–53.

Claramunt C., Thériault M. (1995). Managing time in gis an event-oriented approach. In *Recent advances in temporal databases*, p. 23–42. Springer.

Clementini E., Di Felice P., Van Oosterom P. (1993). A small set of formal topological relationships suitable for end-user interaction. In *Advances in spatial databases*, p. 277–295.

Del Mondo G., Mainguenaud M. (2015). Variation du niveau d'abstraction dans le cadre de l'opérateur de zoom sémantique. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 25, n° 2, p. 197–227.

Du Q., Wang H., Shao Z., Fu X. (2017). Spatio-emporal information extraction in literature metadata.

Harbelot B., Arenas H., Cruz C. (2014). un modele sémantique spatio-temporel pour capturer la dynamique des environnements. In *14 ème conférence extraction et gestion des connaissances*, p. 39–à.

Hornsby K., Egenhofer M. J. (2002). Modeling moving objects over multiple granularities. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, vol. 36, n° 1, p. 177–194.

Lardon S., Libourel T., Cheylan J.-P. (1999). Concevoir la dynamique des entités spatio-temporelles. *Revue internationale de géomatique*, vol. 9, n° 1, p. 45–65.

Mainguenaud M. (1994). Consistency of spatial database query results. *Computers, environment and urban systems*, vol. 18, n° 5, p. 333–342.

Peuquet D. J. (1994). It's about time: A conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic information systems. *Annals of the Association of american Geographers*, vol. 84, n° 3, p. 441–461.

Roy P., Perez G., Régin J.-C., Papadopoulos A., Pachet F., Marchini M. (2016). Enforcing structure on temporal sequences: The allen constraint. In *International conference on principles and practice of constraint programming*, p. 786–801.

Tanguy M., Napoli A. (2016). Formalisation spatio-temporelle de perturbations maritimes pour l'évaluation de la vulnérabilité du réseau maritime. In *Sageo 2016-spatial analysis and geomatics.*

Tezuka T., Claramunt C. (2017). Kernel analysis for estimating the connectivity of a network with event sequences. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, vol. 7, n° 1, p. 17–31.