



HAL
open science

Vers une modélisation spatiale et sémantique pour l'interprétation des risques

Arnaud Saval, Maroua Bouzid, Stephan Brunessaux

► To cite this version:

Arnaud Saval, Maroua Bouzid, Stephan Brunessaux. Vers une modélisation spatiale et sémantique pour l'interprétation des risques. Actes des 16es rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels (Rochebrune 2009), 2009, rochebrune, France. hal-00966331

HAL Id: hal-00966331

<https://hal.science/hal-00966331>

Submitted on 26 Mar 2014

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 modélisation spatiale et sémantique pour l'interprétation des risques

Arnaud Saval^{1,2}, Maroua Bouzid¹, Stephan Brunessaux²

1. GREYC, Université de Caen

2. IPCC, EADS DS

Résumé

Cet article présente un modèle pour structurer les différents types d'informations qui apparaissent lors de l'émergence d'une catastrophe. Ce traitement inclut plusieurs phases dont l'identification, l'extraction, le référencement, la recherche et l'interprétation d'informations liées aux risques. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la représentation des informations non structurées et leurs relations. L'approche suivie cherche à prendre en compte les apports du web sémantique pour enrichir les relations qualitatives temporelles et spatiales entre les événements découverts dans ces informations. Ce travail de modélisation a été effectué dans le cadre du projet européen CITRINE¹.

MOTS-CLES : modélisation, raisonnement qualitatif spatiale et temporelle, ontologie, risque.

1 Introduction

Le domaine du risque s'est vu accéder à de nouvelles sources d'informations sur les catastrophes. De nombreuses sources d'informations numériques disponibles sur Internet fournissent publiquement des moyens d'être prévenu et de suivre les catastrophes et leurs conséquences. Mais le traitement de l'information numérique brute (email, site web, audio) est plus ou moins difficile, générateur d'erreurs, pertinent, sûr et de qualité suivant les domaines considérés. Nous ne nous attarderons pas sur les domaines de la Recherche d'Information et du Traitement Automatique des Langues Naturelles qui, parce qu'ils jouent une part importante dans les processus de recherche et d'extraction d'information, sont des domaines qui disposent d'une littérature conséquente [8, 11].

Nous nous intéresserons plutôt à modéliser l'information et son évolution suivant une structure temporelle et spatiale que nous définirons. Nous discuterons ensuite des apports de la catégorisation de ces informations, selon des

¹projet européen CITRINE PASR-SEC6-PR-204100

propriétés sémantiques, pour la représentation d'événements. Nous pourrions alors appliquer les travaux sur le raisonnement qualitatif temporel et spatial pour la découverte de relations plus complexes. Ainsi nous disposerons d'une représentation logique à la fois spatiale, temporelle et sémantique des événements assez générique pour englober des thématiques variées. Nous étudierons alors dans quelle mesure elle s'adapte au domaine du risque. Enfin, nous appliquerons cette modélisation à un exemple : la veille sur Internet de désastres naturels pour une Organisation Non Gouvernementale (ONG).

1.1 Concept Source/Cible

Même si un objet est unique, il peut être reporté de multiples façons, selon le moyen de communication, la subjectivité du reporteur ou même du contexte d'un événement. Le concept de source/cible proposé par [15] suppose une différenciation entre un objet et sa représentation par la description de ses propriétés. Ainsi, il est permis de distinguer les références absolues des références relatives aux événements. Cette notion est utile pour l'indexation géographique [11] mais s'applique également à la modélisation des événements.

1.2 Structure Temporelle

Afin de garder une modélisation simple, nous considérons le temps comme divisé en éléments ponctuels sans durée : soit des "instants". De plus, nous avons fait certaines hypothèses sur sa représentation ; dans notre modèle, le temps est un ensemble d'instants suivant une relation d'ordre $<$ partiel stricte qui dispose des propriétés suivantes :

- linéarité : $\forall t \forall s$ des instants, $t < s \vee s < t \vee s = t$
- densité : $\forall s \forall e$ des instants, $\exists t$ un instant tel que $s < e \rightarrow s < t < e$
- succession : $\forall t$ un instant, $\exists i, \exists j$ des instants tels que $i < t \wedge t < j$

La structure à définir doit permettre de représenter une date (le samedi 5 juin à 10h22), un intervalle temporel (de mai à septembre) ou encore une période (dans les années 60). Pour ces besoins de représentation des différentes possibilités, les composantes temporelles seront représentées sous forme d'un intervalle flou [9].

$$I = [s, e] \text{ où } \forall t \in I \ s_{min} \leq t \leq e_{max} \text{ tel que}$$

$$s_{min} \leq s \leq s_{max} \text{ et } e_{min} \leq e \leq e_{max}$$

où $s_{min}, s_{max}, e_{min}, e_{max}, e, s, t$ sont des instants.

Ainsi, cette représentation temporelle se montre assez souple pour décrire aussi bien des instants que tout type d'intervalle.

Propriété de précedence sur les intervalles

Un intervalle temporel flou $I_1 = [s_1, e_1]$ précède (respectivement précède strictement) un intervalle temporel flou $I_2 = [s_2, e_2]$ noté $I_1 \leq I_2$ (resp. $I_1 < I_2$) si et seulement si $e_1 \leq s_2$ (resp. $e_1 < s_2$).

Propriété de succession sur les intervalles

Un intervalle temporel flou $I_1 = [s_1, e_1]$ succède (respectivement succède strictement) un intervalle temporel flou $I_2 = [s_2, e_2]$ noté $I_1 \geq I_2$ (resp. $I_1 > I_2$) si et seulement si $s_1 \geq e_2$ (resp. $s_1 < e_2$).

1.3 Structure Spatiale

Comme pour la description temporelle, il existe plusieurs possibilités de représentations de la composante spatiale. Certaines comme le point, la ligne ou la surface sont généralement utilisés dans les SIG traditionnels. Cependant cette description montre assez rapidement ses limites car elle peut se révéler ambiguë [12] (méronymes, au nord de la ville, ...). Pour répondre à ce problème, une solution avancée par [10] est de s'appuyer sur une description des relations topologiques entre les entités spatiales (ES) telles que l'adjacence, l'inclusion, la distance et la direction.

On dispose alors de deux types d'entités spatiales :

- Entité Spatiale Absolue (ES_A) : référence qui peut être directement localisées géographiquement.
- Entité Spatiale Relative (ES_R) : composée d'entités spatiales absolues et de relations spatiales.

Une entité spatiale est alors définie récursivement en fonction d'autres entités spatiales. Par exemple; l'entité spatiale "Près de Caen" est une entité relative (ES_R) composée d'un entité absolue "Caen" et d'une relation d'adjacence "près de".

1.4 Relations Qualitatives

En plus d'une indexation efficace de l'information géographique, les relations qualitatives permettent de décrire formellement un ensemble de relations entre événements. Allen a proposé un ensemble de relations [1] entre des intervalles convexes (Figure 1) utilisé couramment pour décrire les relations entre entités temporelles.

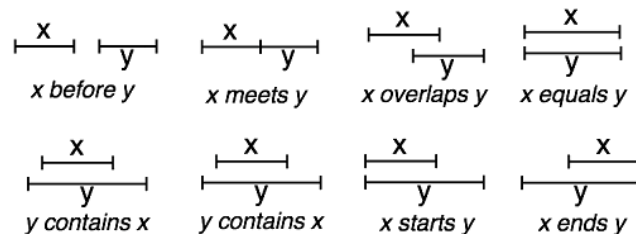


FIG. 1 – Relations d'Allen

En plus de décrire des relations entre des entités, le but de notre modélisation est de pouvoir traiter à la fois le temps et l'espace, la plupart des travaux existants décrivent le mouvement comme des "changements de propriétés topologiques". L'interprétation spatiale des relations de la théorie d'Allen met en évidence le concept de voisinage entre les entités. La figure 2 représente les transitions possibles (pour deux régions) entre deux états voisins.

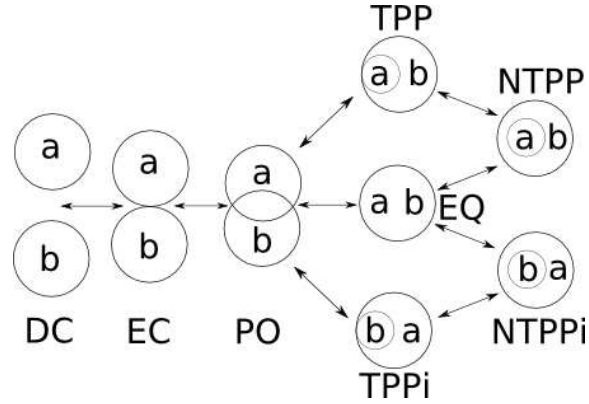


FIG. 2 – Représentation des relations RCC-8 et leurs voisinages

De ces relations, nous utiliserons dans cet article, seulement les propriétés de connexions.

Deux intervalles de temps I_1, I_2 sont connectés temporellement si et seulement si ils vérifient :

$$t\text{-connected}(I_1, I_2) \text{ ssi } \exists t \text{ tel que } [t \in I_1 \wedge t \in I_2]$$

Deux entités spatiales SP_1, SP_2 sont connectées spatialement si et seulement si elles vérifient :

$$sp\text{-connected}(SP_1, SP_2) \text{ ssi } \exists SP \text{ tel que } SP \bowtie SP_1 \wedge SP \bowtie SP_2$$

où SP est une entité spatiale et l'opérateur \bowtie représente une des relations spatiales suivantes : *externally connected* (EC), *partially overlapping* (PO), *equal* (EQ), *tangential proper part* (TPP), *tangential proper part inverse* (TPPi), *non-tangential proper part* (NTPP), *non-tangential proper part inverse* (NTPPi).

2 Modélisation des événements

La modélisation des événements comporte de nombreux travaux. Elle permet une représentation efficace de l'information dans le temps et l'espace tout en

gardant un équilibre entre une simplification à l'extrême (éviter le paradoxe de Banach-Tarski [16]) et une complexité trop importante. Dans notre modèle, un événement, décrit spatialement, temporellement et sémantiquement, est une représentation partielle d'un phénomène (un ensemble d'actions sur un système) unique.

2.1 Classe d'événements

Le regroupement des événements de même types sous un même concept, la classe d'événements CE , permet de séparer les relations spatiales et temporelles des relations sémantiques entre les événements. Une classe d'événements regroupe les propriétés sémantiques de la causalité mais aussi les évolutions caractéristiques du type d'événement considéré. Par exemple, le tsunami du Sri Lanka n'est pas le même que celui de Birmanie, mais on peut considérer qu'il y a eu des inondations analogues lors de ces deux catastrophes. Par conséquent un événement, qui appartient à une classe d'événements, est composé d'une partie temporelle et d'une partie spatiale, il sera noté : $E^{CE} \langle I, SP \rangle$.

2.1.1 Phénomène

On désigne sous le nom de phénomène un ensemble d'événements de même classe d'événements (CE). Dans notre modélisation, un phénomène est une représentation d'une entité sémantique évoluant spatialement et temporellement. Par exemple un tsunami (le phénomène de type tsunami) va ravager les habitations au bord du littoral (premier événement) avant de s'en prendre aux infrastructures à l'intérieur des terres (second événement). Un phénomène est noté $Ph^{CE} = \cup E^{CE} \langle I, SP \rangle$ où CE est une classe d'événements et $E^{CE} \langle I, SP \rangle$ est un événement de classe CE . Un événement d'une classe d'événements (CE_1) ne peut pas appartenir à un phénomène d'une autre classe d'événements (CE_2) : $E^{CE_1} \langle I, SP \rangle \notin Ph^{CE_2}$ avec $CE_1 \neq CE_2$.

2.2 Composante Sémantique

Un événement correspond à l'instanciation d'une action pendant une période donnée. Le but est d'enrichir la modélisation avec une description sémantique des comportements des événements entre eux. Une manière de définir ces relations est de qualifier ces événements comme des instances de classes d'événements hiérarchisées dans une ontologie. En fonction du contexte, deux événements appartenant à la même classe peuvent entraîner des répercussions complètement différentes. Cependant, pour être catégorisées les classes d'événements doivent être séparées selon propriétés caractéristiques. Nous proposons de considérer que ces classes d'événements sont dissociées selon des propriétés d'occurrences et d'évolutions spatiales et temporelles.

2.2.1 Occurrence

L'occurrence définit la probabilité au cours du temps d'apparition d'un nouvel événement en relation avec les classes d'événements déjà produites. Quatre types d'occurrences sont distingués (Figure 3) :

- Absence (*Ab*) : les futurs événements n'auront pas de relation avec le phénomène.
- Continuité (*Co*) : pendant un intervalle de temps I , l'ensemble des événements fait partie d'un phénomène persistant.
- Périodicité (*Pe*) : périodiquement, des événements se produisent tous les intervalles de temps I .
- Aléatoire (*Al*) : similaire à la périodicité avec des intervalles de temps I aléatoires.

Nous supposons donc pour chaque domaine d'application du modèle, il a été attribué un des quatre types d'occurrence pour chaque classe d'événements.

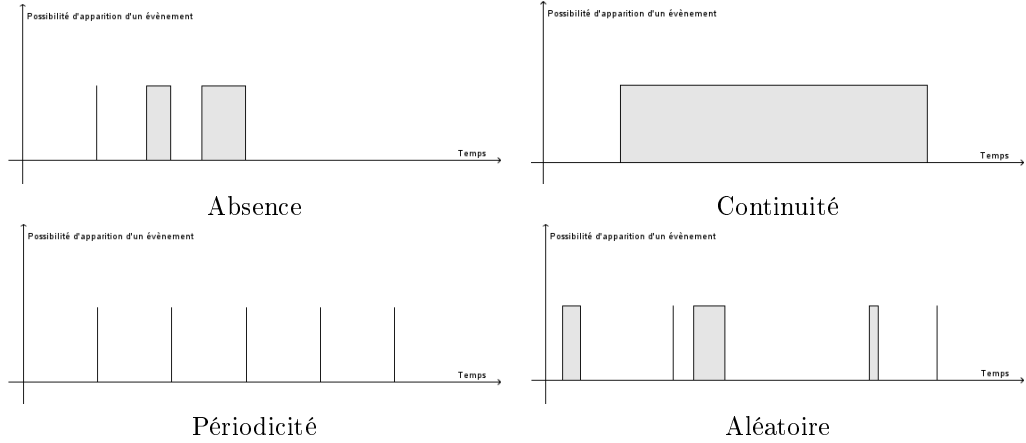


FIG. 3 – Représentations graphiques des exemples de possibilités d'occurrences dans le temps des événements

Soit Ph un phénomène instancié à partir de sa classe d'événement CE et son type d'occurrence O noté $Ph^{CE} \langle O \rangle$.

L'absence, la périodicité et l'aléatoire partagent la même propriété de construction des intervalles temporels explicité ci-dessous :

soit $O \in \{Ab, Pe, Al\}$.

$$\forall E^{CE} \langle I, SP \rangle \in Ph^{CE} \langle O \rangle, \text{ on a } O = \cup \{I_E\}^2$$

L'absence dispose d'une propriété d'agrégation en plus :

$$\forall E^{CE} \langle I, SP \rangle, \forall I_{Ab} \in Ab \text{ si } I > I_{Ab} \text{ alors } E^{CE} \langle I, SP \rangle \notin Ph^{CE} \langle O \rangle$$

²Union d'intervalles convexes

La continuité comporte une propriété d'union d'intervalles temporels différente :

soit $O = Co$.

$$\forall E^{CE} \langle I, SP \rangle \in Ph^{CE} \langle Co \rangle, \forall t \in I, \exists i_{min}, \exists i_{max} \text{ tel que } Co = [i_{min}, i_{max}] \\ \text{et } i_{min} \leq t \wedge t \leq i_{max}$$

Nous pouvons donc en déduire une première propriété générale :

soit un événement $E^{CE} \langle I, SP \rangle$ et un phénomène $Ph^{CE} \langle O \rangle$ où $O \in \{Ab, Co, Pe, Al\}$,

$$\text{si } E^{CE} \langle I, SP \rangle \in Ph^{CE} \langle O \rangle \text{ alors } t\text{-connected}(I, I_O) \quad (1)$$

où I_O est un intervalle de temps inclus dans O .

2.2.2 Evolution Spatiale

Un phénomène évolue spatialement dans le temps. La plupart du temps, cette évolution va se répercuter par l'apparition de nouveaux événements dans les régions affectées. La description sémantique de l'évolution spatio-temporelle offre la possibilité de définir des probabilités sur des relations spatiales et temporelles correspondant à une classe d'événement. De manière analogue à l'occurrence, on peut décomposer l'évolution spatio-temporelle T en plusieurs transformations spatiales de base (Figure 4) sur un intervalle de temps I :

- Translation (Tr) : Les événements apparaissent le long d'une direction donnée. Elle est définie par une orientation o .
- Rotation (Ro) : les événements se déroulent le long d'un arc. Elle est définie par un angle α .
- Homothétie (Ho) : les événements se manifestent dans la périphérie d'un événement source. Elle est définie par un rapport k .

Une transformation de base $T_{base} \in \{Tr, Ro, Ho\}$ entre deux événements $E_1^{CE} \langle I_{E_1}, SP_{E_1} \rangle$ et $E_2^{CE} \langle I_{E_2}, SP_{E_2} \rangle$ se note $T_{base}(E_1, E_2)$ ³.

Par définition, puisqu'il existe, un phénomène est valide spatialement sur un intervalle de temps I . Nous pouvons en déduire donc compléter la propriété (1) :

soit un événement $E^{CE} \langle I, SP \rangle$ et un phénomène de même classe d'événements évoluant suivant un ensemble de transformations T noté $Ph^{CE} \langle O, T \rangle$,

$$\text{si } E^{CE} \langle I, SP \rangle \in Ph^{CE} \langle O, T \rangle \text{ alors} \\ t\text{-connected}(I, I_O) \wedge sp\text{-connected}(SP, SP_T) \quad (2)$$

I_O et SP_T sont respectivement un intervalle de temps inclus dans O et l'union des références spatiales du phénomène engendré par T .

³On pourra noter un événement et un phénomène par leurs formes abrégées (respectivement E et Ph) lorsqu'ils seront définis et qu'il n'y aura pas d'ambiguïté possible.

Les transformations précédentes disposent de deux notions ; la notion de continuité spatio-temporelle [2] et la distribution de probabilité d'apparition d'un événement dans l'espace.

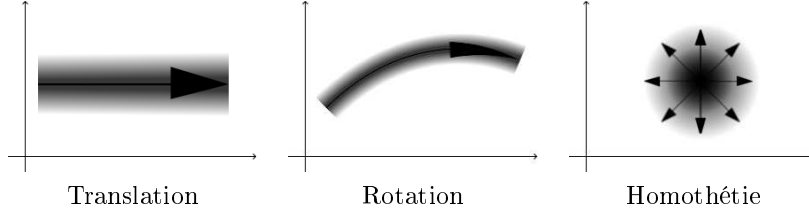


FIG. 4 – Représentation graphique des exemples de transitions dans l'espace. Le dégradé indique une distribution de probabilité pour cette transformation.

Elles impliquent qu'à tout instant de O , pour chaque transition de T , le phénomène est potentiellement générateur de nouveaux événements. C'est-à-dire :

$$\forall E^{CE} \langle I, SP \rangle P_{T_i \in \{Tr, Ro, Ho\}}(E^{CE} \langle I, SP \rangle \in Ph^{CE} \langle O, T \rangle) \geq 0$$

désigne la probabilité pour E d'être un événement représentant partiellement un phénomène lors d'une transformation de base $T_i \subset T$ pendant O .

Ces différentes transformations peuvent être combinées pour engendrer de nouvelles formes d'évolution spatio temporelles. En plus des relations qualitatives classiques, on dispose alors de moyens pour décrire les relations d'évolution entre les événements.

3 Raisonnement

3.1 Appartenance d'un événement à un phénomène

L'intérêt d'une telle modélisation est de pouvoir agréger de nouveaux événements à des phénomènes existants afin de découvrir des relations entre ces nouveaux événements et ceux connus. Pour qu'un événement appartienne à un phénomène, il existe une condition nécessaire énoncée par (2). Si un phénomène est composé d'un seul événement alors les transformations ont une définition floue. C'est-à-dire, connaissant "l'événement de départ" ($E_d^{CE} \langle I, SP \rangle$), on doit considérer le domaine de définition en entier pour chaque transformation ; soit T_{base} une transformation de base d'un phénomène $Ph^{CE} \langle O, T \rangle$ contenant uniquement E_d , alors $T = T_{base}(E_d, \star)$ où \star sert de joker qui peut être remplacé par n'importe quel événement respectant T_{base} et la distribution de probabilité correspondante. Seule l'agrégation d'un futur événement en relation avec E_d permettra de déterminer la direction, l'arc ou le rapport de la transformation, on pourra alors remplacer \star par ce nouvel événement.

Plus généralement, selon les caractéristiques du nouvel événement $E^{CE} \langle I, SP \rangle$ qui est reconnu comme une partie d'un phénomène $Ph^{CE} \langle O, T \rangle$, son agrégation au phénomène existant peut s'effectuer selon quatre possibilités :

- Soit $\exists E_1^{CE} \langle I_{E_1}, SP_{E_1} \rangle \in Ph, \exists E_2^{CE} \langle I_{E_2}, SP_{E_2} \rangle \in Ph$ et $\exists T_i(E_1, E_2) \in T$ avec $T_i \in \{Tr, Ro, Ho\}$ si $I_{E_1} \leq I \leq I_{E_2}$ alors $T_i = T_j(E_1, E) \cup T_k(E_1, E)$ où T_j et T_k sont des transformations de base.
- Soit $\forall E_i^{CE} \langle I_{E_i}, SP_{E_i} \rangle \in Ph, \exists E_{sup}^{CE} \langle I_{E_{sup}}, SP_{E_{sup}} \rangle$ tel que $I_{E_i} \leq I_{E_{sup}}$, on peut construire une nouvelle transformation $T_n(E_{sup}, E) \in \{Tr, Ro, Ho\}$, on a alors $T = T \cup T_n(E_{sup}, E)$.
- Soit $\forall E_i^{CE} \langle I_{E_i}, SP_{E_i} \rangle \in Ph, \exists E_{inf}^{CE} \langle I_{E_{inf}}, SP_{E_{inf}} \rangle$ tel que $I_{E_{inf}} \geq I_{E_i}$, on peut construire une nouvelle transformation $T_n(E, E_{inf}) \in \{Tr, Ro, Ho\}$, on a alors $T = T \cup T_n(E, E_{inf})$.
- Soit le nouvel événement est indépendant des transformations de T et représente alors un nouvel "événement de départ" pour le phénomène, on a alors $T = T \cup T(E, \star)$.

3.2 Macro Événement

Même si le concept de phénomène est utile pour décrire les évolutions des événements d'une même classe, il ne prend pas compte de toutes les relations possibles entre les événements de classes différentes. Pour palier à ce manque, on introduit la notion de macro événement. C'est ensemble composé d'événements en relations les uns avec les autres est appelé un macro événement. Ces macro événements, qu'on peut voir comme des extensions des phénomènes, sont réalisés lors de l'association d'un nouvel événement a priori sans relations spatiales et temporelles avec le phénomène de départ mais dont les propriétés (sémantiques incluses) remettent en cause cette indépendance. Par exemple ; un séisme engendre des destructions d'usines dont les entrepôts vont déverser des produits toxiques dans les cours d'eau avoisinants (l'impact peut apparaître bien plus tard en aval de du séisme).

Un macro événement se définit de la façon suivante :

$$\forall E^{CE} \langle I, SP \rangle \in ME \quad ME \langle \cup \{I\}, \cup \{SP\}, \cup \{CE\}, \cup \{Ph\} \rangle$$

où $\{Ph\}$ désigne l'ensemble des phénomènes induit par l'existence des événements appartenant au macro événement.

4 Risque

Bien qu'il existe des protocoles de communication et de rapport liés aux catastrophes (CAP, EDXL⁴), la mise en place d'une ontologie standard complète du risque est un travail en cours d'élaboration. La catégorisation des types de risques grâce à une ontologie est un sujet de recherche entrepris par de nombreux organismes de standardisation⁵. Parmi les ontologies du risque existantes,

⁴http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=emergency

⁵<http://esw.w3.org/topic/DisasterManagementOntologyXG>

la plupart sont spécialisées dans la modélisation hiérarchique de phénomènes d'un domaine spécifique (feux de forêts [7], épidémie [14]). Cependant, très peu d'entre elles disposent des descriptions formelles des concepts et des propriétés définissant la complexité du risque en général [4].

4.1 Ontologie du Risque

Dans [5], Dauphiné présente deux classifications possibles pour catégoriser les catastrophes. Ces classifications se prêtent bien à la modélisation sous forme d'une ontologie du risque. Elles séparent les catastrophes suivant leur durée, leur prévisibilité et leurs comportements spatial. Elles se rapprochent de la structure mise en place dans l'ontologie ONTOSEM [13] qui intègre aussi des descriptions temporelles et géographiques des entités. Puisque cette ontologie n'est pas prévue à l'origine pour le risque, elle comporte des lacunes vis à vis de certaines catastrophes et leurs descripteurs.

Un premier travail a été de compléter l'ontologie ONTOSEM en s'inspirant de Dauphiné de manière à intégrer les travaux de modélisation. Une phase d'adaptation de la classification a été nécessaire afin de répondre aux besoins spécifiques de l'extraction d'information non structurée. Une ontologie décrivant les différentes catégories du risque est alors disponible pour un processus de traitement de l'information. La figure 5 présente des exemples de catastrophes modélisées avec notre modèle.

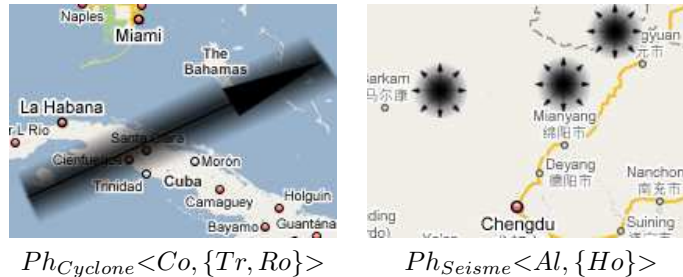


FIG. 5 – Exemple de modélisation de phénomènes

4.2 Application

Le but est de fournir une plate-forme expérimentale⁶ de veille de catastrophes naturelles filtrées en fonction d'un profil utilisateur dans le cadre du projet CITRINE. Pour cela, nous avons utilisé un processus classique d'extraction de l'information ; lemmatisation, analyse lexicale et morphologique, analyse syntaxique et analyse sémantique. Ce processus a nécessité le développement d'une

⁶accessible à <http://eads-vdr.no-ip.org:8041/agate-viewer>

chaîne de traitement de flux RSS contenant les dépêches disponibles sur Internet (Reuters, GDACS [6], RSOE). Nous avons utilisé la plate-forme GATE [3] pour enchaîner les différents modules. Des gazettiers ont dû être mis-à-jour pour correspondre aux besoins spécifiques de notre modèle. Des grammaires JAPE ont également dû être écrites pour récupérer des entités de façon aussi précise que possible incluant l'information géographique, temporelle et la sémantique particulière du risque. Les informations ainsi traitées sont alors converties en un ensemble d'événements enrichissant une base de connaissance. À partir de cette base, nous avons pu appliquer les méthodes de raisonnement présentées précédemment. Ceci a permis l'agrégation d'événements en phénomènes puis en macro événements.

5 Conclusion et perspectives

Nous avons vu que la représentation spatiale, temporelle et sémantique de l'information caractérisant une catastrophe apporte de nouveaux domaines d'application aux relations qualitatives grâce à la prise en compte de relations sémantiques. Ceci est dû à la modélisation à l'aide d'une ontologie, disposant des propriétés d'occurrence et d'évolution spatiale, qui permet de catégoriser les événements. Ces propriétés nécessaires à la modélisation trouvent une application dans le domaine du risque.

Nos travaux se portent maintenant sur la validation des résultats de l'application ; nous construisons à la main un corpus de catastrophes vérifiées à partir des informations contenues dans notre base d'alertes. Ensuite, nous pourrions étendre la modélisation des événements pour travailler non plus sur les relations de connexions mais directement sur les relations topologiques. Ainsi, nous pourrions ensuite étudier quels sont les modèles de raisonnement susceptibles d'augmenter la précision des agrégations. Nous désirons également confronter notre modèle avec les travaux sur les réseaux bayésien, notamment en ce qui concerne l'évolution des phénomènes.

Références

- [1] James F. Allen. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Commun. ACM*, 26(11) :832–843, 1983.
- [2] A.G. Cohn and S.M. Hazarika. Spatio-temporal continuity in geographic space.
- [3] H. Cunningham. Gate : A framework and graphical development environment for robust nlp tools and applications. 2002.
- [4] E. Daude, D. Provitolo, E. Dubos-Paillard, D. Gaillard, E. Eliot, P. Langlois, and E. Propeck. Spatial risks and complex systems : methodological perspectives.
- [5] A. Dauphiné. *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*. A. Colin, 2001.

- [6] Vernaccini L. De Groeve, T. and A. Annunziato. Global disaster alert and coordination system. In *Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference*, Newark :1–10, 2006.
- [7] M. de la Asuncion, L. Castillo, J. Fdez-Olivares, O. Garcia-Perez, A. Gonzalez, and F. Palao. Siadex : A real-world planning approach to forest fire fighting. 2004.
- [8] F. Gey, R. Larson, M. Sanderson, H. Joho, P. Clough, and V. Petras. Geoclef : The clef 2005 cross-language geographic information retrieval track overview. *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, 4022 :908, 2006.
- [9] Z. Huang. Fuzzy temporal interval relationship based on interval-valued fuzzy sets. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, pages 169–172, 2007.
- [10] J. Lesbegueries, M. Gaio, and P. Loustau. Geographical information access for non-structured data. In *Proceedings of the ACM symposium on Applied computing*, pages 83–89, 2006.
- [11] J. Lesbegueries and P. Loustau. Structuration d’information spatiale qualitative pour la recherche d’information. *Relation*, 1 :1.
- [12] J. Leveling and S. Hartrumpf. On metonymy recognition for geographic ir. In *SIGIR Workshop on Geographical Information Retrieval, Seattle*, 2006.
- [13] S. Nirenburg, S. Beale, and M. McShane. Evaluating the performance of the ontosem semantic analyzer. 2004.
- [14] P. Revesz and S. Wu. Spatiotemporal reasoning about epidemiological data. *Artificial Intelligence In Medicine*, 38(2) :157–170, 2006.
- [15] C. Vandeloise. *L’espace en français : sémantique des prépositions spatiales*. Seuil, 1986.
- [16] S. Wagon. *The Banach-Tarski Paradox*. Cambridge University Press, 1993.