

Une approche ontologique pour la gestion des connaissances des techniques d'interaction 3D en EV

[An ontological approach for knowledge management of 3D techniques interaction in EV]

Hamid Hrimech

Laboratoire d'analyse et modélisation de système pour l'aide à la décision,
Ecole Supérieure de Technologie de Berrechid, Université Hassan Premier,
Berrechid, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The last decades have seen an important innovation and technological development in virtual reality RV thanks to the increasing of computing power and the progress in interfacing (3D navigation and manipulation devices, CAVE, HMD, 3D screen, data-gloves, haptic system...Etc.). However, the virtual reality technology improvements, and in particular the 3D interaction techniques, were not followed by a significant improvement in terms of knowledge management. The virtual environment (VE) knowledge management is an important challenge. Many problems are posed and they are technological, cognitive and social and strongly coupled, it is about data exchange, the VE management, peripheral devices, the context of VE implementation, the interaction between users, and the feeling of the presence or co-presence. The goal of this paper is to propose an ontological knowledge management of 3D interaction techniques in VE, This ontology could be used by the VE designers and researchers during the design phase.

KEYWORDS: Virtual environment, 3D interaction, knowledge management.

RÉSUMÉ: Les dernières décennies ont connu une émergence et un développement technologique important de la réalité virtuelle (RV) grâce à la puissance de calcul croissante des ordinateurs et aux progrès en matière d'interfaçage (périphériques et interfaces multimodales de navigation et de manipulation en trois dimensions : CAVE, visiocasques ou écrans 3D, gants de manipulation, systèmes haptiques, etc...). Cependant, les améliorations technologiques de la réalité virtuelle et surtout de l'interaction 3D dans les environnements virtuels (EV) n'ont pas été suivies par une amélioration significative en termes de gestion de connaissance dans ce domaine. La gestion de connaissances d'un environnement virtuel (VE) est un défi majeur dans le domaine de la réalité virtuelle (RV). Les problèmes à traiter sont nombreux, ont un caractère technologique, cognitif et social et sont fortement couplés. Il s'agit d'échange des données, de la gestion de l'EV, des interfaces, de la mise en contexte de l'EV, des interactions entre les utilisateurs et les données numériques, la sensation de la présence ou de la coprésence dans un EV. L'objectif de cet article est de proposer une gestion des connaissances de type ontologique des techniques d'interaction 3D en EV. Cette ontologie pourra être utilisée par les chercheurs et les concepteurs des EV 3D interactives dans la phase de conception d'un nouvel EV.

MOTS-CLEFS: Environnements virtuels, interaction 3D, gestion des connaissances.

1 INTRODUCTION

Dans la phase de conception d'un EV, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs facteurs comme le domaine d'application [1], les techniques d'interaction 3D ou encore les périphériques d'entrées/sorties. Dans cet article, nous nous intéressons à l'interaction 3D dans les environnements avec une approche ontologique. Cette ontologie a pour objectif principal d'aider les concepteurs à choisir les techniques ou les métaphores d'interaction 3D les plus adéquates possible à un contexte d'utilisation dans un EV à partir d'un ensemble de critères et de contraintes.

Dans la première partie de cet article, nous discuterons des EVs interactifs en rappelant brièvement les approches. La deuxième partie sera consacrée à la présentation de notre approche ontologique 3DIONT. Nous insisterons en particulier sur l'objet de conceptualisation, la méthode de création de l'ontologie, le contenu et l'utilisation de cette ontologie. Enfin, en guise de conclusion nous décrirons dans la troisième partie les principaux apports de notre démarche ainsi que les futures directions de recherche.

2 LES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

Un EV est le lieu qui accueille un ou plusieurs utilisateurs afin de leur permettre de réaliser des tâches spécifiques, en leur donnant la sensation d'être dans un nouveau lieu. Un EV est représenté par un modèle 3D de données réelles ou imaginaires qu'on peut visualiser et avec lesquelles on peut interagir en temps réel [2]. On distingue différents types d'EV en fonction du degré d'immersion que l'on souhaite donner à l'utilisateur [3] (voir figure 1) :

- Environnement non immersif;
- Environnement semi immersif;
- Environnement immersif.

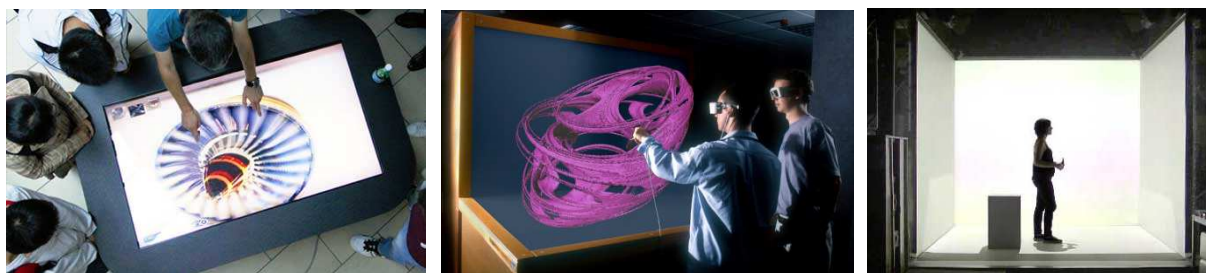


Fig. 1. Table interactive et collaborative de grande dimension non immersive, installée à l'institut Image Arts et Métiers ParisTech (à gauche), workbench semi immersif l'Holobench™ de TAN, installé à l'INRIA (au centre), MoVe (Modular Virtual Environment) dispositif immersif installé à l'institut Image Arts et Métiers ParisTech (à droite)

Cependant dans un EV des tâches simples comme la navigation ou le déplacement d'un objet 3D se représentent comme des tâches complexes qui nécessitent encore beaucoup d'efforts pour les accomplir. Le défi des EV consiste justement à développer des techniques d'interaction innovantes avec l'ambition d'offrir à l'utilisateur une interaction le « plus naturelle » possible. Il est donc nécessaire de trouver de nouvelles formes d'interaction en EV.

2.1 L'INTERACTION 3D

L'interaction 3D peut être définie comme une forme d'interaction entre l'homme et la machine dans un contexte tridimensionnel. Généralement, cette interaction nécessite trois éléments essentiels:

- **Les périphériques d'entrée utilisés pour interagir avec l'EV** : Les dispositifs d'entrée ont une influence très importante sur les performances des utilisateurs dans les EVs (voir figure 2). Parmi les plus connues, il existe trois taxonomies permettant de classer les dispositifs d'entrée: la taxonomie de Buxton [4], la taxonomie de Card, Mackinlay et Robertson [5], et la taxonomie de Jacob et Sibert [6].

Buxton a créé une taxonomie bidimensionnelle représentant le nombre de dimensions spatiales qu'un dispositif peut détecter (qui ne doit pas être confondu avec le nombre de degrés de liberté offerts par le dispositif), ainsi que les actions senties (position, mouvement ou pression) [4]. Cependant, cette taxonomie inclut seulement les dispositifs continus. [5], ont développé leur propre taxonomie pour inclure des entrées discrètes et continues, où les dispositifs discrets mesurent seulement une valeur booléenne et les dispositifs continus sont habituellement capables de mesurer un nombre « infini » de valeurs [5]. Cependant, ces taxonomies tendent à traiter les dispositifs qui produisent la même information et ignorent les qualités subjectives du dispositif. Jacob et Sibert ont ajouté un facteur important aux deux taxonomies précédentes en considérant deux composants d'interaction [6]: les propriétés physiques du dispositif d'entrée et la structure perceptuelle de l'espace de la tâche. En d'autres termes, comment la tâche est perçue joue un rôle crucial dans la façon dont le dispositif d'entrée est utilisé pour accomplir l'accomplir.

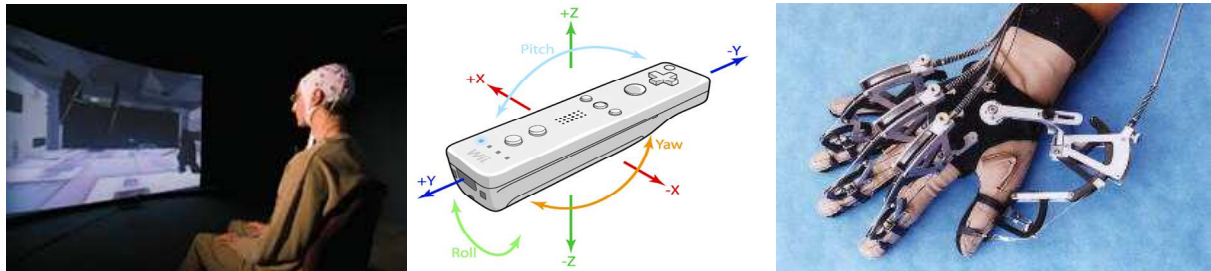


Fig. 2. Navigation virtuelle commandée par la pensée. Photo : Hubert Ragué/Photothèque CNRS (à gauche), au centre le Nintendo Wiimote, Le CyberGraspTM de VTi (à droite)

- **Les techniques d'interaction qui traduisent les mouvements et actions de l'utilisateur dans l'EV :** D'après Coquillart, on peut considérer les techniques d'interaction 3D comme un ensemble de méthodes ou scénarios de l'utilisation d'une interface matérielle, permettant à l'utilisateur d'effectuer une tâche précise dans un EV [7] (voir figure 3). Selon [8], une métaphore d'interaction est une image symbolique d'une action ou d'une perception utilisée pour réaliser une tâche précise dans un EV. Il s'agit de la transposition d'un objet ou d'un concept réel dans le monde virtuel. On parle par exemple de métaphore de la main virtuelle (Virtual Hand): il s'agit de la transposition de la main de l'utilisateur dans l'EV [7].



Fig. 3. Technique de navigation le LIGTH (à gauche), le Voodoo Dolls (au centre), le Ray Casting (à droite).

- **Les périphériques de sortie qui permettent de restituer le résultat de l'interaction avec l'utilisateur:** Les dispositifs de sortie permettent de fournir des informations sensorielles à l'utilisateur. Ils incluent des dispositifs d'affichage, les dispositifs sonores et les dispositifs haptiques (voir figure 4).



Fig. 4. Un visiocasque (à gauche), Simulateur de conduite dynamique (SAAM) installé à l'institut image Arts et Métiers ParisTesch (au centre), Salle immersive le Move installé à l'institut image Arts et Métiers ParisTesch (à droite)

3 L'APPROCHE ONTOLOGIQUE

Il existe plusieurs définitions différentes du terme ontologie. D'un domaine à l'autre nous retrouvons des interprétations différentes selon l'usage qui en est fait et le but visé. La notion d'ontologie se développa dans le domaine de l'intelligence artificielle au début des années 1990, une des premières définitions est celle [9]: « *les termes et les relations de base comportant le vocabulaire d'un domaine aussi bien que les règles pour combiner les termes et les relations afin de définir des extensions du vocabulaire* », suivie par une autre définition de [10], plus générale: « *Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation* ». Gruber a proposé en 2007 une définition différente qui sert actuellement de référence: « *Dans le domaine de l'informatique et les sciences de l'information, une ontologie définit un ensemble de primitifs représentatifs avec lesquels un domaine de la connaissance peut être modélisé. Les primitifs représentatifs sont typiquement des classes (ou des ensembles), des attributs (ou des propriétés), et des relations (ou des relations parmi des membres de classe). Les définitions des primitifs représentatifs incluent des informations sur leur signification et des contraintes sur leur application logique et cohérente* ».

Une ontologie doit contenir un certain nombre d'éléments pour effectuer une description formelle d'un ensemble de connaissances pour cela elle doit avoir les composants suivants [11]:

- Des concepts (ou classes): ils définissent un groupe d'individus (également appelé des instances) possédant des propriétés similaires.
- Des relations: les relations représentent un type d'interaction entre deux ou plusieurs concepts.
- Des fonctions: les fonctions sont un cas particulier de relation à n éléments où le dernier élément de la relation est unique pour les $n-1$ premiers éléments.
- Des axiomes: qui représentent des propositions définies comme toujours vraies.
- Des instances: Ce sont les «individus» qui peuplent les classes.

Plusieurs langages de représentation d'ontologies existent. Dans nos travaux de recherche, nous avons choisi le langage Web Ontology Language (OWL), lequel depuis 2004, est une recommandation du W3C. Il est considéré aujourd'hui comme un standard pour la représentation d'ontologies, ce qui fait qu'un grand nombre de ressources sont disponibles pour ce formalisme (outils, documentations, exemples).

OWL est construit sur le modèle de données de RDF (Resource Description Framework) et RDFS (Resource Description Framework Schema), il offre trois sous-langages d'expressivité croissante conçus pour des communautés de développeurs et d'utilisateurs spécifiques OWL [12].

- OWL LITE: permet d'établir une hiérarchie de concepts simples, contraintes simples.
- OWL DL (DL pour description logic): comprend toutes les structures de OWL, possède une expressivité plus importante, avec complétude de calcul.
- OWL FULL expressivité maximale, liberté syntaxique sans garantie de calcul, une classe peut aussi correspondre à l'instance d'une autre classe.

3.1 OBJET DE CONCEPTUALISATION ET DÉMARCHE DE CRÉATION

L'ontologie 3DIONTO que nous avons développée dans ce travail de recherche est une ontologie du domaine, en effet elle modélise les concepts utilisés dans la conception des techniques d'interaction 3D pour les EV.

D'une part, c'est une ontologie qui décrit les techniques d'interaction 3D en se focalisant sur les caractéristiques mentionnées dans l'étape d'identification des connaissances, il nous faut donc une ontologie formelle en logique de description (OWL).

D'autre part, cette ontologie, dans le cadre d'une utilisation en situation réelle, est destinée à être utilisée, et éventuellement modifiée, par des utilisateurs qui n'ont pas nécessairement des connaissances poussées en ingénierie ontologique. Par conséquent, il est plus raisonnable, du point de vue de la maintenance, d'envisager une ontologie de type « lightweight ».

L'ontologie proposée a été développée en utilisant la méthode construction d'ontologie METHONTOLOGY [13]. Il s'agit d'une méthodologie qui fournit un ensemble de directives dans le processus de développement d'ontologie liées à l'identification de l'activité, les types de techniques qui sont les plus appropriées dans chaque activité, et les produits en résultant. Les étapes suivies sont les suivantes :

- Regroupement des documents : nous avons effectué un état de l'art sur les techniques d'interaction 3D dans des EVs avec comme objectif d'identifier le vocabulaire nécessaire à la description de ces techniques.
- Création de la liste des concepts à représenter dans l'ontologie.
- Création d'une définition informelle des concepts.
- Opérationnalisation de l'ontologie. Modélisation des définitions informelles en OWL. Nous avons utilisé l'éditeur Protégé (développé par l'université de Stanford) pour la génération automatique du code OWL correspondant à notre ontologie et l'éditeur OWLGrEd (développé par l'université de Latavia).

3.2 QUESTIONS DE COMPÉTENCES

L'ontologie proposée devrait pouvoir répondre aux questions de compétence suivantes :

- Cette technique est-elle obtenue à partir d'une technique existante ?
- Quels sont les modifications apportées par rapport à l'ancienne technique ?
- Quel est le nom de cette technique ?
- Pour quel primitif d'interaction cette technique peut être utilisée ?
- Quel type de feedback est utilisé pour cette technique ?
- Quel type d'indication d'objet est utilisé pour cette technique ?
- Quel type d'indication de sélection est utilisé dans cette technique ?
- Dans quel type d'EV cette technique peut être utilisée ?
- Cette technique peut-elle être combinée avec d'autres techniques ?
- Quel type de périphérique d'entrée peut-il être utilisé avec cette technique ?
- Quel type de périphérique de sortie peut-il être utilisé avec cette technique ?
- Quel type d'objet attachement peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type d'objet position peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type d'objet orientation peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type de contrôle d'application est-il utilisé dans cette technique ?

3.3 LA TÂCHE D'INTERACTION 3D

Bowman [14] et Mine [15] se sont intéressés aux tâches élémentaires usuelles que l'on retrouve dans toutes les applications utilisant des techniques d'interaction 3D et qui peuvent être regroupées en quatre catégories:

3.3.1 LA NAVIGATION

La navigation est un élément très important dans le processus d'interaction dans un EV. Selon Bowman, la navigation dans un EV est constituée de deux composantes [1]: une composante motrice et une composante cognitive.

La composante motrice concerne le mouvement ou le déplacement de l'utilisateur dans l'espace. Plusieurs techniques de déplacements existent et peuvent être classées selon les métaphores de navigation utilisées. Généralement, il existe deux catégories de métaphores : les métaphores réelles comme la marche ou la conduite et les métaphores magiques qui donnent aux utilisateurs des pouvoirs magiques en éliminant les contraintes physiques du monde réel. On peut citer par exemple la

métaphore de la carte qui permet aux utilisateurs de se déplacer en spécifiant les coordonnées de la cible à atteindre ou la métaphore de « World in Miniature » [16] voir figure 5.

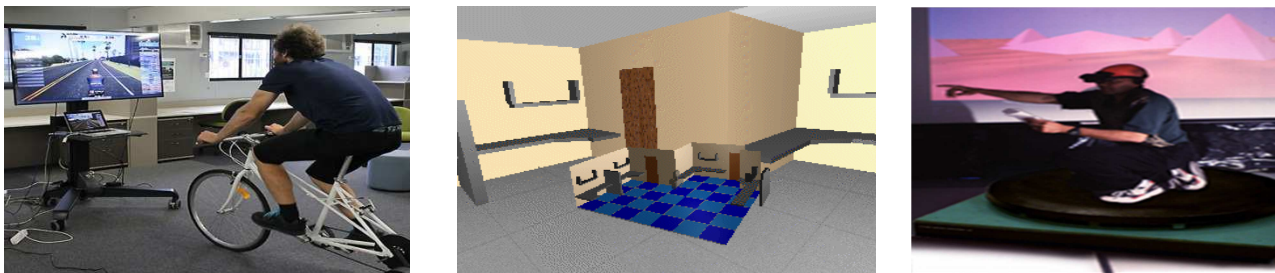


Fig. 5. Technique de navigation avec un velo University of the Sunshine Coast VMC (à gauche), au centre le World In Miniature, à droite un tapis à capteurs de poids Le Magic Carpet (Georgia Tech)

La composante cognitive (wayfinding en anglais) est un processus cognitif qui permet de définir un chemin dans un EV en construisant une « carte cognitive » de l'espace [1]. La formation d'une carte cognitive de l'espace virtuel nécessite trois types de connaissances spatiales : les points de repère (Landmark knowledge), l'itinéraire (Route knowledge) et la configuration (Survey knowledge). Selon Passini [17], pendant l'exploration d'un nouvel environnement, la personne commence dans un premier temps par « balayer ou scanner » l'environnement pour repérer les points importants dans cet espace (lieux et objets importants). C'est le processus des connaissances des points de repère. Ensuite, elle structure ces connaissances pour créer des relations composant cet environnement afin de composer l'itinéraire lui permettant d'atteindre sa destination. Durant le déplacement, des informations supplémentaires spatiales viendront s'ajouter aux connaissances précédentes pour mettre à jour la configuration interne de l'espace de l'utilisateur.

Il existe différentes métaphores de navigation qui ont été déjà proposées. Ces métaphores peuvent être classées en deux catégories [18]:

- **Métaphores de contrôle direct de la caméra.** Dans ce type de métaphores, l'utilisateur contrôle d'une façon directe la position et l'orientation de son point de vue en utilisant un périphérique d'entrée adapté :
 - Contrôle de la caméra centrée sur l'utilisateur. Parmi cette catégorie de métaphores, on peut citer la métaphore de « Eyeball in hand » proposée par Ware [19], également la métaphore de « World in miniature » proposée par Mine [16].
 - Contrôle de la caméra centrée sur les objets. On trouve la métaphore de la « Scene in hand » proposée par Ware [20].
- **Métaphores de contrôle indirect de la caméra.** Cette catégorie donne à l'utilisateur un contrôle indirect de la position et l'orientation de son point de vue. On peut citer par exemple la métaphore de « Teleportation » [21], ainsi que la métaphore de « Small scene manipulation » proposée par De Boeck [18].

3.3.2 LA SÉLECTION ET LA MANIPULATION

En RV, la manipulation des objets joue un rôle très important dans l'interaction 3D. La qualité de l'EV dépend du niveau d'interaction entre l'utilisateur et cet environnement. C'est une tâche en commun entre le monde réel et l'EV. Dans notre vie courante, nous utilisons nos mains afin d'interagir avec des objets ; la main peut donc être considérée comme un parfait périphérique d'interaction. Elle permet la manipulation de différents types d'objets d'une façon précise efficace et rapide. Si l'on veut par exemple porter un livre d'un point A vers un point B, nous effectuons les étapes suivantes :

On prend le livre on le déplace on retourne le livre selon l'orientation voulue on dispose le livre.

Dans nos travaux, nous utilisons une décomposition semblable à celle évoquée précédemment c'est-à-dire que pour nous la tâche de manipulation est constituée de :

- **Sélection:** la sélection consiste à distinguer un objet parmi d'autres (prendre le livre). Cette tâche est considérée selon Mine [16] comme l'action de pointer un objet puis le valider. La sélection peut être alors présentée de la façon suivante :

Sélection = pointage + validation

- **Translation:** la tâche de changement de la position 3d d'un objet souvent préalablement sélectionné (déplacer le livre).
- **Rotation:** la rotation est la tâche de changement d'orientation d'un objet (retourner le livre).
- **Classification des techniques de manipulation 3D**

Il existe plusieurs techniques de manipulation 3D. Beaucoup de ces techniques ont des points en commun. Ces techniques de manipulation peuvent être structurées par une classification permettant de mieux comprendre ces techniques et également de les évaluer.

Il existe des classifications qui ont été proposées afin de structurer les techniques de manipulation. On peut citer par exemple La classification par métaphore (tableau 1) :

- **Métaphores égocentriques:** une métaphore égocentrique est une métaphore dans laquelle l'utilisateur agit directement depuis l'intérieur de l'EV, comme s'il en faisait partie. Ce type de métaphore est généralement moins approprié à la manipulation à grande échelle. Ces métaphores sont généralement utilisées pour la manipulation d'objet avec précision. Les métaphores égocentriques sont divisées en deux familles :
 - Les métaphores de main virtuelle
 - Les métaphores de pointeur virtuel
- **Métaphores exocentriques:** elles placent l'utilisateur à un niveau extérieur. Celui-ci interagit depuis l'extérieur de l'EV. Par conséquent, ces métaphores d'interaction sont particulièrement utilisables dans les situations où la tâche est répartie sur des distances relativement grandes dans la scène. Cependant, la manipulation d'objet qui exige une interaction très précise, telle que la déformation d'objet, sera plus difficile avec ce genre de métaphores.

Tableau 1. Classification des techniques de manipulation 3D [22]

Catégorie	Sous-catégorie	Technique ou périphérique utilisé	Référence
Egocentrique	Manipulation directe	Visiocasque	[23]
		Gants de données intégraux	[23]–[27]
		Gants de données	[1], [28]
		Ray-casting	[21], [29], [30]
		Bent pick ray	[31]
		HOMER	[1], [21], [32]
		Capteurs de flexion, compasse électronique, capteur d'inclinaison	[33]
	Contrôle physique	Grab-and-carry	[28]
		SkeweR	[34]
		Micro ou joysticks	[20], [35]
		Aperture	[36]
	Contrôle virtuel	Stéréoscopie interactive	[37]
		SPIDAR	[38]
		Go-Go	[21], [39], [40]
		ISAAC	[41]
Voodoo Dolls		[42]	
Exocentrique	Manipulation directe	Virtual hand	[34], [43], [44]
		MASSIVE	[45]–[47]
	Contrôle physique	Scaled-world grab	[48]
		Scaled-grab	[49]
	Contrôle virtuel	World-In-Miniature	[50]
		RTD (Reconfigurable Tangible Device)	[51]
		CAVE	[35], [52], [53]
		GeoWall	[54]
		Virtual control panels	[55]
		Responsive Workbench	[28], [56], [57]

3.3.3 CONTRÔLE D'APPLICATION (LE CONTRÔLE DU SYSTÈME)

Le contrôle d'application est une tâche élémentaire fondamentale à toute application car elle permet le dialogue entre l'utilisateur et l'application. En effet, le but du contrôle d'application est le déclenchement de fonctions et d'options de l'application afin [1]:

- D'exécuter une application particulière du système.
- et/ou changer soit le mode d'interaction.
- et/ou l'état du système.

Ernst Kruijff [1] a proposé une classification des différentes techniques de contrôle d'application (voir figure 6) :

- **Menus graphiques** : Ils peuvent prendre soit la forme d'un menu 2D classique intégré dans un EV, soit la forme d'un menu 3D.
- **Commande vocale** : c'est une méthode naturelle d'interaction avec l'EV, elle permet l'association de mots ou phrases pour le lancement de commandes. Cependant, les systèmes de reconnaissance vocale sont sensibles aux bruits extérieurs et n'ont pas une efficacité garantie. De plus, il existe une phase d'apprentissage des mots de l'utilisation du système par l'utilisateur.
- **Reconnaissance de gestes** : la reconnaissance de gestes permet via la réalisation d'un mouvement naturel de lancer une commande.
- **Outils de commande** : les outils sont des représentations d'outils réels ou virtuels avec lesquels l'utilisateur va agir sur l'environnement (par exemple un pinceau réel dans le cas d'une application de peinture virtuelle).

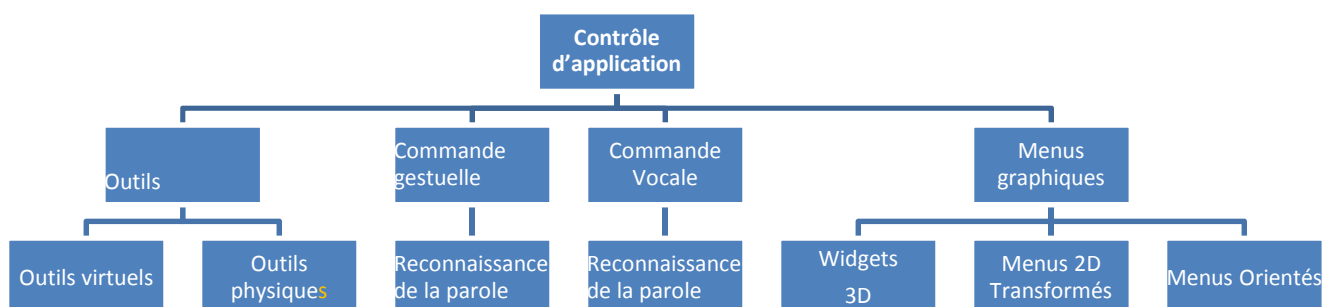


Fig. 6. Classification des différentes techniques de contrôle d'application [1]

3.4 CONTENU ET ORGANISATION DE L'ONTOLOGIE

Le modèle de connaissances que nous proposons 3DIONT est composé de 3 parties, qui sont regroupées en 3 concepts principaux qui sont :

- **Le concept : EV** (figure 7 et figure 8)
 - **Engine** : un EV doit avoir un ensemble de composants logiciels appelés moteur ou **Engine**, qui doivent effectuer des calculs pour différents est ainsi produire un EV interactif en temps réel. Ces moteurs sont :
 - **Moteur physique** : pour la gestion de collision les forces la chute des objets...Etc.
 - **Moteur graphique** : pour la gestion des objets et de la scène.
 - **Moteur réseau** : pour la gestion des réseaux.
 - **Moteur son** : pour la gestion des effets sonores dans l'environnement.

- **Type** : les EV peuvent avoir différents degrés d'immersion (non-immersif, semi-immersif, immersif) cela dépend généralement des périphériques d'affichage utilisés
- **Périphériques d'interaction** : ils peuvent être d'entrée ou de sortie ou bien les deux à la fois. Ils doivent transmettre les actions des utilisateurs à l'EV pour les périphériques d'entrée, et reproduire le plus fidèlement possible le comportement de l'environnement
- **Le concept: Objet 3D** (figure 9 et figure 10)
 - **Objet 3D** : les objets 3D dans un EV ont une position géométrique dans la scène. Ils peuvent avoir un **Comportement Actif** ou non **Passif**. Lors de l'interaction ces objets subissent des **Transformations** de type **Translation, Rotation** ou encore **Scale**.
- **Le concept : Technique d'interaction** (figure 11 et figure 12)

Pour représenter une technique d'interaction, nous avons défini le concept 3D interactionTechnique.

- **3DInteractionTechnique** : une technique a une **Description** et un **Historique**. Ils peuvent être de de Type **Egocentrique** ou **Exocentrique**. Pour chaque **Primitive** il y a une technique spécialement adaptée.

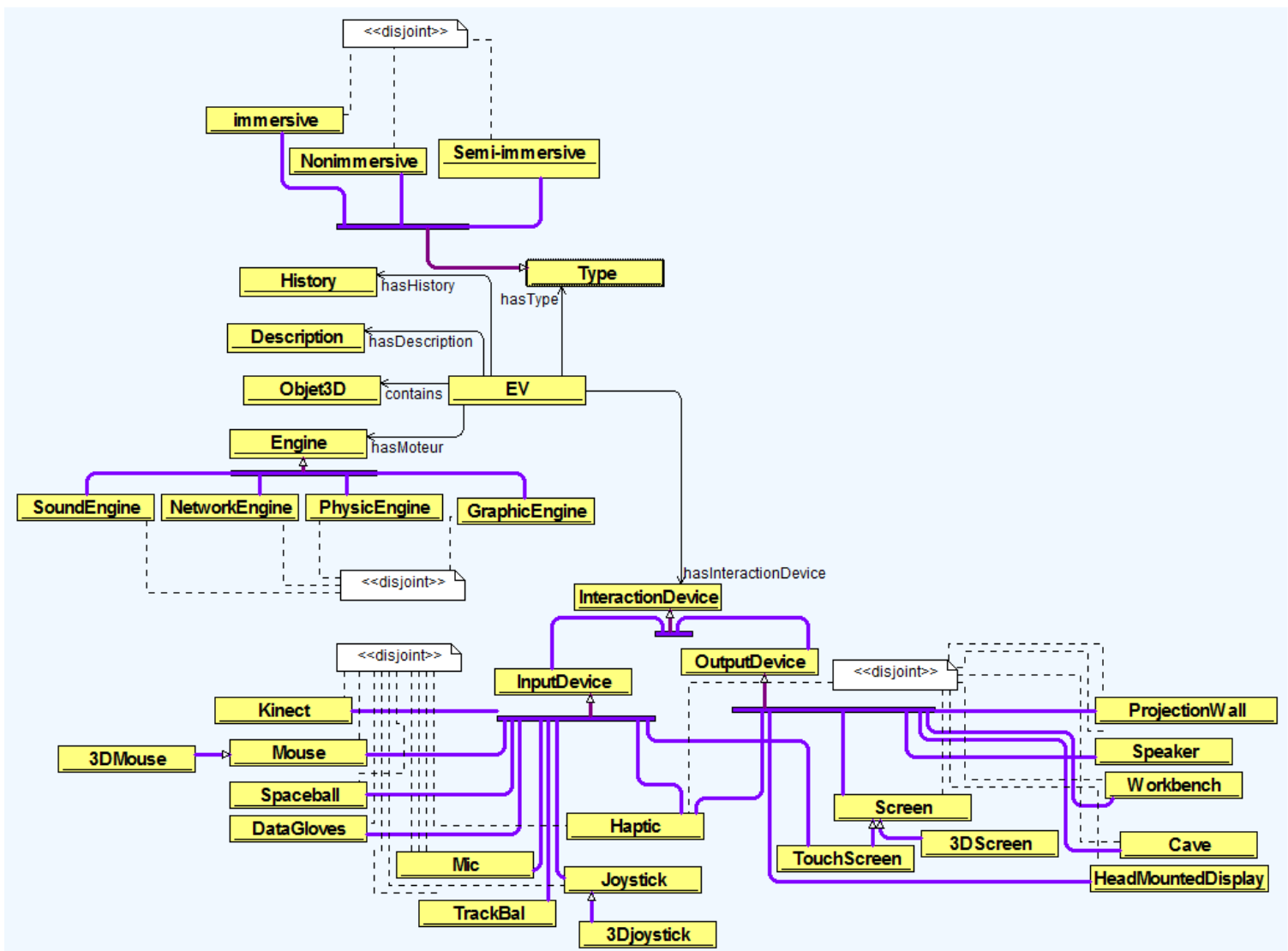


Fig. 7 Description du concept EV en OWL (sous OWLGrEd)

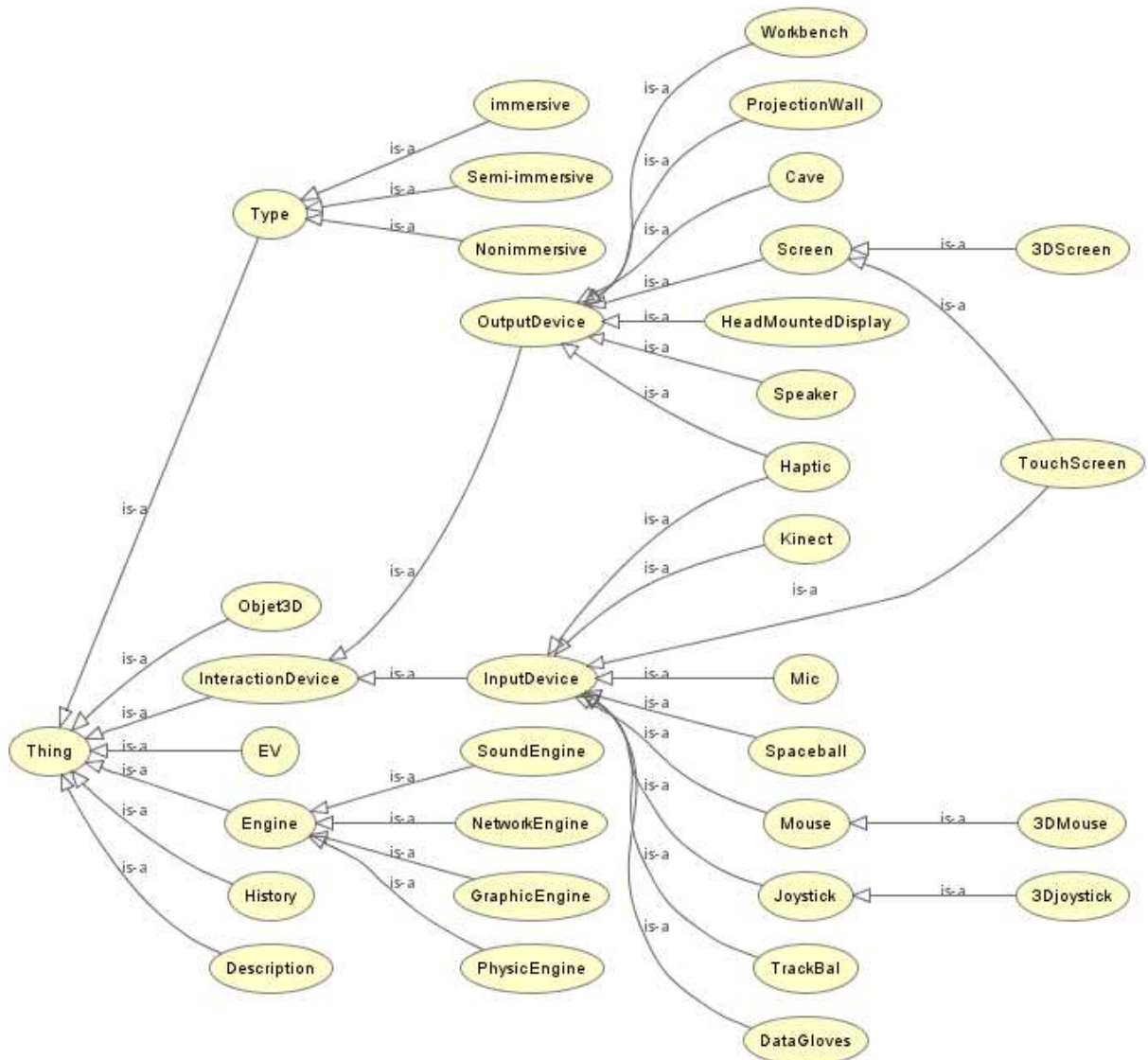


Fig. 8. Description du concept EV sous Protégé

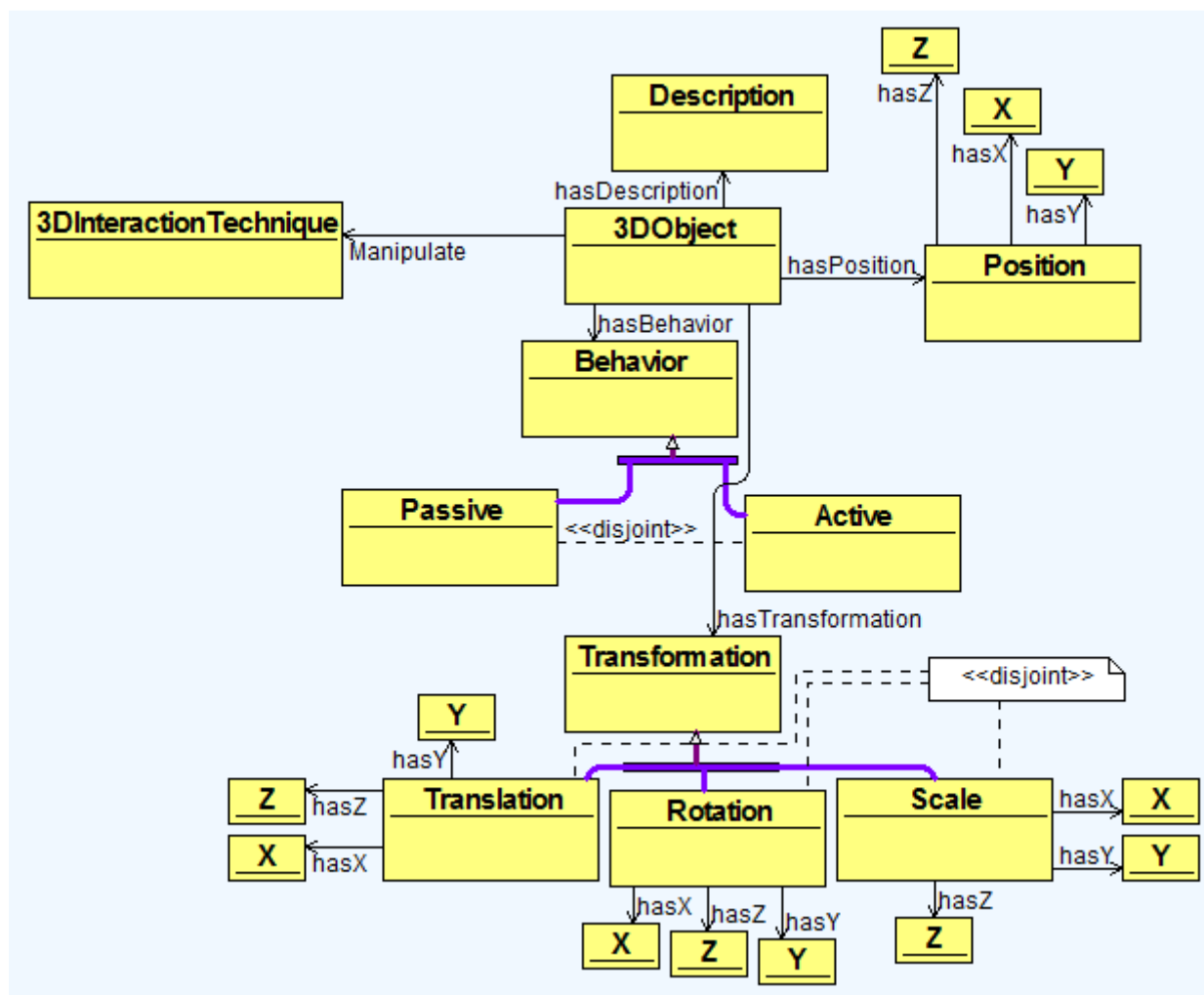


Fig. 9. Description du concept 3Dobject en OWL (sous OWLGrEd).

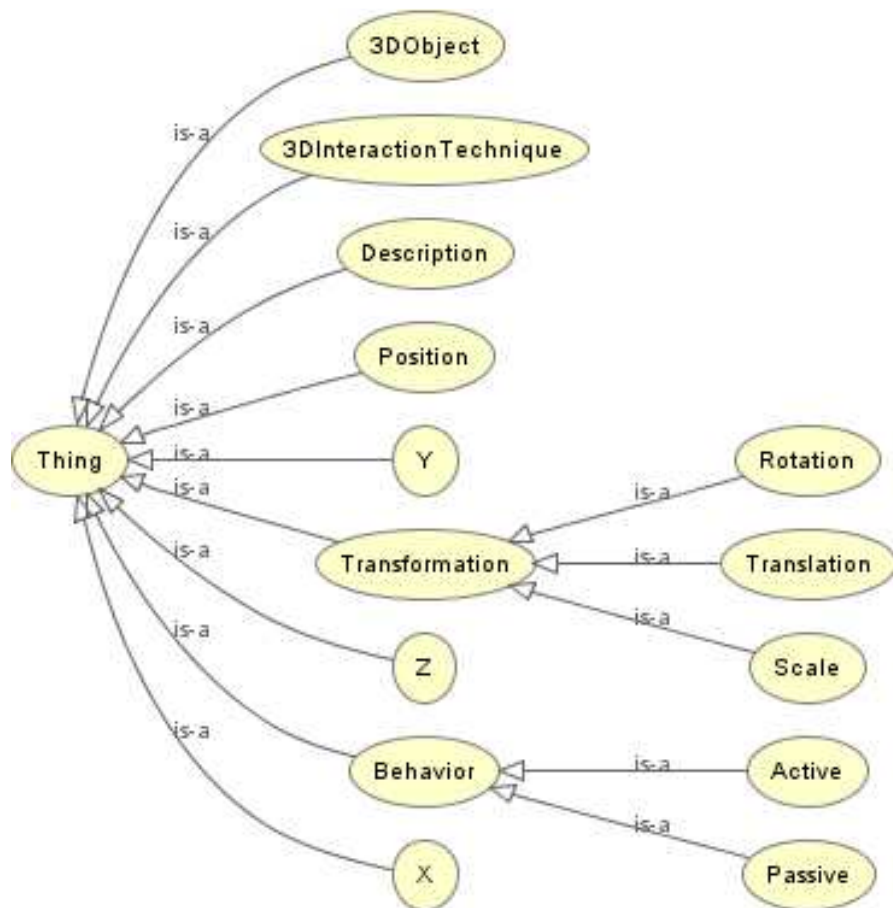


Fig. 10. Description du concept 3DObject sous Protégé

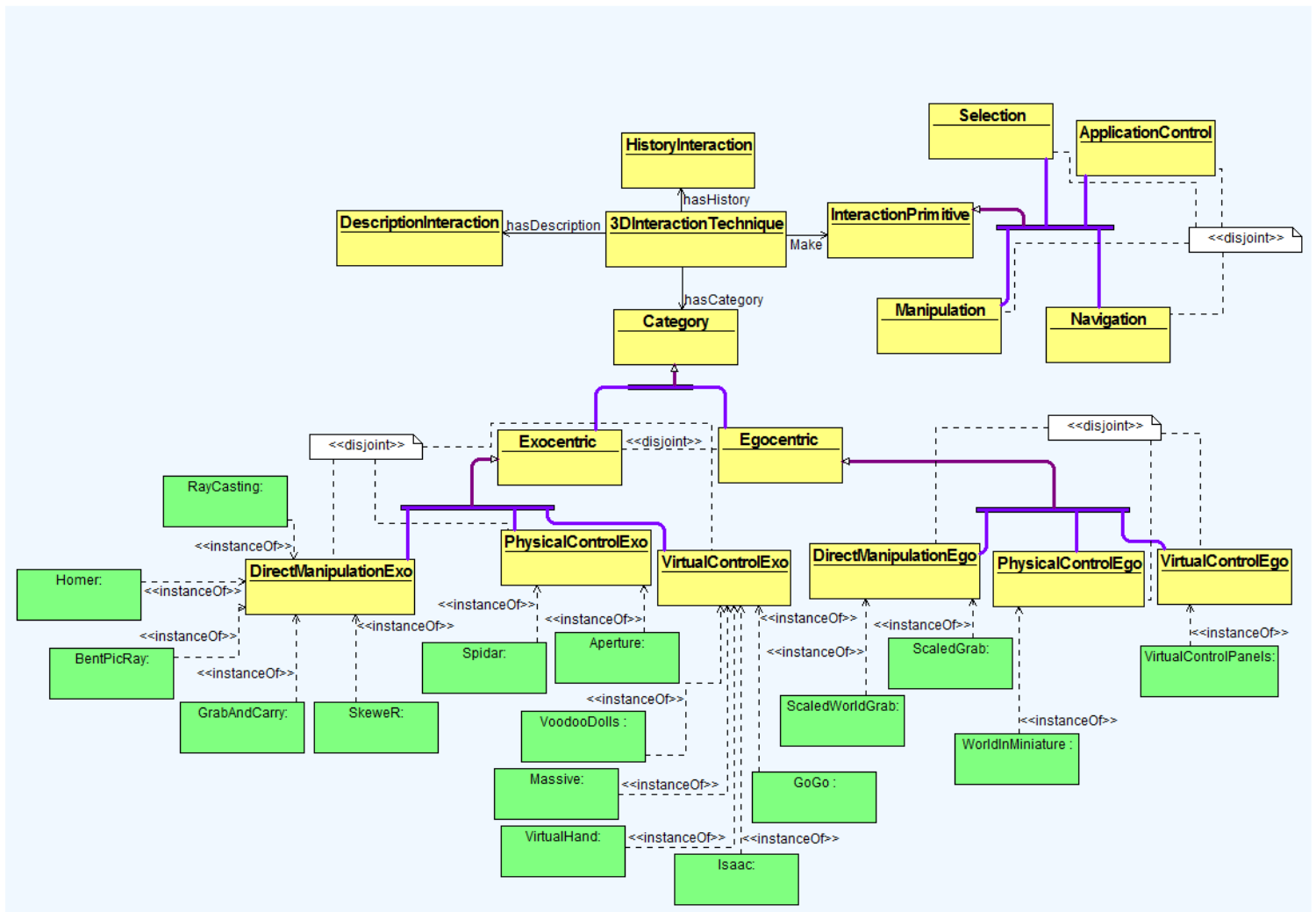


Fig. 11. Description du concept 3DInteractionTechnique en OWL (sous OWLGrEd)

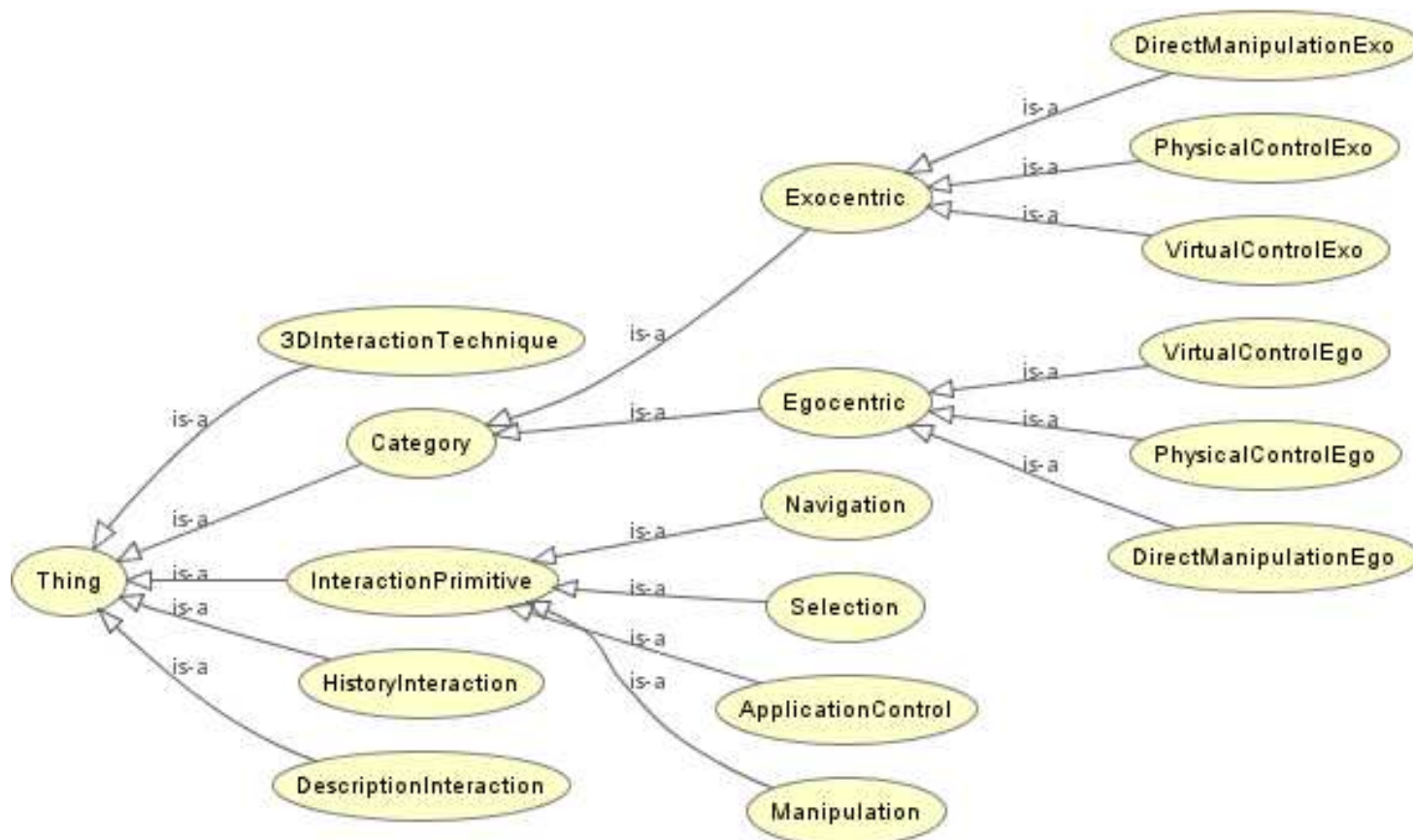


Fig. 12. Description du concept 3D Interaction Technique sous Protégé

3.5 DISCUSSION

Dans ce document nous avons présenté une ontologie 3DIONTO d'aide à la conception des techniques d'interaction 3D. Alors que certaines ontologies proposent la définition des objets qui composent un EV [58], [59] et d'autres définissent les éléments de conception d'un serious game [60]; aucune de ces propositions n'inclue un ensemble de facteurs de conception pour ces techniques d'interaction dans un EV. L'ontologie proposée dans ce travail de recherche peut être utilisée dans les cas suivants :

- L'ontologie peut tout d'abord standardiser et uniformiser la description des techniques d'interaction 3D
- L'ontologie peut servir de référentiel commun entre les concepteurs des EVs, et ainsi faciliter la collaboration entre les personnes impliquées dans le processus de conception, ces concepteurs peuvent enrichir eux-mêmes cette ontologie qui est au départ très simple.
- L'ontologie peut aussi être exploitée par un système intelligent. celui-ci est dans ce cas un agent assistant sous forme d'un moteur de recherche qui utilisera les informations contenues dans l'ontologie afin d'assister les utilisateurs dans le processus de conception en leur proposant des suggestions pertinentes par rapport à des contraintes spécifiques.

4 CONCLUSION

Nous venons de présenter l'ontologie 3DIONTO, une ontologie pour la conception des techniques d'interaction 3D dans un EV. Elle comprend plusieurs éléments clés identifiés à travers une étude contextuelle, un état de l'art et une évaluation d'un modèle de conception. Avec 3DIONTO, nous visons à aider les développeurs et les concepteurs des EV dans la compréhension des facteurs clés qui devraient être inclus dans la phase de conception des techniques d'interaction 3D. Nous visons aussi à partager et à intégrer ces connaissances avec d'autres ontologies. Comme perspectives, nous projetons de continuer l'évaluation de l'ontologie 3DIONTO avec des concepteurs et des développeurs, pour évaluer l'apport de notre ontologie dans le processus de conception.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement le professeur Lakhder Mohammed pour le temps consacré à la lecture de ce papier, et pour les suggestions et les remarques judicieuses qu'il m'a indiquées.

REFERENCES

- [1] D. A. Bowman, Ed., *3D user interfaces: theory and practice*. Boston: Addison-Wesley, 2005.
- [2] D. Bowman and L. Hodges, "Formalizing the design, evaluation, and application of interaction techniques for immersive virtual environments," *J. Vis. Lang. Comput.*, vol. 10, no. 1, pp. 37–53, 1999.
- [3] R. Kalawsky, *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*, 1st ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1993.
- [4] W. Buxton, "Lexical and Pragmatic Considerations of Input Structures," *SIGGRAPH Comput Graph*, vol. 17, no. 1, pp. 31–37, Jan. 1983.
- [5] S. K. Card, J. D. Mackinlay, and G. G. Robertson, "A Morphological Analysis of the Design Space of Input Devices," *ACM Trans Inf Syst*, vol. 9, no. 2, pp. 99–122, Apr. 1991.
- [6] R. J. K. Jacob and L. E. Sibert, "The Perceptual Structure of Multidimensional Input Device Selection," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 1992, pp. 211–218.
- [7] S. Coquillart and J.-M. Burkhardt, *Le traité de la réalité virtuelle. Volume 2, Volume 2*. Paris: École des mines de Paris, 2006.
- [8] Philippe Fuchs and Guillaume Moreau, *Le traité de la réalité virtuelle*. Presses des MINES, 2006.
- [9] R. Neches, R. Fikes, T. Finin, T. Gruber, R. Patil, T. Senator, and W. R. Swartout, "Enabling Technology for Knowledge Sharing," *AI Mag*, vol. 12, no. 3, pp. 36–56, Sep. 1991.
- [10] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowl Acquis*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, Jun. 1993.
- [11] A. Gómez-Pérez, "Développement récents en matière de conception, de maintenance et d'utilisation des ontologies," *Terminol. Nouv.*, vol. 19, pp. 9–20, 1999.
- [12] Véronique Giudicelli, "Ontologies Langage OWL Application à la formalisation des concepts de description d'IMGT-ONTOLOGY avec l'éditeur Protégé," presented at the LIGM, IGH, UPR CNRS 1142, mai-2011.
- [13] M. Fernandez-Lopez and A. Gomez-Perez, "Overview and analysis of methodologies for building ontologies," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 17, no. 2, pp. 129–156, 2002.
- [14] D. Bowman, D. Johnson, and L. Hodges, "Testbed evaluation of virtual environment interaction techniques," in *Object associations: a simple and practical approach to virtual 3D manipulation*, Bukowski, R., and Séquin, C. (1995), Proceedings of the 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 131-ff, 1999, pp. 26–33.
- [15] M. Mine, "Virtual environment interaction techniques," UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report, TR95-018, 1995.
- [16] M. R. Mine, "Working in a Virtual World: Interaction Techniques used in the Chapel Hill Immersive Modeling Program," 1996.
- [17] R. Passini, *Wayfinding in architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984.
- [18] J. De Boeck, E. Cuppens, T. De Weyer, C. Raymaekers, and K. Coninx, "Multisensory Interaction Metaphors with Haptics and Proprioception in Virtual Environments," in *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-computer Interaction*, New York, NY, USA, 2004, pp. 189–197.
- [19] C. Ware and D. R. Jessome, "Using the bat: a six-dimensional mouse for object placement," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 8, no. 6, pp. 65–70, Nov. 1988.
- [20] C. Ware, "Using hand position for virtual object placement," *Vis. Comput. Int. J. Comput. Graph.*, vol. 6, no. 5, pp. 245–253, 1990.
- [21] D. Bowman and L. Hodges, "An evaluation of techniques for grabbing and manipulating remote objects in immersive virtual environments," in *Proceedings of the 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1997.
- [22] J. Jung, H. Park, D. Hwang, M. Son, D. Beck, J. Park, and W. Park, "A review on interaction techniques in virtual environments," in *Proc. 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2014, pp. 1582–1590.
- [23] S. Fisher, M. McGreevy, J. Humphries, and W. Robinett, "Virtual Environment Display System," in *I3D '86 Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics*, 1986, pp. 77–87.
- [24] T. Zimmerman, J. Lanier, C. Blanchard, S. Bryson, and Y. Harvill, "A Hand Gesture Interface Device," in *CHI '87 Proceedings of the SIGCHI/GI Conference*, 1987, pp. 189–192.

- [25] J. Foley, *Interfaces for advanced computing*. Scientific American, 1987.
- [26] D. Sturman, D. Zeltzer, and S. Pieper, "Hands-on interaction with virtual environments," in *UIST '89 Proceedings of the 2nd Annual ACM SIGGRAPH Symposium*, 1989, pp. 19–24.
- [27] G. Lee, G. Kim, and C. Park, "Modeling virtual object behavior within virtual environment," in *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2002, pp. 41–48.
- [28] L. D. Cutler, B. Frhlich, and A. Hanrahan P. (1997, "Two-handed direct manipulation on the responsive workbench," in *Proceedings of the symposium on Interactive 3D graphics*, 1997, pp. 107–114.
- [29] S. Roth, "Ray Casting for Modeling Solids," *Comput. Graph. Image Process.*, vol. 18, no. 2, pp. 109–144, 1982.
- [30] I. Poupyrev, S. Weghorst, M. Billinghurst, and T. Ichikawa, "A framework and testbed for studying manipulation technique for immersive VR," in *Proceedings of VRST '97*, 1997, pp. 21–28.
- [31] K. Riege, T. Holtkamper, G. Wesche, and M. Frohlich B. (2006, "The bent pick ray: An extended pointing technique for multi-user interaction," in *3D User Interfaces, 2006*, 2006, pp. 62–65.
- [32] J. Pierce, B. Stearns, and R. Pausch, "Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments," in *Proceedings of the 1999 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1999, pp. 141–145.
- [33] J. Lee, S. Lee, S. Jang, and K. Park, "A simplified hand gesture interface for spherical manipulation in virtual environments," in *Proceedings of ICAT '05*, 2005, pp. 284–284.
- [34] T. Duval, A. Lécuyer, and S. Thomas, "Skewer: a 3d interaction technique for 2-user collaborative manipulation of objects in virtual environments," in *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) 2006*, 2006, pp. 69–72.
- [35] D. Mizell, S. Jones, M. Slater, and B. Spanlang, "Comparing immersive virtual reality with other display modes for visualizing complex 3D geometry," 2002.
- [36] A. Forsberg, K. Herndon, and R. Zeleznik, "Aperture based selection for immersive virtual environments," in *Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1996, pp. 95–96.
- [37] C. Schmandt, "Spatial Input/Display Correspondence in a Stereoscopic Computer Graphic Work Station," in *SIGGRAPH '83 Proceedings of the 10th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 1983, pp. 253–261.
- [38] Y. Hirata and M. Sato, "3-Dimensional Interface Device for Virtual Work Space," in *Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1992, pp. 889–896.
- [39] I. Poupyrev, M. Billinghurst, S. Weghorst, and T. Ichikawa, "The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in VR," in *Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1996, pp. 79–80.
- [40] I. Poupyrev, S. Weghorst, M. Billinghurst, and T. Ichikawa, "Egocentric Object Manipulation in Virtual Environments: Empirical Evaluation of Interaction Techniques," *EUROGRAPHICS '98*, vol. 98, no. 17, p. 3, 1998.
- [41] M. R. Mine, "ISAAC : A Virtual Environment Tool for the Interactive Construction of Virtual Worlds," 1995.
- [42] J. Pierce, B. Stearns, and R. Pausch, "Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments," in *Proceedings of the 1999 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1999, pp. 141–145.
- [43] Y. Tomozoe, T. Machida, K. Kiyokawa, and H. Takemura, "Unified gesture-based interaction techniques for object manipulation and navigation in a large-scale virtual environment," *IEEE Virtual Real. Proc. Pp*, pp. 259–260, 2004.
- [44] K. Kiyokawa and H. Takemura, *A Tunnel Window and Its Variations: Seamless Teleportation Techniques in a Virtual Environment*. HCI International, 2005.
- [45] C. M. Greenhalgh and S. D. Benford, "Introducing Regions into Collaborative Virtual Environments," *Submitt. IEEE VRAIS*, vol. 97, 1997.
- [46] S. Benford, C. Greenhalgh, and M. Lloyd D. (1997, "Crowded collaborative virtual environments," in *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pp. 59–66.
- [47] J. Hindmarsh, M. Fraser, C. Heath, S. Benford, and C. Greenhalgh, "Object-focused interaction in collaborative virtual environments," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. TOCHI*, vol. 7, no. 4, pp. 477–509, 2000.
- [48] M. and Mine, "F., and Sequin, C. (1997), 'Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual- environment interaction,' *Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*," pp., pp. 19–26.
- [49] A. Simon, A. Dressler, H. P. Krger, S. Scholz, and J. Wind, "Interaction and co-located collaboration in large projection-based virtual environments," *Hum.-Comput. Interact.-INTERACT*, vol. 2005, pp. 364–376, 2005.
- [50] R. Stoakley, M. Conway, and R. Pausch, "Virtual reality on a WIM: interactive worlds in miniature," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1995, pp. 265–272.
- [51] L. Aguerreche, T. Duval, and A. Lécuyer, "Reconfigurable tangible devices for 3d virtual object manipulation by single or multiple users," in *Proceedings of the 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2010, pp. 227–230.
- [52] C. Cruz-Neira, D. Sandin, T. DeFanti, R. Kenyon, and J. Hart, "The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment," *SIGGRAPH '92*, vol. 92, no. 35, p. 6, 1992.

- [53] M. Cabral, C. Morimoto, and M. Zuffo, "On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments," in *Proceedings of the 2005 Latin American Conference on Human-computer Interaction*, 2005, pp. 100–108.
- [54] P. Morin, K. C. Kirkby, P. Van Keken, J. Leigh, S. J. Reynolds, B. Davis, R. Burdick, and L. Schumann, "GeoWall: Stereo Projection Systems Designed for Earth Science Classrooms," *Am. Geophys. Union Fall Meet.*, vol. 2001, 2001.
- [55] S. Su and R. Furuta, "The Virtual Panel Architecture: A 3D Gesture Framework," *IEEE Virtual Real. Annu. Int. Symp. Pp.*, pp. 387–393, 1993.
- [56] W. Krueger and B. Froehlich, "The responsive workbench," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 14, no. 3, pp. 12–15, 1994.
- [57] W. Krueger, C. A. Bohn, B. Frohlich, H. Schuth, W. Strauss, and G. Wesche, "The responsive workbench: A virtual work environment," *Computer*, vol. 28, no. 7, pp. 42–48, 1995.
- [58] F. Pittarello and A. D. Faveri, "Semantic Description of 3D Environments: a Proposal Based on Web Standards," in *06, volume 1*, 2006, pp. 85–95.
- [59] B. Pellens, O. D. Troyer, W. Bille, F. Kleinermann, and R. Romero, "An Ontology-Driven Approach for Modeling Behavior in Virtual Environments," *Move Meaningful Internet Syst.*, vol. 2005, pp. 1215–1224, 2005.
- [60] S. Tang and M. Hanneghan, "Game Content Model: An Ontology for Documenting Serious Game Design," in *Proceedings - 4th International Conference on Developments in eSystems Engineering*, 2011, pp. 431–436.