



HAL
open science

Une ontologie de techniques de visualisation d'informations: application auxmo eles urbains 3D enrichis

Claudine Métral, Nizar Ghoula, Vitor Silva, Gilles Falquet

► **To cite this version:**

Claudine Métral, Nizar Ghoula, Vitor Silva, Gilles Falquet. Une ontologie de techniques de visualisation d'informations: application auxmo eles urbains 3D enrichis. IC - 24èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, Jul 2013, Lille, France. hal-01103773

HAL Id: hal-01103773

<https://inria.hal.science/hal-01103773>

Submitted on 15 Jan 2015

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Une ontologie de techniques de visualisation d'informations: application aux modèles urbains 3D enrichis

Claudine Métral, Nizar Ghoula, Vitor Silva, Gilles Falquet

Centre Universitaire d'Informatique, ICLE
{Prénom.nom}@unige.ch

Résumé : De plus en plus d'environnements virtuels 3D servent à présenter des informations qui n'ont pas de représentation directe sous forme d'objets géométriques (textes, données numériques) et pour lesquelles une technique de visualisation appropriée doit être utilisée. C'est le cas notamment des modèles urbains 3D enrichis qui contiennent non seulement des objets géométriques (tels que des bâtiments) mais aussi des données sur la qualité de l'air, le bruit, la visibilité en un lieu, le comportement des piétons, etc. Il est clair que le choix des techniques de visualisation de ces données peut influencer de manière importante sur l'utilisabilité d'un tel environnement. Dans cet article, nous proposons une représentation formelle de techniques de visualisation 3D sous la forme d'une ontologie de référence qui sera partagée et enrichie par les retours d'expérience de ses utilisateurs. Le but de cette ontologie est de servir de référentiel de connaissances pour des outils d'aide à la conception d'environnements virtuels 3D (de type urbain) dans lesquels des données non géométriques doivent être présentées. Nous détaillons les étapes de conception et la structure de cette ontologie. Nous montrons ensuite sa pertinence en l'appliquant à deux problématiques : 1) la sélection des techniques de visualisation en fonction du type de données, du contexte et de la tâche utilisateur et 2) la détection d'incompatibilités visuelles entre techniques.

Mots-clés : Ontologie, Visualisation de données, Modèle urbain 3D, Interface personne-machine, Aide à la conception

1 Introduction

Au cours des dernières décennies le concept d'interface 3D a été exploré et enrichi de nombreuses manières, en particulier par le développement des environnements virtuels 3D (3DVE). De nombreuses tâches effectuées dans de tels environnements nécessitent l'accès à des informations qui ne sont pas directement représentées par une géométrie. Ces informations doivent être présentées à l'utilisateur par différentes techniques

qui viennent s'ajouter au rendu de la scène proprement dite : panneaux latéraux, panneaux inclus dans la scène, objets 3D "auxiliaires", etc. Il est clair que le choix des techniques de visualisation pour ces informations peut influencer de manière importante sur l'utilisabilité de l'environnement.

Etant donné le grand nombre de techniques qui ont été développées pour la visualisation d'informations dans des environnements 3D, un concepteur aura tout intérêt à considérer les techniques existantes avant d'en inventer (et tester) de nouvelles. Cependant, l'examen des techniques existantes et surtout l'évaluation de leur adéquation aux besoins de la scène à créer, est une tâche extrêmement fastidieuse. Il s'agit en particulier de parcourir des documentations techniques, industrielles ou scientifiques, de vérifier si la technique est adaptée (ou adaptable) aux informations à présenter, au contexte d'utilisation et aux tâches que vont réaliser les utilisateurs. Il s'agit également de consulter les résultats des tests d'utilisabilité, pour autant qu'ils existent. De plus, utiliser plusieurs techniques dans une même scène peut engendrer des incompatibilités d'ordre visuel (superposition, redondance, etc.). Le terme incompatibilité définit donc l'impossibilité d'utiliser plusieurs techniques de visualisation en même temps dans une même scène. Ainsi, une technique ayant comme rendu visuel des textures ne pourra pas, a priori, être utilisée avec une autre technique ayant le même type de rendu car il y a un risque de confusion au niveau de l'interprétation des informations affichées. En revanche elle pourra être potentiellement utilisée avec une technique ayant un type de rendu différent (panneau d'affichage par exemple).

Les difficultés auxquelles doit faire face le concepteur d'une scène 3D sont les suivantes : (1) comment sélectionner une technique de visualisation appropriée au type de données à afficher, au contexte et aux tâches utilisateur, et (2) comment vérifier que cette technique est compatible avec les techniques déjà utilisées dans la scène. Pour traiter ce problème nous proposons une représentation formelle de techniques de visualisation 3D sous la forme d'une ontologie (ontology of 3D visualisation techniques ou O3DVT) permettant d'une part de sélectionner automatiquement la ou les techniques appropriées en fonction de critères tels que le type d'information à présenter ou le type de tâche à effectuer et, d'autre part, de mettre en évidence les problèmes de compatibilité entre techniques.

Pour réaliser ces objectifs il faudra : i) décrire des techniques de visualisation 3D ainsi que les tests ou évaluations se rapportant à ces techniques (dans quels contextes et pour quelles tâches elles ont été utilisées) et ii) définir des règles permettant de réutiliser ces techniques, individuellement

ou en les combinant dans une même scène.

Etant donné la grande diversité des environnements virtuels 3D, nous avons ciblé les environnements virtuels 3D de type urbain, appelés modèles urbains 3D, dans lesquels des données non géométriques doivent être présentées. Le but de l'ontologie (et de la base de connaissances associée) est donc de servir de référentiel de connaissances pour un concepteur de tels modèles. Dans ce papier nous décrivons les étapes de conception et la structure de l'ontologie O3DVT. Nous l'évaluons ensuite sur deux problématiques : (i) la sélection de techniques de visualisation en fonction du type de données, du contexte et de la tâche utilisateur et (ii) la détection d'incompatibilités visuelles entre techniques. La construction de cette base de connaissances va induire une mémoire d'expériences relative au domaine de la conception des techniques de visualisation d'informations. Au cours de l'enrichissement de cette base de connaissances et grâce à sa représentation ontologique ceci va engendrer l'enrichissement de la mémoire d'expériences.

2 Etat de l'art

2.1 Représentation des techniques de visualisation 3D

Les techniques de visualisation pour des environnements virtuels 3D sont largement utilisées dans les environnements de simulation, les jeux vidéo, les systèmes de tutorat, etc. Néanmoins, seuls quelques auteurs ont tenté de classer ces techniques afin de les évaluer et de les comparer. Beaucoup de documentations sont axées sur la description de techniques d'interaction ou de paramètres logiciels et matériels utilisés dans des applications spécifiques. Cependant, peu de travaux ont focalisé sur la formalisation de description des interfaces 3D (Neale & Nichols, 2001).

Pour modéliser et organiser des connaissances d'un domaine spécifique, il existe différentes approches. Les ontologies sont l'un des outils les plus utilisés dans la gestion des connaissances (Dieng *et al.*, 1999). Plusieurs auteurs ont utilisé des ontologies afin de représenter de manière formelle des techniques de visualisation. (Shu *et al.*, 2008) présentent la conception d'une ontologie de visualisation visant à fournir plus de sémantique pour la découverte de services de visualisation. Cette ontologie traite le problème de la conception des techniques de visualisation 3D au niveau application et traitement, mais ne détaille pas les spécifications de ces techniques.

L'ontologie de haut niveau de visualisation (Top Level Visualization Ontology - TLVO) définie par (Brodli & Noor, 2007) vise à fournir un

vocabulaire commun pour décrire les données, processus et produits de visualisation. Sur la base d'une analyse de taxonomies de visualisation et sur des travaux récents sur les ontologies de visualisation, (Pérez *et al.*, 2011) proposent quelques modifications à l'ontologie TLVO afin de mieux représenter le processus de visualisation et les modèles de données. (Voigt & Polowinski, 2011) visent à développer une ontologie utilisable dans les systèmes de visualisation. (Voigt *et al.*, 2012) décrivent une ontologie de visualisation pour soutenir un système de recommandation pour la sélection des composants de visualisation.

2.2 Représentation des tâches et du contexte dans le domaine de la visualisation d'informations

Plusieurs auteurs ont défini une taxonomie des tâches dans le domaine de la visualisation d'informations. (Amar *et al.*, 2005) ont défini des tâches d'analyse de bas niveau qui capturent les activités de personnes en train d'employer des outils de visualisation d'information pour la compréhension de données. Les dix tâches définies sont les suivantes : *Retrieve Value, Filter, Compute Derived Value, Find Extremum, Sort, Determine Range, Characterize Distribution, Find Anomalies, Cluster, Correlate*. (Lee *et al.*, 2006) ont défini une taxonomie pour la visualisation de graphes. Dans cette approche, les tâches complexes sont considérées comme une série de tâches de bas niveau.

(Tyndiuk, 2005) définit différents contextes à partir de deux référentiels, un référentiel du point de vue et un référentiel du mouvement. Le premier référentiel est associé au point de vue de l'utilisateur (de la caméra), qui peut être à l'intérieur ou à l'extérieur de la scène. Le second référentiel se réfère au mouvement, que celui-ci provienne de la caméra, de l'objet ou de la scène elle-même. Par combinaisons, on obtient six contextes différents.

2.3 Modèles urbains 3D enrichis

Les modèles qui représentent en 3D les éléments géométriques d'une ville sont appelés modèles urbains 3D. Un grand nombre de ces modèles ont été créés récemment ou sont en cours de création, pour une large gamme d'applications (planification urbaine, tourisme, etc.) allant au-delà de la simple visualisation. CityGML (Gröger *et al.*, 2008) est la première norme relative aux modèles urbains 3D.

CityGML propose une description des éléments 3D comme le terrain, les bâtiments, les infrastructures de transport, les plans d'eau, la

végétation, le mobilier urbain, etc. Cette norme représente les éléments urbains avec leur géométrie, leur topologie (propriétés spatiales), leurs propriétés sémantiques et d'autres attributs pertinents. Les attributs couvrent la classification et les fonctions d'utilisation réelle d'un objet. CityGML est également extensible pour s'adapter aux besoins d'applications spécifiques. Ces extensions ont été définies pour différentes problématiques telles que le bruit, avec les nuisances sonores associées aux bâtiments, routes ou voies ferrées (Gröger *et al.*, 2008) ou encore la dynamique d'inondations en 3D (Schulte & Coors, 2008). On obtient ainsi des modèles de ville 3D où les aspects géométriques ont été enrichis avec des données urbaines ou environnementales qui peuvent être appelées données d'enrichissement (ou données non géométriques).

Les tâches couramment réalisées avec ces modèles incluent l'évaluation de projets urbains en termes de qualité de la vie (y compris les aspects visuels), ou l'évaluation de l'impact des projets sur le paysage urbain.

3 Méthodologie de conception de l'ontologie

Pour identifier les éléments à représenter dans l'ontologie O3DVT, nous sommes partis des besoins d'une application d'aide à la conception d'environnements 3D enrichis, qui sont :

1. sélectionner des techniques en fonctions de critères tels que le type de données à présenter, le type de tâches des utilisateurs sur ces données, le contexte d'utilisation, l'existence d'évaluation ou de cas d'utilisation de la technique, etc.
2. détecter des incompatibilités visuelles entre techniques.

Nous avons ensuite étudié différents articles scientifiques portant sur la visualisation d'informations dans des environnements virtuels 3D de type urbain avec comme objectif d'identifier le vocabulaire nécessaire à la description de ces techniques. Nous prévoyons d'étudier ultérieurement d'autres types de documents (tels que des documents techniques). Bien que n'étant pas formellement évaluée, l'utilité des techniques de visualisation des systèmes d'information géographique (SIG) 3D existe bien, de part le nombre d'utilisateurs et de tâches qui leur sont associées. Dans le cas des jeux vidéo, si les évaluations intensives des techniques de visualisation 3D utilisées ont été effectuées, leurs résultats sont généralement tenus secrets.

3.1 Tâches et contexte

Les tâches urbaines effectuées avec les modèles urbains 3D étudiés sont variées : évaluation de la qualité de l'air dans une rue ou un quartier (San José *et al.*, 2012), évaluation du confort par rapport au vent pour des piétons dans une rue (Amorim *et al.*, 2012), évaluation de l'exposition humaine individuelle par rapport à des particules présentes dans l'air (Valente *et al.*, 2012), analyse des risques pour la santé à partir d'informations environnementales et démographiques (Tourre *et al.*, 2012), analyse de la visibilité et analyse du comportement des piétons (Marina *et al.*, 2012), analyse de la perception humaine de l'espace (Fisher-Gewirtzman, 2012), estimation du trafic de véhicules (Yatskiv & Savrasovs, 2012). Ces tâches urbaines peuvent être qualifiées de tâches de haut niveau. Pour les assurer, la visualisation donne lieu à des tâches de navigation ou d'accès aux données présentées dans le modèle 3D (tâches de bas niveau). Une tâche de haut niveau correspond à une suite de tâches de bas niveau. Ainsi, l'évaluation de l'exposition humaine individuelle par rapport à des particules présentes dans l'air correspond à : lire une valeur de concentration en un point donné d'une représentation de type scalaire (à répéter pour chacune des valeurs présentées) puis déterminer les valeurs les plus basses/hautes, etc.

Les contextes les plus couramment rencontrés dans les modèles urbains 3D étudiés ne sont pas définis d'une manière formelle et concrète. L'utilisation d'un modèle urbain 3D s'effectue le plus souvent selon un point de vue proche du sol (StreetLevel) ou en survolant le modèle (Bird'sEyeView) (Vaaraniemi *et al.*, 2013).

3.2 Données

Les données à représenter peuvent être de divers types simples (entiers, réels, etc.) ou structurés (vecteurs, matrices, séquences, documents, etc.). Elles sont toujours liées au modèle urbain 3D soit parce qu'elles concernent des objets explicites du modèle (par exemple, des données d'efficacité énergétique de chaque bâtiment), soit parce qu'elles décrivent des propriétés ou phénomènes ayant une étendue spatiale (champ de vecteur décrivant la vitesse du vent, champ scalaire des températures sur une surface donnée, etc.).

3.3 Evaluations

Parmi les articles étudiés, un seul fait état d'une évaluation (Vaaraniemi *et al.*, 2013). Les auteurs proposent deux nouvelles techniques de visualisation pour améliorer la visibilité des labels de routes lors d'une navigation 3D. L'amélioration attendue est définie par rapport à l'approche de base (qui est utilisé dans la quasi-totalité des systèmes de navigation existants tels que Google Earth) et a été confirmée par une étude auprès d'utilisateurs.

4 Description de l'ontologie

Il s'agit d'une ontologie formelle en logique de description (OWL) qui décrit les techniques de visualisation en se focalisant sur les caractéristiques mises en évidence dans l'étape d'identification des connaissances.

4.1 Description des techniques de visualisation

Pour représenter une technique de visualisation, nous avons défini le concept *Visualization_Technique*. Chaque technique de visualisation va être représentée par une instance de ce concept (figure 1).

<ul style="list-style-type: none"> ● (has_indicator some Marker_Indicator) and (input_data some Data_Description) and (on_action some Visualization_Action) and (output_location some Output_Location) and (output_viz some Visual_Rendering) and (visual_attributes some Visual_Attributes) and (visual_property some Rendering_Property) and (description some string) and (example some anyURI) and (name some string) and (reference some anyURI) 	<ul style="list-style-type: none"> ● (invokes some Change) and (layout_interaction some Output_Location_Interaction) and (layout_scale some Output_Scale) and (layout_shape some Output_Shape) and (layout_space some Output_location_Space) and (location_orientation some Output_Location_orientation) and (location_position some Output_Location_position) and (placement some Output_Placement) and (view_situation some Display_Situation) and (description some string) and (name some string) and (reference some anyURI)
--	---

Output_Location Concept description (OWL)

FIGURE 1 – Spécification du concept Visualization_Technique (en OWL).

4.2 Description des données

La description des données est représentée dans l'ontologie par le concept *Data_Description*. Chaque description de donnée va être représentée par une instance de ce concept (Figure 2).

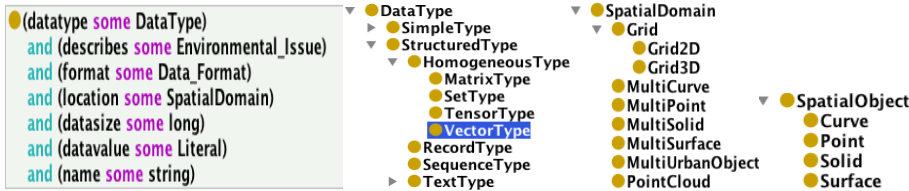


FIGURE 2 – Spécification du concept `Data_Description` (en OWL).

Nous considérons des données spatialisées, soit parce qu’elles concernent une portion de l’espace (vecteurs de vitesse du vent dans un volume donné) soit parce qu’elles sont liées à des objets du modèle urbain (performances énergétiques des bâtiments). Leur description comprend par conséquent deux axes : le type de chaque donnée individuelle (`DataType`) et le type de domaine spatial auquel elles s’appliquent (`SpatialDomain`). Le domaine spatial est soit un ensemble d’objets urbains, soit un ensemble de points, de courbes, de surfaces ou de volumes, formant éventuellement une grille et contenus dans une ligne, une surface ou un volume. Ainsi un champ de vecteurs de vitesse du vent mesurés sur des points d’une surface sera une instance de la classe

```
datatype some (VectorType and member_type some RealNumberType)
and
location some (MultiPoint and contained_in some Surface)
```

La modélisation des types de données pose un problème intéressant. En effet si l’on cherche une technique pour visualiser des données de type T , disons des nombres réels, une technique capable de visualiser des données d’un type plus ”riche” (p.ex. les complexes) sera utilisable. Par contre une technique pour des nombres plus simples (p.ex. les entiers) ne sera pas utilisable. Par conséquent il faut considérer la notion de type et de sous-type de la même manière qu’en théorie des types abstraits : $S < T$ si tout terme de type S peut remplacer un terme de type T (substituabilité). On aura alors $ComplexNumberType < RealNumberType < IntegerType$, de même que $MatrixType < VectorType$.

Le second exemple de la section 5.1 montre un usage de cette hiérarchie de types

4.3 Description des tâches et du contexte

A partir des tâches définies par (Lee et al, 2006), nous avons défini des tâches de bas niveau (data access tasks) que nous avons associées aux tâches de haut niveau (tâches urbaines) identifiées précédemment. Nous avons ensuite raffiné en fonction du type de données (texte, donnée numérique) et en fonction de ce qui est réellement attendu comme résultat. En effet, pour une valeur numérique, la tâche *RetrieveValue* peut être associée à : i) déterminer la valeur exacte de la donnée qui est présentée ; ii) déterminer approximativement la valeur de la donnée, en la situant dans un intervalle de valeurs, chaque intervalle (dont les valeurs de limites sont affichées) étant associé à une couleur spécifique ; iii) déterminer approximativement la valeur de la donnée, de manière à pouvoir la comparer à d'autres valeurs et/ou déterminer les valeurs les plus grandes ou les plus petites. C'est ainsi que nous avons défini trois nouvelles tâches pour retrouver une valeur : *PreciselyReadValue*, *ApproximatelyReadValue*, *EstimateValue*. De la même manière, pour des textes, nous avons défini *ReadTitle* (ici, le titre suffit pour avoir une idée générale du texte) et *ReadText* (le contenu est lu). Pour les contextes nous avons utilisé *Bird'sEyeView* et *StreetLevel*.

4.4 Exemple de représentation d'une technique de visualisation

À titre d'exemple, nous présentons la description d'une technique de visualisation pour une ambiance sonore¹ disponible sous forme textuelle avec comme tâche *ReadText* et comme contexte *StreetLevel*.

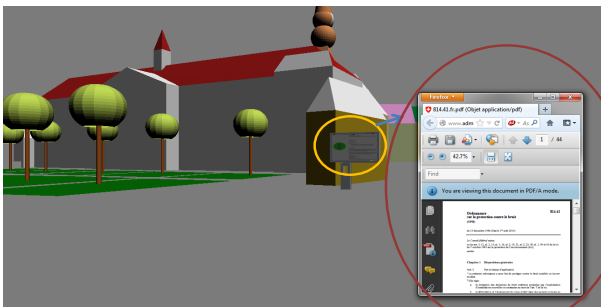


FIGURE 3 – Une technique pour représenter une ambiance sonore

1. un lien vers une référence pour cette technique : <http://www.palaiszelda.com/>

Cette technique est composée d'un panneau statique qui va contenir du texte décrivant une ambiance sonore. Nous avons appelé cette technique *NoiseQuality_Text_WS_2D_InteractiveStaticSymbolPanel* (figure 3). Pour la représenter dans l'ontologie, il faut créer (1) une instance de type *Data_Description*, (2) une instance de type *Output_Location*, puis (3) la description du contexte et de la tâche ainsi que d'autres informations incluses dans l'expression qui représente la technique (figure 4).

The figure displays three screenshots from the O3DVT interface showing OWL descriptions for different elements:

1. Data_Description: The description is:


```
(datatype some Literal)
and (format some Data_Format)
and (related_to some Urban_Object)
and (datatype value Text_Type)
and (describes value NoiseQuality)
and (localization value 2D_point)
and (datasize some long)
```

 The property assertions are:


```
describes NoiseQuality
datatype Text_Type
localization 2D_point
```

2. Output_Location: The description is:


```
(layout_interaction some Interaction_Adjustable)
and (layout_scale some Scale_Adaptive)
and (layout_space some World_Space)
and (location some Object_Attached)
and (location_orientation some Location_Orientation_Fixed)
and (location_position some Location_Position_Fixed)
and (layout_shape value 2D_surface)
and (view_situation value SnaLe_View)
```

 The property assertions are:


```
view_situation SnaLe_View
layout_shape 2D_surface
```

3. Technique Description: The description is:


```
(visual_attributes some Visual_Attributes)
and (input_data value Text_NQ)
and (on_action value On_Click)
and (has_indicator some Marker_Indicator)
and (output_location value Fixed_2D_World_AdjustableInteraction_FixedOrientation_FixedPosition)
and (output_viz value Int_Symb_Scroll_Window)
and (description value "panneau statique interactif, ouvre une fenêtre web si on effectue un clic: on peut lire un texte décrivant une ambiance sonore"^^string)
and (example value "exemple/E_NoiseQuality_Text_WS_2D_InteractiveStaticSymbolPanel.pdf"^^anyURI)
and (name value "Interactive window for text information about noise quality"^^string)
and (reference value "reference/R_NoiseQuality_Text_WS_2D_InteractiveStaticSymbolPanel.pdf"^^anyURI)
```

FIGURE 4 – Description en OWL dans O3DVT de la technique

4.5 Règles de compatibilité

Nous avons identifié plusieurs niveaux de compatibilité allant d'une incompatibilité totale (utilisation de la même surface pour l'affichage des informations) à une incompatibilité potentielle (risque d'occlusion partielle des informations par exemple).

Nous avons défini des règles SWRL pour représenter les incompatibilités entre techniques. Ces règles permettent d'avertir le concepteur d'un risque de perturbation dans l'interprétation des informations affichées et de lui préciser l'origine de l'incompatibilité détectée (figure 8).

5 Évaluation de l'ontologie

Le type d'ontologie que nous avons développé peut être évalué selon deux axes : la couverture du domaine (data-driven evaluation) et l'adéquation à l'application visée (application-based evaluation) (Brank *et al.*, 2005). Pour évaluer la couverture du domaine nous avons sélectionné un ensemble de techniques de visualisation décrites dans la littérature scientifique et avons créé pour chacune d'elle une représentation à l'aide du vocabulaire défini dans l'ontologie. L'expérience a montré que le vocabulaire était suffisant pour décrire les principales caractéristiques de ces techniques. Cette évaluation est évidemment partielle, il existe encore d'autres techniques dans la littérature ou qui sont employées dans des logiciels sans avoir fait l'objet d'articles scientifiques.

En ce qui concerne l'adéquation à l'application, il faudrait vérifier qu'une application de recherche de technique de visualisation et de détection d'incompatibilité est plus efficace si elle peut utiliser cette ontologie plutôt qu'une ontologie ou base de données de référence. Ne disposant pas d'une ontologie de référence dans ce domaine, nous avons limité l'évaluation à l'efficacité de l'ontologie, c'est-à-dire à vérifier qu'une application qui utilise cette ontologie parvient bien à :

- trouver les techniques correspondant à des critères de recherche complexes
- détecter des incompatibilités entre techniques

Pour cela nous défini plusieurs requêtes considérées comme représentatives pour un concepteur de modèles urbains 3D enrichis, ainsi que des cas d'incompatibilité à détecter. Nous présentons ci-dessous deux exemples de requêtes et un exemple de détection d'incompatibilité.

5.1 Sélection de techniques

Des requêtes peuvent être effectuées pour sélectionner les techniques de visualisation pertinentes en fonction d'un certain nombre de critères. Un exemple de requêtes consiste à sélectionner toutes les techniques de visualisation permettant de (1) visualiser des données numériques dans le domaine de la qualité de l'air ou l'ambiance sonore et (2) ayant un contexte relatif à une navigation au dessus de la scène (*bird's eye view*) ou dans la scène (*street level*) (figure 5).

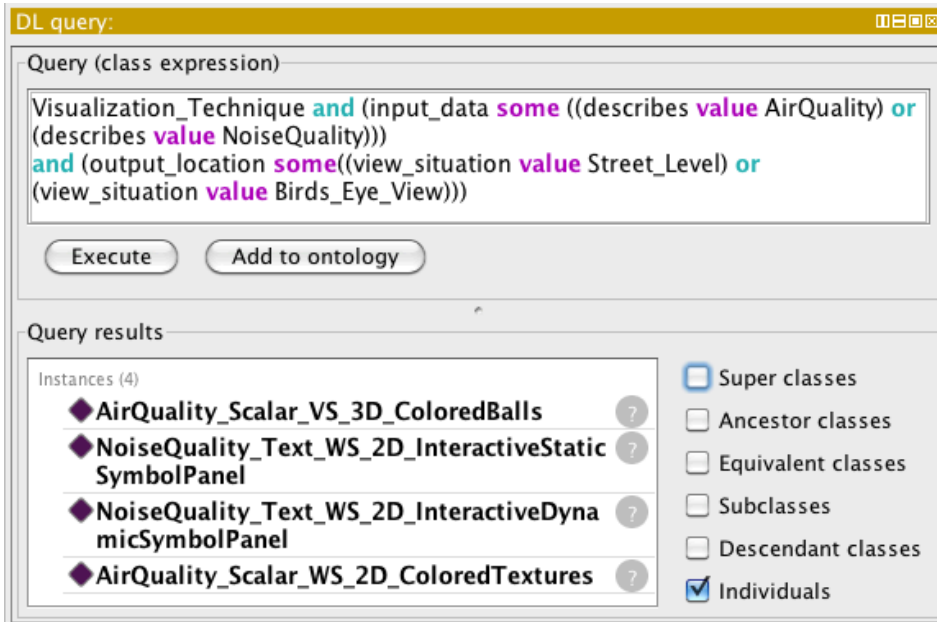


FIGURE 5 – Requête de sélection de techniques de visualisation à partir de différents critères, exprimée en logique de description

Le deuxième exemple montre l'utilité de la hiérarchie des types de données. En effet, nous voulons trouver toutes les techniques permettant de visualiser, sous forme d'objets 3D, un nombre de piétons comptabilisé à différents endroits dans une ville. La requête (figure 6) spécifie que l'on cherche une technique applicable aux nombres entiers (*datatype some IntegerType*). Dans la base de connaissances, aucune technique de visualisation spécifique aux nombres entier n'existe, mais étant donnée que *RealNumberType* est une sous-classe de *IntegerType*, les techniques applicables aux réels seront sélectionnées par le raisonneur. Ce qui correspond bien au fait qu'une technique

capable d'afficher des réels peut afficher des entiers.

Il faut noter que ce genre d'inférence de sous-type (au sens des types abstraits) fonctionne également pour des types complexes. On profite ainsi de la puissance d'un raisonneur logique pour réaliser des opérations de sélection qui ne sont pas exprimables dans les langages traditionnels d'interrogation de bases de données.

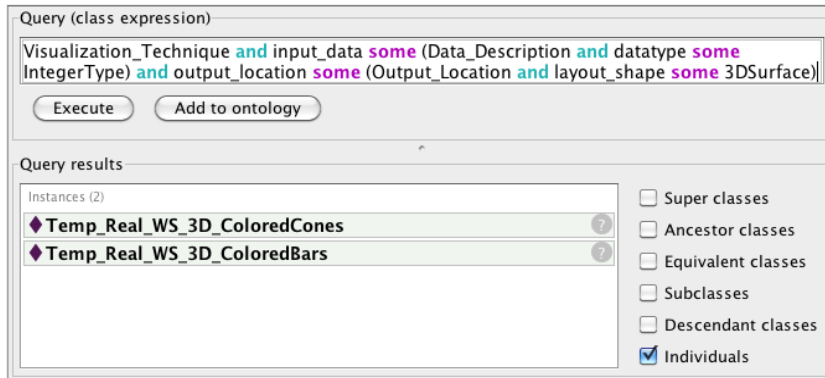


FIGURE 6 – Requête mettant en jeu l'inférence de types de données

5.2 Détection des incompatibilités

Nous avons défini un ensemble de types d'incompatibilité, par exemple, celui des possibilités d'occlusion : une technique de visualisation peut avoir un rendu visuel qui cache totalement ou partiellement d'autres informations affichées par une autre technique de visualisation. Lorsque les deux techniques utilisent la même surface pour afficher des informations, l'occlusion (et donc l'incompatibilité) est totale. Pour représenter cette incompatibilité visuelle, nous avons défini la règle suivante : "Si deux techniques de visualisation ont la même surface d'affichage alors elles sont totalement incompatibles" (en SWRL dans la figure 7).

```
Output_Location(?y), Output_Location(?y1), Output_Shape(?z), Output_Shape(?z1),
Visual_Rendering(?t), Visual_Rendering(?t1), Visualization_Technique(?x),
Visualization_Technique(?x1), layout_shape(?y, ?z), layout_shape(?y1, ?z1),
output_location(?x, ?y), output_location(?x1, ?y1), output_viz(?x, ?t), output_viz(?x1, ?t1),
SameAs (?z, ?z1) -> totallyIncompatibleBecauseOfSameDisplaySurface(?x, ?x1)
```

FIGURE 7 – Exemple de règle de compatibilité en SWRL.

En utilisant la règle définie précédemment, le raisonneur peut détecter les incompatibilités entre techniques du fait de l'utilisation d'une même surface d'affichage (figure 8).

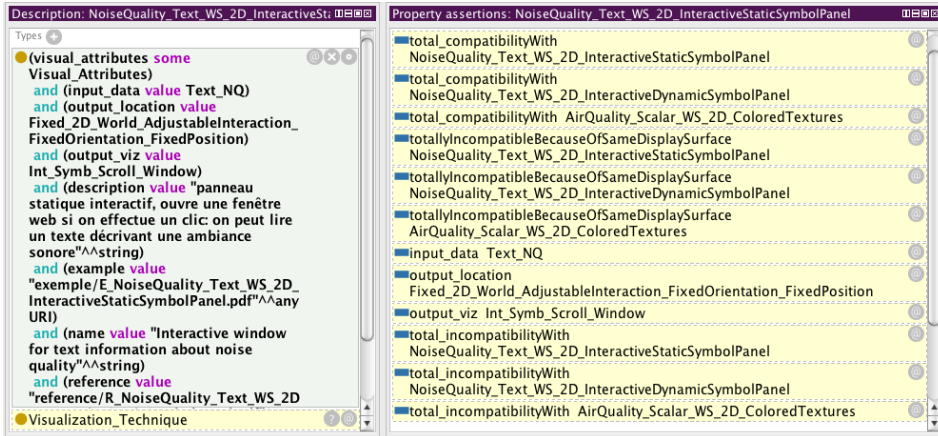


FIGURE 8 – Résultat des incompatibilités en appliquant la règle SWRL définie précédemment

D'autres règles SWRL ont été définies pour détecter d'autres types d'incompatibilité dues aux types de données utilisées ou au type de navigation dans le modèle urbain 3D, etc.

6 Conclusion

Dans cet article, nous abordons la problématique de la visualisation d'environnements virtuels de type urbain (modèles urbains 3D) en proposant une approche ontologique. Cette ontologie - et la base de connaissance associée - vise à aider le concepteur de ces modèles à choisir des techniques de visualisation pertinentes en fonction des données à visualiser mais aussi en fonction du contexte et des tâches que l'utilisateur final va être amené à réaliser avec le modèle. Une telle approche permet une description commune de techniques de visualisation qui peuvent émaner non seulement du domaine urbain mais aussi d'autres domaines tels que les jeux vidéo 3D ou qui peuvent être largement utilisées par une communauté (SIG 3D par exemple) sans pour autant avoir été décrites. Elle permet aussi de sélectionner automatiquement des techniques pertinentes qui peuvent être utilisées séparément ou de manière combinée pour des contextes et des tâches donnés à partir d'un ensemble de critères spécifiques et en tenant compte de la compatibilité ou de l'incompatibilité entre les techniques. Nous prévoyons de définir une interface de manière à ce que les utilisateurs de l'ontologie n'aient pas à saisir en logique de description (langage OWL) les requêtes permettant de retrouver des techniques et la description de nouvelles techniques de visualisation. Etant donné le nombre d'utilisateurs potentiels (de différents domaines), cette interface devrait

à terme permettre d'accroître le nombre des techniques représentées dans l'ontologie et justifier d'autant plus l'utilisation d'un raisonnement automatique.

Remerciements

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche : "Designing and evaluating 3D knowledge visualization techniques for urban planning", financé par le Secrétariat d'Etat à la Recherche suisse (SER N° C10.0150) en relation avec l'Action européenne COST TU0801 "Semantic enrichment of 3D city models for sustainable urban development".

Références

- AMAR R., EAGAN J. & STASKO J. (2005). Low-level components of analytic activity in information visualization. In *Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization*, INFOVIS '05, p. 15–, Washington, DC, USA : IEEE Computer Society.
- AMORIM J., VALENTE J., PIMENTEL C., MIRANDA A. & BORREGO C. (2012). Detailed modelling of the wind comfort in a city avenue at the pedestrian level. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 03008.
- BRANK J., GROBELNIK M. & MLADENIĆ D. (2005). A survey of ontology evaluation techniques. In *Proceedings of the Conference on Data Mining and Data Warehouses SiKDD 2005*.
- BRODLIE K. & NOOR N. M. (2007). Visualization notations, models and taxonomies. In I. S. LIM & D. DUCE, Eds., *Theory and Practice of Computer Graphics*, p. 207–212, Bangor, United Kingdom : Eurographics Association.
- DIENG R., CORBY O., GIBOIN A. & RIBIÈRE M. (1999). Methods and tools for corporate knowledge management. *International Journal of Human-Computer Studies*, **51**(3), 567 – 598.
- FISHER-GEWIRTZMAN D. (2012). 3d models as a platform for urban analysis and studies on human perception of space. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 01001.
- GRÖGER G., KOLBE T. H., CZERWINSKI A. & NAGEL C. (2008). *OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard (OGC 08-007r1)*. Rapport interne.
- LEE B., PLAISANT C., PARR C. S., FEKETE J.-D. & HENRY N. (2006). Task taxonomy for graph visualization. In *Proceedings of the 2006 AVI workshop on BEyond time and errors : novel evaluation methods for information visualization*, BELIV '06, p. 1–5, New York, NY, USA : ACM.
- MARINA O., LEDUC T., RABINO G., GIEVSKA S. & KARANAKOV B. (2012). Integration of urban knowledge through visibility studies and pedestrian beha-

- viator analysis in old bazaar in skopje. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 03006.
- NEALE H. & NICHOLS S. (2001). Designing and developing virtual environments : methods and applications. In *Visualization and Virtual Environments Community Club (VVECC) Workshop, Designing of Virtual Environments*.
- PÉREZ A., RISQUET C. & GÓMEZ J. (2011). An enhanced visualization ontology for a better representation of the visualization process. In M. GUSEV & P. MITREVSKI, Eds., *ICT Innovations 2010*, volume 83 of *Communications in Computer and Information Science*, p. 342–347. Springer Berlin Heidelberg.
- SAN JOSÉ R., PÉREZ J. & GONZÁLEZ R. (2012). Advances in 3d visualization of air quality data. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 02002.
- SCHULTE C. & COORS V. (2008). Development of a citygml ade for dynamic 3d flood information. In *Proceedings of the 3th International ISCRAM CHINA Workshop*, ISCRAM '08.
- SHU G., AVIS N. J. & RANA O. F. (2008). Bringing semantics to visualization services. *Advances in Engineering Software*, **39**(6), 514 – 520.
- TOURRE V., CADIO P., CANIOT G. & PAPIN C. (2012). Envie project : A framework to produce urban data at large scale. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 02008.
- TYNDIUK F. (2005). *Référentiels Spatiaux des Tâches d'Interaction et Caractéristiques de l'Utilisateur influençant la Performance en Réalité Virtuelle*. These, Université Victor Segalen - Bordeaux II.
- VAARANIEMI M., FREIDANK M. & WESTERMANN R. (2013). Enhancing the visibility of labels in 3d navigation maps. In P. JACYNTHE, D. SYLVIE, H. FRÉDÉRIC & Z. ALBORZ, Eds., *Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, p. 23–40. Springer Berlin Heidelberg.
- VALENTE J., AMORIM J., AO P. C., RODRIGUES V. & BORREGO C. (2012). Children exposure to pm levels in a typical school morning. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 03009.
- VOIGT M., PIETSCHMANN S., GRAMMEL L. & MEISSNER K. (2012). Context-aware recommendation of visualization components. The Fourth International Conference on Information, Process, and Knowledge Management (eKNOW), p. 101–109.
- VOIGT M. & POLOWINSKI J. (2011). *Towards a Unifying Visualization Ontology*. Technical Report TUD-FI11-01, TU Dresden, Institut für Software und Multimediatechnik, Dresden, Germany. ISSN : 1430-211X.
- YATSKIV I. & SAVRASOV S. (2012). Microscopic transport model animation visualisation on kml base. In G. M. T. LEDUC & R. B. (EDS.), Eds., *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models*, p. 03003.