



HAL
open science

Une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes

Damienne Provitolo, Jean-Pierre Müller, Edwige Dubos-Paillard

► **To cite this version:**

Damienne Provitolo, Jean-Pierre Müller, Edwige Dubos-Paillard. Une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes. 2010. <halshs-00643602>

HAL Id: halshs-00643602

<https://shs.hal.science/halshs-00643602v1>

Preprint submitted on 22 Nov 2011

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.



HAL Authorization

Une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes

D. PROVITOLO¹⁻³, J.P. MÜLLER², E. DUBOS PAILLARD³

¹ UMR 6526 Géoazur, CNRS, UNSA
250 rue A. Einstein,
06560 Valbonne
damienne.provitolo@geoazur.unice.fr

² CIRAD
Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier cedex 5
jean-pierre.muller@cirad.fr

³ UMR 6049 ThéMA, CNRS, Université de Franche-Comté
32 rue Mégevand, 25030 Besançon
edwige.dubos-paillard@univ-fcomte.fr
damienne.provitolo@univ-fcomte.fr

Mots clefs : ontologie, risque, catastrophe, représentation, acteur, validation, UML

Résumé

Nous présentons une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes et un premier exercice de validation à partir du récit de P. Hadfield (1992) sur « le Grand Séisme de Kantô de 1923 ». Il s'agit essentiellement d'une ontologie conceptuelle qui permet de décrire les connaissances du domaine. Dans cette ontologie, nous distinguons la terminologie utilisée pour décrire ce qui s'est passé en dehors de tout jugement subjectif (par exemple, il y a eu 30 morts à la suite d'une inondation), de la qualification de ce qui s'est passé (c'est un accident, une catastrophe) du point de vue des différents acteurs du système. L'objectif est de revenir sur les concepts essentiels permettant de caractériser l'événement, le risque, l'accident, la catastrophe et les notions associées, et d'organiser ces concepts entre eux par des relations. Si l'exercice semble *a priori* simple, la prise en compte de la représentation des différents types d'acteurs complexifie notablement ce que recouvrent le risque et la catastrophe. Il s'agit donc de fournir un cadre conceptuel utilisable pour l'analyse de différents types d'événements, qu'ils soient localisés ou diffus, d'origine naturelle, industrielle/technologique ou sociale. Cette ontologie ambitionne également d'être adaptée pour étudier les événements à différentes échelles (micro, méso, macro). Le modèle conceptuel du domaine des risques et des catastrophes et sa première validation ont été réalisés à partir des diagrammes de classe d'UML (Unified Modelling Language).

Introduction

Les risques et les catastrophes sont de moins en moins tolérés par la société. Ces phénomènes sont désormais pris en compte dans de nombreux domaines et à différentes échelles : celle de l'individu, de la population, du territoire mais aussi celle de la planète. Quelles que soient les échelles d'analyse, des efforts importants sont mis en œuvre pour atténuer les risques. Des métiers spécifiques ont été créés pour les limiter tant dans le domaine de l'environnement, de l'industrie, de l'agriculture que des services. C'est pourquoi, lorsqu'un accident

ou une catastrophe surviennent, la portée de l'événement a un retentissement important, nos sociétés étant de moins en moins aptes à les accepter.

Le risque et la catastrophe sont des objets pluridisciplinaires, aux définitions multiples [Veyret, 2004]. Nous nous limitons ici à une définition relativement générale de ces notions. Le risque relève du domaine du possible. Il identifie un ou plusieurs événements qui pourraient se réaliser. La catastrophe est bien réelle, au sens où l'événement s'est produit. Ici, les catastrophes sont entendues au sens de désorganisation sociale et spatiale des territoires et des sociétés affectés par un événement perturbateur.

Le domaine des risques et des catastrophes a fait l'objet de nombreux travaux portant sur les concepts [Dauphiné, 2003 ; D'Ercole *et al.*, 1994 ; Gilbert, 2006 ; Kervern, 1995 ; Leone, 2008 ; November, 2006 ; Pigeon, 2005 ; Provitolo, 2007 ; Uitto, 1998 ; Veyret, 2004 ; Wisner, 1999] et sur l'analyse de catastrophes.

Dans ce chapitre, nous proposons de nous situer à l'interface de ces deux approches, l'une conceptuelle, l'autre appliquée, en abordant la construction d'une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes. L'exercice est complexe car notre ambition est de proposer un modèle conceptuel utilisable tant pour l'étude du risque que de la catastrophe, et ce, à différentes échelles. Ceci, afin de faciliter les mises en perspective d'événements différents ayant *a priori* peu d'éléments communs, et de proposer une méthodologie d'aide à la comparaison d'événements.

Le modèle conceptuel distingue la partie factuelle qui décrit le contexte (les éléments et les événements en présence) de la partie représentationnelle. Nous considérons en effet que le risque, la catastrophe ainsi que bien d'autres notions associées sont de l'ordre des jugements, de la représentation que se font les différents acteurs de l'événement à partir de critères qui ne sont pas nécessairement partagés.

Ce chapitre s'articule en trois parties. Dans la première, nous précisons tout d'abord l'intérêt de l'élaboration d'une ontologie du domaine des risques et catastrophes et présentons la méthodologie retenue pour construire cette ontologie formalisée. Puis, dans la deuxième partie, nous présentons le modèle conceptuel du domaine des risques et des catastrophes. Cette partie s'organise autour de quatre paragraphes relatifs à la structure du système, à la dynamique du système, aux acteurs qui observent le système et à leur représentation. Enfin la troisième partie présente une première validation de l'ontologie à partir du récit de P. Hadfield (1992) sur le Grand Séisme de Kantô.

1 Apport et méthodologie de conception et validation d'une ontologie du domaine des risques et des catastrophes

En informatique, une ontologie se définit comme une spécification de la conceptualisation d'un domaine [Grüber, 1993]. Une ontologie est donc un modèle d'organisation et de représentation des connaissances d'un domaine. Dans notre cas, le domaine est celui des risques et des catastrophes et nous en proposons la spécification.

On distingue en général, l'ontologie conceptuelle qui définit la terminologie utilisée et les différentes relations associées, de l'ontologie concrète qui utilise cette terminologie pour décrire une situation précise (observée ou probable). L'ontologie formalisée que nous proposons est essentiellement une ontologie conceptuelle dans laquelle nous avons distingué la terminologie utilisée pour la description de l'événement passé ou potentiel (par exemple, il y a eu 30 morts sur tel pont), de la qualification de l'événement par les différents acteurs (c'est un accident, un accident grave ou une catastrophe).

La représentation formalisée proposée est composée d'un ensemble de concepts structurés par des relations sémantiques et taxinomiques que nous appellerons modèle conceptuel. Notre objectif est de proposer un cadre directeur pour permettre la comparaison de différents événements. Cette ontologie permet une standardisation des langages pour traiter des risques et des catastrophes d'origine naturelle, technique/technologique, sociale ou épidémiologique, localisés ou diffus. Elle a également pour vocation de faciliter la discussion, l'échange de points de vue entre les disciplines. Cette ontologie formalisée pourrait donc être un outil de communication entre les disciplines.

Pour construire cette ontologie, nous avons retenu deux approches :

- l'approche systémique : clef d'entrée pour réaliser le méta modèle, cette approche permet de dépasser et décloisonner les approches disciplinaires, et de mener une réflexion approfondie sur les relations et les interactions entre les objets.
- l'approche ontologique : le modèle conceptuel a été représenté par des diagrammes de classe d'UML (Unified Modelling Language) [Cranefield and Purvis, 1999]. En effet, les ontologies ne fournissent pas de moyens graphiques standards pour les représenter alors qu'une représentation graphique est souvent un moyen très performant de communication. UML fournit une telle représentation et en particulier les diagrammes de classe qui représentent les concepts et leurs attributs par des boîtes rectangulaires et les relations entre les concepts par différents types de traits ou flèches. On distingue plusieurs types de relation : par exemple, la relation de généralisation/spécialisation qui permet d'exprimer qu'un concept est plus général/plus spécifique qu'un autre (flèche avec un

triangle blanc vers le concept le plus général) et les relations sémantiques qui portent le nom de la relation et les cardinalités associées (combien d'objets peuvent être en relation avec combien d'autres).

L'ontologie conceptuelle réalisée, cette dernière peut ensuite être instanciée pour représenter un ou plusieurs cas d'étude, qu'il relève du risque ou de la catastrophe. La méthodologie d'instanciation de l'ontologie doit s'effectuer en deux temps :

- la spécialisation des concepts génériques,
- l'élaboration du diagramme d'objets qui constitue une représentation d'un récit.

Dans un premier temps, la spécialisation des concepts génériques permet de prendre en compte un récit spécifique. Par exemple, la notion générale d'événement sera spécialisée en effondrement, incendie, etc. comme cas particuliers d'événements. Dans un second temps, ces notions doivent être instanciées pour reproduire le récit proprement dit. Pour représenter ces instances et leurs liens structurels et temporels, un autre diagramme d'UML peut être utilisé : le diagramme d'objets. Un diagramme d'objets représente chaque instance par une boîte mentionnant la notion instanciée avec un nom éventuel permettant de l'identifier et chaque relation par un trait ou une flèche. Ces liens sont eux-mêmes des instances des relations sémantiques entre les notions. Par exemple, on peut dire au niveau conceptuel qu'un événement peut en causer un autre (il y a une relation sémantique de causalité entre événements) et les liens pourront exprimer quels événements ont effectivement causé d'autres événements selon le récit.

2 Une ontologie conceptuelle du domaine des risques et catastrophes

Pour réaliser cette ontologie conceptuelle, nous avons construit quatre sous-systèmes reliés entre eux (Fig. 1) :

- le sous-système *Structure* identifie les éléments pertinents à l'analyse d'un système soumis à des événements potentiellement catastrophiques ;
- le sous-système *Dynamique* identifie les éléments constituant un déroulement effectif d'événements ;
- le sous-système *Acteur* permet d'énumérer les différentes parties prenantes du système ;
- le sous-système *Représentation* permet pour chaque acteur d'explicitier ses catégories d'analyse des éléments et des événements, réels ou possibles. Ce sous-système est lui-même composé de deux autres sous-

systemes qui correspondent respectivement au *Référentiel conceptuel de l'acteur* et à la *Qualification d'une situation*.

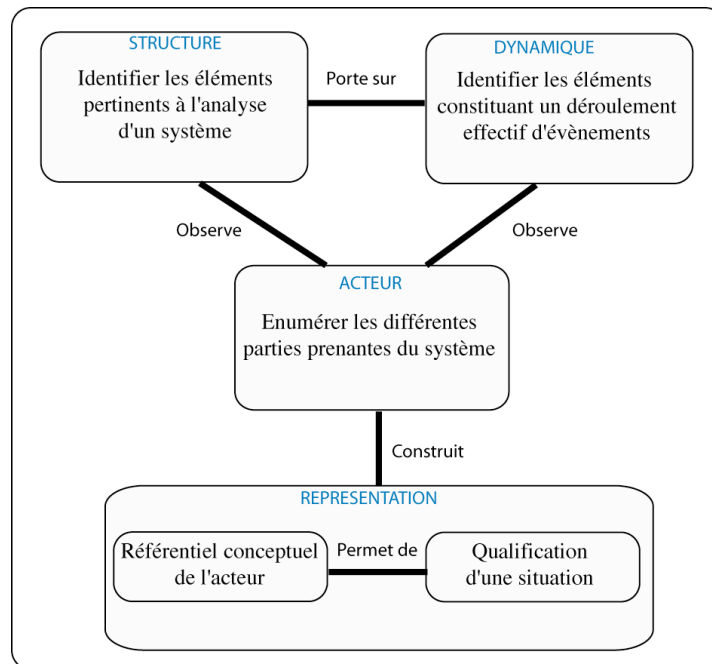


Figure 1 – *Découpage systémique du modèle en quatre sous-systèmes*

2.1 La structure du système

La *Structure* identifie les « éléments » pertinents à l'analyse d'un système soumis à des « événements » potentiellement catastrophiques. Ce système est ouvert sur son environnement (au sens systémique du terme). Il est donc également influencé par des « éléments exogènes » qui sont, par définition, en dehors du champ d'étude (Fig. 2).

La classe *Elément* généralise les classes « *Elément vivant* », « *Elément physique* », et « *Infrastructure diverse* ». Pour définir les termes précédemment énoncés :

- l'« *élément vivant* » regroupe l'ensemble des humains et des populations naturelles, telles la faune et la flore ;
- l'« *élément physique* » correspond à la description de la surface de la terre (océanographie, hydrographie, pédologie, relief...) et ne s'intéresse pas directement aux activités humaines ;
- l'« *infrastructure diverse* » englobe le bâti, les équipements, les réseaux, etc.

Un élément du système à une échelle donnée peut lui-même prendre la forme d'un « système » à une autre échelle. Nous pouvons ainsi représenter l'imbrication de niveaux spatiaux par le biais d'une relation d'agrégation entre les classes nommées système et élément (des systèmes sont ainsi composés de systèmes, eux-mêmes faits de systèmes etc). La relation « agit sur » (au sens ou il y a l'action d'un élément sur un autre) résulte de la composition des relations « met en jeu » et « relation causale » entre événement. On notera également la

relation de voisinage entre les éléments du système. La notion de voisinage fait référence à un espace topologique. Cette approche topologique est essentielle car elle permet d'individualiser des sous-ensembles spatiaux, de réaliser une analyse de la diffusion d'un événement. En effet, bien souvent dans un récit, il n'y a pas d'indications suffisamment précises pour procéder à une cartographie. L'approche topologique permet donc de pallier ce déficit, et d'appréhender la spatialité de l'événement, essentielle à sa compréhension.

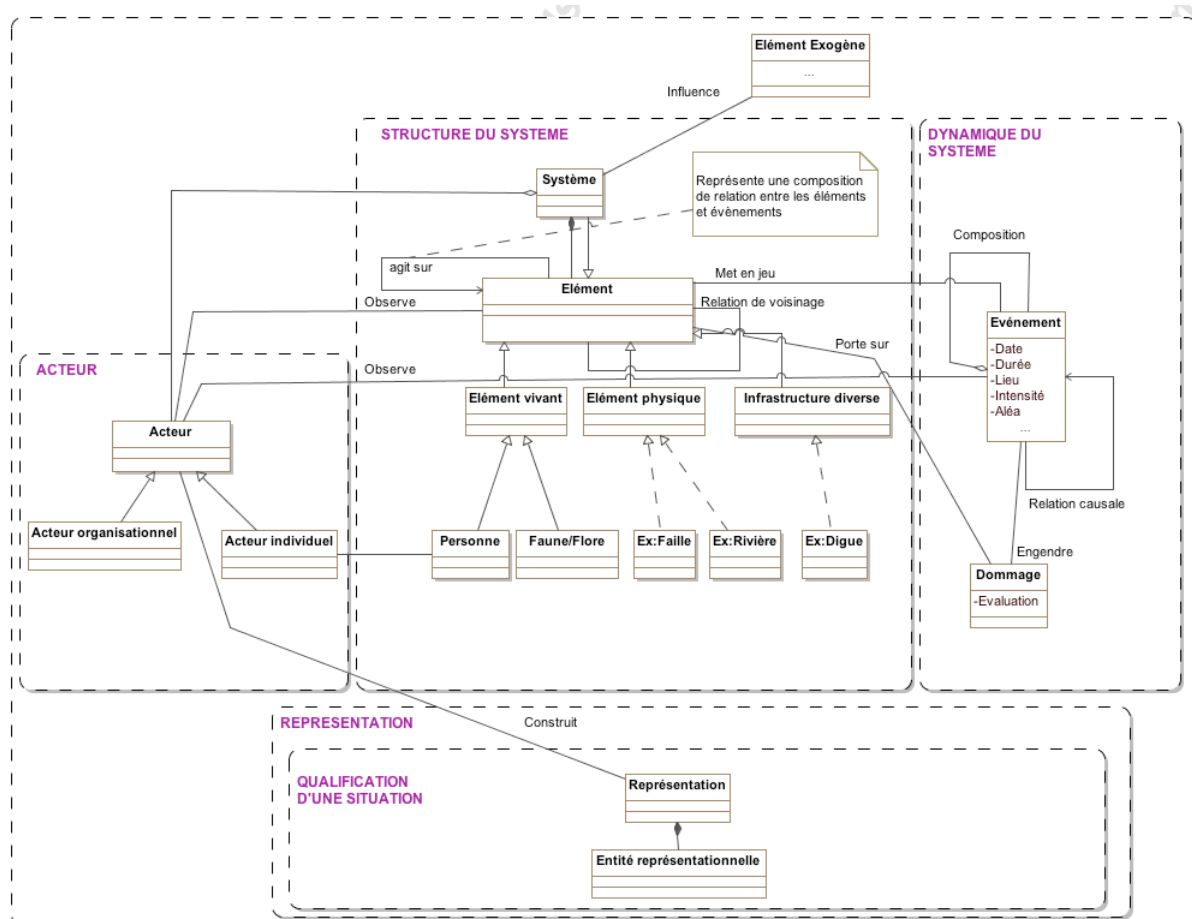


Figure 2 - La structure du système et ses relations avec les sous-systèmes Dynamique, Acteur et Représentation

Ce sous-système *Structure* est en relation avec les sous-systèmes *Acteur* et *Dynamique* : avec l'*acteur* car l'entité homonyme est une composante de la classe « système » (lien d'agrégation), avec la *dynamique* car les événements « mettent en jeu » les éléments tandis que les « dommages portent sur » la classe élément.

2.2 La dynamique du système

De même que la *Structure du système* se compose d'éléments, la *Dynamique du système* (Fig. 3) se compose de structures élémentaires que sont les « événements ». L'événement met en jeu des éléments du système. Les éléments ne sont en effet rien d'autre que la matière dans laquelle les événements viennent s'inscrire. Un même événement peut mettre en jeu plusieurs éléments et un élément peut être soumis à plusieurs événements distincts. La relation « met en jeu » indique que l'élément est exposé à l'événement, mais cette exposition ne présuppose pas de sa vulnérabilité. Ainsi, les éléments peuvent intervenir comme catalyseur de l'événement, au sens où la présence d'éléments rend possible l'événement, mais ce dernier ne préfigure pas que les éléments soient forcément impactés.

Dans cette ontologie, un événement est une occurrence d'un « type d'événement » qui peut être d'origine naturelle, technologique, sociale, sanitaire etc.

L'événement participe aux déséquilibres momentanés du système qu'il met en jeu [Gautier, 2000]. L'événement est le plus souvent un fait extraordinaire, exceptionnel par rapport à l'expérience et à l'horizon du quotidien (par exemple la sécheresse de 1976, le tsunami de décembre 2004 dans l'Océan indien ou celui plus récent d'octobre 2009 sur l'île de Sumatra). Mais certains événements ne peuvent être considérés comme exceptionnels. C'est le cas par exemple des sécheresses qui sont perçues aujourd'hui comme une des manifestations du changement climatique annonçant ainsi une plus grande fréquence de ces « anomalies » qui, de statut d'événement exceptionnel, passent au statut d'événement répété [Amigues et al., 2006], sans pour autant remettre en cause l'idée de catastrophe pour l'environnement.

L'événement peut correspondre à un phénomène effectif, probable ou potentiel. Lorsque l'événement relève du domaine du probable ou du potentiel, cela renvoie à la notion de risque (sous-système représentation). En revanche, lorsqu'il est effectif, l'événement peut être qualifié par les acteurs de simple perturbation, d'accident ou de catastrophe (sous-système représentation).

Dans ce dernier cas, l'événement peut être nommé, daté, il a une durée de vie, il s'inscrit dans un lieu/espace et a une certaine intensité (ce sont ses attributs). Il met en jeu des éléments clairement identifiés.

Dans l'ontologie, l'événement peut aussi ne pas s'être réalisé mais avoir été envisagé. Le risque caractérise un événement identifié mais non réalisé. On peut être face « un risque quantifié » ou risque probable (à partir de séries statistiques d'événements s'étant déjà produits) ou « non quantifié » (absence de séries statistiques). « Le risque non quantifié » ou risque potentiel est un risque dont on ne peut évaluer ni le temps de retour ni la probabilité de réapparition, car l'événement (qui concrétise le risque) ne s'est jamais ou que très rarement produit. En revanche, même dans le cadre d'un risque potentiel, on est en

mesure d'identifier le ou les aléas pouvant générer l'événement. Par ailleurs, le risque ne peut pas être daté, mais on peut faire des hypothèses sur sa durée et sur le lieu où il pourrait se produire.

Tout événement (effectif, probable ou potentiel) est déclenché par un, ou une combinaison d'aléas aux temporalités variables. Si l'événement s'inscrit le plus souvent dans des temporalités courtes (ex : un crash aérien) il peut aussi avoir une durée plus longue (ex : une sécheresse).

En soi, l'aléa est un élément neutre, il n'est ni bon, ni mauvais [Veyret, 2004]. L'aléa a un statut particulier ; il est le déclencheur de l'événement. L'aléa en présence d'enjeux constitue une menace.

L'événement engendre des dommages. Dans l'ontologie, les dommages « portent sur » les éléments, ce qui explique que la classification des dommages est calquée sur celle des éléments. Les classes intitulées « dommage humain », « dommage aux espèces et au fonctionnement des écosystèmes », « dommage matériel », « dommage au système social » et « dommage au patrimoine » spécialisent la classe Dommage. Ces dommages peuvent faire l'objet de quantifications ou de descriptions littéraires. Ils sont le plus souvent définis en termes humains ou matériels. Mais ils peuvent également porter sur les systèmes économiques et financiers et sur le patrimoine, qu'il soit naturel ou construit.

L'événement peut aussi causer d'autres événements. Les événements sont alors liés entre eux par des relations de causalité qui s'effectuent via les éléments. Cette chaîne de causalité correspond aux effets de dominos bien souvent cités dans la littérature sur les risques et les catastrophes, notamment par [Bak, 1996 ; Blaikie *et al.*, 1994 ; Chaline et Dubois Maury, 2004 ; Provitolo, 2005, 2009 ; Daudé *et al.*, 2009].

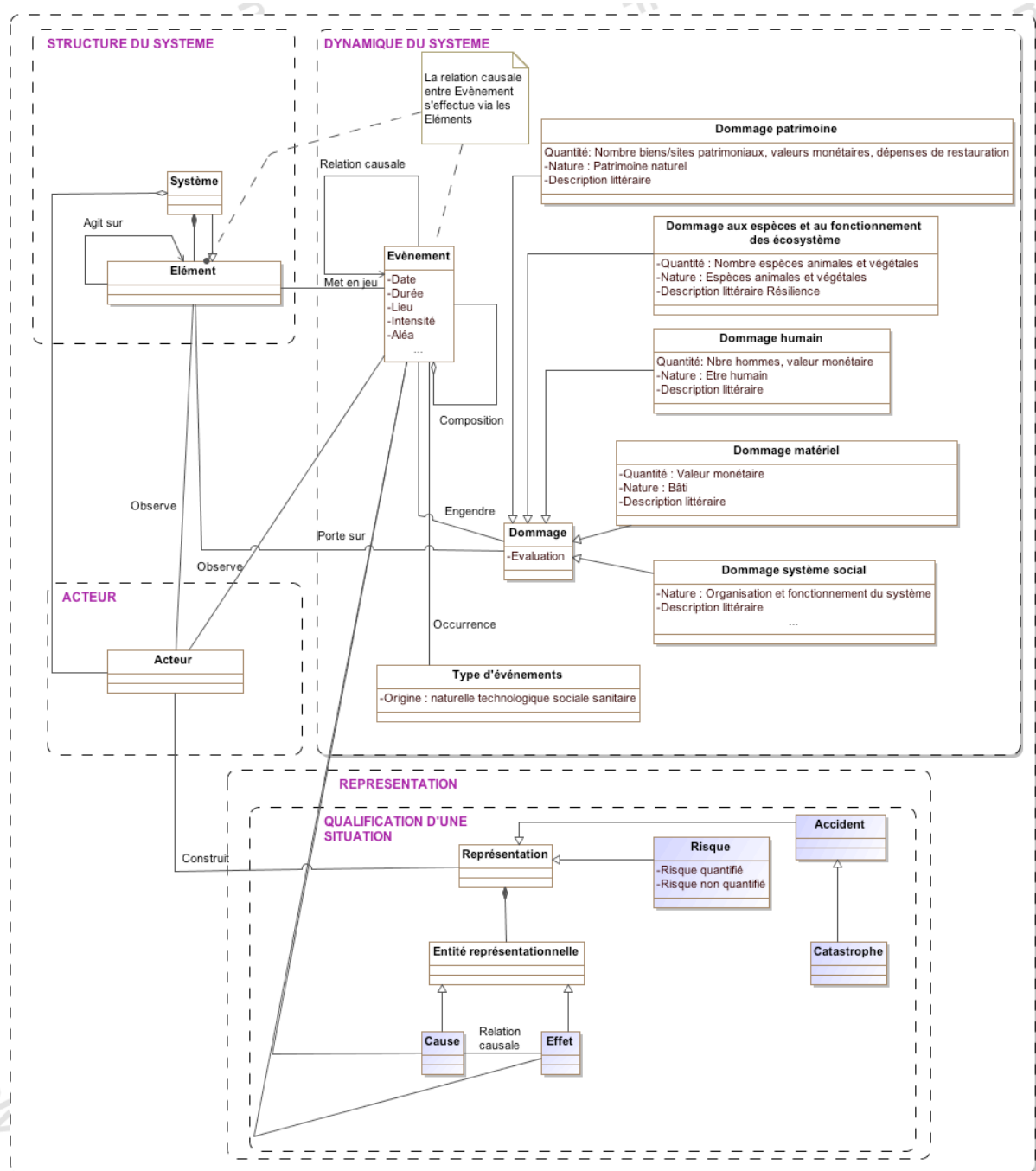


Figure 3 - La dynamique du système et ses relations avec les sous-systèmes Structure, Acteur et Représentation

2.3. Le système Acteur

Le *système Acteur* comprend tant les « acteurs organisationnels » ayant à gérer l'événement que « l'acteur individuel ». Les acteurs organisationnels prennent en charge un « rôle », assurent différentes « missions » et engagent des « actions » au sein d'une organisation. Une organisation, dans cette ontologie, peut être définie comme un ensemble d'acteurs -institutionnels ou non-,

regroupés au sein d'une structure régulée, ayant un système de communication interne et externe pour faciliter la diffusion de l'information.

Les missions et actions spécifiques des acteurs organisationnels seront étudiées dans un travail ultérieur, davantage sous l'angle du rôle des actions sur le système que sur la capacité de coordination et d'interopérabilité des acteurs. La coordination des actions des acteurs organisationnels a en effet déjà été analysée dans le cadre du projet ISyCri (*Interoperability of Systems in Crisis Situation*) [Bénaben *et al.*, 2008].

A partir de l'observation du système, les acteurs construisent une « représentation » des événements. Contrairement aux différents acteurs organisationnels, l'acteur individuel –i.e. le citoyen lambda–, impliqué ou non dans l'événement, développe une représentation personnelle, avant tout basée sur l'affect et l'apprentissage. Cette dernière se place la plupart du temps en dehors de tout cadre réglementaire, de toute norme, de toute évaluation des performances du dispositif de secours etc. Néanmoins, lorsqu'une large part de la population développe une même représentation de l'événement, cela peut faire évoluer la représentation des acteurs organisationnels.

Les acteurs organisationnels œuvrant dans le domaine du risque et de la catastrophe, à savoir :

- les acteurs qui interviennent en matière de secours et de la mise en place de plans particuliers de sûreté (maire, préfet, chef d'établissement...),
- les services opérationnels (le SDIS, le SAMU, les médecins formés à la « médecine de catastrophe », le CODIS...),
- les services de l'Etat qui sont acteurs de la prévention des risques (la DRIRE, la DIREN, la DDE, la DDAF, la DSDS pour la France),
- mais aussi les experts, les assureurs, les législateurs, les communicateurs, les associations,

ont des représentations plus codifiées, plus normées, construites par leur organisation, en tenant compte des représentations émanant d'autres organisations. Ces représentations sont en grande partie influencées par des lois, des normes, des règlements qui cadrent l'évaluation de l'événement possible ou réel. Néanmoins elles évoluent en permanence, notamment en fonction des enseignements tirés des différentes expériences vécues (Toulouse 2001, Bâle 1986, etc).

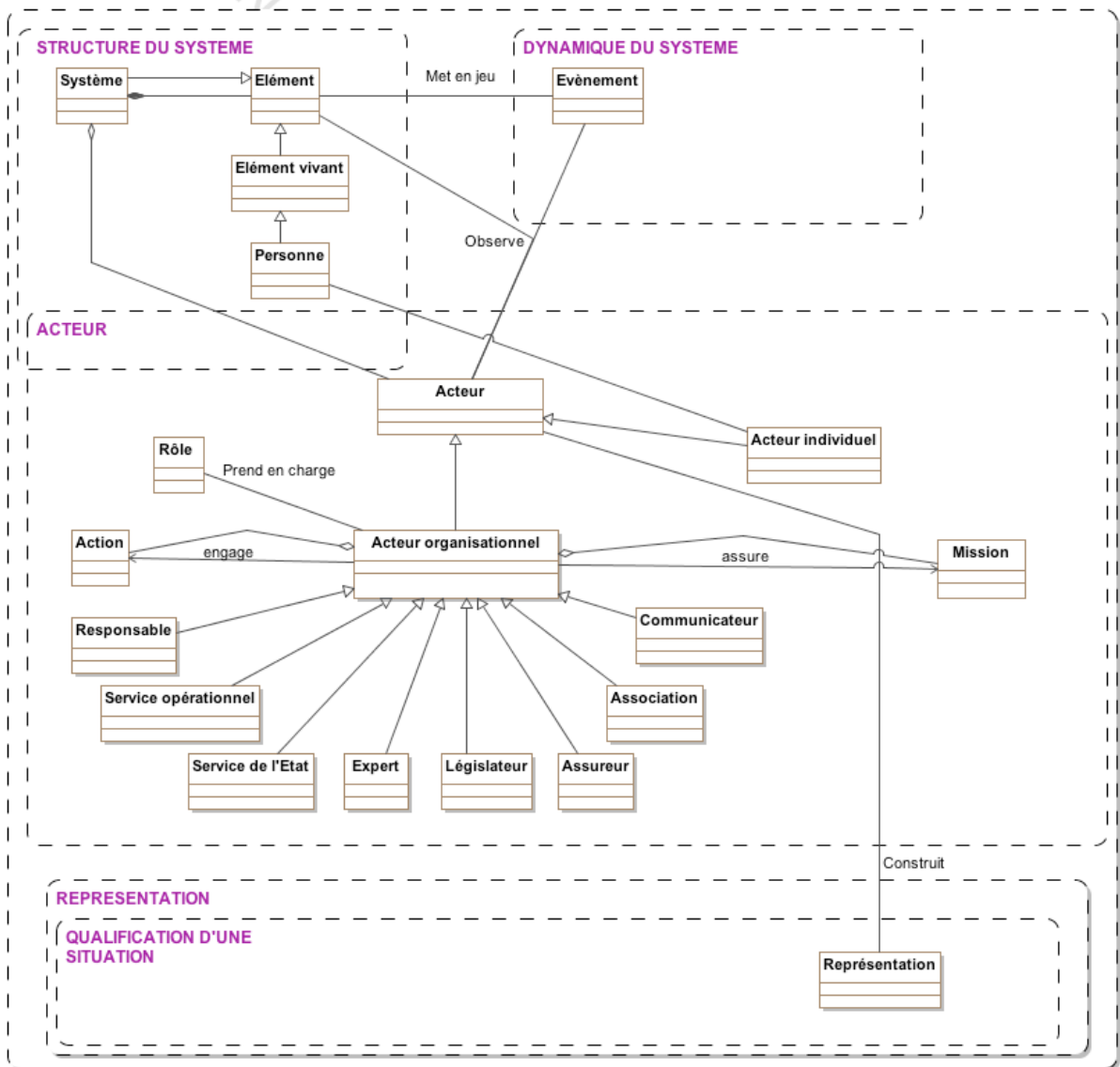


Figure 4 – Le sous-système Acteur et ses relations avec les sous-systèmes Structure, Dynamique et Représentation

2.4 Représentations

Le système *Représentation* permet pour chaque acteur d'explicitier ses catégories d'analyse des éléments du système et des événements qui s'y déroulent. On distingue dans les représentations de l'agent :

- la *qualification d'une situation*,
- le *référentiel conceptuel* qui définit les notions et les critères qu'utilise l'acteur pour qualifier une situation.

2.4.1 Qualification d'une situation

La *qualification d'une situation* s'effectue à partir de la représentation portée par l'acteur sur les éléments et les événements du système (Fig. 5).

Les éléments peuvent être qualifiés « d'élément vulnérable », de « danger », de « source » et de « cible ». Le lien entre élément et élément vulnérable s'effectue par composition des différentes relations qui passent par le canal de la représentation. Les classes source et cible sont liées de façon indirecte par la classe « Médiateur de l'interaction » qui permet de matérialiser les interactions entre elles [Langlois, 2007]. Une source peut ainsi devenir une cible et *vice-versa*. La classe source généralise la classe danger tandis que la classe cible généralise la classe élément vulnérable. La qualification de ces notions peut varier en fonction du référentiel conceptuel des acteurs.

L'observateur possède également une représentation des événements qu'il qualifie de risque, de risque majeur, d'accident ou de catastrophe en s'appuyant sur son analyse des causes et des effets.

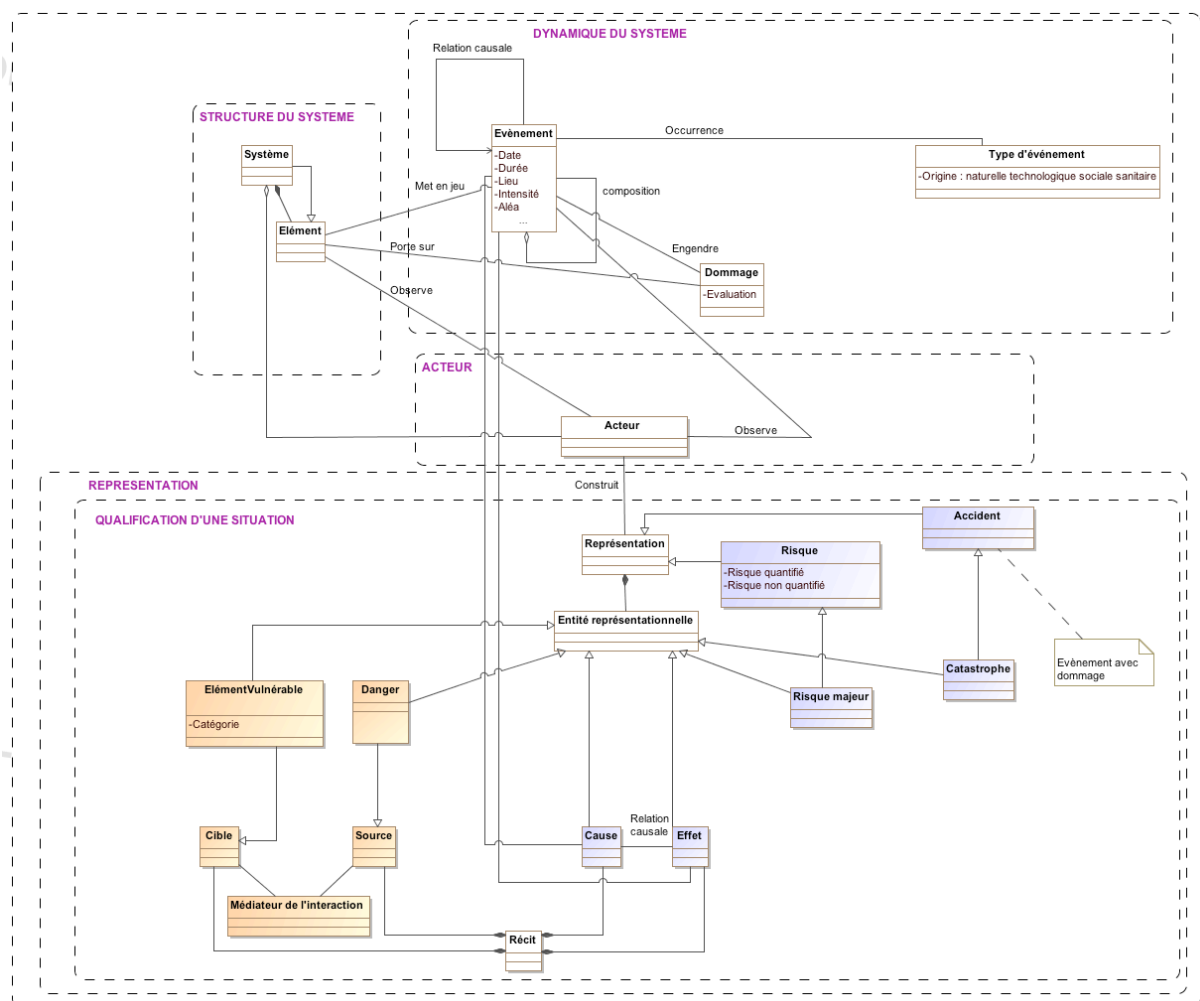


Figure 5 - Qualification d'une situation et relation avec les sous-systèmes Structure, Dynamique et Acteur

La notion de cause est entendue au sens de l'événement déclencheur qui produit des événements dérivés (et donc des effets). Cette notion est plus générale que l'aléa et permet de s'abstraire de tout vocable scientifique. On

distingue ainsi la cause, l'effet et l'expression de la relation causale entre la cause et l'effet. Prenons un exemple : un événement X provoque un événement Y. X est la cause, « provoque » est l'expression de la relation causale, Y est l'effet. L'événement est donc une cause (événement d'origine) ou un effet (événement dérivé), selon sa situation dans la chaîne de causalité.

Le « récit » permet d'articuler entre elles les notions de source, de cible, de cause et d'effet. Dans le récit, il y a des effets narratifs dans la façon de retranscrire et d'agencer les événements entre eux. Il peut donc être intéressant de comparer les observables effectifs, le récit qu'on en fait (le passage par l'acteur des observables à leur représentation) et les récits de plusieurs acteurs entre eux. En effet, le récit peut être plus ou moins décalé par rapport aux observables en raison de différents biais qui peuvent intervenir : mise en scène de l'événement, effets narratifs, perceptions etc.

2.4.2 Référentiel conceptuel de l'acteur

Le référentiel conceptuel de l'acteur identifie les critères qui permettent de qualifier les éléments et les événements du système (Fig. 6). Ce référentiel correspond au *background* de chaque acteur.

Ainsi, si l'on considère la vulnérabilité, trois critères permettent de considérer qu'un élément est vulnérable. Il s'agit des notions d'exposition, de sensibilité et de résilience [Pelling, 2003]. Ces notions étant polysémiques, nous utilisons ici les définitions les plus usitées. Dans le domaine des risques et des catastrophes, l'exposition est le plus souvent définie en fonction du type d'événement, de son intensité et des éléments du système soumis à la perturbation [Adger, 2006]. L'espace peut être par exemple identifié comme plus ou moins exposé à l'événement en fonction de la distance séparant la cible de la source de danger. La sensibilité se réfère à la réactivité du système, comme l'alerte précoce, et à sa capacité de résistance [Luers, 2005], celle par exemple de la résistance physique du bâti lors d'un séisme. Enfin, la résilience peut se définir comme la capacité d'un élément à se remettre d'une perturbation [Klein *et al.* 2003 ; Timmerman, 1981].

De même, les critères d'acceptabilité permettent de statuer sur l'acceptabilité de l'accident et du risque. L'acceptabilité est une construction sociale [Douglas et Wildavsky, 1982], qui varie selon les acteurs et leurs critères de choix.

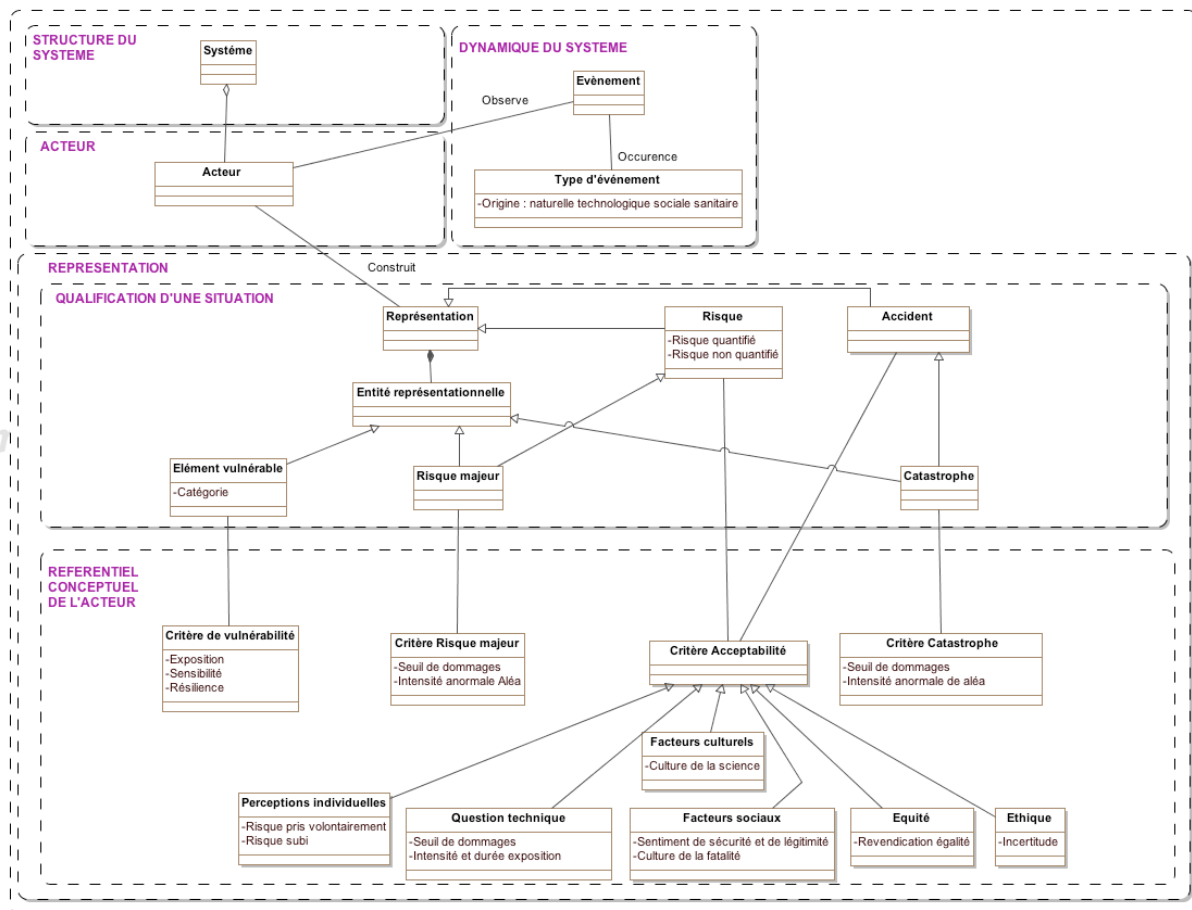


Figure 6 - Référentiel conceptuel de l'acteur

L'acceptabilité est donc vue sous des angles différents :

- les perceptions individuelles : un accident subi est rarement accepté à l'inverse d'un accident résultant de risque pris volontairement ;
- l'évaluation de seuils permettant de déterminer ce qui est acceptable pour la société. Ces seuils peuvent notamment être établis à partir de la gravité des dommages, de l'intensité du phénomène et de la durée de l'exposition ;
- la question sociale renvoie au sentiment de sécurité face à l'accident et de légitimité de l'égalité face aux événements ;
- la question culturelle renvoie à la culture de la fatalité ou de la science face à l'accident et à la catastrophe ;
- la question de l'équité renvoie à la revendication de l'égalité face aux catastrophes. La Nouvelle-Orléans inondée lors de l'ouragan Katrina témoigne d'une société américaine inégalitaire [Mancebo, 2006], société où les inégalités dans la reconstruction perdurent encore aujourd'hui ;
- les préoccupations éthiques à l'égard des accidents dans nos sociétés sont notamment liées à l'incertitude scientifique des conséquences de

certains accidents (de type nucléaire par exemple) sur le plan de la santé et de l'environnement.

Les acteurs ont également une représentation du risque acceptable. En France, de même que dans de nombreux pays de l'Europe, le risque accepté est mal défini par la loi. De même que pour un accident, les pays décident de l'acceptabilité du risque à partir de paramètres nationaux. Ces derniers sont relatifs aux perceptions individuelles, aux facteurs sociaux et culturels, à l'éthique et l'équité, à la gravité des dommages. L'acceptabilité du risque agit sur le choix d'exposition ou non à l'aléa [Gilbert, 2003] et sur la mise en place de mesures visant à réduire l'exposition au risque et les effets potentiels de ce dernier.

3. Premier exercice de validation de l'ontologie factuelle à partir du récit du Grand Séisme de Kantô (1923)

L'objectif est de présenter les résultats d'un premier exercice de validation de l'ontologie effectué en instanciant sa partie factuelle à partir d'un événement : le Grand Séisme de Kantô de 1923 tel qu'il nous est relaté par P. Hadfield (1992). On appelle ontologie factuelle la partie de l'ontologie conceptuelle qui permet de décrire la structure et la dynamique d'un système. Ce récit a été choisi car il décrit majoritairement les faits et non les prises de position ou les jugements portés par les acteurs. Nous nous intéressons donc ici à la représentation de l'histoire.

Dans le cadre de ce chapitre, nous nous limitons à la présentation du premier volet de l'instanciation, à savoir la spécialisation des concepts génériques. L'instanciation complète peut être lue dans [Provitolo, Müller, Dubos-Paillard, 2009]

3.1. Présentation du cas d'étude : le grand séisme de Kantô, 1923

Le grand séisme de Kantô (1923) est un événement bien documenté, notamment dans l'ouvrage de P. Hadfield « Tokyo séisme, 60 secondes qui vont changer le monde » (1992). L'auteur, en s'appuyant sur les archives japonaises, fournit une description littéraire détaillée du déroulement de l'événement, des effets de dominos et des dommages. Cette description met en lumière la complexité d'une catastrophe d'origine naturelle en milieu urbain.

Le grand tremblement de terre qui frappa la région de Kantô le 1^{er} septembre 1923 un peu avant-midi entraîna des milliers de morts et engendra de graves dommages dans les villes de Yokohama et de Tokyo. Les ondes de choc d'une durée inférieure à 1 minute détruisirent les 2/3 de Tokyo et les 4/5 de Yokohama. De nombreux incendies se déclarèrent dans les deux villes, car l'événement se produisit au moment où les habitants commençaient à chauffer leurs braseros et à allumer les cuisinières pour préparer les repas. A l'époque,

Tokyo, capitale d'un pays peu développé, compte 2,5 millions d'habitants. A Tokyo, les braseros enflammèrent les maisons en bois, des dépôts et des réservoirs de gaz et d'hydrocarbures explosèrent, des canalisations de gaz se rompirent et les ruptures de canalisations d'eau rendirent impossible les secours anti-incendie. L'économie japonaise, à dominante agricole, fut lourdement frappée. On estima à 9 000 le nombre d'usines détruites par le feu. Il y eut plus de 120 000 victimes, soit à la suite d'écroulement de bâtiments, soit du fait d'incendies ou de mouvements de panique.

3.2. Un premier exercice de validation par spécialisation des concepts génériques

La première étape de l'instanciation a consisté à analyser le récit sur « Le grand séisme de Kantô » afin d'extraire les termes qui spécialisent les classes « Elément », « Evènement » et « Dommage » (Fig. 7 et 8). Cette analyse utilise la relation de généralisation/spécialisation de concepts. Par exemple, une rupture de faille est une sorte d'évènement ; un pont est une sorte d'infrastructure.

Pour les besoins de la description, les concepts de « Ville » et de « Quartier » spécialisent la notion de système (nous les considérons donc comme des systèmes particuliers eux-mêmes composés d'éléments). Cette structuration/représentation de l'information nous permet d'appréhender l'imbrication de niveaux spatiaux qui chacun apportent un éclairage sur la catastrophe : la description à l'échelle d'une ville, d'un quartier ou d'un ensemble de quartiers composant une ville (Fig. 7).

Les éléments sur lesquels portent les événements sont les classes « Maison », « Place libre » et « Pont » pour la classe « Infrastructure diverse » ; la classe « Fleuve » pour celle nommée « Elément physique » ; la classe « Personne » pour « Elément vivant » (Fig. 7).

Les classes « Rupture de faille », « Tremblement de terre », « Allumage de braseros », « Incendie », « Ecoulement de maison », « Rassemblement », « Fuite » et « Ecrasement » spécialisent la classe « Evènement » (Fig. 8).

La classe « Dommage humain » est spécialisée dans les classes « Blessure », « Mort », « Blessés » et « Morts », tandis que la classe « Dommage matériel » généralise les classes « Destruction maison », « Destruction maisons » et « Destruction pont » (Fig. 8).

A ce niveau d'analyse, on voit déjà apparaître de façon explicite la complexité du système du fait du nombre et de la variété des composants, de la présence de composantes individuelles et collectives : le concept générique « Dommage humain » peut concerner une personne (mort, blessure), une population (morts, blessés) ; la classe « Dommages matériel » peut généraliser la destruction d'une maison ou d'un pont bien particulier, de plusieurs maisons à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. Implicitement, la complexité est aussi engendrée par l'imbrication de divers niveaux d'organisation [Pavé, 1994]. La

classe « Rassemblement » par exemple est le résultat de l'agrégation d'individus.

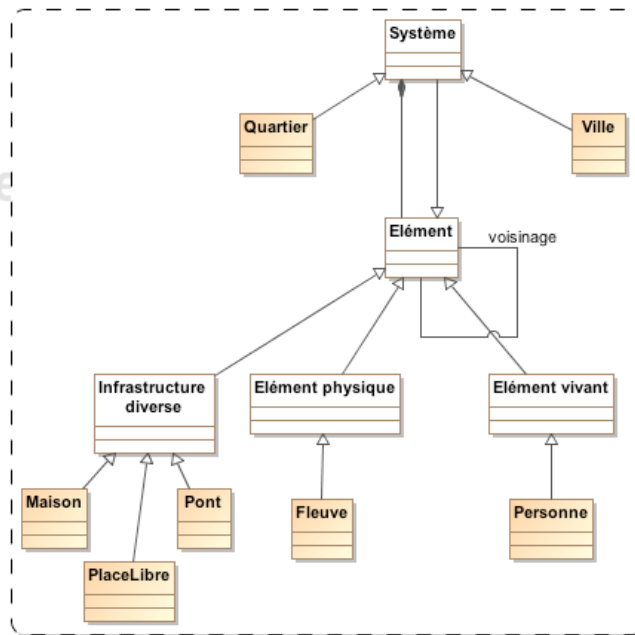


Figure 7 – La spécialisation de la structure du système

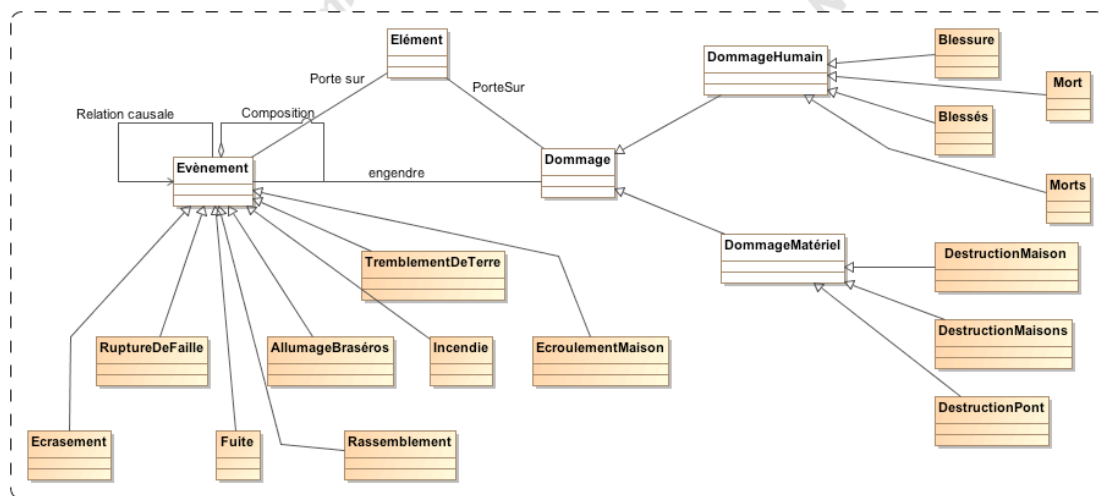


Figure 8 – La spécialisation de la dynamique du système

On remarquera que la complexité due à l'imbrication de niveaux spatiaux apparaît clairement sur la structure du système mais est moins directement visible sur l'évènementiel. Ce constat trouve son explication :

- dans la composition même de l'ontologie qui fait que l'évènementiel se rapporte à la structure,
- dans la non prise en compte explicite des interactions régissant chaque type d'évènement. Ces interactions sont le plus souvent à l'origine de l'émergence de nouvelles propriétés, notamment dans le domaine des catastrophes [Provitolo, 2007]. Chaque type d'évènement identifié est

donc le résultat d'un processus d'interaction. Pour prendre un exemple, le frottement des plaques tectoniques engendre une pression qui croît lentement et qui finit par provoquer une cassure qui, par effet de domino et par transfert de force, peut en créer une autre jusqu'à aboutir à une réaction en chaîne à l'origine d'un séisme [Bak, 1996].

Perspectives et Conclusion

Ce papier présente un premier état de notre réflexion sur la construction d'une ontologie formalisée du domaine des risques et des catastrophes. Cette ontologie reflète les connaissances actuelles du domaine. De par le domaine étudié et son aspect transdisciplinaire, ces connaissances évoluent et nécessitent donc d'être mises à jour. L'ontologie ne peut donc être considérée comme le modèle unique de représentation du domaine des risques et catastrophes, mais davantage comme un modèle de représentation actuelle et partagée. Cette ontologie n'a donc pas vocation à être figée.

Néanmoins, il apparaît déjà que construire une ontologie constitue un exercice important pour le thématicien. Il oblige à dessiner l'ensemble du « ciel sémantique qui éclaire un domaine » c'est-à-dire identifier, clarifier, définir voir redéfinir les concepts utilisés régulièrement et qualifier les relations qui les unissent.

L'ontologie constitue également un outil graphique sur lequel doit porter le raisonnement. Elle permet ainsi de faciliter la discussion entre des acteurs aux horizons disciplinaires variés ; elle favorise l'unification du sens des termes relevant du domaine d'étude et permet de discuter des liens entre les différents concepts. Elle constitue donc un outil de communication entre acteurs.

En l'état, l'ontologie présentée répond à deux objectifs principaux :

- La description factuelle d'un événement possible ou réel situé dans un cadre précis ;
- La prise en compte des acteurs et leurs représentations de l'événement contextualisé. Les notions de risque majeur, d'accident, de catastrophe, ainsi que bien d'autres notions associées, sont en effet de l'ordre de la représentation que se font les acteurs des événements. Les représentations sont construites en fonction d'un référentiel conceptuel constitué de critères qui varient selon les acteurs (individus, organisations institutionnelles ou pas).

Toutefois, cette ontologie présente également des points faibles. L'une des principales limites est relative actuellement à l'absence de validation du sous-système « Représentation des acteurs ». Il conviendra donc dans un travail ultérieur de tester la globalité du modèle conceptuel à partir de l'instanciation d'une catastrophe passée ayant par exemple fait l'objet d'un ou de plusieurs récits. Ceci nous permettra à la fois de mettre à l'épreuve notre ontologie et d'interroger le processus de validation.

La deuxième limite est relative à l'absence de prise en compte des actions et missions des acteurs. Ces actions peuvent avoir trait notamment au domaine de la prévention individuelle ou collective et à la gestion de catastrophe. Ces actions ont la particularité de modifier, d'agir sur la dynamique des événements et la structure des éléments du système et par voie de conséquence, de rétroagir sur la vulnérabilité des éléments, sur le risque etc. Par exemple, de l'acceptabilité du risque découle la mise en place de mesures visant à réduire l'exposition au risque/source (délimiter des zones où l'urbanisation est interdite, soumise à réglementation etc.) et les effets potentiels du risque. Relativement à nos perspectives de recherche, nous souhaitons donc intégrer, dans le modèle conceptuel sus présenté, un sous-système relatif aux actions des acteurs et leurs effets sur le système et ses représentations.

Enfin, cette ontologie devra être complétée, notamment en intégrant un sous système permettant d'analyser les différents types de comportements humains qui émergent dans les situations d'accident ou de catastrophe en tenant compte de l'environnement dans lequel les événements se déroulent.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement l'Agence Nationale pour la Recherche, ANR (projet CO-SMA-GEMS) pour avoir facilité la réalisation de ce travail. Nous remercions Christophe Sibertin Blanc pour ses nombreuses relectures et la richesse de ses remarques et Patrice Langlois pour ses discussions toujours stimulantes.

Références

- W.N. Adger, « Vulnerability », *Global Environmental Change*, 16 (3), p. 268-281, (2006).
- J.P. Amigues, P. Debaeke, B. Itier, G. Lemaire, B. Seguin, F. Tardieu, A. Thomas, *.Sécheresse et agriculture, Adapter l'agriculture à un risque accru de manque d'eau, Expertise scientifique collective*, synthèse du rapport, INRA, France, 72 p., (2006).
- P. Bak, *How Nature Works*, Springer-Verlag New York, (1996).
- F. Benaben, C. Hanachi, L. Matthieu, P. Couget, V. Chapurlat, « A Metamodel and its Ontology to Guide Crisis Characterization and its Collaborative Management », in *Proceedings of the 5th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, Washington, DC, USA, May 4-7, (2008).
- P. Blaikie, T. Cannon, I. Davis, B. Wisner, *At risk : natural hazards, people's vulnerability and disasters*, London New York, Routledge, (1994).
- C. Chaline, J. Dubois-Maury, *Les risques urbains*, Armand Colin, Paris, 210 p., (2004).
- S. Cranefield and M. Purvis, "UML as an ontology modelling language," in *Proc. of the Workshop on Intelligent Information Integration, 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-99)*, 1999,
Available: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/dfe/iii99/crainfield-ijcai99-iii.pdf>
- R. D'Ercole et al., « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse », *Revue de géographie alpine*, tome LXXXII, n°4, p. 87-96, (1994).
- E. Daudé, D. Provitolo, E. Dubos-Paillard, D. Gaillard, E. Eliot, P. Langlois, E. Propeck-Zimmermann, T. Saint-Gerand, « Spatial risks and complex systems : methodological perspectives », in *From System Complexity to Emergent Properties*, Springer, Series understanding complex systems, p. 165-178, (2009).
- A. Dauphiné, *Risques et catastrophes*, Armand Colin, Paris, 288 p., (2003).

- M. Douglas et A. Wildawski, *Risk and culture : An essay on the selection of technological and environmental dangers*, Berkeley : University of California Press, (1982).
- D. Gautier, « Événement spatial », *Espace géographique*, 3, p. 193-217, (2000).
- C. Gilbert, « La vulnérabilité, une notion à explorer », *Pour la Science*, n° 51, p. 116-120, (2006).
- C. Gilbert, *Risques collectifs et situations de crise. Apport de la recherche en sciences humaines et sociales*, Collection Risques Collectifs et Situations de Crise, l'Harmattan, Paris, 340 p., (2003).
- T.R. Grüber, « Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing », in N. Guarino and R. Poli, (Eds.), *International Workshop on Formal Ontology*, Padova, Italy, (1993). In *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 43(5-6), 2005, p 907-928, (2005).
- P. Hadfield P, *Tokyo séisme : 60 secondes qui vont changer le monde*. Ed. Autrement, Paris, (1992).
- G.-Y. Kervern, *Éléments fondamentaux des Cindyniques*, Economica, Paris, 110 p., (1995).
- R.J.T. Klein, R.J. Nicholls, F. Thomalla F., « Resilience to natural hazards : How useful is this concept ? », *Environmental Hazards*, 5, p. 35-45, (2003).
- Langlois P., 2007, *Fondements théoriques pour la simulation de systèmes complexes en Géographie*, mémoire d'HDR, 2007, Université de Rouen.
- F. Leone, *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes « naturelles » : contribution à une évaluation géographique multirisque*, HDR, Université Paul Valéry – Montpellier III, (2008).
- A. Luers, « The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change », *Global Environmental Change* 15:214–223, (2005).
- F. Mancebo, « Katrina et la Nouvelle-Orléans : entre risque "naturel" et aménagement par l'absurde », *Cybergeo*, Aménagement, Urbanisme, article 353, (2006).
- V. November, « Le risque comme objet géographique », *Cahiers de géographie du Québec*, 50(141) pp. 289-296, (2006).
- M. Pelling, *The vulnerability of cities : Natural disaster and social resilience*, Earthscan, London, UK, (2003).
- A. Pavé A., *Modélisation en biologie et en écologie*, Lyon: Aléas, (1994).
- P. Pigeon, *Géographie critique des risques*, Economica, Paris, 217 p., (2005).
- D. Provitolo, « A new classification of catastrophes based on "Complexity Criteria" », in *From System Complexity to Emergent Properties*, Springer, Series understanding complex systems, p. 179-194, (2009).
- D. Provitolo, « Un exemple d'effets de dominos : la panique dans les catastrophes urbaines », *Cybergeo*, n° 328, (2005).
- D. Provitolo, « La vulnérabilité aux inondations méditerranéennes : une nouvelle démarche géographique », p. 23-40, *Annales de Géographie*, (2007).
- D. Provitolo, « Les différentes formes de complexité des systèmes de risque et de catastrophe », p. 259-272, *Actes du colloque international Catastrophes, discontinuités, ruptures, limites, frontières*, 14èmes journées de Rochebrune, Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels, janvier 2007, Rochebrune, Megève, (2007)
- P. Timmerman, « Vulnerability, Resilience and the collapse of society : a review of models and possible climatic applications », University of Toronto, Canada, (1981).
- J.I. Uitto, « The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework », *Applied Geography*, Tome 18, n°1, p. 7-16, (1998).
- Y. Veyret, *Les risques*, Bréal, Paris, 206 p. (2004).
- Y. Veyret, *Géographie des risques naturels en France*. Hatier, Paris, 251 p. (2004).
- B. Wisner, « There are worse things than earthquakes : hazard, vulnerability and mitigation capacity in greater Los Angeles », in Mitchell J.-K., *Crucibles of Hazard : Disasters and megacities in transition*, Tokyo, New York, Paris, United Nations University press, (1999).