



**HAL**  
open science

## Approche Ontologique pour la Détection de la Pertinence d'une Action dans un Jeu Sérieux

Amel Yessad, Jean-Marc Labat

► **To cite this version:**

Amel Yessad, Jean-Marc Labat. Approche Ontologique pour la Détection de la Pertinence d'une Action dans un Jeu Sérieux. IC 2011, 22èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, May 2011, Chambéry, France. pp.557-572. hal-00746724

**HAL Id: hal-00746724**

**<https://hal.science/hal-00746724>**

Submitted on 29 Oct 2012

**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.

# Approche Ontologique pour la Détection de la Pertinence d'une Action dans un Jeu Sérieux

Amel Yessad, Jean-Marc Labat

Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Université Pierre et Maris Curie  
{amel.yessad, jean-marc.labat}@lip6.fr

**Résumé :** Le suivi de l'apprenant-joueur dans les jeux sérieux est un processus complexe qui fait appel aux connaissances des experts du domaine. Dans ce processus, un des problèmes critiques est d'évaluer la pertinence des actions de l'apprenant-joueur relativement aux actions recommandées par des experts. Dans (Yessad et al. 2010), nous avons proposé un système d'évaluation basé sur un réseau de Petri dit expert qui modélise les règles métier du domaine. Toutefois, la complexité et la richesse sémantique des domaines de connaissances, rendent insuffisante l'utilisation du réseau de Petri expert pour évaluer la pertinence d'une action. Dans cet article, nous avons modélisé les concepts représentant les actions du jeu et leurs relations sémantiques par une ontologie. Nous proposons une mesure de calcul de la proximité sémantique entre les actions de l'ontologie en étendant la distance de (Rada et al. 1989), basée sur la hiérarchie, aux relations sémantiques non-hiérarchiques. Cette mesure de proximité est utilisée pour évaluer la pertinence sémantique d'une action du joueur. Nous présentons l'expérimentation qui a été menée pour évaluer cette mesure de pertinence.

**Mots-clés :** Ontologie, proximité sémantique, réseau de Petri, analyse du comportement de l'utilisateur, jeu sérieux.

## 1. Introduction

Pour (Fabricatore, 2000), un jeu sérieux est un environnement virtuel et une expérience ludique dans laquelle le contenu à enseigner est à priori dans les mécanismes du jeu (le gameplay). Un jeu sérieux permet la formation de l'apprenant-joueur à travers des scénarios de jeu et s'appuie sur des techniques du jeu vidéo pour soutenir la motivation des apprenants-joueurs et leur fournir dans un dispositif de formation, souvent théorique, des compétences pratiques à travers un enseignement contextualisé où l'apprenant est acteur de sa formation.

Dans notre recherche, nous modélisons un jeu sérieux comme un système interactif à événements discrets où l'interaction système-joueur est régie par la mise en œuvre d'un ensemble de règles métier et de connaissances

expertes. L'apprenant-joueur interagit avec le système en exécutant des actions.

Dans (Yessad et al. 2010), nous avons proposé une première approche de suivi du joueur fondée sur l'utilisation d'un réseau de Petri dit expert (ou RdP expert). Le RdP expert modélise les règles métier d'un domaine de connaissances donné. L'objectif de cette approche est de décider de la pertinence d'une action exécutée par l'apprenant-joueur en s'appuyant sur le graphe d'accessibilité du RdP expert. Le système de décision utilisé est binaire: l'action est pertinente si la transition qui lui correspond dans le RdP expert est franchissable, sinon elle est non pertinente. Nos premiers résultats montrent l'insuffisance de ce système de décision binaire dans le processus de suivi car l'utilisation du RdP expert ne suffit pas à fournir des explications pertinentes à la fois pour l'apprenant et pour l'enseignant, ni à intégrer la richesse sémantique du domaine des connaissances.

Dans cet article, nous montrons comment nous avons enrichi notre premier modèle par la définition d'une ontologie des actions du jeu qui permet une analyse plus fine de la pertinence d'une action du joueur. Nous proposons une mesure de calcul de la proximité sémantique entre actions de l'ontologie en étendant la distance de (Rada et al. 1989), basée sur la hiérarchie, aux relations sémantiques non-hiérarchiques. Cette mesure de proximité est utilisée pour évaluer la pertinence sémantique d'une action du joueur.

Dans la section 2, nous présentons le positionnement scientifique de notre recherche. Dans la section 3, nous présentons les limitations du RdP expert dans l'évaluation de la pertinence d'une action et l'intérêt d'adopter une approche basée ontologie. Dans la section 4, nous présentons la structure de l'ontologie des actions que nous proposons et la mesure de proximité sémantique sur laquelle nous nous appuyons pour évaluer la pertinence d'une action. Dans la section 5, nous montrons comment peut être utilisée la mesure de pertinence sémantique dans le cadre d'un jeu sérieux. La section 6 présente l'expérimentation qui a été menée pour évaluer la mesure de pertinence sémantique proposée.

Note : dans le reste de l'article, nous utilisons les termes « joueur » et « apprenant », de manière interchangeable et le terme action désigne forcément une action de jeu.

## **2. Positionnement**

Nous proposons une mesure de la pertinence d'une action exécutée par le joueur en calculant une proximité sémantique PS entre cette action et les actions recommandées par l'expert. La proximité sémantique entre les actions est basée sur le calcul de la proximité sémantique entre les types primitifs de l'ontologie des actions.

Il existe, principalement, deux grandes familles d'approches pour calculer la proximité sémantique entre les types primitifs d'une ontologie (Gandon et al. 2008). D'un côté, nous avons les approches qui utilisent uniquement la relation de subsomption entre les types primitifs (Corby et al., 2004; Rada et al., 1989; Wu & Palmer, 1994), et d'un autre côté, nous avons les approches qui utilisent d'autres informations telles que la quantité d'information d'un concept, obtenue à travers des statistiques sur l'apparition du concept dans un corpus (Resnik, 1995; Jiang et al., 1997). En particulier, les recherches de (Jiang et al., 1997; Lin, 1998) ont introduit la notion de probabilité conditionnelle entre les instances de concepts. La mesure de (Mazuel & Sabouret, 2007) étend celle de Jiang & Conrath mais à une seule autre relation en plus de la relation de subsomption. Or, les travaux de (Gandon et al. 2008) montrent qu'une structure de subsomption seule ne permet pas de refléter la proximité sémantique entre les concepts d'une ontologie.

A la différence de la plupart des travaux sur les mesures sémantiques, nous ne nous appuyons pas uniquement sur la structure hiérarchique de l'ontologie, mais aussi sur les relations sémantiques non-hiérarchiques qui relient les concepts de l'ontologie. Nous différencions entre ces relations sémantiques en leur associant, de manière expérimentale, des poids.

### **3. Vers une approche ontologique : le cas Play&Cure**

#### **3.1. Règles métiers et RdP expert**

Les règles métier d'un domaine de connaissances sont des descriptions qui permettent de contraindre ou de contrôler le comportement d'un humain impliqué dans une tâche du domaine (pilotage industriel, diagnostic médical, procédures bancaires, etc.). Les jeux sérieux qui nous intéressent sont ceux qui permettent de former des professionnels humains à des règles métier en leur permettant d'éprouver leurs connaissances de manière répétée, sûre et sans contraintes géographique ou temporelle.

Nous avons travaillé, dans le cadre du projet Play&Cure<sup>1</sup>, sur les règles métier relatives au diagnostic médical différentiel sur des patients présentant des œdèmes.

Le diagnostic différentiel est un processus dynamique par lequel un médecin utilise la méthode scientifique et ses compétences pour interroger les antécédents médicaux et l'histoire de la maladie, examiner le patient et faire les examens appropriés pour déterminer la nature et la gravité de la maladie du patient. Ce processus vise à poser un diagnostic sûr, en différenciant l'affection du patient d'autres maladies qui pourraient avoir les mêmes symptômes ou des symptômes proches. Ce diagnostic se fait

---

<sup>1</sup> <http://seriousgames.lip6.fr/blog/projects/>

méthodiquement, tant en prenant en considération les éléments permettant d'exclure une maladie qu'en conservant ceux permettant de la confirmer.

Dans Play&Cure, nous avons, par exemple, les règles métier suivantes :

- le médecin interroge le patient sur ses antécédents personnels (ex. le patient a déjà subi une chirurgie des varices) avant de diagnostiquer les pathologies possibles (ex. possibilité d'insuffisance veineuse bilatérale) qui sont confirmées ou écartées par des examens spécifiques (ex. un angio-scanner ou une biopsie).
- le médecin commence par des examens physiques avant de recourir à des actes complémentaires coûteux
- le médecin écarte le cas de malnutrition si le poids du patient est normal ou s'il est en sur-poids
- le médecin fait attention au coût des examens et à leur caractère invasif.

Dans le cadre du projet Play&Cure, les interactions avec les experts du domaine nous ont permis de dégager un certain nombre de règles métier qui ont servi à construire le RdP expert. Ce travail d'extraction de connaissances et de construction du RdP expert est très long, complexe et fastidieux avec de nombreux allers-retours entre les experts et notre équipe de recherche.

La figure 1 représente un extrait du RdP expert du projet Play&Cure. Le marquage du réseau de Petri indique que le médecin doit, étant donné l'état du patient, penser à une insuffisance veineuse bilatérale, une insuffisance cardiaque droite et une compression pelvienne. Le marquage du RdP expert indique également que la palpation du pelvis du patient révèle la présence d'une masse pelvienne. La seule transition franchissable dans cet extrait du RdP expert est la transition « Confirmer: CompressionPelvienne ».

Ainsi, l'action recommandée au joueur est l'action de confirmer le diagnostic de la compression pelvienne.

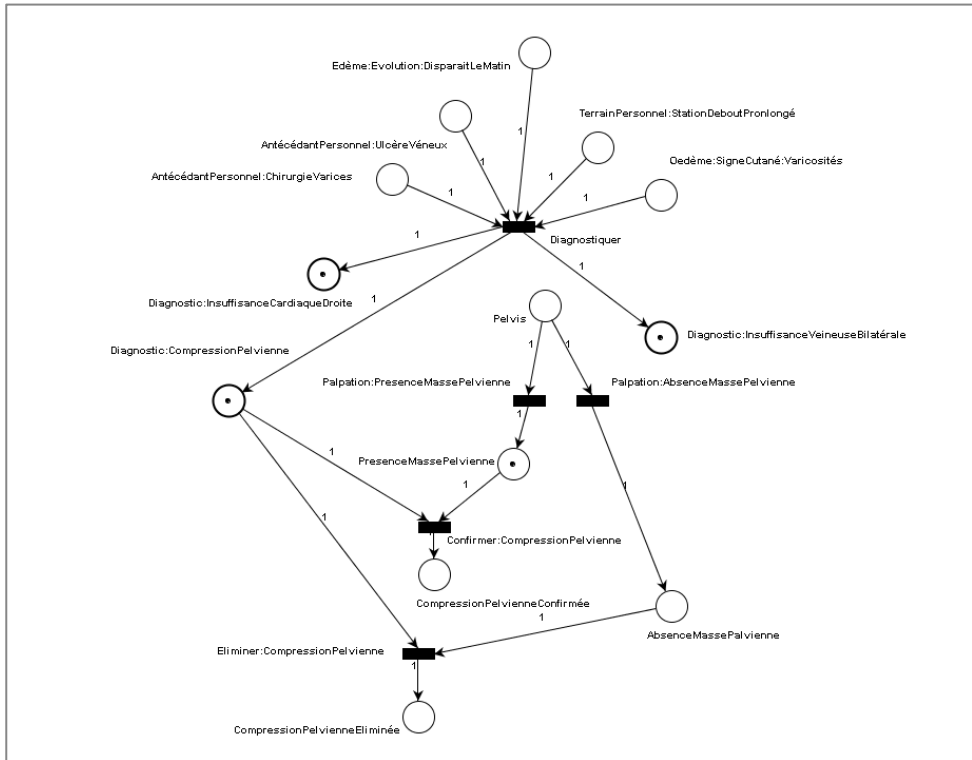


Fig. 1 – Extrait du RdP expert du jeu sérieux Play&Cure

### 3.2. Limitations du RdP expert

Nous constatons que (1) dans plusieurs domaines de connaissances (diagnostic médical, procédures industrielles, mécanique, finance, etc.), les règles métier sont multiples, complexes, informelles et soumises à différents points de vue experts. Cette situation fait qu'un joueur peut exécuter une action du jeu sérieux qui ne correspond pas forcément à une transition franchissable du RdP expert, mais qui est pourtant jugée pertinente par les experts du domaine ; (2) la richesse sémantique d'un domaine de connaissances comme le diagnostic médical rend difficile, voire même impossible, l'explicitation de toutes les règles métier dans un RdP expert sans risquer d'augmenter considérablement la complexité du RdP expert et l'espace d'état de celui-ci ; (3) certaines règles métier sont déduites d'autres règles métier et donc il est inutile de toutes les représenter dans le RdP expert.

Ainsi, le RdP expert est insuffisant pour décider de la pertinence d'une action du joueur. Pour combler cette insuffisance, nous proposons l'utilisation d'une ontologie des actions du jeu. Cette ontologie enrichie la

sémantique des règles métier modélisées dans le RdP expert et modélise la richesse sémantique du domaine des connaissances.

#### **4. Approche sémantique pour le calcul de la pertinence d'une action de jeu**

L'approche que nous proposons, consiste à définir le RdP expert comme la couverture minimale des règles métier (l'expertise minimale des experts) et l'ontologie des actions comme un modèle permettant d'enrichir la sémantique des règles métier en étendant cette couverture minimale à d'autres connaissances expertes. Dans le contexte du diagnostic médical, ces connaissances expertes peuvent concerner le coût des examens, leur acceptabilité par les patients, l'efficacité ou les risques d'un examen, etc.

Notre objectif est de mettre en œuvre un système de décision de la pertinence d'une action du joueur en se basant sur l'ontologie des actions du jeu.

##### **4.1. Ontologie des actions du jeu sérieux**

Nous avons construit une ontologie d'actions composée d'une hiérarchie de classes et une hiérarchie de propriétés et nous l'avons modélisée en OWL. Les classes et les propriétés (ou types primitifs) sont explicitées avec des experts du domaine. Les classes représentent des objets utilisés dans le diagnostic médical, tels que les organes, les signes vitaux, les examens médicaux, les pathologies et les traitements. Les propriétés sont des relations qui relient les instances des classes (cf. section 3.2).

Le jeu Play&Cure est de type simulation de règles métier où les actions du joueur correspondent aux actions d'un médecin dans la réalité. Par exemple, lorsque les données cliniques du patient sont en faveur d'une insuffisance veineuse bilatérale, le médecin demande au patient d'effectuer un écho-doppler pour confirmer ce diagnostic ou l'écarter.

Dans notre ontologie, les actions du jeu sérieux sont décrites par des annotations ou triplets RDF (triplet RDF : deux instances de classes reliées par une propriété). Par exemple, dans Play&Cure, l'action « faire une radio pulmonaire » est représentée par les annotations RDF suivantes : (*radioPulmonaire*, *concerne*, *poumons*), (*radioPulmonaire*, *rdf:type*, *Radiographie*) et (*poumons*, *rdf:type*, *Organe*). Le concept *radioPulmonaire* est de type *Radiographie*, la relation *concerne* est de type *rdf:Property* et le concept *poumons* est de type *Organe*.

L'objectif d'utiliser une ontologie est double: (1) d'abord, permettre la mise en œuvre d'un système de décision de la pertinence d'une action pour la formation du joueur, plus précis que le système de décision binaire basé uniquement sur le RdP expert. (2) Ensuite, permettre de relier les actions du

joueur aux connaissances du domaine et donc d'identifier les connaissances acquises par le joueur à l'issue de ses actions.

#### **4.2. Classification des relations sémantiques de l'ontologie des actions du jeu sérieux**

Notre système de mesure de la pertinence d'une action s'appuie sur des relations (ou propriétés OWL) sémantiques qui relient les concepts de l'ontologie des actions. Ces relations ont été identifiées dans le cadre du diagnostic médical mais peuvent apparaître dans d'autres domaines qui mettent en œuvre des procédures métier. Nous avons défini 8 types de relations:

- Relation de type « Subsumption » entre concepts : e.g. un angio-scanner est un type de scanner.
- Relation de type « Équivalence » entre concepts. L'équivalence n'est pas à prendre au sens mathématique mais c'est une relation qui exprime, par exemple, une similarité fonctionnelle entre deux concepts (liée au domaine) : e.g. une IRM et un scanner sont fonctionnellement similaires
- Relation de type « Qualité » entre concepts : e.g. une IRM est plus précise qu'un scanner
- Relation de type « Économique » relative aux coûts des concepts: e.g. le coût d'une IRM est plus élevé que celui d'un scanner
- Relation de type « Acceptabilité » relative à l'acceptabilité individuelle, sociale ou morale d'un concept : e.g. un examen de biopsie est moins accepté par les patients qu'un scanner
- Relation de type « Complexité » relative à la mise en place d'une action : e.g. la palpation est un examen plus immédiat qu'une IRM
- Relation de type « Ordre temporel » entre concepts: e.g. l'action d'interroger le patient sur ses antécédents familiaux doit précéder l'examen clinique du patient
- Autres : ex. une angio-IRM thoracique concerne le thorax.

Ces relations sémantiques sont transitives et sont utilisées pour évaluer la proximité sémantique entre l'action exécutée effectivement par le joueur et celles recommandées par l'expert. Plus une action exécutée est proche sémantiquement de celles recommandées par l'expert plus elle est pertinente.

L'ontologie des actions est un multigraphe, c'est à dire, plusieurs relations peuvent relier le même couple de concepts. Par exemple, une échographie est « moins coûteuse » qu'une IRM (relation de type « Economique ») mais elle est aussi « moins précise » (relation de type « Qualité»). Ainsi, nous



pouvons retrouver deux sommets adjacents du graphe de l'ontologie des actions reliés par plusieurs arcs (cf. fig. 2).

Nous précisons que toutes ces relations n'apparaissent pas forcément dans tous les domaines. A l'exception des relations «subsumption» et «Equivalence», les relations sémantiques entre les concepts de l'ontologie expriment des différences entre ces concepts (différence de qualité, différence de coût, différence de validité temporelle, etc.).

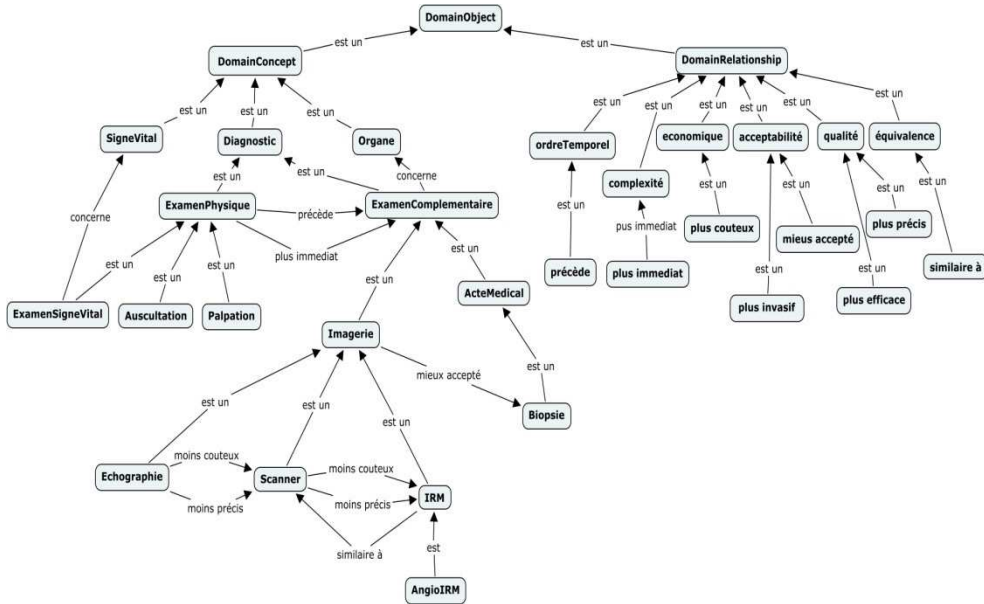


Fig. 2 – Extrait de l'ontologie des actions du jeu sérieux Play&Cure

### 4.3. Système de calcul de la pertinence d'une action de jeu

Étant donné que les actions sont des triplets RDF (instances d'une relation binaire), calculer la proximité sémantique entre deux actions consiste à calculer une proximité sémantique entre des triplets RDF. Par exemple, la proximité sémantique entre les actions «prescrire une radiographie pulmonaire» et «prescrire une biopsie du col de l'utérus» correspond à la proximité sémantique entre les deux triplets RDF (*radioPulmonaire*, *concerne*, *poumons*) et (*biopsieColUterus*, *concerne*, *colUterus*), avec (*radioPulmonaire*, *rdf:type*, *Radiographie*), (*biopsieColUterus*, *rdf:type*, *Biopsie*), (*poumons*, *rdf:type*, *Organe*) et (*colUterus*, *rdf:type*, *Organe*).

Le calcul de la proximité sémantique, porte sur les classes des instances et non sur les instances elles-mêmes. Ainsi, dans l'exemple précédant, nous remplaçons les instances par les classes et nous obtenons les triplets : (*Radiographie, concerne, Organe*) et (*Biopsie, concerne, Organe*).

Le calcul de la proximité sémantique entre deux triplets, est basé sur le calcul de la proximité sémantique entre deux types primitifs : deux classes ou deux propriétés de l'ontologie.

### 4.3.1. Proximité sémantique entre deux types primitifs

Pour comparer deux types primitifs  $p_x$  et  $p_y$  de l'ontologie des actions, nous utilisons la distance proposée par (Rada et al., 1989) et reprise par (Gandon et al., 2008). Cette distance représente le nombre d'arcs sur le chemin le plus court qui relie  $p_x$  à  $p_y$  à travers la hiérarchie ; voir formule (1).

$$\text{dist}(p_x, p_y) = \begin{cases} \text{length}(p_x, \text{lcst}(p_x, p_y)) + \text{length}(p_y, \text{lcst}(p_x, p_y)) & \text{si } p_x \neq p_y \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (1)$$

où,  $\text{lcst}(p_x, p_y)$  est le plus proche supertype commun à  $p_x$  et  $p_y$ .

Nous utilisons cette distance, basée uniquement sur la relation de subsomption, pour calculer la proximité sémantique entre deux types primitifs  $p_x$  et  $p_y$ , en prenant en compte les relations sémantiques non-hiérarchiques; voir formule (2) :

$$\text{ProxS}(p_x, p_y) = \begin{cases} \frac{1}{\text{dist}(p_x, p_y)} \times \prod_{i=1}^N (1/a_i) & \text{si } p_x \neq p_y \\ 1 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2)$$

Dans cette formule,  $N = \text{Card} \{R_i / R_i(p_x, p_y)\}$  est le nombre des relations non-hiérarchiques  $R_i$  (ou propriétés OWL) qui relient le type primitif  $p_x$  au type primitif  $p_y$

La valeur de  $a_i$  dépend du type de la relation sémantique non hiérarchique  $R_i$ , et la valeur inverse de  $a_i$  représente le poids de cette relation sémantique. Plus le poids d'une relation est grand plus les concepts reliés par cette relation sont sémantiquement proches.

Les valeurs de  $a_i$  sont choisies dans l'ensemble des nombres premiers :

$a_i = 1$  si la relation  $R_i$  est de type « Equivalence »

$a_i = 2$  si la relation  $R_i$  est de type « Qualité »

$a_i = 3$  si la relation  $R_i$  est de type « Economique »  
 $a_i = 7$  si la relation  $R_i$  est de type « Acceptabilité »  
 $a_i = 43$  si la relation  $R_i$  est de type « Complexité »  
 $a_i = 1811$  si la relation  $R_i$  est de type « Ordre temporel »

Ce choix permet de décomposer, de manière unique, le facteur  $\prod_{i=1}^N (1/a_i)$  de la proximité sémantique en un produit de nombre premiers et donc, permettre d'expliquer, en termes de relations sémantiques, la valeur de la proximité sémantique. Ces valeurs vérifient une contrainte : le produit des  $n$  premières valeurs de  $a_i$  est inférieur à sa  $(n+1)^{\text{ème}}$  valeur. Ceci garantit, qu'une relation de faible poids diminue la proximité sémantique de manière plus importante que plusieurs relations de moins faibles poids. Par exemple la présence, entre deux types primitifs, d'une relation sémantique de type « Ordre temporel » diminue la proximité sémantique plus fortement que si on avait, entre ces deux types primitifs, trois relations de types « Qualité », « Economique » et « Acceptabilité ».

Les grandeurs relatives des  $a_i$  et donc les poids des relations non-hiérarchiques ont été définies de manière empirique par des experts du domaine. Pour cela, nous nous sommes inspirés des expériences réalisées par (Gandon et al., 2008) où des participants organisent et regroupent spatialement des concepts du domaine selon leur proximité intuitive. Pour (Gandon et al., 2008), l'objectif était d'étudier les distances dans leur milieu naturel et de les comparer avec leurs simulations informatiques. Dans notre travail, nous avons réalisé une expérience similaire pour que des experts tentent de déterminer intuitivement le poids des liens qui relient les concepts d'un domaine de connaissances. Nous avons mis en place une expérience avec 5 participants sur les concepts de l'ontologie des actions de Play&Cure (cf. Fig. 3). En nous appuyons sur les résultats de cette expérience, nous avons ordonné les relations sémantiques en fonction de leur poids sur la proximité des concepts de l'ontologie. Suite à cette étude empirique, les relations sémantiques sont ordonnées de la relation qui représente le plus fort poids à celle qui représente le plus faible poids comme suit :

1. La relation « Équivalence »
2. La relation « Qualité »
3. La relation « Economique »
4. La relation « Acceptabilité »
5. La relation « Complexité »
6. La relation « Ordre temporel »

Ces résultats ne peuvent être généralisés et dépendent fortement du domaine des connaissances. Ils correspondent à nos expérimentations dans le domaine du diagnostic médical (le projet Play&Cure).

Par exemple, deux examens médicaux, reliés par une relation de type « Qualité » sont sémantiquement plus proches que deux examens médicaux reliés par une relation de type « Ordre temporel » mais moins proches que deux examens fonctionnellement similaires (relation de type « Equivalence »).

Le principe sur lequel nous nous appuyons pour le calcul de la proximité sémantique est que les concepts éloignés hiérarchiquement sont reliés par des relations de poids faibles alors que les concepts proches hiérarchiquement sont reliés par des relations de poids forts. Notre approche s'applique, à priori, uniquement à des ontologies structurées selon ce principe. La généralisation ou pas de notre approche à d'autres ontologies n'est pas traitée dans cet article.

Par exemple, dans l'ontologie des actions de Play&Cure, une auscultation « précède » une IRM (relation de type « Ordre temporel » de poids=1/1811) alors qu'une IRM est « plus précise » qu'un scanner (relation de type « Qualité », poids=1/2) (cf. fig. 2)

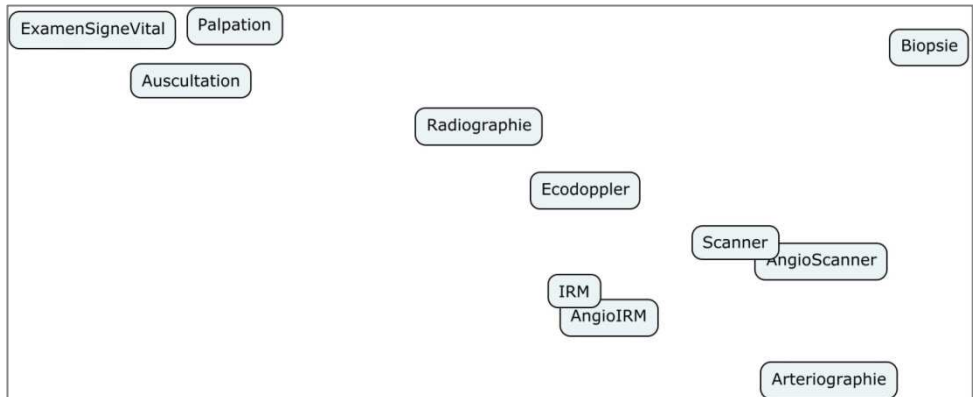


Fig. 3 – Exercice de placement des concepts du jeu Play&Cure

#### 4.3.2. Proximité sémantique entre actions

En s'appuyant sur la proximité sémantique entre deux types primitifs, la formule (3) définit une proximité sémantique entre deux actions  $A_1$  et  $A_2$  (correspondant à deux triplets  $\text{triple1}$  et  $\text{triple2}$ ), comme étant le minimum des proximités sémantiques entre : les types des deux relations (predicate), les types des deux concepts en premier argument (domain) et les types des deux concepts en deuxième argument (range).

$$\text{ProxS}(A_1, A_2) = \text{ProxS}(\text{triple1}, \text{triple2}) = \min\{\text{ProxS}(\text{domain}(\text{triple1}), \text{domain}(\text{triple2})), \dots\}$$

$$\text{ProxS}(\text{predicate}(\text{triple1}), \text{predicate}(\text{triple2})) , \\ \text{ProxS}(\text{range}(\text{triple1}), \text{range}(\text{triple2})) \} \quad (3)$$

Finalement, la pertinence sémantique notée PS d'une action A pour un marquage M du RdP expert est calculée, par la formule (4).

$$\text{PS}(A) = \max \{ \text{ProxS}(A, A_t) / \forall t \in T \quad \forall p \in P \quad M(p) > \text{Pre}(p, t) \} \quad (4)$$

Où, t sont les transitions franchissables pour le marquage M, T est l'ensemble des transitions et P est l'ensemble des places du RdP expert.

Prenons par exemple les actions de jeu  $A_1$  « faire une échographie cardiaque »,  $A_2$  « faire une angio-IRM cardiaque » et  $A_3$  « prendre la pression artérielle ».  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  sont représentées, respectivement, par les triplets RDF : (*echographieCardiaque*, concerne, *cœur*), (*angioIRMRenale*, concerne, *rein*) et (*examenPressionArterielle*, concerne, *pressionArterielle*), avec (*echographieCardiaque*, rdf:type, *Echographie*), (*angioIRMRenale*, rdf:type, *AngioIRM*), (*examenPressionArterielle*, rdf:type, *ExamenSigneVital*), (*cœur*, rdf:type, *Organe*), (*rein*, rdf:type, *Organe*), (*pressionArterielle*, rdf:type, *SigneVital*).

La proximité sémantique entre  $A_1$  et  $A_2$  est la proximité sémantique entre les triplets (nous remplaçons les instances par les classes) :

(*Echographie*, concerne, *Organe*) et (*AngioIRM*, concerne, *Organe*).

Une Echographie est moins coûteuse (poids=1/3) et moins précise (poids=1/2) qu'une angioIRM (cf. fig. 2):

$$\text{ProxS}(\text{Echographie}, \text{AngioIRM}) = (1/3) \times (1/3 \times 1/2) = 1/18$$

$$\text{ProxS}(\text{Organe}, \text{Organe}) = 1$$

$$\text{ProxS}(\text{concerne}, \text{concerne}) = 1$$

$$\text{Ainsi, ProxS}(A_1, A_2) = 1/18$$

La proximité sémantique entre  $A_1$  et  $A_3$  est la proximité sémantique entre les triplets (nous remplaçons les instances par les classes) :

(*Echographie*, concerne, *Organe*) et (*ExamenSigneVital*, concerne, *SigneVital*).

Les examens de signes vitaux précèdent les examens de type Echographie (poids=1/1811) et sont plus simples à mettre en œuvre (poids=1/43) (cf. fig. 2):

$$\text{ProxS}(\text{Echographie}, \text{ExamenSigneVital}) = (1/5) \times (1/1811 \times 1/43) = 1/389365$$

$$\text{ProxS}(\text{Organe}, \text{SigneVital}) = 1/2$$

$$\text{ProxS}(\text{concerne}, \text{concerne}) = 1$$

$$\text{Ainsi, ProxS}(A_1, A_3) = 1/389365$$

Le calcul des proximités sémantiques indique que  $A_2$  est plus proche sémantiquement de  $A_1$  que  $A_3$ .

## **5. Utilisation de la mesure de pertinence sémantique**

La mesure de pertinence sémantique PS d'une action de jeu peut être utilisée pour le calcul d'un score dans le jeu sérieux : plus les actions sont pertinentes plus le score du joueur est élevé. Nous pouvons également utiliser la mesure PS pour classer des joueurs entre eux dans un jeu sérieux multi-joueurs.

Le fait que le facteur  $\prod_{i=1}^N (1/ai)$  est le produit de nombres premiers permet d'identifier, de manière unique, les relations sémantiques impliquées dans le calcul de la pertinence d'une action. Cela permet, par exemple, dans le cas de Play&Cure, d'identifier les joueurs (étudiants en médecine) qui prescrivent aux patients des examens coûteux (relations de type « Économique »), ceux qui prescrivent des examens invasifs (relations de type « Acceptabilité ») ou trop tard/ trop tôt (relations de type « Ordre temporel »).

## **6. Évaluations de la mesure de pertinence sémantique**

Dans la perspective d'évaluer la pertinence sémantique PS d'une action de jeu, nous avons comparé entre les valeurs de la pertinence sémantique des actions, obtenues en appliquant la mesure PS, et les évaluations de la pertinence de ces mêmes actions, fournies par des experts du domaine.

Dispositif : nous avons travaillé avec deux experts sur 7 scénarios du projet Play&Cure. Chaque scénario correspond à un cas patient différent. Un étudiant en médecine a joué librement sur chacun des cas patient. Une analyse a listé les actions du joueur et a calculé la pertinence sémantique PS de chacune d'elles. Puis les deux experts, séparément, ont jugé de la pertinence de chacune de ces actions en les notant de 0 à 1 (0 pour les actions non pertinentes et 1 pour les actions pertinentes).

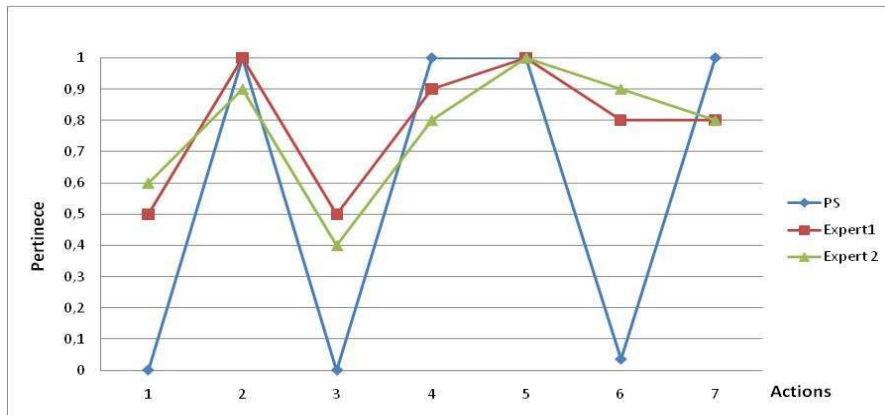
Traitement des données : nous avons calculé la corrélation entre la moyenne des données obtenues par les experts et les valeurs calculées en utilisant la mesure PS.

Résultats : une partie des résultats de l'expérience sont synthétisés dans le schéma de la fig. 4. Par souci de lisibilité, nous ne représentons que les valeurs des experts et celles de la mesure PS sur 7 actions critiques des 7 scénarios du prototype. Ce schéma est initialement représenté par un nuage de points correspondant aux pertinences des actions du joueur. Nous avons choisi de le présenter sous la forme de courbes, en reliant les points, pour mieux montrer les tendances des données. Nous constatons que les deux

courbes suivent la même tendance : les données des experts et les valeurs obtenues par la mesure PS sont corrélées avec un coefficient égal à 0.831.

Discussion : les valeurs de la mesure PS et les notes des experts suivent la même tendance mais appartiennent à deux échelles de valeurs différentes. Les valeurs de PS diminuent très rapidement et sont souvent de l'ordre des centièmes alors que les notes des experts sont de l'ordre des dixièmes (échelle humaine).

Le résultat de cette expérimentation est positif mais nous devons étendre l'expérimentation à d'autres cas patients et à d'autres joueurs.



**Fig. 4** – Résultats des experts et de la mesure PS sur la pertinence d'actions critiques du joueur dans le jeu sérieux Play&Cure

## 7. Conclusion

Dans le cadre de cette recherche, nous nous sommes intéressés uniquement à des domaines où le jeu sérieux consiste à entraîner des apprenants à des règles métiers. Particulièrement, nous avons travaillé sur le projet « Play&Cure », un jeu sérieux pour entraîner des étudiants en médecine aux procédures du diagnostic différentiel.

Dans cet article, nous avons proposé une mesure pour calculer la pertinence sémantique d'une action du joueur dans le cadre d'un jeu sérieux. La pertinence sémantique d'une action dépend de la proximité sémantique de cette action avec les actions recommandées par l'expert. Pour calculer cette pertinence, nous avons proposé de modéliser les actions du jeu et leurs relations sémantiques par une ontologie. Nous avons proposé pour le calcul de la pertinence d'une action une mesure de proximité sémantique entre les types primitifs de l'ontologie. Cette mesure de proximité sémantique étend la distance de (Rada et al., 1989), basée sur la hiérarchie, aux relations sémantiques non hiérarchiques de l'ontologie.

Le principe qui sous-tend le calcul de la proximité sémantique suppose que l'ontologie des actions est structurée tel que les concepts éloignés hiérarchiquement sont souvent reliés par des relations de poids faibles alors que les concepts proches hiérarchiquement sont souvent reliés par des relations de poids forts.

La mesure de pertinence sémantique proposée a été partiellement expérimentée. Les premiers résultats sont positifs et vont dans le sens de l'intuition qui sous-tend le calcul de la pertinence sémantique. La cohérence de cette mesure avec la l'expertise des experts dépend de la structuration de l'ontologie et des poids associés aux relations sémantiques.

Une expérimentation, plus approfondie, est en cours, pour évaluer de manière expérimentale la fiabilité de la mesure PS, en se basant sur une hypothèse : un joueur qui rejoue une partie d'un jeu sérieux améliore inévitablement son score (c'est le principe de rejouabilité). Nous pensons que les actions du joueur sont forcément plus pertinentes quand il rejoue une partie du jeu sérieux. Si les valeurs de la mesure PS confirment cette hypothèse, ceci constitue un élément non négligeable en faveur de la fiabilité de la mesure PS

## **8. Remerciements**

Ce travail est supporté par la région île de France dans le cadre du projet Play&Cure, retenu dans l'appel «Serious Game» du “Volet numérique du plan de relance” et labellisé par le pôle de compétitivité Cap Digital. Nous remercions également les membres de l'équipe MOCAH du Lip6 et particulièrement Elisabeth Delozanne, Bertrand Marne et Monique Baron pour leurs échanges et retours pertinents.

## **Références**

CORBY O. DIENG-KUNTZ R. & FARON-ZUCKER C. (2004). Querying the Semantic Web with the CORESE search engine. *In I. PRESS, Ed., Proc. of the ECAI'2004*, p. 705–709, Valencia.

FABRICATORE C. (2000). Learning and Videogames: an Unexploited Synergy. *In : 2000 AECT National Convention - a recap. 2000 AECT National Convention*. Long Beach, CA : Secaucus, NJ : Springer Science + Business Media, 2000.

GANDON F. Olivier CORBY O. DIOP I. & LO M. (2008). Distances sémantiques dans des applications de gestion d'information utilisant le web sémantique. *Semantic similarity workshop at EGC 2008*, Sophia Antipolis.

JIANG J. & CONRATH D. (1997). Semantic similarity based on corpus statistics and lexical taxonomy. *In Proc. on International Conference on Research in Computational Linguistics*, p. 19–33, Taiwan.

Lin D. (1998). An Information-Theoretic Definition of Similarity. *Proceedings of International Conference on Machine Learning*, Madison, Wisconsin, July, 1998



MAZUEL L. & SABOURET N. (2007) Degré de relation sémantique dans une ontologie pour la commande en langue naturelle. *In Proc. 18th Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC'07)*, pp. 73-83.

RADA R. MILI H. BICKNELL E. & BLETTNER M. (1989). Development and Application of a Metric on Semantic Nets. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 19(1), p. 17-30.

RESNIK P. (1995). Semantic Similarity in a Taxonomy: An Information-Based Measure and its Applications to Problems of Ambiguity in Natural Language. *In Journal of Artificial Intelligence Research*, vol 11, pp. 95-130

WU Z. & PALMER M. (1994). Verb Semantics and Lexical Selection. *In Proc. of the 32<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Las Cruces, New Mexico.

YESSAD A. THOMAS P. CAPDEVILLA B. & LABAT J (2010). Using the Petri Nets for the Learner Assessment in Serious Games. *In: Lecture Notes in Computer Science. ICWL*. Springer, 2010. p. 339-348.