

Formalisation de la description d'un environnement naturel. Application à la géo-localisation d'un individu

Jean-Marie LE YAOUANC

Soutenance de thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Bretagne Occidentale,
mention *Informatique - Géomatique*.

Préparée à l'Institut de Recherche de l'École navale (EA 3634)
École Doctorale des Sciences de la Mer (ED 156)

Gérard LIGOZAT
Philippe RIGAUX
Frédéric LANDRAGIN
Jacques TISSEAU
Christophe CLARAMUNT
Éric SAUX

Professeur, Université Paris-Sud
Professeur, Université Paris-Dauphine
Chargé de Recherches, LaTTiCe
Professeur, ENIB
Professeur, Ecole Navale
Maître de Conférences, Ecole Navale

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Directeur de thèse
Co-encadrant de thèse

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Contexte



Une complexité des systèmes d'information de plus en plus importante : utilisation d'interfaces multi-modales [Landragin, 2004], visualisation réaliste de cartes, adaptation selon le contexte et l'utilisateur [Petit et al., 2008]

Contexte

Vers un changement de perspective ?

Des développements qui ne reflètent pas la manière dont un individu manipule l'information spatiale :

- Représentation qualitative vs quantitative de l'espace



Ancienne carte géographique fondée sur la perception des objets géographiques

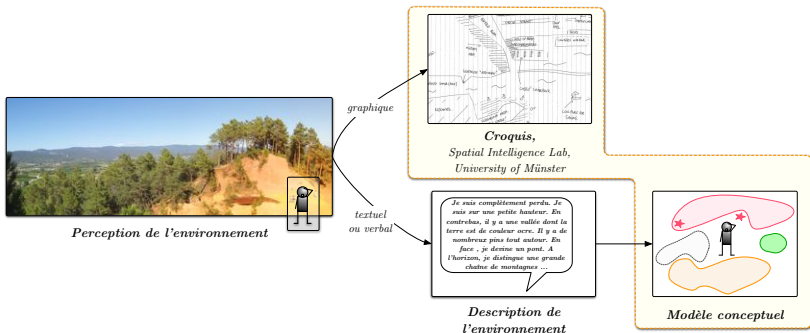


Carte nautique actuelle de la rade de Brest, France - Ref n° 186/2010

- Surcharge cognitive pour l'utilisateur [Timpf, 2002], [Winter et Wu, 2009]

Motivation et objectifs

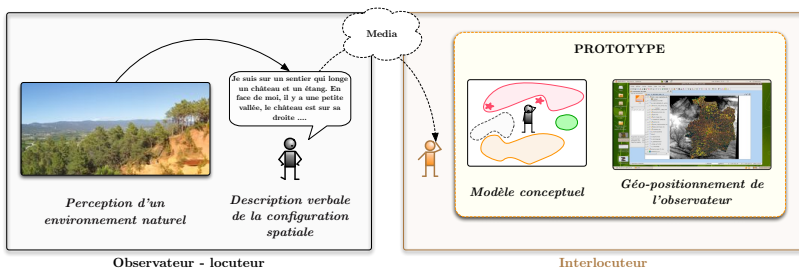
- Développer un modèle en adéquation avec la perception et la cognition spatiale
- En d'autres termes, combiner une représentation cognitive à des données quantitatives fournies par un Système d'Information Géographique



Scenario

Opérations de recherche aux personnes en situation de danger

- Un observateur ayant une **position fixe** dans un environnement naturel
- **Description verbale** de l'environnement perçu à un interlocuteur externe à la scène
- Identification des positions géographiques possibles de l'observateur en interprétant la description



Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Étude expérimentale

Protocole et résultats

- Contexte de l'expérimentation et profil des participants
 - Manipulation de photographies panoramiques présentées au moyen d'une *applet Java*
-
- Description égocentrique de l'environnement
 - Utilisation massive de relations d'orientation et de distance
 - Sélection des éléments caractéristiques de l'environnement

Étude expérimentale

Exemple de description verbale



Description verbale d'une scène environnementale

“Je suis complètement perdu au milieu d'un environnement très vallonné. Je me situe sur un sentier qui longe un château et un petit étang. Le château qui est composé d'un mur d'enceinte et d'un petit donjon est réellement majestueux. Il y a juste en face de moi une petite vallée avec le château sur sa gauche, et à l'horizon, je distingue une chaîne de montagnes. Juste derrière moi, il y a l'étang, puis une large prairie derrière, et au loin une forêt dense”.

Modélisation conceptuelle¹

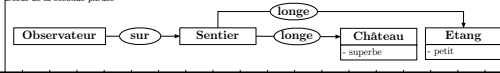
Représentation linguistique de la description

- 1 Filtrage manuel de la description afin de ne conserver que l'information pertinente
- 2 Identification des **relations de dépendance syntaxique** entre les différentes unités lexicales
- 3 Traitement des ambiguïtés d'association

Début de la première phrase



Début de la seconde phrase



Début de la troisième phrase



Début de la quatrième phrase



Début de la cinquième phrase

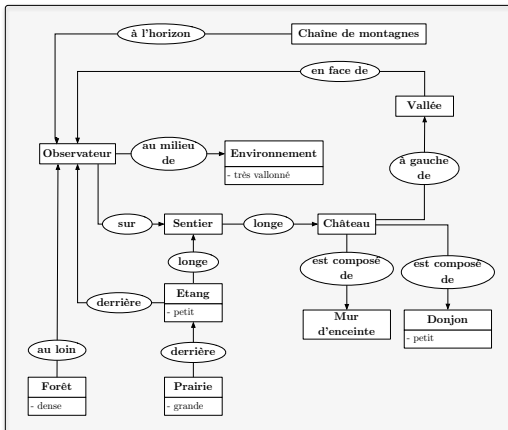


1. Retour page 16.

Modélisation conceptuelle

Représentation sémantique de la description

Organisation des connaissances de la vue linguistique à l'aide d'un réseau sémantique



Modélisation conceptuelle

Représentation spatiale fondée sur les proximités

- Perception des distances et de la profondeur de champ [Granö, 1929]
- Représentation égocentrique qualitativement structurée par quatre **espaces de proximité**
- *Espace du corps, espace de nos expériences, espace distant et espace à l'horizon*

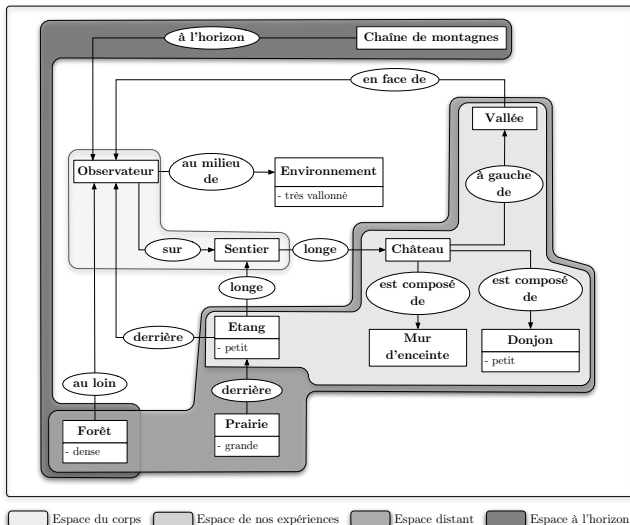
Modélisation conceptuelle

Représentation spatiale fondée sur les proximités

- L'**espace du corps** correspond à l'espace dans lequel l'observateur effectue des actions sans qu'aucun déplacement ne soit nécessaire [Tversky, 1993].
- L'**espace de nos expériences** est facilement accessible par un déplacement limité de l'observateur autour de l'*espace du corps*.
- L'**espace distant** est difficilement accessible sans un déplacement significatif de l'observateur.
- L'**espace à l'horizon** est composé de silhouettes, c'est-à-dire de frontières à deux dimensions qui sont définies par la limite entre le ciel et la terre [Chevriaux, 2008].

Modélisation conceptuelle

Représentation spatiale fondée sur les proximités



Modélisation conceptuelle

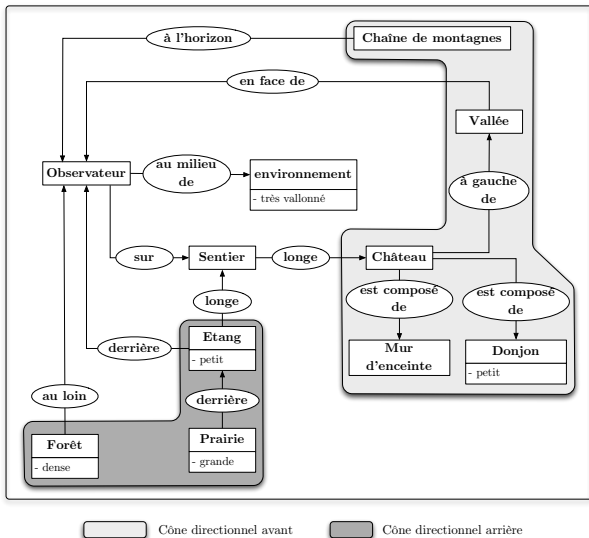
Représentation spatiale fondée sur les orientations

- Enrichissement de la vue sémantique [Peuquet et Ci-Xiang, 1987]
- Initialisation d'un **cône directionnel** lorsqu'une relation spatiale de type *orientation* entre l'observateur et une unité lexicale ou un ensemble d'unités est détectée ^a
- Une entité peut-elle appartenir à plusieurs cônes ?

a. Retour page 11

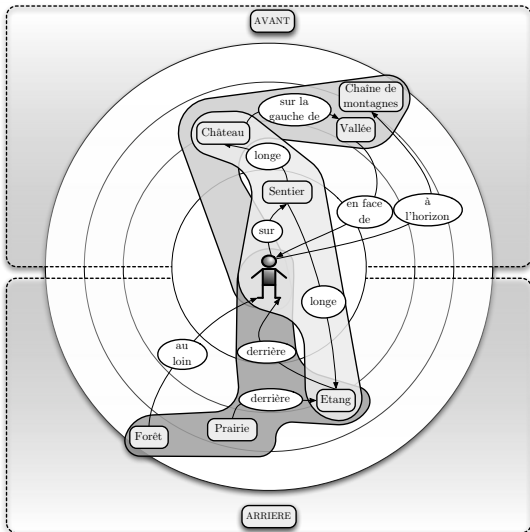
Modélisation conceptuelle

Représentation spatiale fondée sur les orientations



Modélisation conceptuelle

Carte conceptuelle



- Seconde phrase*
- Quatrième phrase*
- Cinquième phrase*

Modélisation conceptuelle

Carte conceptuelle

- Représentation associée à une description égocentrique
- À mi-chemin entre la rigueur de la carte géographique et la liberté fournie par le croquis
- Intérêts :
 - Comparaison de la syntaxe et de la sémantique employées pour décrire un même paysage
 - Comparaison de la configuration spatiale de plusieurs paysages

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 **Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales**
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Modèle de saillance

Motivation

- Intérêt d'une approche caractérisant les entités **saillantes** de la carte conceptuelle
- Mesures quantitatives associées aux unités lexicales d'une description verbale et aux entités de la carte conceptuelle
- Richesse de l'information fournie par chaque unité lexicale de la description
- Isolement spatial des entités

Modèle de saillance

Adaptation d'un algorithme de renforcement mutuel

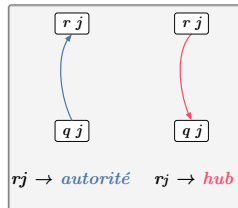
- Initialement adopté par l'algorithme Hyperlink-Induced Topic Search [Kleinberg, 1998]
- Évaluation des relations entre les **autorités** d'un sujet particulier et les **concentrateurs** (ou **hubs**) pointant de nombreuses autorités

Algorithme HITS

$$\forall r_j, q_j; \text{score_autorite}(r_j, k = 0) = 1, \text{score_hub}(q_j, k = 0) = 1.$$

$$\forall r_j, k \geq 1, \text{score_autorite}(r_j, k) = \sum_{j=1}^{n_q} \text{score_hub}(q_j, k - 1).$$

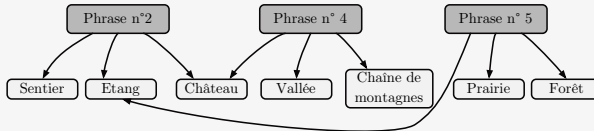
$$\forall q_j, k \geq 1, \text{score_hub}(q_j, k) = \sum_{j=1}^{n_r} \text{score_autorite}(r_j, k).$$



Modèle de saillance

Quantification de la saillance linguistique

Représentation de la description verbale



- Évaluation de la valeur informative d'une phrase "courte" ou "longue"
- Une unité lexicale saillante est une unité qui apparaît dans un grand nombre de phrases, et une phrase saillante est une phrase qui contient un nombre réduit d'unités lexicales, mais dont les scores de saillance sont élevés.

Modèle de saillance

Quantification de la saillance linguistique

Algorithme

$$\forall e_i, score_ling_unite(e_i, k = 0) = 1, \forall s_i, score_ling_phrase(s_i, k = 0) = 1.$$

$$\forall e_i, k \geq 1, score_ling_unite(e_i, k) = \sum_{\substack{j=1 \\ s_j \ni e_i}}^N score_ling_phrase(s_j, k - 1).$$

$$\forall s_i, k \geq 1, score_ling_phrase(s_i, k) = \frac{1}{\sum_{e_j \in s_i}^{n_i} score_ling_unite(e_j, k)} * \max_{j=1}^{n_i} (score_ling_unite(e_j, k)).$$

Critère de récence

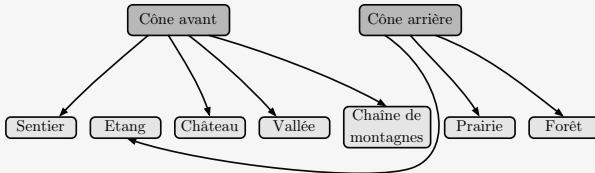
$$\forall e_i, score_ling_unit(e_i, k) = \sum_{\substack{j=1 \\ s_j \ni e_i}}^N score_ling_phrase(s_j, k - 1) * recence(e_i).$$

Modèle de saillance

Quantification de la saillance spatiale

- Évaluation de l'isolement spatial d'une entité
- Une entité est saillante lorsqu'elle apparaît dans un grand nombre de cônes, et un cône saillant est composé d'un nombre réduit d'entités, mais qui ont toutes un score de saillance élevé.

Représentation de la scène environnementale



Modèle de saillance

Quantification de la saillance spatiale

Algorithme

$$\forall c_i, score_spatial_cone(c_i, 0) = 1, \forall e_i, score_spatial_entite(e_i, 0) = 1.$$

$$\forall e_i, k \geq 1, score_spatial_entite(e_i, k) = \sum_{\substack{j=1 \\ c_j \ni e_i}}^{N_c} score_spatial_cone(c_j, k-1).$$

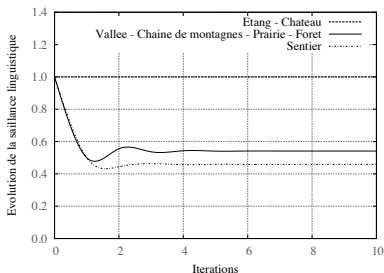
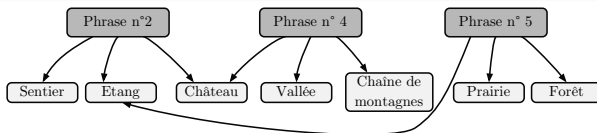
$$\forall c_i, k \geq 1, score_spatial_cone(c_i, k) =$$

$$\frac{1}{\sum_{\substack{j=1 \\ e_j \in c_i}}^{n_i} score_spatial_entite(e_j, k)} * \max_{j=1}^{n_i} (score_spatial_entite(e_j, k)).$$

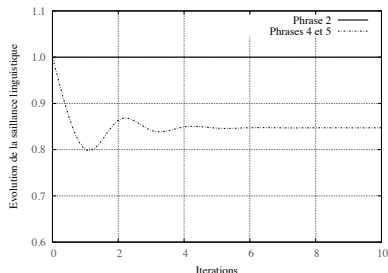
- Algorithme adaptable aux espaces de proximité

Modèle de saillance

Résultats – saillance linguistique



(a) Évolution du score des unités lexicales

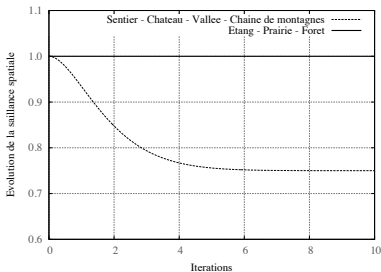
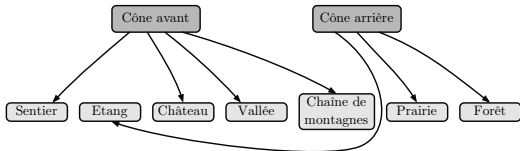


(b) Évolution du score des phrases

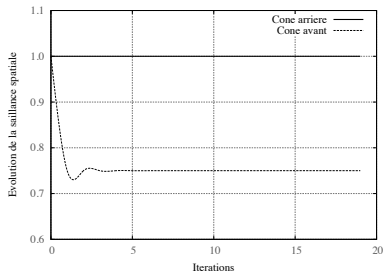
FIGURE: Évolution du score de saillance des unités et des phrases, $\lambda = 0$

Modèle de saillance

Résultats – saillance spatiale



(a) Évolution du score des entités



(b) Évolution du score des cônes

FIGURE: Évolution du score de saillance des entités et des cônes directionnels

Prototype

Validation du modèle – Tests utilisateurs

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Approche de géo-positionnement

Contexte

- Définition du terme **géo-positionnement**
- Particularité par rapport aux approches existantes
- Approche fondée sur l'interprétation de l'information fournie par la carte conceptuelle
- Identification des **aires** correspondant à la description
- Ordonnancement à l'aide des scores de saillance associés aux entités

Approche de géo-positionnement

Principe

1 *Visibilité des entités*

- Calcul des positions à partir desquelles les entités sont visibles de manière simultanée
- Identification d'un ensemble d'**objets candidats**

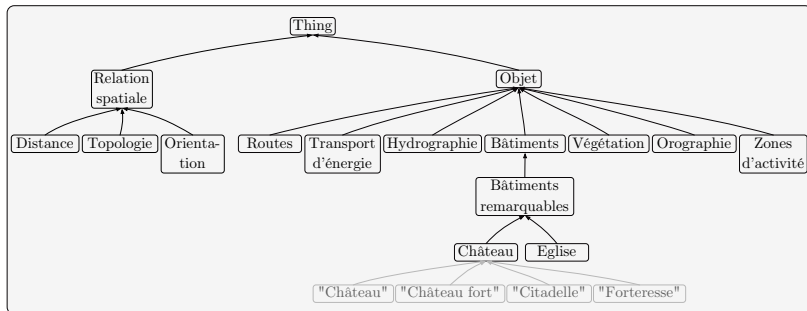
2 *Interprétation géométrique de leur position*

- Interprétation des directions relatives à l'observateur et dérivées des **cônes directionnels**
- Interprétation des relations de distance relatives à l'observateur et dérivées des **espaces de proximité**
- Interprétation des relations d'orientation ternaires

Approche de géo-positionnement

Nécessité d'un référentiel sémantique

- Utilisation de la base de données géographique *BDTopo* fournie par l'Institut Géographique National
- Nécessité d'un outil de représentation des connaissances [Maya, 2001]

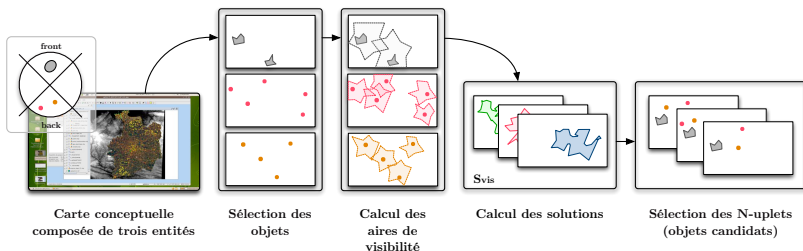


—→ *Relation de subsumption*
 - - -> *Relation d'équivalence (dénomination alternative)*

Visibilité des entités

Principe

- **Contrainte** : les entités identifiées par l'observateur sont toutes visibles depuis une position fixe
- Caractérisation des aires à partir desquelles les entités sont perçues de manière simultanée
- Identification d'un ensemble d'**objets candidats**



Visibilité des entités

Résultats préliminaires

« Je distingue un sentier ainsi qu'une zone arborée »

Visibilité des entités

Résultats préliminaires

« Je distingue un pont ainsi qu'une église »

Interprétation des relations spatiales

Principe

- Contraintes spatiales hiérarchisées selon les scores de saillance

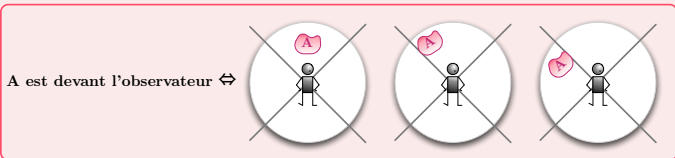
Identification des limites des positions possibles de l'observateur pour lesquelles :

- Deux entités sont placées dans des cônes directionnels opposés
- Deux entités sont placées dans un même cône directionnel
- Deux entités sont placées dans un même cône directionnel, et leur distance relative est spécifiée
- Le positionnement des entités est caractérisé par une relation d'orientation ternaire

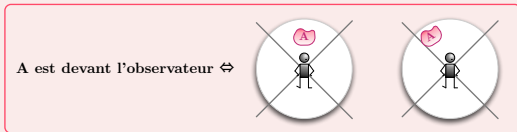
Interprétation des relations spatiales

Hypothèses

- 1 Une entité peut appartenir à plusieurs cônes. Lorsqu'en particulier la frontière d'une entité e_i touche celle d'un cône directionnel c_i , $e_i \in c_i$. Cette hypothèse fournit une solution exhaustive des positions de l'observateur.



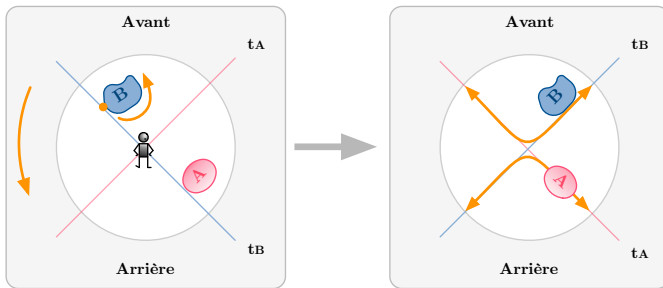
- 2 Une entité n'appartient qu'à un unique cône. Lorsqu'en particulier la frontière de l'entité touche celle d'un cône directionnel c_i , seule la position de l'intérieur de e_i est considérée afin d'évaluer le cône d'appartenance – **Conséquence sur le score de saillance spatiale.**



Entités dans des cônes directionnels opposés

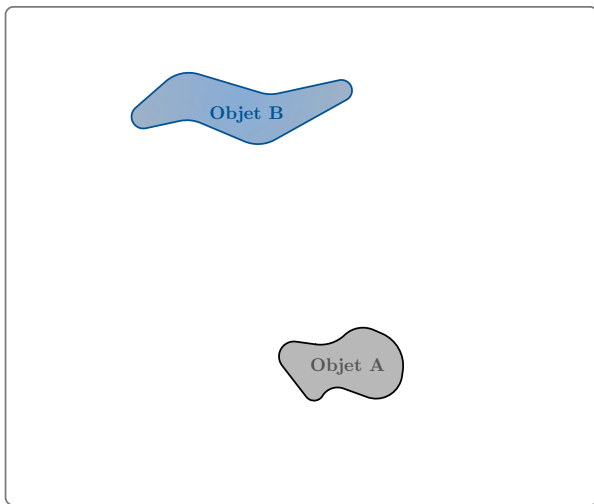
Principe

- Calcul des limites pour lesquelles une entité B est face à l'observateur, alors que l'entité A est derrière lui
- Discrétisation de l'espace en déplaçant de manière uniforme le point P_B le long de la frontière de l'entité B
- Algorithme identique quelle que soit la nature géométrique des objets



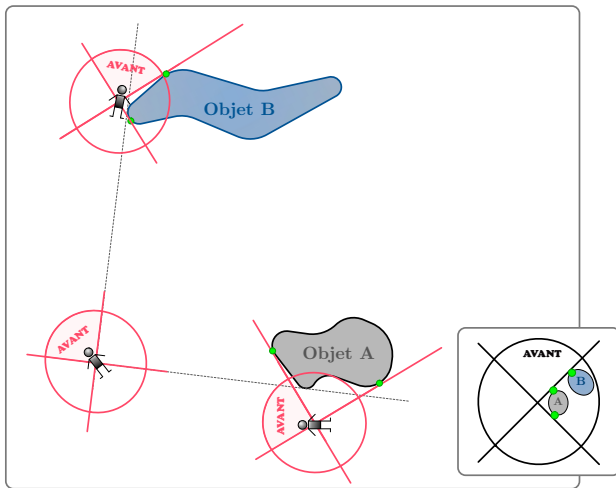
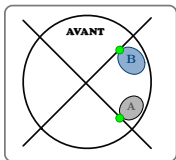
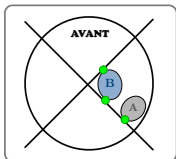
Entités dans des cônes directionnels opposés

B est face à l'observateur, alors que A est derrière lui – hypothèse n°1



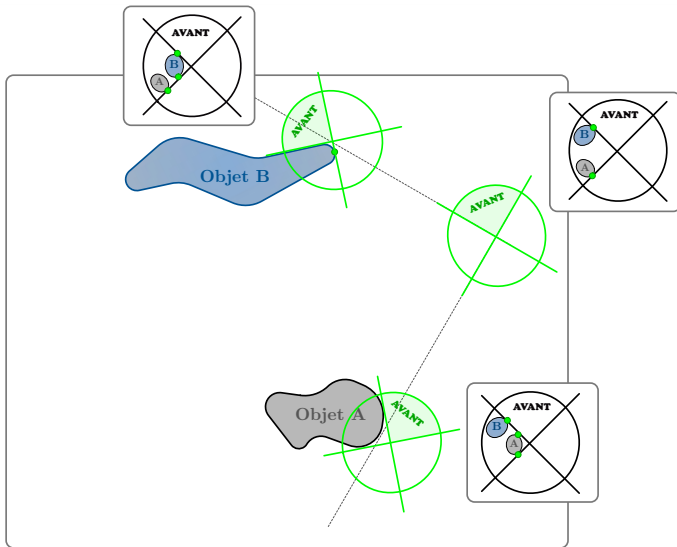
Entités dans des cônes directionnels opposés

B est face à l'observateur, alors que A est derrière lui – hypothèse n°1



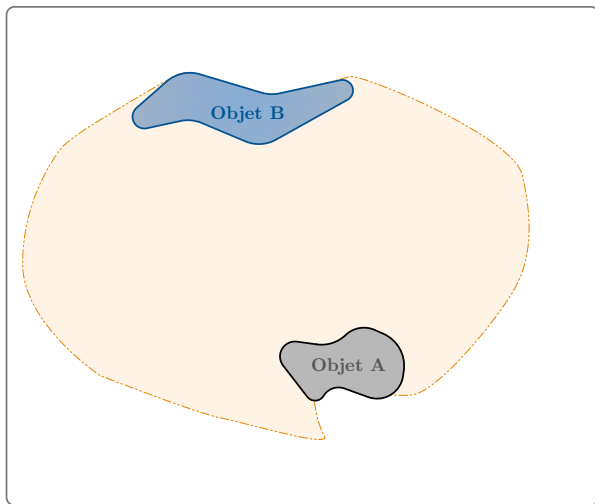
Entités dans des cônes directionnels opposés

B est face à l'observateur, alors que A est derrière lui – hypothèse n°1



Entités dans des cônes directionnels opposés

B est face à l'observateur, alors que A est derrière lui – hypothèse n°1



Distance entre deux entités d'un même cône

Principe

- Distances et espaces de proximité de la carte conceptuelle
- Ordre relatif des entités
- Interprétation sous la forme de contraintes géométriques

Principe

- Les entités A et B sont dans un même cône directionnel
- Leur distances relatives par rapport à la position (fixe) de l'observateur correspondent aux distances exprimées par les espaces de proximité de la carte conceptuelle

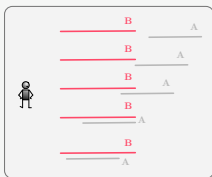
Distance entre deux entités d'un même cône

A et B sont en face de l'observateur, et A est devant B – hypothèse n°2

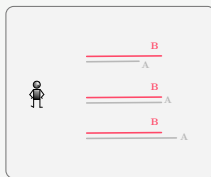
Distance entre deux entités d'un même cône

Comparaisons entre les bornes d'intervalles

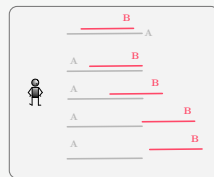
■ Comparaison des bornes des intervalles [Mukerjee, 1990]



Les entités A et B sont devant l'observateur, et A est **derrière** B.



Les entités A et B sont devant l'observateur, et **à la même distance** de lui.



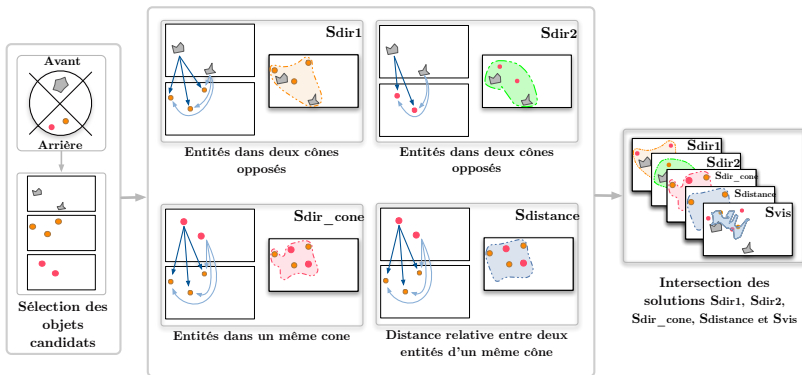
Les entités A et B sont devant l'observateur, et A est **devant** B.

■ Limites liées à l'interprétation de projections

■ Algorithme identique quelle que soit la nature géométrique des objets

Interprétation des relations spatiales

Intégration des résultats



CONTRAINTES SPATIALES

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation conceptuelle d'une scène environnementale
- 3 Modèle de saillance pour la qualification de descriptions et de scènes environnementales
- 4 Approche de géo-positionnement d'un individu à partir d'une description environnementale
- 5 Conclusion

Conclusion

Contribution

Caractérisation des processus mis en œuvre lors du géo-positionnement d'un observateur à partir de la description de son environnement



Conclusion

Contribution

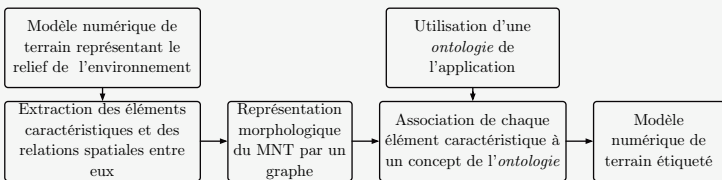
- Représentation conceptuelle d'un environnement [GeoInformatica, 2010]
- Quantification des entités à l'aide de scores de **saillance linguistique et spatiale** [ACM GIS, 2009]
- 1 Approche fondée sur la visibilité simultanée des entités identifiées par l'observateur, sélection d'**objets candidats**
- 2 **Contraintes spatiales** entre ces objets candidats [GIScience, 2010]

Conclusion

Perspectives

- Combinaison possible aux travaux dédiés à la recherche d'itinéraires

- Caractérisation quantitative des objets aux frontières *fiat* : projet *Procore*



- Modèle adapté à la génération automatique de descriptions de scènes naturelles

Bibliographie



Chevriaux, Y. (2008).

Une approche qualitative spatiale pour une description sémantique de reliefs.
PhD thesis, Université de Rennes I.



Granö, J. (1929).

Reine Geographie.
Number 2 in 202. *Acta Geographica.*



Kleinberg, J. (1998).

Authoritative sources in a hyperlinked environment.
In Karloff, H., editor, *9th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, pages 668 – 677. ACM Press.



Landragin, F. (2004).

Dialogue homme-machine multimodal.
Hermès-Lavoisier.



Maya, V. (2001).

Accès aux bases de données géographiques en langage naturel. Application aux descriptions d'itinéraires.
PhD thesis, Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur.



Mukerjee, A. (1990).

A Representation for Modeling Functional Knowledge in Geometric Structures.
In Ramani, S., Chandrasekar, R., et Anjaneyulu, K. S. R., editors, *Knowledge Based Computer Systems*, LNCS, pages 192–202. Springer Heidelberg.



Petit, M., Ray, C., et Claramunt, C. (2008).

An adaptive interaction architecture for collaborative GIS.
Cartographic and Geographic Information Science, 35(2) :91–102.



Peuquet, D. J. et Ci-Xiang, Z. (1987).

An algorithm to determine the directional relationship between arbitrarily-shaped polygons in the plane.
Pattern Recognition, 20(1) :65–74.



Timpf, S. (2002).

Ontologies of wayfinding : A traveler's perspective.
Networks and Spatial Economics, 2(1) :9–33.



Tversky, B. (1993).

Cognitive maps, cognitive collages and spatial mental models.
In Frank, A. U. et Campari, I., editors, *COSIT'93 : Conference on Spatial Information Theory*, volume 716 of LNCS, pages 14–24. Springer Heidelberg.



Winter, S. et Wu, Y. (2009).

Intelligent spatial communication.
Research Trends in Geographic Information Science, pages 235–250.

Formalisation de la description d'un environnement naturel. Application à la géo-localisation d'un individu

Jean-Marie LE YAOUANC

Soutenance de thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Bretagne Occidentale,
mention *Informatique - Géomatique*.

Préparée à l'Institut de Recherche de l'École navale (EA 3634)
École Doctorale des Sciences de la Mer (ED 156)

Gérard LIGOZAT
Philippe RIGAUX
Frédéric LANDRAGIN
Jacques TISSEAU
Christophe CLARAMUNT
Éric SAUX

Professeur, Université Paris-Sud
Professeur, Université Paris-Dauphine
Chargé de Recherches, LaTTiCe
Professeur, ENIB
Professeur, Ecole Navale
Maître de Conférences, Ecole Navale

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Directeur de thèse
Co-encadrant de thèse

Perspectives

Vers une intégration du dialogue entre l'observateur et l'interlocuteur

- Ambiguïté du langage naturel
- L'interlocuteur souhaite **confirmer ou préciser** le positionnement d'objets préalablement cités
- L'interlocuteur souhaite **enrichir** une carte conceptuelle initiale afin de réduire les solutions

Perspectives

Vers une intégration du dialogue entre l'observateur et l'interlocuteur

