

DESCRIPTION D'ITINÉRAIRES EN MILIEU NATUREL

Modèle intégré de description verbale et de représentation spatiale au sein des SIG

par David Brosset

*BCRM Brest
Ecole Navale et Groupe des Ecoles du Poulmic
Institut de Recherche de l'Ecole Navale
Groupe SIG
Lanvéoc-Poulmic, CC 600
29240 BREST Cedex 9
david.brosset@ecole-navale.fr*

Ces travaux de recherche sont orientés vers l'étude de descriptions verbales d'itinéraires dans l'objectif de positionner des itinéraires décrits au sein de systèmes géo-référencés, avec une application à un contexte de course d'orientation dans un environnement naturel. Il s'agit explicitement de faire un lien conceptuel, structurel et logique entre une description verbale d'itinéraire et une représentation spatialisée. Une étude des descriptions verbales d'itinéraire produites lors d'expériences de course d'orientation a permis de définir une modélisation formelle par extraction des informations statiques et dynamiques d'un itinéraire décrit. La représentation logique dérivée s'appuie sur un modèle de graphe où les entités de référence sont les repères et les actions de déplacement. Elle permet en particulier une confrontation avec les démarches usuelles de qualification d'itinéraires en milieu urbain. Cette modélisation sert ensuite de support à une proposition d'algorithme de recherche et de spatialisation d'itinéraire développée à partir des principes des algorithmes de colonies de fourmis. La démarche de recherche est validée par un prototype expérimental qui combine une modélisation d'itinéraire avec une recherche de parcours optimal.

1 Introduction

Le travail de thèse réalisé s'inscrit dans le domaine de l'informatique mais il touche plusieurs autres domaines tels que : la cognition spatiale, la recherche opérationnelle et également la recherche sur le traitement du langage naturel. Le terme anglais *Wayfinding* est généralement utilisé comme mot clé de ce genre d'étude et regroupe en son sens l'ensemble des domaines cités précédemment.

La question de recherche à l'origine de la thèse est la suivante : « Est-il possible, et si oui de quelle manière, de construire une passerelle entre description verbale d'itinéraire et espace géographique ? ». Cette question fait partie des problèmes consistant à faire le lien entre représentation qualitative (la description verbale d'itinéraire) et représentation quanti-

tative (une suite de points géo-référencés représentant l'itinéraire décrit). La figure 1 illustre le principe général de la recherche ainsi que les deux verrous identifiés : la modélisation d'une description verbale d'itinéraire et sa géolocalisation.

Ce résumé reprend la même structure que le manuscrit de thèse car celle-ci correspond à l'ordre logique dans lequel la recherche a été faite. Tout d'abord, une étude des descriptions verbales d'itinéraires a été entreprise. Le but était de faire ressortir les principaux composants d'une description verbale d'itinéraire en milieu naturel et comparer ces résultats avec ceux obtenus dans la littérature pour le milieu urbain. À partir de ces observations, une approche de modélisation de description d'itinéraire a émergé. La dernière partie du travail a consisté au

développement d'un algorithme de géolocalisation de description d'itinéraire en utilisant le modèle défini.

2 Étude de descriptions verbales d'itinéraires en milieu naturel

L'analyse de descriptions d'itinéraires est une méthode intéressante pour comprendre la perception humaine d'une navigation. De nombreux travaux ont été réalisés en milieu urbain dans des buts touristiques, de sécurité ou simplement pour développer des outils visant à faciliter la navigation dans des villes toujours plus grandes et complexes. Parmi les travaux réalisés en urbain ceux de Denis (1997) définissent une catégorisation des éléments contenus dans une description d'itinéraire en cinq classes :

- Classe 1 : les actions exprimées sans repère,
- Classe 2 : les actions exprimées avec références à un repère,
- Classe 3 : les repères autres que ceux mentionnés avec une action,
- Classe 4 : description d'un repère sans mentionner sa localisation,
- Classe 5 : classe des commentaires, en d'autres termes tout ce qui ne rentre pas dans les autres classes.

Notre recherche concernant le milieu naturel, une expérimentation fut réalisée afin de faire ressortir les ressemblances et les différences entre navigation en environnement naturel (Brosset, Claramunt, & Saux, 2008) et urbain (Przytula-Machrouh en 2004 et Denis en 1997). Le cadre choisi fut la course d'orientation. Les résultats obtenus se rapprochent plus de ceux obtenus par Denis (1997) que de ceux obtenus par Przytula-Machrouh (2004), ceci s'expliquant par une différence de protocole expérimental.

Une différence entre nos résultats et ceux de Denis (1997) sur les classes 3 et 4 pourrait être liée à la différence entre les deux environnements de navigation. En milieu naturel, les repères doivent être plus décrits pour être identifiés. Cette hypothèse est contredite par (Rehrl, Leitinger, Gartner, & Ortig, 2009) qui obtiennent des résultats semblables aux nôtres avec une expérimentation en milieu urbain (Fig. 2). Leur hypothèse est que cette différence n'est pas due au type d'environnement mais encore une fois au protocole expérimental car l'expérimentation de Denis (1997) n'était pas faite « in situ » contrairement aux deux autres. Cette hypothèse reste à confirmer par de nouvelles expérimentations.

3 Modélisation

La modélisation est basée sur la théorie des graphes (Berge, 1958). Une description verbale d'itinéraire peut être modélisée comme un chemin où les nœuds représentent les positions et les arcs, les actions. L'hypothèse principale de la modélisation est qu'une position peut contenir un repère et, de façon similaire, une action peut également interagir avec un repère.

À partir de ces principes, un langage formel et une représentation schématique ont été définis et illustrés par un prototype écrit en Java (Fig. 3). Le formalisme introduit a permis la définition de plusieurs opérateurs caractérisant une description d'itinéraire : la diversité structurelle s'appuyant sur la théorie de l'information de (Shanon & Weaver, 1949) et la richesse structurelle. Le prototype permet ainsi de modéliser une description d'itinéraire selon notre approche et également de caractériser la description par un ensemble d'indicateurs quantitatifs. Les valeurs de ces indicateurs peuvent être utilisées par la suite pour orienter le processus de géolocalisation.

4 Algorithme de géolocalisation

La géolocalisation d'une description verbale d'itinéraire consiste à proposer pour chaque étape de l'itinéraire un ensemble de points possibles dans l'espace géographique. Pour cela un algorithme basé sur les principes des algorithmes de colonies de fourmis a été développé.

Les algorithmes de colonies de fourmis sont inspirés de l'observation du monde vivant : les colonies de fourmis et de termites. Grassé (1959) observa une forme de communication indirecte chez les termites qu'il appela : Stigmergie. Grâce à cette forme de communication utilisant l'environnement comme support, une colonie de fourmis est capable de résoudre des problèmes complexes comme déterminer le plus court chemin dans un réseau. Dorigo (1992) a développé à partir de cette constatation un algorithme, appelé ACS, pour la résolution du problème du voyageur de commerce.

L'algorithme de géolocalisation défini s'appuie sur ces principes. Le but n'est pas de trouver le plus court chemin, c'est-à-dire minimiser la distance, mais trouver des solutions satisfaisant le plus possible les contraintes de la description d'itinéraire, c'est-à-dire maximiser la satisfaction avec la description. L'environnement étudié ne possédant pas une structure explicite limitant la navigation comme un réseau de rues et de chemins, la première étape de la géolocali-

sation a été de créer une méthode permettant d'obtenir un réseau d'itinéraires possibles. Cette méthode se base sur la proximité des repères décrits dans la description donnée en entrée. Le résultat est un ensemble de couches de nœuds pouvant correspondre aux étapes de l'itinéraire recherché. Le nombre de nœuds est important, plus de deux cents par couche, et justifie l'utilisation d'une technique d'approximation telle que les algorithmes par colonies de fourmis. Une fois le réseau constitué, la phase d'exécution génère des itinéraires de façon probabiliste, évalue ces solutions et met à jour le réseau pour favoriser les étapes qui produisent des solutions satisfaisantes.

La méthode a fait l'objet d'un développement informatique en java qui prend en entrée une description modélisée selon la méthode présentée et qui fournit un ensemble d'itinéraires solutions répondant aux critères de la description. L'interface du prototype permet de sélectionner la description à géo-localiser, de régler les différents paramètres de l'algorithme et également de visualiser les résultats sur une carte (fig. 4). Les résultats obtenus sur des cas d'étude sont encourageants et nous permettent d'envisager le traitement de descriptions plus complexes. Une étude sur les différents para-

mètres de l'algorithme a été effectuée pour montrer leur influence et ainsi déterminer les meilleurs réglages.

5 Conclusion

La recherche menée au cours de cette thèse avait pour objectif la géolocalisation de descriptions d'itinéraires en milieu naturel. Après une étude des descriptions en milieu naturel (Brosset, 2008) et une phase de modélisation (Brosset, Claramunt, & Saux, 2007), un algorithme a été développé répondant à la question de départ sur des cas d'études (Brosset & Claramunt, 2010). Une comparaison avec une autre métaheuristique, les algorithmes génétiques, vient de montrer une meilleure adaptation des algorithmes par colonies de fourmis pour la géolocalisation de descriptions d'itinéraires (Brosset & Claramunt, 2011). Les perspectives de travail concernent à présent la prise en compte de nouvelles contraintes provenant de la description en entrée, la mise en place de tests sur des descriptions plus complexes et enfin des essais sur des environnements naturels différents et également urbains. La modélisation introduite permet la comparaison de deux descriptions d'itinéraires. Cette piste de recherche est également envisagée.

Bibliographie

- Berge, C.** (1958). *Théorie des graphes et ses applications*. Dunod.
- Brosset, D., & Claramunt, C.** (2010). A Dynamic Ants colony algorithm for geopositioning verbal Route Descriptions (DARD) in natural and non constrained environments.
- Brosset, D., & Claramunt, C.** (2011). An experimental ants colony approach for the geolocation of verbal route descriptions. *Knowledge-Based Systems*, 24, 484-491.
- Brosset, D., Claramunt, C., & Saux, E.** (2007). A location and action-based model for route descriptions. Dans *GeoS 2007*, F. Fonseca, & M. Rodriguez (Éd.), 4853, pp. 146-159. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Brosset, D., Claramunt, C., & Saux, E.** (2008). An ACS cooperative learning approach for route finding in natural environment. Dans *ACM-GIS 2008*, H. Samet, C. Shahabi, & O. Wolfson (Éd.).
- Brosset, D., Claramunt, C., & Saux, E.** (2008). Wayfinding in natural and urban environments: a comparative study. *Cartographica, Toronto University Press*, 43, 21-30.
- Denis, M.** (1997). The description of routes: A cognitive approach to the production of spatial discourse. *Current Psychology of Cognition*, 16, 409-458.
- Dorigo, M.** (1992). *Optimization, Learning and Natural Algorithms (in Italian)*, Unpublished PhD report, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Milan, Italy. Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano.
- Grassé, P. P.** (1959). La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. la théorie de la stigmergie: Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6, 41-80.
- Przytula-Machrouh, E.** (2004). *Information verbale et information graphique pour la description d'itinéraires*. Unpublished PhD report, Université René Descartes.
- Rehrl, K., Leitinger, S., Gartner, G., & Orttag, F.** (2009). An Analysis of Direction and Motion Concepts in Verbal Descriptions of Route Choices., *COSIT'09*, (pp. 471-488).
- Shanon, C., & Weaver, W.** (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois.

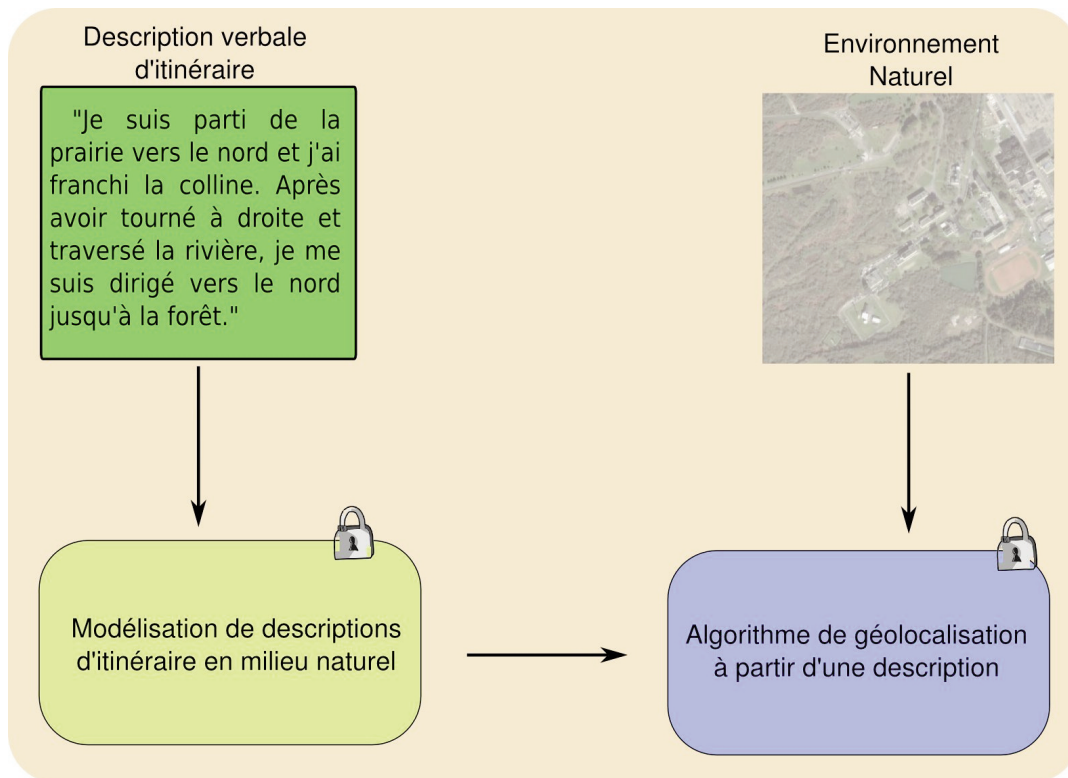


Figure 1 : Principe général de la recherche

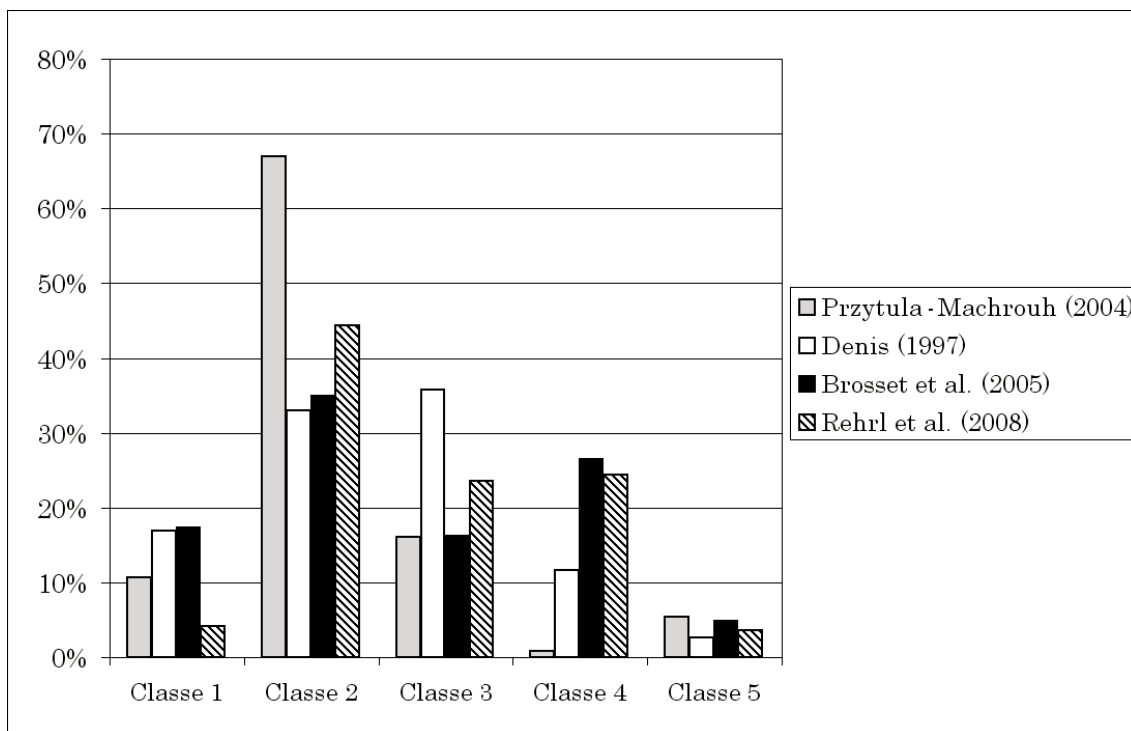


Figure 2 : Analyse des expériences selon la catégorisation de Denis (1997)

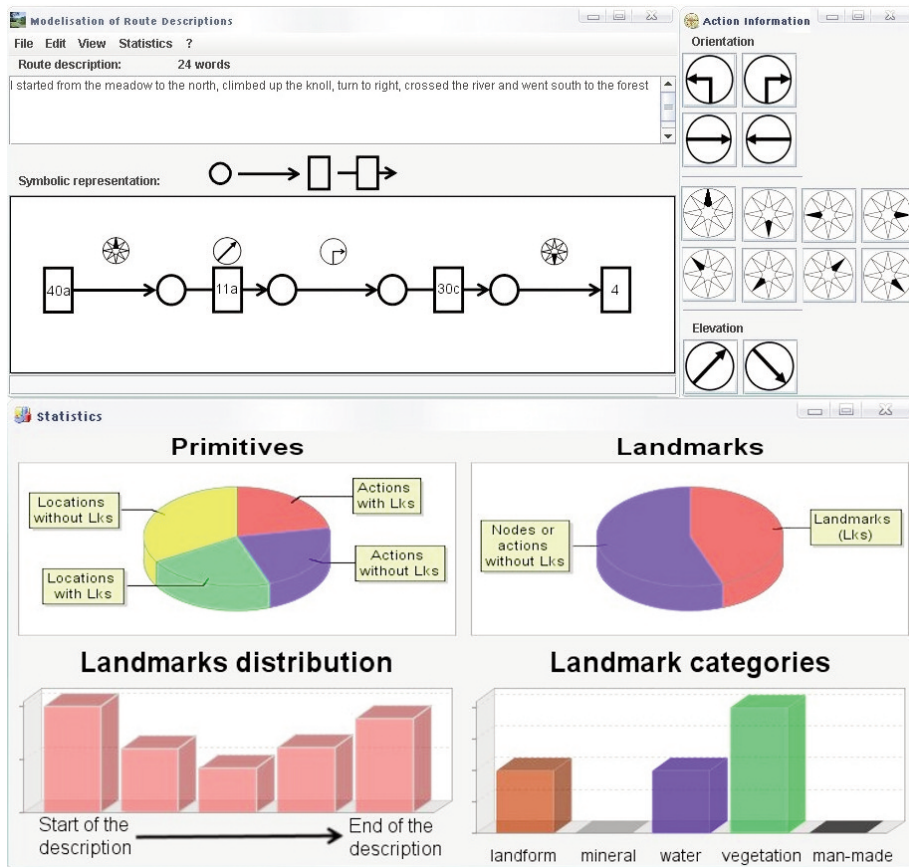


Figure 3 : Du verbal à une description formelle et graphique

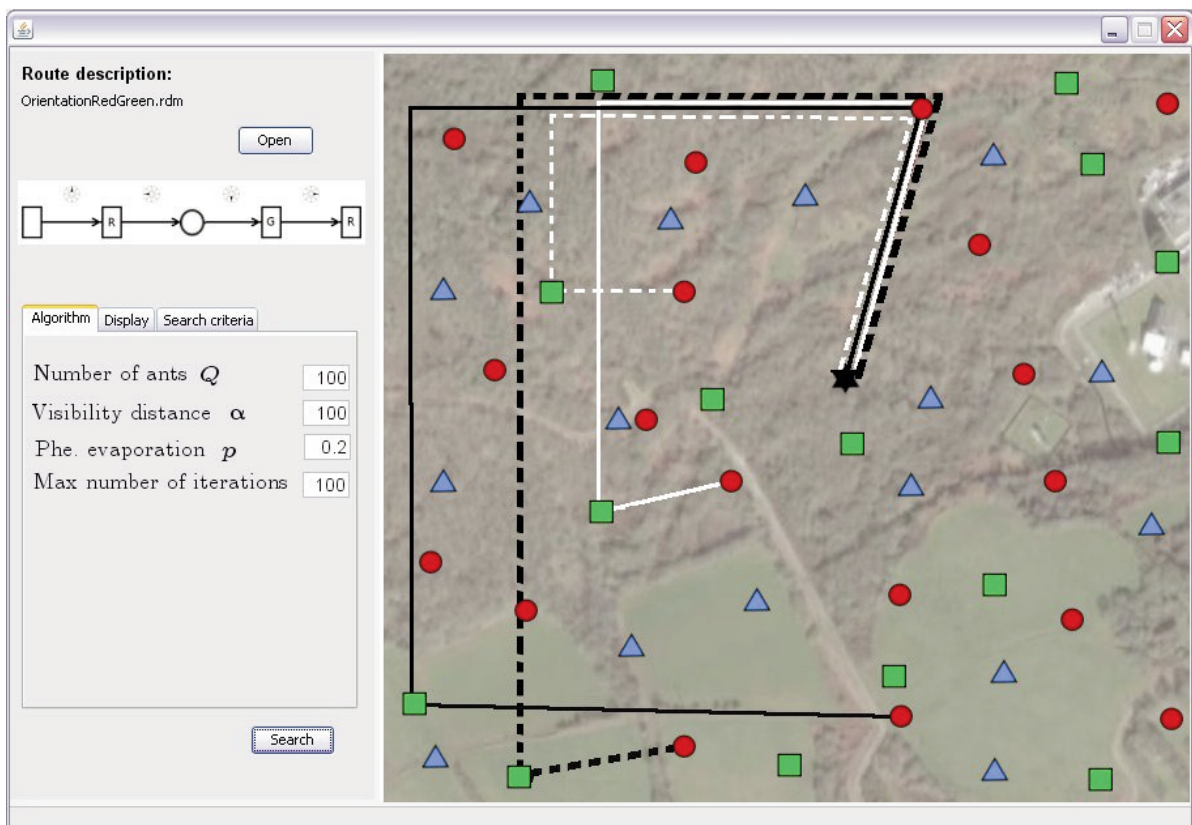


Figure 4 : Logiciel de géolocalisation de descriptions verbales