



**HAL**  
open science

## La ” marche pour chemin ” : un principe d’exploration de bases de données

Landy Rajaonarivo, Eric Maisel, Pierre de Loor

### ► To cite this version:

Landy Rajaonarivo, Eric Maisel, Pierre de Loor. La ” marche pour chemin ” : un principe d’exploration de bases de données. 23e édition des Journées de Rochebrune 2016 : ”Qu’est ce que la donnée? ”, Jean-Pierre Muller, Jan 2016, Rochebrune, France. pp.1-15. hal-01270282

**HAL Id: hal-01270282**

**<https://hal.science/hal-01270282v1>**

Submitted on 6 Feb 2016

**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.

# La “marche pour chemin” : un principe d’exploration de bases de données

Landy Rajaonarivo, Eric Maisel, Pierre De Loor

UBL - Lab-STICC/CNRS - ENIB  
Centre Européen de Réalité Virtuelle  
26 rue Claude Chappe  
29280 Plouzané

23e édition des Journées de Rochebrune 2016

du 17/01/2016 au 23/01/2016

## Abstract

Une personne marchant dans un champ trace un chemin. La perception de cette modification du champ influence sa marche ainsi que les prochaines marches qu’il y fera. Nous nous inspirons de cette métaphore comme principe d’exploration d’une base de données complexes pour répondre à un questionnement et favoriser sa compréhension. Nous parlons d’interface éactive, permettant à l’utilisateur de construire de façon incrémentale sa connaissance d’un domaine. Ce principe sera illustré à partir d’une base de données patrimoniale qui sera le support du questionnement de l’utilisateur. Trois modèles sont utilisés : un modèle ontologique issue des connaissances sur le domaine exploré; un modèle statistique de co-occurrence des mots extraits de la base de données; et un modèle des préférences de l’utilisateur. L’utilisation conjointe de ces trois modèles assure la co-navigation dans la base de données. Une des originalités de ce travail réside dans l’incarnation des données : elles sont représentées par des objets 3d (en trois dimensions) dotés d’un comportement autonome. Cette approche permet à un utilisateur de définir son parcours pendant sa navigation, de visualiser des données qui sont considérées pertinentes pour lui, à partir de ses interactions. Plus l’utilisateur évolue dans son parcours, plus il le structure et plus celui-ci correspond à son questionnement.

## 1 Introduction

L’objet de cet article concerne l’étude des systèmes d’information utilisable pour appréhender ce que sont les civilisations.

Cette notion de civilisation est floue, ambiguë, entâchée de tabous. Elle est donc difficilement formalisable. Les anthropologues et historiens du XX<sup>ème</sup> siècle, en particulier F. Braudel, la définissent comme une aire géographique, stable sur une longue durée, à laquelle sont rattachés des biens de toute nature formant un tout cohérent.

Plus précisément, il s’agit de la combinaison de trois éléments

- un espace géographique aux limites facilement reprérables

- un mode de production économique et des techniques qui lui sont associées
- un ensemble de mentalités collectives (normes politiques, juridiques, religieuses, ...)

Nous proposons d'aborder la compréhension des communautés humaines par l'interprétation de leur patrimoine, c'est à dire des traces laissées par l'activité de ces communautés et considérées, par les générations suivantes, comme constitutives de leur identité. Cette démarche a des affinités avec la notion de lecture anthropologique qui, d'après [10], *est une démarche de la connaissance qui, partant de savoirs préalablement maîtrisés, aboutit à l'élaboration et à la production de nouveaux savoirs. La lecture anthropologique s'emploie à rendre compte de la complexité ainsi découverte. Cette lecture, au-delà des interprétations, fait apparaître le principe organisateur des signes et de leurs significations.*

Nous considérons ici que l'interprétation du patrimoine se fait à travers l'exploration d'une base de donnée d'objets du patrimoine qui est naturellement sujette à la complexité : les éléments sont en grand nombre, les relations entre eux trop nombreuses pour les représenter de façon exhaustive et même si cela était possible, cela ne réglerait pas le problème de la saisie d'un sens global par une personne qui les percevrait d'un coup. Ainsi, il est difficile de faire une lecture anthropologique à travers des interfaces web standards comme celle proposée habituellement et reposant sur des liens hypertextes laissant l'utilisateur face à un 'monde de données' dont l'organisation est figée lors de la conception du site web. Explorer une base de données complexe et de grande taille demande d'autres techniques pour ne pas se perdre dans l'information et pour pouvoir accéder rapidement aux données pertinentes pour cette interprétation. Favoriser une lecture anthropologique du patrimoine a nécessairement une influence sur les hypothèses, exprimées ci-dessous, qui fondent le travail que nous présentons :

- une approche constructiviste : il s'agit de construire les relations qu'entretiennent les territoires, les objets et les sociétés, et ceci aussi bien dans une étape de création du système d'information que lors de la consultation des informations créées ;
- une incarnation des données par des objets 3d de façon à rendre plus naturelles les interactions avec ces données ;
- la co-construction de la réponse au questionnement : L'environnement se construit au fur et à mesure des actions de l'utilisateur. On s'appuie alors sur les liens forts avec le paradigme de l'énaction qui met en avant l'importance du corps et de l'environnement.
- l'utilisation conjointe de plusieurs modèles de connaissances (modèle de l'utilisateur, modèles des données, descriptions textuelles des objets) afin d'orienter la co-construction et la navigation de l'utilisateur

Cet article relate la première étape de notre travail qui a consisté à nous focaliser sur la mise en place de la métaphore d'un musée virtuel associée à une représentation autonome incarnée des informations contenues dans la base de données afin de proposer un parcours énatif de cette base. L'énaction est souvent évoquée par l'expression 'la marche pour chemin' pour rendre compte, de façon imagée, du fait que c'est en modifiant notre environnement par nos actions, que nous créons les conditions de nos futures actions comme le passage dans un champ de blé, laisse une trace qui sera celle du chemin que nous emprunterons lors de nos futurs passages. L'article se subdivise en

trois grandes parties. Dans la section 2 nous résumons la façon dont les bases de données sont généralement organisées et visualisées. Ceci montrera qu'il n'existe pas de retour entre les actions de l'utilisateur et l'organisation de ces données. La seconde partie (section 3) présentera notre proposition actuelle, constituant une première étape de notre projet. Enfin, la section 4 présentera un exemple illustratif du fonctionnement de cet environnement avant que l'on passe aux perspectives en section 5.

## 2 Approches classiques pour l'exploration de bases de données

Deux aspects seront considérés : d'une part la façon dont les données sont organisées et d'autre part la façon dont elles sont présentées à l'utilisateur.

### 2.1 Organisation de données

Plusieurs organisations de données sont envisageables afin de représenter les objets du patrimoine et les relations qu'ils entretiennent avec les territoires, les époques et les sociétés humaines. Ces organisations vont de la simple énumération de ces objets jusqu'à leur constitution en "sociétés" capables de s'auto-organiser en passant par des données liées entre elles par des relations ou des modèles de relations (ontologies).

**Inventaires** : certaines bases de données se contentent de n'être qu'une simple juxtaposition d'objets sans lien explicite les uns avec les autres. Elles sont plus simples à mettre en oeuvre mais il est plus difficile de faire évoluer leur structure ou d'effectuer des recherches correspondant à des requêtes complexes ;

**Bases de données** : dès que le nombre de types d'objets devient important il devient nécessaire de décrire explicitement les relations qui les lient les uns aux autres. Cela peut se faire au moyen de bases de données relationnelles. Il devient alors possible aussi bien de vérifier l'intégrité des relations que d'optimiser les recherches exprimées dans un langage de requêtes tel que SQL. De nouveaux types de bases de données voient le jour qui facilite les temps d'accès aux informations dans le cas de très grandes bases (bases noSQL). D'autre part, de nouvelles bases, "orientées graphe" sont mieux adaptées à la navigation dans les informations

**Ontologies** : une façon de résoudre le problème de l'accès aux données les plus pertinentes consiste à donner au système d'information la capacité de raisonner sur les concepts du domaine exposé. Ces concepts sont décrits dans des ontologies (spécifications formelles de conceptualisation). Ces structures sémantiques correspondent le plus souvent à des hiérarchies et des graphes (représentations de taxonomies et de relations entre concepts). De telles formalisations permettent de partager plus facilement des ressources, de faire coopérer des bases de données distantes développées dans des formalismes différents mais également d'identifier les informations les plus pertinentes pour un utilisateur donné et la façon de les lui présenter. Parmi ces ontologies on peut citer CIDOC-CRM[11], développée par l'UNESCO, afin d'être utilisée dans les systèmes d'information gérant des données relatives aux arts, à la culture et au patrimoine. Parmi les points intéressants de cette ontologie on peut citer d'une part le fait d'être structurée autour de la notion d'événements et d'autre part d'adopter une approche objet qui permet de s'étendre à partir d'un noyau et ainsi de s'adapter à différents domaines. C'est ce que propose [3] en combinant des facteurs d'influences entre concepts et

la possibilité de noter les objets, donc les concepts associés à ces objets. La diffusion de ces scores dans l'ontologie qu'il utilise permet de recommander les concepts susceptibles d'être les plus intéressants pour un utilisateur donné.

Les ontologies ne viennent pas remplacer l'usage des bases de données : elles sont complémentaires puisqu'elles donnent la possibilité de raisonner sur les concepts avant de revenir au niveau des objets.

**Modèles biomimétiques** : les approches qui viennent d'être décrites sont rigides et ne permettent que difficilement de changer d'organisation (modification de la définition des tables d'une base de données ou de taxonomies). Les approches biomimétiques reposent sur la simulation des mécanismes d'adaptation du monde vivant. Dans ces approches chaque élément d'une base de données est défini comme un individu, situé dans l'espace et doté d'un état. Chaque individu évolue (sa position et son état) selon des règles qui prennent en compte son histoire ainsi que son environnement local. Ces populations d'individus s'organisent au cours du temps en formant des groupes qui peuvent être signifiants pour l'utilisateur. Parmi les formalismes les plus utilisés on peut citer les boîds utilisés par Van de Moere et al.[20] ou Sklar et al.[18], les automates cellulaires ainsi que les réseaux de neurones de Kohonen (Bonnell et al[4]).

## 2.2 Visualisation des données

La plupart des systèmes d'informations présentent leurs résultats sous la forme de listes contenant le plus souvent des informations textuelles, sous forme libre ou structurée, des images, voire des documents multimédia. Dès que le nombre de réponses grandit il devient difficile de les exploiter. Des travaux proposent d'utiliser les images (2d ou 3d) afin d'exploiter les capacités du système visuel humain à détecter des similitudes, des symétries ou au contraire des discontinuités dans les résultats présentés.

Ces informations peuvent être visualisées comme des structures de données (matrices, arborescence, graphes) (Robertson et al.[17]) où à travers l'usage de métaphores 3d. L'emploi de ces métaphores permet à l'utilisateur de visualiser les données dans des environnements qui lui sont familiers ce qui en facilite l'analyse. Ainsi [24] propose de représenter les données sous forme de cartes topographiques. Young[25][19] utilisent une autre métaphore : celle d'une ville dans laquelle les données sont représentés par des immeubles, éventuellement regroupés en quartiers. Les relations entre données sont représentées par des rues, des ponts. Card et al.[6] proposent une autre métaphore 3d basée sur un livre, métaphore étendue à toute une bibliothèque.

Esnault[8] propose également des métaphores de visualisation comme application d'un mécanisme de génération automatique d'interfaces 3d pour le Web allant ainsi vers la plasticité des interfaces. Ce concept de plasticité est exploré par Coutaz[7]. Lacoche[13] en propose un état de l'art pour les interfaces 3d.

La réalité virtuelle [9] cherche à améliorer la compréhension des systèmes complexes en renforçant l'engagement des utilisateurs par l'impression de présence dans un monde virtuel. D'une part par la représentation multimodale tridimensionnelle des données, d'autre part par la possibilité d'interagir en temps réel et de façon naturelle avec les objets contenus dans ce monde virtuel. Ammoura[2], Wijayasekara[23] ont proposé d'utiliser un des systèmes les plus aboutis, un visio-cube de type CAVE, pour visualiser des données tridimensionnelles. Monmarche[15] propose d'appliquer ces techniques à des configurations matérielles moins coûteuses. Bowman[5] propose un cadre pour

augmenter un environnement virtuel au moyen d'informations symboliques intégrées dans un monde virtuel.

## 3 La marche pour chemin

### 3.1 Enaction et lecture anthropologique

Comme mentionné en introduction, l'expression *la marche pour chemin* est souvent utilisée pour rendre compte du paradigme de l'énaction [21, 1] qui est sous-jacent au présent travail. L'ambition de ce paradigme est de rendre compte de la construction du sens chez les êtres vivants et donc chez l'homme, point qui n'est pas abordé par les autres paradigmes que sont le cognitivisme ou le connexionnisme. Il est ancré en biologie et fortement lié au constructivisme. L'idée générale est que les représentations que nous avons du monde, ne sont pas pré-données et universelles mais dépendent pour une grande part, de nos capacités à percevoir et à agir ainsi que de l'histoire de nos interactions avec ce monde. A cet aspect constructiviste assez radical, s'ajoute l'importance du corps et son rôle même dans les représentations construites. On peut comprendre cette idée en prenant l'exemple radical de la différence entre les espèces. Par exemple, la chauve-souris "voit" le monde avec des sons et en a donc une "représentation" bien différente de la notre. Cet exemple peut être poursuivi en considérant qu'elles émettent des sons et se déplacent, elles sont donc actives, pour 'construire' cette représentation. Le lecteur averti trouvera des liens avec la phénoménologie de Merleau-Ponty [14] ainsi qu'avec la notion de monde propre (ou d'*umwelt*) de Von Uexküll [22]. L'énaction est à la base de différentes proposition en informatique, essentiellement liées à la réalité virtuelle et au couplage sensorimoteur qu'elle permet entre l'utilisateur et le système [12]. D'autres sans se revendiquer de l'énaction, mettent en œuvre un tel couplage comme dans [3]

Le lien entre paradigme de l'énaction et lecture anthropologique est caractérisé par le fait que toutes deux estiment que la connaissance se construit progressivement. L'anthropologie met l'accent sur la complexité de ce qui est à comprendre et sur le fait que les principes organisateurs sont à découvrir. L'énaction met l'accent sur la dynamique active et temporelle de la production du sens : le fait que ce qui se construit à un instant, se fait dans l'action et dépend de ce qui a été construit auparavant.

Au regard des remarques sur les systèmes d'organisation des données patrimoniales et de la visualisation des données (section 2), il ressort que la dimension *lecture anthropologique* des données patrimoniales est loin d'être facile. En particulier, dans la plupart des cas, l'organisation des données et leur présentation sont deux étapes indépendantes : les relations entre les données pré-existent et sont utilisées pour répondre à une requête. Les résultats étant présentés à l'utilisateur sous la forme de textes ou d'images. Nous pensons que l'adaptation passe par une modification de l'organisation des données, donc par un couplage fort entre l'organisation des données et leur restitution.

D'un point de vu fonctionnel, deux éléments ont été retenus pour l'instant :

- Donner des moyens à l'utilisateur de tracer son chemin et de construire par ses actions, sa propre représentation durant son exploration de la base de données. Pour cela nous allons présenter une métaphore de musée interactif et incrémental.
- Préserver la complexité tout en l'organisant en fonction des interactions de l'utilisateur. Dans l'état actuel de notre travail, cette complexité est relative à la taille de la base et à des liens

entre les objets patrimoniaux qui sont en quelque sorte cachés dans les textes décrivant ces objets. Nous allons donc proposer une auto-organisation des mots clés, influencée par le parcours que fait l'utilisateur.

Rappelons que cet article ne présente que les premières étapes d'une telle démarche et qu'il se termine par une liste de questions ouvertes sur la suite à y donner, en particulier sur les aspects sémantiques

### 3.2 Notre proposition

Rappelons l'objectif de notre travail : il s'agit de proposer un système d'exploration de base de données permettant de constituer un contexte pour répondre à un questionnement anthropologique particulier.

L'élément principal réside dans la capacité du système à présenter rapidement les informations les plus pertinentes étant donné ce questionnement.

La proposition que nous faisons ici repose sur un principe d'auto-organisation à travers l'utilisation d'une métaphore 3d de présentation : celle d'un musée virtuel 3d qui se construit ou se modifie au fur et à mesure que l'utilisateur le parcourt.

Pour cela deux hypothèses sont posées :

**H1** une représentation duale du contenu de la base de données est proposée sous la forme de relations entre d'une part les individus (chaque objet du patrimoine) et d'autre part les concepts du domaine présenté (des mots clés décrivant les objets du patrimoine);

**H2** les objets du patrimoine aussi bien que mots clés (ces deux types d'objets étant appelés par la suite "éléments") sont incarnés par des entités 3d. Cela signifie que

- ces éléments sont représentés par des objets 3d perceptibles par l'utilisateur
- ces éléments sont dotés d'un comportement. En particulier ils sont sensibles aux actions des utilisateurs auxquelles ils peuvent réagir.

L'intérêt de ces hypothèses est qu'elles permettent de montrer à l'utilisateur l'influence réciproque entre :

- les objets du patrimoine et les mots clés ;
- les mots-clés entre eux

Les actions de l'utilisateur par rapport à certains objets modifient la façon dont le système perçoit l'utilisateur (perception exprimée en terme de mots clés). L'intérêt porté à certains mots clés suggère d'autres mots clés qui leurs sont liés et par association de nouveaux objets. Ceci suscite des actions qui peuvent changer leur organisation. Cette organisation pouvant elle-même modifier la façon dont les futures données seront par la suite présentées en les structurant par thèmes, territoires, périodes ou encore créateurs. Enfin, conformément à notre argumentation basée sur le paradigme de l'énaction, les mondes virtuels permettent une appropriation plus immédiate car sensorimotrice : la perception d'objets 3d est naturelle et ne demande pas d'effort important

d'abstraction, leur manipulation peut se faire grâce au corps de l'utilisateur. Rendre perceptions et actions - sur les données - les plus naturelles possible améliore l'engagement des utilisateurs lors de leur questionnement. La présence de l'utilisateur est ici primordiale car elle est prise en compte par le système qui va co-construire avec lui un contexte qui va favoriser son interprétation. La Fig. 1 montre le fonctionnement global de notre système d'exploration de données.

Techniquement, la construction progressive de l'environnement est assurée par un algorithme qui prend en compte les actions de l'utilisateur. Les mots clés peuvent être reliés entre-eux et/ou avec les objets patrimoniaux. Ce lien est établi grâce à un système de recommandation (figure 1). Ce dernier s'appuie sur des algorithmes de fouilles de données travaillant sur les descriptions textuelles des objets de la base de données. Nous le considérerons ici comme une boîte noire capable de générer des mots et des objets à partir d'autres mots ou d'autres objets. En fait, à chaque période de temps de l'algorithme, le mot clé estimé comme étant le plus pertinent pour l'utilisateur est envoyé au système de recommandation pour qu'il renvoie les autres mots clés ou objets liés textuellement au mot clé donné en entrée. Les nouveaux mots clés seront introduits dans l'espace des mots, alors que les nouveaux objets seront placés sur les étagères des salles du musée. Tant que l'utilisateur n'a pas terminé sa navigation, le système continue à ré-évaluer les pertinences des mots et, à chaque pas de temps, il renvoie le mot le plus pertinent au système de recommandation. L'environnement se construit progressivement à partir de cette technique.

Nous allons maintenant décrire le processus de co-construction du musée virtuel puis celui de l'auto-organisation des mots clés en fonction des actions de l'utilisateur.

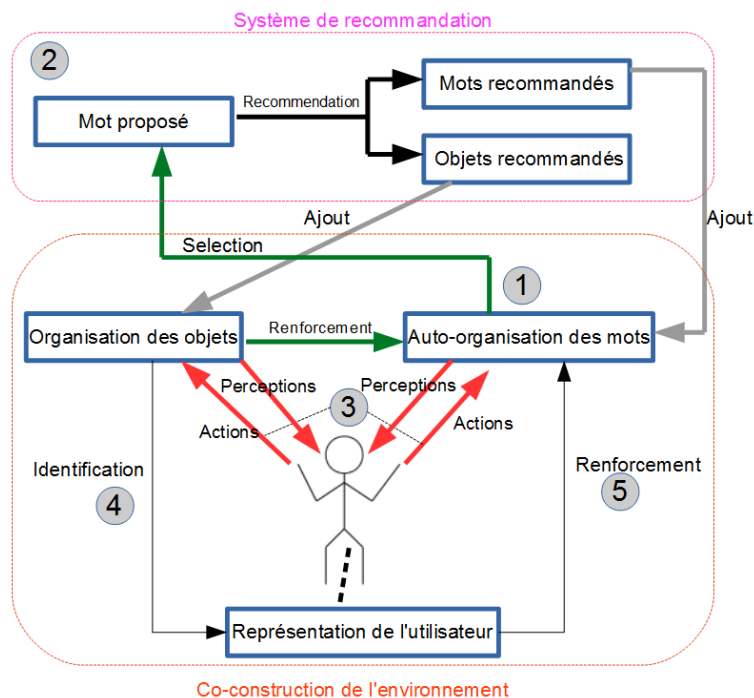


Figure 1: Principe global du système proposé



## 1. Co-construction du musée

Au tout début de l'exploration, le musée est vide. Un mot clés est soit choisi par l'utilisateur, soit définit aléatoirement. Il sera considéré comme le "mot clé le plus pertinent". La co-construction s'opère selon les étapes suivantes.

- Le mot clé le plus pertinent est envoyé au système de recommandation et ce dernier retourne les objets patrimoniaux qui sont liés contextuellement au mot qui lui a été donné en entrée.
- Pour introduire de nouveaux objets dans l'environnement, il est nécessaire de trouver de l'espace libre dans le musée. Pour cela, ce dernier est formalisé par une matrice représentant ses salles. Le système de remplissage des salles se présente alors comme suit:
  - Si l'utilisateur se place dans une salle vide, le mot sélectionné par le système est attribué comme thème de la salle où se trouve l'utilisateur et les objets patrimoniaux sont positionnés sur les étagères de cette salle.
  - Si la salle où se trouve l'utilisateur est déjà occupée par des objets patrimoniaux, le système choisit une salle vide telle que cette salle a une valeur d'importance optimale parmi les autres salles vides. Chaque salle vide possède donc une valeur d'importance (très forte, forte ou moyenne). Cette valeur dépendant elle même de la valeur d'importance des salles voisines. Un mécanisme de propagation de ces valeurs, inspiré des automates cellulaires, est utilisé : Pour une salle vide donnée, si l'utilisateur se trouve dans l'une de ses salles voisines et qu'il existe au moins une salle occupée dans son voisinage, cette salle a un degré d'importance très fort. Si l'utilisateur est présent dans l'une de ses salles voisines et qu'il n'existe aucune salle voisine occupée dans son voisinage, le degré d'importance de cette salle est fort. Si l'utilisateur n'est présent dans aucune des salles voisines et qu'il existe au moins une salle occupée dans son voisinage, son degré d'importance est moyen. Le but est d'assurer la continuité des liens contextuels entre les salles et de faire évoluer la construction du musée en fonction du déplacement de l'utilisateur.
  - A chaque appel du système de recommandation, le mot envoyé est attribué comme thème de la salle vide nouvellement choisie.
- Le thème des salles voisines de la salle où se trouve l'utilisateur sont affichés sur leur porte afin d'inciter l'utilisateur à visiter ces salles et à découvrir de nouveaux objets patrimoniaux qui répondent plus ou moins à son questionnement.

Cette technique de construction incrémentale de l'environnement permet à l'utilisateur de créer du contexte à partir de son questionnement. La figure 2 montre un exemple d'une étape en cours de construction du musée.

## 2. Auto-Organisation des mots clés

L'utilisateur qui évolue dans le musée virtuel n'a qu'une vision locale de son environnement, aussi bien dans l'espace virtuel que dans la base de données. Nous proposons d'équiper l'utilisateur d'un outil de navigation reposant non pas sur une représentation des objets du patrimoine dans l'espace virtuel mais sur une représentation des mots clés. Ces mots clés sont des concepts transversaux à la base de données et donnent donc une vision globale pour la navigation.



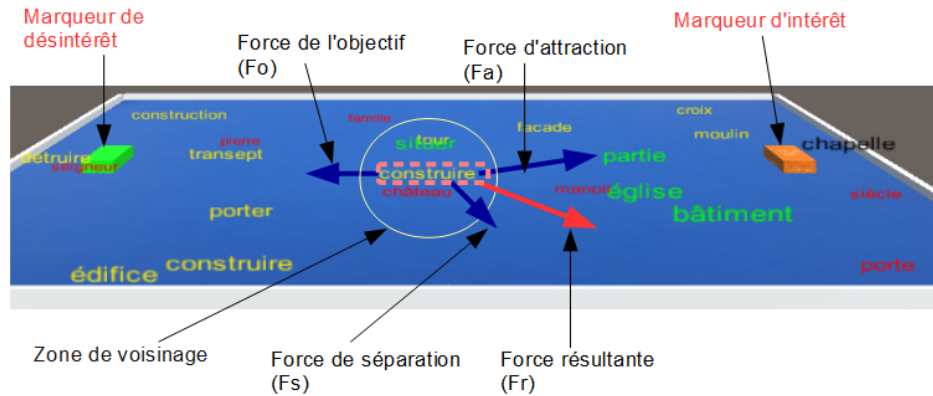


Figure 3: Auto-organisation des mots clés

ne l'intéressent pas. Ceci va avoir pour conséquence une ré-organisation adaptative et progressive des mots clés.

- La pertinence d'un mot est donnée par la combinaison des valeurs des trois paramètres suivants: 1) sa distance par rapport au marqueur d'intérêt (plus il est proche du marqueur d'intérêt, plus il est pertinent), 2) son âge (la durée de sa présence dans l'espace: plus il est vieux, moins il est pertinent), 3) le degré d'intérêt de l'utilisateur pour ce mot (cette valeur augmente brusquement lorsque l'utilisateur sélectionne un objet patrimonial qui a été introduit par ce mot). La pertinence est recalculée à chaque pas de temps.
- Un mot diminue de pertinence au fur que l'utilisateur ne s'intéresse plus à lui: vieillissement, diminution progressive de son degré d'intérêt due à la non sélection des objets qu'il a introduit.
- Nous limitons le nombre des mots dans l'espace des mots pour avoir une meilleure visualisation de la dynamique des mots. Pour cela, quand le nombre des mots dans l'espace dépasse un seuil donné, l'algorithme supprime les mots les moins pertinents. Cela est inspiré de la technique mort-naissance dans les approches à base de particules.
- Les mots s'auto-organisent donc dans leur espace et cette auto-organisation a des impacts sur la liaison contextuelle entre les objets placés dans l'environnement. L'utilisateur peut intervenir dans le système en agissant sur les mots clés pour pouvoir obtenir des objets correspondants à ses besoins et les mots clés s'auto-adaptent à partir de ces actions.
- Chaque objet patrimonial enregistre la liste des mots clés qui ont permis de l'introduire dans l'environnement. Cela permet d'augmenter brusquement le degré d'intérêt de ces mots lorsque l'utilisateur sélectionne l'objet.

## 4 Exemple

Nous présentons dans cette section un exemple de co-construction du musée virtuel. Au niveau de la Fig.6, Fig.7, fig.8, et Fig.9, la flèche rouge indique la position initiale de l'utilisateur et les flèches vertes indiquent les traces de déplacement de l'utilisateur.

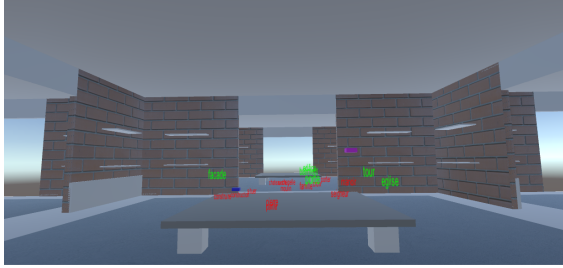


Figure 4: Musée à l'état initial



Figure 5: Musée en cours de session

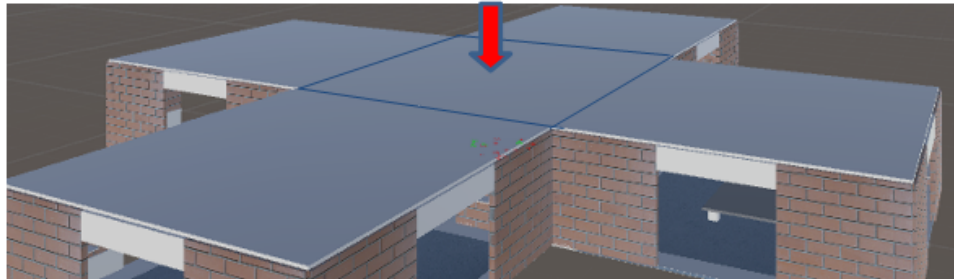


Figure 6: Musée à l'étape 1

- Étape 1: L'utilisateur se place dans une salle vide. Au début de la navigation, la salle où se trouve l'utilisateur et ses 4 salles voisines directes sont construites en même temps comme le montre la Fig. 6. Après quelques manipulations faites par l'utilisateur au niveau des mots, le système a choisie le mot "Seigneur" (voir Fig. 10) et l'a attribué comme thème de la salle où se trouve l'utilisateur. En prenant toujours en compte les actions de l'utilisateur, des salles voisines sont remplies successivement au fil du temps et sont dotés chacune d'un thème: "Tour", "Église" et "Pierre". La Fig. 10 montre les thèmes des salles créées et le parcours défini par l'utilisateur.
- Étape 2: Trois salles sont créées à côté de l'utilisateur. Ce dernier est influencé par le thème "Église" et il se déplace vers la salle ayant ce thème. Au moment où l'utilisateur entre dans cette salle, les salles voisines autres que celle qu'il vient de quitter ne sont pas encore créées. Après quelques instants, une salle est créée à son côté et celle-ci est dotée du thème "Bâtiment". L'utilisateur accède directement dans cette salle dès qu'elle est créée. Et le

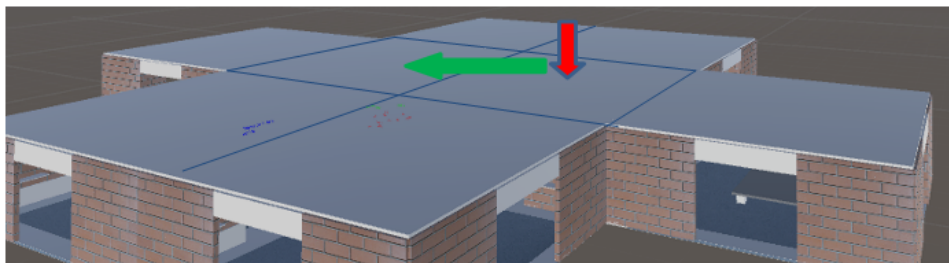


Figure 7: Musée à l'étape 2

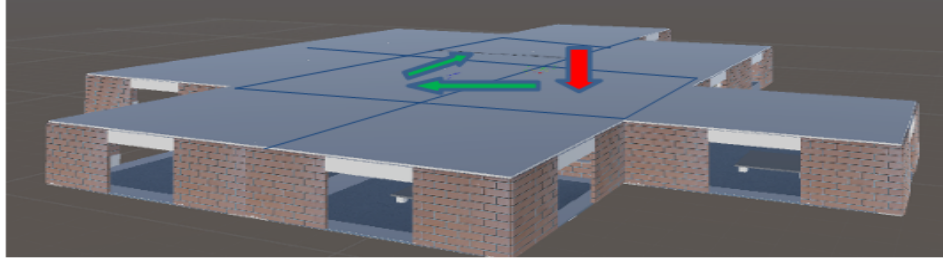


Figure 8: Musée à l'étape 3

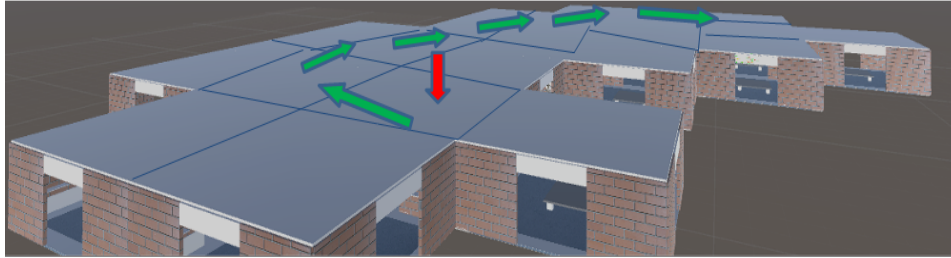


Figure 9: Musée à l'étape 7

musée s'élargit ainsi progressivement.

- Étape finale: l'utilisateur a créé un contexte patrimonial qui lui est propre, les figures 8 et 9 illustrent cette construction progressive.

Le résultat de la co-construction système/utilisateur est résumé par la figure (voir Fig. 10). Elle montre à la fois la cohérence de la co-construction et le fait que des thèmes variés sont abordés lors de l'exploration.

## 5 Conclusion et perspective

L'objet de ce travail est d'étudier un outil capable d'aider un utilisateur à pratiquer une lecture anthropologique du patrimoine en vue de répondre à un questionnement relatif à la notion de civilisation. Dans le cadre des Humanités numériques nous assimilons cette lecture au parcours d'une

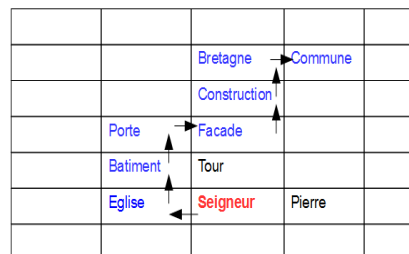


Figure 10: Contexte créé par l'utilisateur

base de données inventoriant les objets du patrimoine.

L'utilisation d'une approche éactive permet de "coller" à la notion de lecture anthropologique. Elle suppose un couplage sensori-moteur fort entre l'utilisateur et la représentation 3d des informations considérées de façon à mettre en œuvre un mécanisme de co-construction.

Nous en avons proposé un début d'implémentation que nous avons appliqué à une base de données de 25000 objets du patrimoine et aux mots clés correspondants extraits par application d'algorithmes de fouille de texte.

Plusieurs perspectives à ce travail sont envisageables :

- l'utilisation d'ontologies de façon à structurer l'usage des mots clés;
- la définition d'affordances qui permettront d'avoir plus d'influences sur le parcours de l'utilisateur dans le musée virtuel;
- la mise en oeuvre de présentations multimodales (images, son, retour d'effort);
- l'utilisation d'interfaces gestuelles permettant d'améliorer l'interaction avec la base de donnée en la rendant plus naturelle.

## References

- [1] Enaction: Toward a New Paradigm for Cognitive Science. Stewart, John and Gapenne, Olivier and Di Paolo, Ezquiel ed. MIT Press, Copyrighted Material, 2011.
- [2] AMMOURA, A., ZAÏNE, O., AND GOEBE, R. Toward a novel olap interface for distributed data warehouses. *Proceedings of third International Data Warehousing and Knowledge Discovery* (2001).
- [3] BONIS, B., STAMOS, J., VOSINAKIS, S., ANDREOU, I., AND PANAYIOTOPOULOS, T. A platform for virtual museums with personalized content. *Multimedia Tools and Applications* 42, 2 (2009), 139–159.
- [4] BONNEL, N., COTARMANAC'H, A., AND MORIN, A. Meaning metaphor for visualizing search results. *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualization (IV'05)* (2005).
- [5] BOWMAN, D., NORTH, C., CHEN, J., POLYS, N., PYLA, P., AND YILMAS, U. Information-rich virtual environments : Theory, tools and research agenda. *Proceedings of the ACM symposium on virtual reality software and technology VRST'03* (2003), 81–90.
- [6] CARD, S., ROBERTSON, G., AND YORK, W. The webbook and the web forager : an information workspace for the world-wide web. *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'96)* (1996).
- [7] COUTAZ, J., CALVARY, G., DEMEURE, A., AND BALME, L. *Interactive Systems and User-Centered Adaptation: The Plasticity of User Interfaces*. Wiley-ISTE, 2012, chapitres d'ouvrages 9, pp. 147–202.

- [8] ESNAULT, N. *Production automatique d'interfaces graphiques 3d pour le Web*. PhD thesis, 2011.
- [9] FUCHS, P. *Le traité de la réalité virtuelle*. *Presse des mines* (2013).
- [10] GERFAUD, J.-P., AND TOURREL, J.-P. *Pour une lecture anthropologique de l'oeuvre littéraire*. PhD thesis, 2000.
- [11] GROUP, C. C. S. I. *Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model*. Le Boeuf, P. and Doerr, M. and Ore, C.E. and Stead, S., 2012.
- [12] KAIPAINEN, M., RAVAJA, N., TIKKA, P., VUORI, R., PUGLIESE, R., RAPINO, M., AND TAKALA, T. Enactive Systems and Enactive Media: Embodied Human-Machine Coupling beyond Interfaces. *Leonardo* 44, 5 (2011), 433–438.
- [13] LACOCHE, J., DUVAL, T., ARNALDI, B., MAISEL, E., AND ROYAN, J. A survey of plasticity in 3D user interfaces. *7th Workshop on Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems* (2014).
- [14] MERLEAU-PONTY, M. *Phénoménologie de la Perception*, editions g ed. Collection " Tel ", 1990. 1945.
- [15] MONMARCHE, N., MARTEAU, H., GÉRARD, J., GUINOT, C., AND VENTURINI, G. Interactive mining of multimedia database with virtual reality. *Proceedings of Third International Conference on Virtual Reality and its applications in Industry* (2002).
- [16] REYNOLDS, C. W. Steering behaviors for autonomous characters. *Game Developers Conference* (1999), 763–782.
- [17] ROBERTSON, G., MACKINLAY, J., AND CARD, S. Cone trees : Animated 3d visualization of hierarchical information. *Proceedings of the the Conference on Human factors in Computing Systems (ACM CHI'91)* (1991).
- [18] SKLAR, E., JANSEN, C., CHAN, J., AND BYRD, M. Toward a methodology for agent-based data mining and visualization. *Proceedings of Agent and Data-mining Interaction 2011 (ADMI'11)* (2011).
- [19] SPARACINO, F. City of news. *ACM SIGGRAPH'99 Conference abstracts and applications* (1999).
- [20] VAN DE MOERE, A., AND LAU, A. In-formation flocking : an approach to data visualization using multi-agent formation behavior. *Proceedings of the 3rd Australian Conference on progress in Artificial Life, ACAL 2007* (2007), 292–304.
- [21] VARELA, F. J., THOMPSON, E., AND ROSCH, E. *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. The MIT Press, 1992.
- [22] VON UEXKÜLL, J. A stroll through the worlds of animals and men. *Instinctive behavior: The development of a modern concept* (1957), 5–80.

- [23] WIJAYASEKARA, D., LINDA, O., AND MANIC, M. Cave-som : Immersive visual data mining using 3d self-organizing maps. *International Joint Conference on Neural networks* (2001).
- [24] WISE, J. The ecological approach to text visualization.
- [25] YOUNG, P. 3d software visualization - visualization and representation. *internal Report, University of Durham, Visualization Research Group* (1997).