



# **Proximités Sémantiques et Contextuelles pour l'Apprentissage Informel : Application à la Visite de Musée**

Pierre-Yves Gicquel, Dominique Lenne

## **► To cite this version:**

Pierre-Yves Gicquel, Dominique Lenne. Proximités Sémantiques et Contextuelles pour l'Apprentissage Informel : Application à la Visite de Musée. Journée EIAH&IA 2013, May 2013, Toulouse, France. pp.1. <hal-00825003>

**HAL Id: hal-00825003**

**<https://hal.science/hal-00825003v1>**

Submitted on 22 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Proximités Sémantiques et Contextuelles pour l'Apprentissage Informel : Application à la Visite de Musée

Pierre-Yves Gicquel et Dominique Lenne

Laboratoire Heudiasyc,  
UMR CNRS 7253  
Université de Technologie de Compiègne  
Centre de Recherches de Royallieu  
BP 20529  
60205 COMPIEGNE cedex

**Résumé** Notre travail vise à instrumenter, sur un dispositif mobile, des situations de visite de musée. Il s'agit d'adapter, de manière transparente pour le visiteur, les activités et interactions proposées en fonction de ses intérêts et de sa situation physique (lieu, œuvres à proximité...). Cette adaptation implique une modélisation fine du domaine d'apprentissage et du contexte de la situation du visiteur ainsi que la conception d'un mécanisme d'adaptation permettant de proposer des informations ou des activités de manière appropriée durant la visite. Pour cela, nous nous basons sur une modélisation sémantique du domaine d'apprentissage (le patrimoine culturel) et du contexte de visite. Pour proposer des interactions adaptées, nous nous basons sur la définition de proximités sémantiques et contextuelles, qui nous permettent de générer des aides à l'apprentissage (recommandations, jeux d'auto-évaluation) tout en évaluant l'adéquation au contexte de ces activités.

**Keywords:** Proximités sémantiques, apprentissage ubiquitaire, musée

## 1 Introduction

L'essor des périphériques mobiles a conduit à un nouveau paradigme d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain : les environnements d'apprentissage ubiquitaires. Tout comme beaucoup d'EIAH classiques, les environnements d'apprentissage ubiquitaires permettent une médiation informatique entre l'apprenant et des connaissances propres au domaine d'apprentissage. Cependant, dans les EIAH ubiquitaires, cette médiation a lieu dans un contexte physique spécifique qui détermine en partie le déroulement de l'apprentissage.

Nous nous intéressons ici aux formes que peut prendre l'apprentissage ubiquitaire en situation de visite de musée. Nous nous basons sur une adaptation de formalismes sémantiques de description du patrimoine culturel afin de proposer un modèle sémantique riche des œuvres. Les systèmes d'apprentissage ubiquitaires sont basés sur une représentation du contexte de l'activité de l'apprenant. En nous inspirant des travaux de [1], nous avons choisi de représenter le contexte suivant plusieurs espaces contextuels,

chaque espace contextuel étant associé à une ontologie. Ces espaces permettent de faire le lien entre les connaissances purement contextuelles et les connaissances issues de la modélisation du domaine.

Nous proposons un processus d'opérationnalisation des modèles du domaine et du contexte à l'aide de calculs de proximités sémantiques pour la génération d'activités d'apprentissage. Afin de prendre en compte le contexte dans la génération d'activités, nous proposons des calculs de proximités contextuelles mesurant l'adéquation des activités générées au contexte du visiteur.

Nous décrivons tout d'abord les modélisations sémantiques du contexte et du domaine que nous proposons. Nous détaillons ensuite l'utilisation de proximités sémantiques et contextuelles basées sur ces modélisations. Enfin, nous décrivons la génération d'activités d'apprentissage contextualisées permise par ces calculs de proximités et présentons un scénario d'utilisation de la plateforme CALM (ContextuAlized Learning through Mobility) que nous avons conçue.

## 2 Modèles Sémantiques du Domaine et du Contexte

### 2.1 Sources de Connaissances Utilisées

L'un des objectifs de notre système est d'aider l'utilisateur à comprendre les différents types de liens existant entre les œuvres. Nous avons donc besoin d'une représentation riche et précise des œuvres qui permette de mettre en lumière les différents aspects suivant lesquels les œuvres peuvent être comparées. En considérant les travaux existant dans le domaine, nous avons retenu l'ontologie CIDOC-CRM et les vocabulaires contrôlés ICONCLASS<sup>1</sup> (ICONography CLASSification) et Getty-AAT<sup>2</sup> (Art and Architecture Thesaurus) pour la représentation des connaissances muséales.

L'ontologie CIDOC-CRM est l'ontologie de référence pour la description sémantique du patrimoine culturel. Elle est exprimée dans le formalisme RDFS (*Resource Description Framework Schema*). Ce langage de description des connaissances permet la définition de hiérarchies de concepts liés entre eux par des relations de subsomption ainsi que la définition de propriétés établissant des liens entre concepts. Deux concepts liés entre eux par une propriété sont appelés domaine et codomaine de cette propriété. Par exemple, pour une propriété *avoirMoteur* et deux concepts *Voiture* et *Moteur*, le domaine de la propriété est *Voiture* et son codomaine est *Moteur*. Le formalisme RDFS permet également la définition d'individus, instantiations de concepts, permettant d'exprimer des assertions sur des éléments particulier du monde réel. Par exemple l'assertion (*voiture1*, *avoirMoteur*, *moteurDiesel1*) exprime que l'objet particulier *voiture1* (instance du concept *Voiture*) est en relation avec l'objet particulier *moteurDiesel1* par la propriété *avoirMoteur*. Ce qui peut se traduire en langage naturel par "Cette voiture a un moteur diesel".

L'ontologie CIDOC-CRM est organisée suivant une dualité entre les objets physiques, instances de *cidoc:PersistentItem*, dotés de propriétés de spatialisation et les

1. <http://www.iconclass.nl/>

2. <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/>

objets temporels, instances de *cidoc:TemporalEntity* la rendant particulièrement adaptée à la description des relations patrimoniales. Un artefact muséal peut ainsi avoir une extension temporelle décrivant précisément son mode de création, les activités dans lesquelles il a été impliqué, ses possesseurs successifs, etc. Cependant, le caractère très générique de l'ontologie impose de la compléter par l'utilisation de vocabulaires contrôlés. En effet, CIDOC-CRM ne comprend pas de vocabulaire spécifique à l'art (ex. courant et thème d'une œuvre). Nous avons donc étendu CIDOC-CRM par l'ajout des vocabulaires contrôlés ICONCLASS et Getty-AAT.

La taxonomie ICONCLASS permet de caractériser les thèmes des œuvres les uns par rapport aux autres. C'est une classification exhaustive des thèmes artistiques de l'art occidental. Les termes y sont organisés sous forme d'une hiérarchie comportant au plus 10 niveaux, il n'existe pas de relation en dehors de la relation Parent -> Enfant (pas de relations transversales).

Le vocabulaire Getty-AAT est un thésaurus à facettes fournissant un vocabulaire contrôlé pour la description des qualités des œuvres et de leur mode de production. Les sept facettes du thésaurus sont organisées sous forme de plusieurs hiérarchies (une facette est associée à une ou plusieurs hiérarchies), des relations d'association et d'équivalence établissant des liens entre les hiérarchies.

## 2.2 Modèle du Domaine

L'ontologie CIDOC-CRM est en grande partie centrée sur le concept d'événement, toutes les entités physiques, concepts fils de *cidoc:PhysicalObject* (ex. personne, artefact, bâtiment, collection) étant liées entre elles via des entités temporelles, concepts fils de *cidoc:TemporalEntity*. Ainsi, il n'y a pas de relation directe pour spécifier qu'un artiste est l'auteur d'une œuvre. Pour exprimer une telle assertion, il faut associer l'artiste à un événement de type production (*cidoc:Production*) et associer l'œuvre à l'événement production comme étant le produit de cette production.

Ce type de modélisation, utilisant une instance intermédiaire entre deux entités, est assez classique. Il est en effet ainsi possible de créer une relation complexe entre les deux entités, via l'instance intermédiaire. Ainsi l'événement de type *cidoc:Production* sera associé à un lieu (lieu de création de l'œuvre), à une date (date de création de l'œuvre) et éventuellement à d'autres événements qui ont pu influencer la création. Cette modélisation est bien adaptée dans le cas de musées ou d'institutions patrimoniales. Ces institutions peuvent souhaiter, par exemple, retracer la succession d'événements (ex. legs, prêts, saisies) dans laquelle est impliqué un artefact muséal. La figure 1 illustre la modélisation de l'œuvre Epitaphios (une tapisserie religieuse du XVIIe siècle) en utilisant le modèle original. Les formes ovales correspondent aux concepts de CIDOC-CRM et les formes rectangulaires aux instances de ces concepts.

Ce modèle est riche ; il est cependant relativement difficile de le mettre en œuvre directement. Le peuplement de la base de connaissances par les sources disponibles sur le web de données s'avère complexe si l'on suit le modèle original. En effet les bases de connaissances que nous utilisons (Freebase et DBPedia) sont moins riches en terme d'expressivité que le modèle de CIDOC-CRM. Par exemple le concept de production d'une œuvre n'est pas décrit. Pour suivre le modèle CIDOC-CRM, il est donc nécessaire de créer une instance « artificielle » qui assurera le lien entre l'artiste et l'œuvre. Par

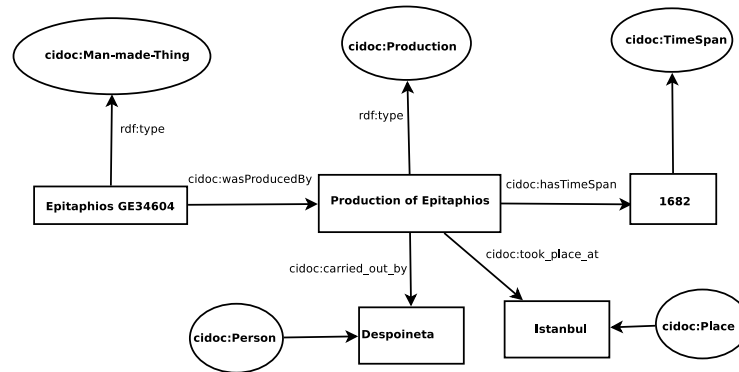


FIGURE 1. Modélisation de l'Œuvre Epitaphios.

ailleurs, comme nous l'avons précisé plus tôt, l'objectif de notre modélisation est de permettre des calculs de proximités sémantiques intelligibles pour les utilisateurs. Nous proposons donc plusieurs simplifications du modèle CIDOC-CRM.

Nous proposons de réaliser un certain nombre de compositions de propriétés. C'est à dire que nous avons remplacé certains couples de triplets de la forme  $(a, P_i, b)$  et  $(b, P_j, c)$  par des triplets de la forme  $(a, P_k, c)$ . La propriété  $P_k$  est alors la composition des propriétés  $P_i$  et  $P_j$ . Nous avons appliqué ces simplifications dans le cas de propriétés impliquant des instances temporelles entre deux objets physiques. Le résultat de ces compositions est la description simplifiée de la figure 2.

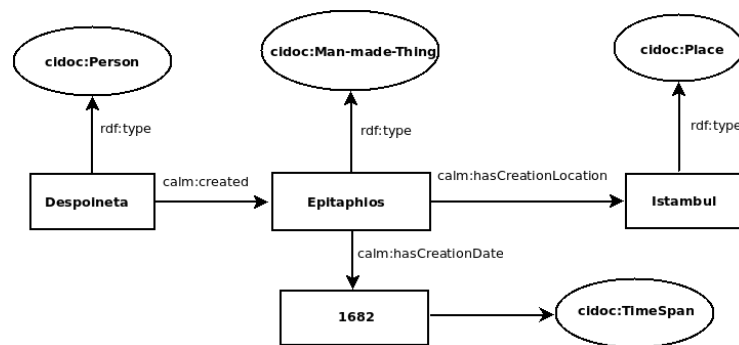


FIGURE 2. Modélisation Simplifiée.

Afin de compléter notre modélisation sémantique du domaine, nous avons intégré les hiérarchies ICONCLASS et Getty-AAT à l'ontologie CIDOC-CRM. L'intégration des vocabulaires contrôlés dans CIDOC-CRM pose deux problèmes : tout d'abord l'ex-

pression des taxonomies sous forme de hiérarchies intégrables dans CIDOC-CRM, ensuite l'établissement des nouveaux liens entre ces taxonomies et CIDOC-CRM.

Afin de réaliser cette intégration, nous avons tout d'abord exprimé ces vocabulaires dans le formalisme SKOS (Simple Knowledge Organisation System). Ce formalisme, basé sur RDFS, est en effet particulièrement bien adapté pour la description sémantique des différents types de vocabulaires contrôlés (taxonomies, thésaurus...).

Après intégration des vocabulaires dans l'ontologie CIDOC-CRM, nous aboutissons à la représentation des œuvres (instances de *cidoc:Man-Made-Thing*), dont un modèle simplifié est présenté figure 3.

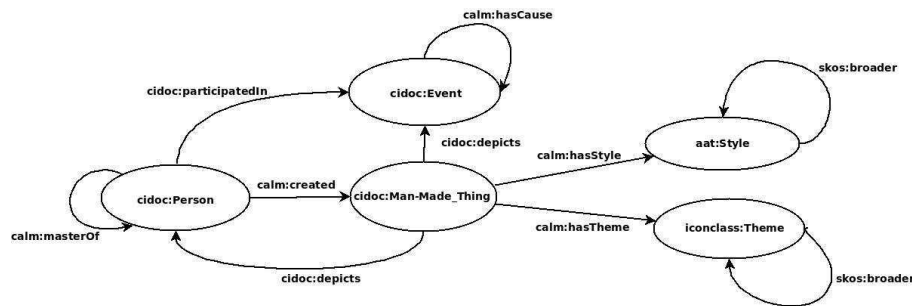


FIGURE 3. Modèle Sémantique des Œuvres.

### 2.3 Modèle du Contexte

Le principe général de notre modélisation du contexte est qu'un espace contextuel est un espace structuré par une ontologie de domaine, cette ontologie de domaine définissant les relations entre le visiteur et les instances de la base de connaissances muséales. Lors des interactions explicites entre le visiteur et le dispositif ou lors de ses interactions implicites (ex. déplacement), l'espace contextuel est alimenté d'assertions décrivant l'interaction entre le visiteur et l'œuvre. Un espace contextuel est donc une base de connaissances représentant un des modes de relation entre l'utilisateur et les objets du domaine muséal.

Le peuplement des espaces contextuels est automatique. Ce processus se déroule de la manière suivante : le visiteur déclenche une interaction implicite (ex. arrêt devant l'œuvre) ou explicite (ex. consultation d'informations sur l'œuvre) avec une œuvre. Cette interaction va activer les règles de peuplement des espaces contextuels. Les règles de peuplement utilisent une ontologie de domaine qui définit le mode de relation entre le visiteur et l'œuvre (ex. contempler l'œuvre, lire la notice...) et ajoutent de nouvelles assertions à l'espace contextuel.

En considérant les travaux dans le domaine de la muséologie et de la didactique muséale, nous avons retenu trois espaces contextuels : le contexte de localisation, le

contexte historique et le contexte d'intérêt. Nous avons décrit précisément ces espaces dans [2].

### 3 Proximités Sémantiques et Contextuelles

#### 3.1 Proximités Sémantiques

L'objectif du calcul des proximités est d'adapter les interactions entre l'utilisateur et la représentation sémantique du domaine. Nous souhaitons donc avoir une valeur numérique permettant de quantifier la proximité entre deux objets de la base de connaissances.

Nous suivons pour cela l'approche générale des proximités par propriétés proposée par [3] que nous modifions cependant pour l'adapter à notre situation. Il s'agit de déterminer la proximité de deux objets par la proximité de leurs propriétés. Plus les objets possèdent de propriétés communes et plus ils peuvent être considérés comme proches. La proximité présentée par [3] est cependant appliquée aux concepts d'une ontologie. Nous nous intéressons, pour notre part, aux instances de concepts. En effet déterminer la proximité entre le concept de Peinture et le concept de Sculpture n'aurait que peu d'intérêt pour l'utilisateur. Nous comparons donc plutôt une peinture donnée et une sculpture donnée en cherchant à déterminer ce qu'elles ont de commun ou de différent. Plutôt que de comparer les propriétés des concepts, nous comparons donc les valeurs que prennent les propriétés des instances.

Il s'agit donc, pour disposer d'une mesure de proximité sémantique, de comparer les instances de la base de connaissances suivant les valeurs que prennent leurs propriétés. Plus les valeurs prises par les propriétés sont proches, plus les instances sont proches. La difficulté dans la construction de cette mesure de proximité sémantique réside dans la variété des types de valeurs que peuvent avoir les propriétés. Les propriétés peuvent en effet avoir pour codomaine des instances organisées hiérarchiquement (ex. *aat:Style*), des instances non organisées hiérarchiquement (ex. *cidoc:Person*) ou encore des littéraux (ex. *cidoc:BirthDate*). Les méthodes de calcul de proximités seront différentes suivant le type du codomaine ; par exemple comparer deux artistes suivant leur style ne se fera pas de la même manière que comparer deux artistes suivant leur date de naissance. Notre calcul de proximités doit donc permettre d'intégrer ces informations hétérogènes pour en tirer une valeur numérique.

Afin de déterminer l'ensemble des propriétés présentant un intérêt pour les visiteurs, nous définissons alors la notion de concept d'intérêt. Un concept d'intérêt est un concept de l'ontologie que l'utilisateur pourra directement utiliser lors de ses interactions avec l'environnement informatique représentant les œuvres. Nous avons sélectionné un ensemble de six concepts d'intérêt dans l'ontologie CIDOC-CRM modifié que nous utilisons : personne, style, œuvre, événement historique, lieu et thème.

Le choix de ces concepts d'intérêt nous permet de construire une matrice de propriétés d'intérêt (table 1). Il s'agit d'une matrice  $T[i, j]$ , où  $T[0, k] = T[k, 0]$  sont les concepts d'intérêt et  $T[i, j]$  est l'ensemble des relations de l'ontologie, avec  $T[i, 0]$  le domaine et  $T[0, j]$  le codomaine. Ainsi, la ligne  $i$  de la matrice nous précise l'ensemble des propriétés d'intérêt que possède le concept  $T[i, 0]$  et la colonne  $j$  de la matrice nous précise l'ensemble des propriétés dans lequel le concept  $T[0, j]$  est impliqué.

**TABLE 1.** Matrice de similarités des propriétés pour quelques concepts

	cidoc:Person	getty:Style	cidoc:Artwork
cidoc:Person	[hasParent] [hasMaster] [hasStudent]	[hasStyle]	[participatesIn creates] [owns]
getty:Style	[isStyleOf]	[broader] [narrower] [wu(style1,style2)]	[isStyleOf]
cidoc:Artwork	[depicts]	[hasStyle]	[partOf]

La ligne 2 de la table 1 nous permet par exemple de comparer deux instances de *cidoc:Person*. Deux personnes peuvent être comparées suivant leurs parents, maîtres ou élèves, style et œuvres qu’elles ont créées ou qu’elles possèdent. Nous pouvons alors construire un vecteur de proximités quantifiant, par propriété, la proximité de deux instances.

Nous utilisons deux modes de calcul pour cette proximité. Si la propriété à pour codomaine des instances non hiérarchisées (ex. *calm:hasMaster*), la valeur de la proximité est donnée par :

$$Prox_p(A, B) = \frac{|P(A) \cap P(B)|}{|P(A) \cup P(B)|}$$

$P(A)$  étant l’ensemble des valeurs que prend la propriété  $P$  pour l’instance  $A$ . Si la propriété à pour codomaine une valeur issue de Getty-AAT ou ICONCLASS, la valeur de proximité est donnée par la proximité de [4] entre ces deux valeurs. Cette proximité est en effet adaptée aux hiérarchies, sa valeur est donnée par :

$$Prox_p(A, B) = \frac{2.depth(C)}{depth_C(A) + depth_C(B)}$$

$C$  étant le *least common subsumer* de  $A$  et  $B$ , c’est à dire le concept le plus spécifique subsumant à la fois  $A$  et  $B$ ,  $depth(C)$  la distance entre  $C$  et la racine et  $depth_C(A)$  le nombre d’arcs entre  $A$  et la racine en passant par  $C$ .

Ces calculs nous permettent d’obtenir un vecteur de proximité par propriété. Afin d’obtenir une valeur unique, nous faisons l’hypothèse que toutes les propriétés ont la même importance et prenons la moyenne de ce vecteur comme valeur de proximité. Nous notons dans la suite  $ProxSem(A, B)$  la valeur de la proximité sémantique entre deux instances.

L’utilisation de proximités sémantiques nous permet de fournir deux catégories d’activités contextualisées en musée. La première catégorie concerne la recommandation d’éléments susceptibles d’intéresser le visiteur. Pour cela nous nous basons sur la proximité sémantique entre les informations que consulte l’utilisateur sur son dispositif (ex. notice d’une œuvre, biographie, description d’un thème...) et lui suggérons de considérer des éléments de même nature, proches sémantiquement de ce qu’il consulte. Par exemple, si l’utilisateur consulte la biographie de Léonard de Vinci, il peut lui être suggéré de considérer la biographie de Raphaël, autre peintre de la Renaissance Italienne. Ces suggestions sont de plus argumentées par des phrases en langage naturel, générées



à partir des triplets de la bases de connaissances utilisés dans le calcul numérique de la proximité. Par exemple, un argument pour considérer Raphaël pourra être "Il s'agit également d'un peintre de la Renaissance Italienne".

Les autres activités contextualisées sont des jeux d'auto-évaluation générés directement à partir des calculs de proximités sémantiques. Nous proposons trois types de jeux : les QCM, les jeux de type vrai/faux et les jeux de classification (ex. classer des peintures par date, par école...). Nous détaillons le processus de génération pour les QCM. A partir d'une assertion de la base de connaissances impliquant des instances de concepts d'intérêt, nous générons de manière automatique une question. Par exemple l'assertion (*calm:deVinci calm:created calm:Joconde*) est transformée en la question "Qui a peint la Joconde?". Les distracteurs (réponses incorrectes) sont ensuite choisis parmi les instances sémantiquement proches de l'instance *calm:deVinci*.

### 3.2 Proximités Contextuelles

L'utilisation de proximités sémantiques pour la génération de jeux ou de suggestions est intéressante, mais ne prend pas en compte ce qu'a été le parcours effectif du visiteur, les œuvres qu'il a vu, celles qui sont autour de lui... Afin de proposer des interactions réellement personnalisées nous proposons de compléter l'utilisation de proximités sémantiques par des proximités contextuelles. Ces proximités permettront de déterminer si un jeu ou une recommandation est en adéquation avec le contexte de l'utilisateur.

Nous avons présenté dans la section précédente les modes de peuplement des espaces contextuels. Ces espaces sont des structures permettant de représenter les connaissances muséales « autour » de l'utilisateur. Les calculs de proximités contextuelles sont très similaires dans le cas du contexte historique et du contexte de localisation. Nous détaillons le calcul pour le contexte de localisation. Le problème est de déterminer la proximité entre un groupe d'instances  $E$  (par exemple les instances présentes dans un QCM, ou dans une justification de suggestion) et le contexte de localisation de l'utilisateur. Nous construisons pour cela l'ensemble  $E_L$  de toutes les instances de la base de connaissances muséales présentes dans le contexte de localisation ainsi que les valeurs de leurs propriétés directes (par exemple, si un tableau est présent dans le contexte de localisation nous ajoutons à l'ensemble  $E_L$  son style et son auteur...).

Enfin, nous réalisons l'opération de comparaison de l'ensemble  $E$  avec l'ensemble  $E_L$ . Cette opération nous donne une valeur de proximité qui quantifie la présence d'instances de  $E$  dans le contexte de localisation :

$$Prox_{Context}(E, E_L) = \frac{|E \cap E_L|}{|E_L|}$$

Si  $Prox_{Context}$  est proche de 1, cela signifie que l'ensemble  $E$  est proche de l'ensemble  $E_L$ . Ainsi les instances présentes dans  $E$  sont présentes dans l'environnement immédiat de l'utilisateur. Par exemple, les instances associées aux peintres, styles ou thèmes présents dans  $E$  seront présentes autour de l'utilisateur

Dans le cas du contexte d'intérêt nous proposons un calcul quelque peu différent. L'idée étant ici que si l'utilisateur possède un intérêt pour un peintre par exemple, il possèdera certainement un intérêt pour ses œuvres, son style... c'est à dire formellement pour les valeurs des propriétés de l'instance représentant le peintre en question.

Nous construisons alors l'ensemble  $E_I$  des instances de la base de connaissances muséales présentes dans le contexte et appliquons une relaxation sémantique à cet ensemble. C'est-à-dire que, pour chaque instance de la base de connaissances muséales présente dans l'ensemble  $E_I$ , nous ajoutons à l'ensemble  $E_I$  les valeurs des propriétés d'intérêt de cette instance. En notant  $E_{I_{rel}}$  ce nouvel ensemble, nous déterminons la proximité entre un groupe d'instances  $E$  et le contexte d'intérêt de la manière suivante :

$$Prox_{Context}(E, E_I) = \frac{|E \cap E_{I_{rel}}|}{|E_{I_{rel}}|}$$

### 3.3 Choix des Suggestions et des Jeux d'Auto-évaluation à Présenter

Afin de déterminer les suggestions à présenter, nous nous basons sur un ordancement des suggestions possibles suivant leurs proximités sémantique et contextuelle avec l'œuvre considérée. Supposons que l'œuvre considérée soit représentée par l'instance  $I$  et l'instance susceptible d'être suggérée soit  $S$ . Nous appliquons une relaxation sémantique sur cette instance afin d'obtenir l'ensemble  $S_{rel}$ , contenant l'ensemble des propriétés d'intérêts de l'instance  $S$ .

Le calcul de pertinence pour la suggestion d'une instance  $S$  vis-à-vis de l'instance  $I$  est alors le suivant :

$$Score(S, E_I, E_L, E_H) = ProxSem(I, S) + Prox_{Context_{final}}(S_{rel}, E_I, E_L, E_H)$$

$Prox_{Context_{final}}(S_{rel}, E_I, E_L, E_H)$  étant la somme des proximités contextuelles entre  $S_{rel}$  et les contextes historiques, de localisation et d'intérêt.

Afin de déterminer les jeux d'évaluation à présenter, le calcul est très similaire. Supposons que  $G$  soit un jeu, notons  $I(G)$  l'ensemble des instances présentes dans le jeu (ex. l'ensemble des distracteurs et la bonne réponse pour un QCM). Alors le score du jeu vis-a-vis du contexte est donné par :

$$Score(I(G), E_I, E_L, E_H) = Prox_{Context_{final}}(I(G), E_I, E_L, E_H)$$

## 4 Scénario d'Utilisation

Nous présentons ici le prototype réalisé à travers un scénario d'utilisation. L'application mobile que nous avons réalisé est une application Android. C'est avec cette dernière qu'interagit effectivement l'utilisateur. Les calculs de proximités sémantiques et contextuelles sont réalisés par une application serveur communiquant avec l'application client via des services RESTlet.

### 4.1 Navigation Parmi les Connaissances Muséales

Lorsque la visite débute, les différents espaces contextuels (de localisation, historique et d'intérêt) sont vides. Le visiteur se déplace dans l'espace muséal et lorsqu'il rencontre une œuvre qui l'intéresse, il peut consulter le dispositif qui lui proposera un

choix parmi les différentes œuvres physiquement proches de lui. Cette étape de choix explicite de l'œuvre est rendue nécessaire par la précision relativement faible des outils de localisation indoor.

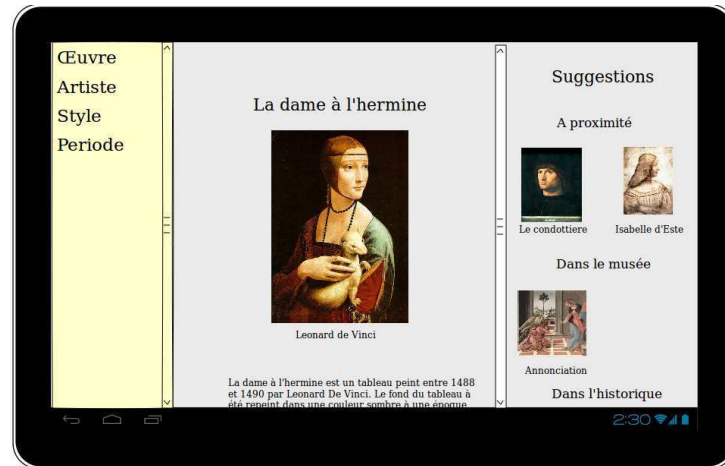


FIGURE 4. Consultation d'une Œuvre.

L'utilisateur, ayant choisi l'œuvre sur laquelle il souhaite des informations complémentaires, est dirigé vers un écran de consultation de l'œuvre (figure 4). La page présente une description plus ou moins approfondie de l'œuvre. Cette description n'est pas générée automatiquement (c'est donc la même pour tous les visiteurs). Elle correspond à ce qu'on pourra trouver dans le catalogue de l'exposition. Les suggestions proposées sont présentées dans la partie droite de l'écran.

Lors de la consultation d'une suggestion, les justifications de cette suggestion sont exposées en langage naturel au visiteur. Ces justifications visent à aider le visiteur à établir les liens entre les différentes œuvres en utilisant de préférence des concepts ou des entités qu'il a déjà vues ou qui l'intéressent dans le choix des justifications présentées.

## 4.2 Activité d'Auto-évaluation

A tout moment le visiteur peut accéder aux jeux d'auto-évaluation. Dans le cadre d'une visite par un visiteur libre, ces activités ont pour objectifs d'offrir une détente ludique durant la visite et de permettre au visiteur de valider ses connaissances à travers des exercices de difficulté croissante.

Lorsque l'utilisateur accède aux jeux, il est dirigé vers l'écran correspondant aux jeux de type QCM. Une question, en adéquation avec son contexte comme décrit dans la section 3, lui est alors proposée (figure 5).



FIGURE 5. Jeu de Type QCM.

## 5 Travaux Connexes

De nombreux systèmes basés sur une représentation sémantique des connaissances ont été proposés pour faciliter l'apprentissage informel en musée. Ces systèmes se basent souvent sur des mesures de proximité sémantique pour fournir des informations appropriées. Nous présentons ici une revue des principaux systèmes existant et des mesures impliquées.

Le projet HIPPIE [5] a été un des premiers systèmes utilisant des techniques de raisonnement automatique couplées à un dispositif mobile dans le cadre de visites de musées. HIPPIE utilise une caractérisation des œuvres basée sur la taxonomie ICONCLASS. Lorsque l'utilisateur considère une œuvre, le système peut lui suggérer d'autres œuvres sémantiquement proches. La mesure de proximité utilisée dans HIPPIE est basée uniquement sur la proximité entre les concepts de la taxonomie ICONCLASS. Elle ne permet donc pas par exemple de prendre en compte les proximités vis-à-vis des auteurs des peintures par exemple.

Le projet CHIP [6] est un système de recommandation. Le modèle des œuvres y est défini à l'aide de SKOS et intègre des informations thématiques issues de ICONCLASS et de trois taxonomies artistiques publiées par le *Getty Vocabularies Program* : ULAN (*Union List of Artist Name*), TGN (*Thésaurus of Geographic Name*) et AAT (*Art and Architecture Thesaurus*). Le processus de recommandation se base sur un calcul de proximité sémantique, les différents termes des vocabulaires sont associés à des concepts d'une ontologie liés par des relations pondérées, le coefficient de pondération étant fixe et déterminé par le degré d'intérêt de la relation (par exemple, la relation entre un artiste et son maître a une pondération élevée car il est intéressant de connaître le maître lorsque l'on s'intéresse à l'artiste). Ce système est intéressant mais ne permet cependant que de comparer des œuvres entre elles, il n'est ainsi pas possible de déterminer la proximité entre deux artistes.

Le système ec(h)o [7] se distingue par l'utilisation unique du média sonore pour fournir des informations au visiteur. Les objets sonores et les artefacts muséaux sont décrits par des annotations sémantiques précisant les concepts, sujets et thèmes de ces objets. Les calculs de proximité sémantique sont basées sur des règles sémantiques *ad-hoc* pour déterminer parmi le corpus d'objets sonores, lesquels seront présentés à l'utilisateur. Cependant, l'utilisation de ces règles ad-hoc limite la généricité du système et ne permet pas de fournir à l'utilisateur des explications quant à la suggestion qui lui est proposée.

## 6 Conclusion

Nous avons décrit dans cet article le calcul et l'utilisation de proximités sémantiques et contextuelles pour instrumenter une situation d'apprentissage informelle. Ceci nous a amené à présenter une modélisation duale des connaissances, entre les connaissances purement contextuelles et les connaissances propres à un domaine d'application, la difficulté étant que les connaissances propres à un domaine sont souvent « statiques » alors que les connaissances contextuelles sont dynamiques. Nous avons montré comment articuler ces deux catégories de connaissances afin de proposer aux utilisateurs des informations cohérentes tant sur le plan du domaine d'apprentissage que sur le plan contextuel.

Une limite du système présenté est l'absence de moyen de contrôle sur le déroulement de la visite par un enseignant. Nous détaillons dans [8] une première approche permettant un contrôle pédagogique du système par l'enseignant.

## Références

1. Zimmermann, A., Lorenz, A., Oppermann, R.: An operational definition of context. In: Proceedings of the 6th international CONTEXT conference, Springer-Verlag (2007) 558–571
2. Gicquel, P.Y., Lenne, D.: Un modèle sémantique et contextuel pour l'apprentissage informel: Application aux visites de musées. *Revue Française d'Intelligence Artificielle* (2012)
3. Pirro, G., Euzenat, J.: A feature and information theoretic framework for semantic similarity and relatedness. *The Semantic Web ISWC 2010* (2010) 615–630
4. Wu, Z., Palmer, M.: Verbs semantics and lexical selection. In: Proceedings of the 32nd annual meeting on Association for Computational Linguistics. (1994) 133–138
5. Oppermann, R., Specht, M.: A context-sensitive nomadic information system as an exhibition guide. In: Proceedings of the handheld and ubiquitous computing second international symposium. (2000) 127–142
6. Wang, Y., Stash, N., Aroyo, L., Hollink, L., Schreiber, G.: Using semantic relations for content-based recommender systems in cultural heritage. In: Proceedings of the Workshop on Ontology Patterns (WOP) at ISWC. (2009) 16–28
7. Hatala, M., Wakkary, R., Kalantari, L.: Ontologies and rules in support of real-time ubiquitous application. *Journal of Web Semantics, Special Issue on Rules and ontologies for Semantic Web* (2005) 5–22
8. Gicquel, P.Y., Lenne, D.: Interactions contextualisées et contrôle pédagogique dans un environnement d'apprentissage ubiquitaire. In: Actes de la conférences EIAH 2013. (2013)