



HAL
open science

Proposition d'un modèle de trajectoires multi-aspects et multi-niveaux appliqué au tourisme

Cécile Cayèré, Christian Sallaberry, Cyril Faucher, Marie-Noelle Bessagnet,
Philippe Roose

► To cite this version:

Cécile Cayèré, Christian Sallaberry, Cyril Faucher, Marie-Noelle Bessagnet, Philippe Roose. Proposition d'un modèle de trajectoires multi-aspects et multi-niveaux appliqué au tourisme. Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC) Plate-Forme Intelligence Artificielle (PFIA'21), Jun 2021, Bordeaux, France. pp 56-64. emse-03260473

HAL Id: emse-03260473

<https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-03260473>

Submitted on 15 Jun 2021

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.

Proposition d'un modèle de trajectoires multi-aspects et multi-niveaux appliqué au tourisme

C. Cayèré¹, C. Sallaberry², C. Faucher¹, M.-N. Bessagnet², P. Roose³

¹ La Rochelle Université, L3i, La Rochelle, France

² Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, LIUPPA, Pau, France

³ Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, LIUPPA, Anglet, France

21 mai 2021

Résumé

Dans un contexte d'analyse de traces de mobilité touristique, nous avons conçu un modèle de trajectoire sémantique répondant à des besoins spécifiques exprimés par des experts du tourisme. Ainsi, ce modèle prend en compte : (i) la description de séquences d'épisodes imbriqués/hierarchisés, (ii) la définition d'aspects sémantiques intégrant les dimensions spatiale, temporelle et thématique et (iii) l'association d'aspects sémantiques à des positions ou encore à des épisodes de trajectoire. Chacune de ces caractéristiques est nécessaire au traitement et à l'analyse de données de mobilité touristique que nous détaillerons. À des fins de validation, nous expérimentons notre modèle sur deux cas d'usage de traces de mobilité en extérieur que nous avons analysées dans une chaîne de traitement dédiée. Nous montrons également que notre modèle est générique et extensible.

Mots-clés

Modèle de trajectoire sémantique, trajectoire multi-aspect, trace de mobilité, pratiques touristiques

Abstract

We designed a semantic trajectory model responding to specific needs expressed by tourism analyst experts. Thus, this model takes into account : (i) the description of sequences of nested/hierarchical episodes, (ii) the definition of semantic aspects integrating spatial, temporal and thematic dimensions, and (iii) the association of such semantic aspects to positions or to trajectory episodes. Each of these features is necessary for the processing and analysis of tourist mobility data, which we will detail. For validation purposes, we experiment our model on two use cases of outdoor mobility traces that we computed in a processing chain. We also show that our model is generic and extensible.

Keywords

Semantic trajectory model, multi-aspect trajectory, mobility track, tourist practices

1 Introduction

Le projet Région Nouvelle Aquitaine DA3T (Dispositif d'Analyse des Traces numériques pour la valorisation des Territoires Touristiques) a pour objectif d'améliorer la gestion et la valorisation des territoires touristiques littoraux de la Nouvelle-Aquitaine en utilisant des traces de mobilité touristiques à la fois en intérieur et en extérieur et des données de contexte. Nous disposons de jeux de données provenant de sources variées décrivant des visites touristiques (p. ex. des traces de déplacement de touristes dans la ville de La Rochelle ou encore dans les ateliers de découverte de la Cité du vin de Bordeaux). Pour répondre à l'objectif du projet, géographes et informaticiens souhaitent mettre en place des méthodes et des outils permettant de réaliser des traitements manuels et automatiques dont le résultat permettra d'extraire des connaissances profitables aux acteurs de l'aménagement des territoires.

Dans le cadre de cet article, nous utiliserons des traces de mobilité en extérieur appartenant à des touristes volontaires. Ils ont accepté d'utiliser notre application mobile de capture de déplacements durant leur visite de la ville mais également de participer à un entretien mené à la fin de leur séjour afin de compléter les données brutes de déplacement. Ces traces de mobilité touristique, les entretiens, les traitements dédiés à l'aménagement du territoire mettent en exergue des besoins de représentation de mobilité de granularités diverses (p. ex. des suites de points, des suites de segments de trajectoires, etc.). La représentation d'informations contextuelles calculées (p. ex. la vitesse) ou issues de ressources externes (p. ex. la météo) est également importante. Qualifiées d'aspects sémantiques, ces informations contextuelles seront associées à des positions ou encore à des segments de trajectoires. Ainsi, nous décrivons une mobilité à travers différentes représentations sémantiques : segments annotés par des aspects sémantiques. Ces segments décrivent des caractéristiques de déplacement : (i) segments sémantiques disjoints (p. ex. il marche tout en mangeant une glace) ; (ii) segments sémantiques composés/imbriqués (p. ex. à la fin de sa visite, le touriste achète un livre dans le magasin du musée). Le modèle DA3T que nous proposons relève deux principaux défis : décrire une

trajectoire comme une suite de segments ou épisodes dis-joints ou imbriqués ; décrire chaque épisode par des caractéristiques ou aspects sémantiques de dimension spatiale, temporelle et thématique.

L'article est organisé comme suit. La partie 2 décrit les travaux relatifs aux données de mobilité en énonçant, dans un premier temps, quelques définitions essentielles puis en abondant, dans un second temps, la modélisation des trajectoires sémantiques dans la littérature. La partie 3 expose le scénario de motivation du projet DA3T en décrivant les données manipulées (c.-  -d. les traces de mobilité de touristes ainsi que des données d'enrichissement potentielles) puis en spécifiant les besoins des géographes et des aménageurs quant à la modélisation des trajectoires sémantiques. Les verrous de recherche visés sont ensuite exposés. La partie 4 présente notre contribution : le modèle DA3T dédié à la représentation de trajectoires sémantiques. La partie 5 met à l'épreuve le modèle DA3T à travers deux cas d'usage. Enfin, la partie 6 conclut et présente les perspectives de travaux futurs.

2 Travaux connexes

2.1 Quelques définitions

Le déplacement est un phénomène de nature continue observable partout dans notre environnement physique. Pour faciliter la capture et le stockage d'un déplacement, il est discr  t  s   ; c.-  -d. qu'il est simplifié en une suite de **positions** géolocalisées et horodatées, appelée **trace de mobilité**. Ainsi, la position p d'un objet mobile o    un instant t est un tuple $p = (o, x, y, t, D)$ avec x et y les coordonnées spatiales (qu'elles soient géographiques ou planaires), t le temps de la capture et D un ensemble de données complémentaires capturées en même temps que la position (p. ex. la vitesse, la précision, etc.).

Selon [8], une **trajectoire brute** d'un objet mobile est un segment de la trace de mobilité qui a de l'intérêt pour une application donnée. Dans notre contexte de visiteurs à La Rochelle, les trajectoires peuvent être construites sur un critère temporel (p. ex. une trajectoire par jour) en faisant abstraction des parties de trace de mobilité en dehors du département de la Charente-Maritime.

Souvent la trajectoire brute est limitée pour comprendre tous les enjeux d'un déplacement. Cette constatation a donné lieu à la création du concept de **trajectoire sémantique** [8] qui propose de lier des données sémantiques soit à la trajectoire, soit à un segment de la trajectoire, soit à une position de la trajectoire. Une donnée sémantique est simple ou complexe. Une donnée sémantique simple décrit un objet du monde réel sous la forme d'une **annotation** textuelle (p. ex. la Tour Saint-Nicolas peut être décrite par son *nom*). Une donnée sémantique complexe, quant à elle, décrit un objet du monde réel sous la forme d'un agrégat de caractéristiques (ensemble de données de différents types). Dans ce dernier cas, nous parlons d'**aspect** sémantique [6] (p. ex. un *point d'intérêt* peut être décrit par son *nom*, sa *localisation*, ses *heures d'ouverture*, etc.). Un segment de la trajectoire associé à des données sémantiques s'appelle

communément un **  pisode** [12].

Pour passer d'une trajectoire brute à une trajectoire sémantique, plusieurs traitements dits d'enrichissement peuvent être mis en œuvre. Par exemple, la **segmentation** est le fait de diviser la trajectoire en segments de trajectoire selon un certain critère. L'**annotation** (manuelle ou automatique) est le fait d'attacher des données sémantiques à la trajectoire, un segment de la trajectoire ou une position de la trajectoire. Ces deux traitements peuvent être confondus, il est possible de segmenter et d'annoter avec le même critère. Une **interprétation** de la trajectoire est une séquence d'épisodes obtenue après segmentation ou annotation de la trajectoire [10].

Nous présentons ci-après des modèles de trajectoires sémantiques exploitables dans le domaine du tourisme.

2.2 Modèles de trajectoires sémantiques

Nous avons identifié trois catégories de modèles de trajectoires sémantiques. (i) La première est dédiée à la segmentation de la trajectoire en une suite d'arrêts et de déplacements. (ii) La seconde vise la segmentation de la trajectoire en une suite d'épisodes. (iii) La troisième modélise des phénomènes du monde réel à des fins d'enrichissement mais indépendamment de toute trajectoire et segmentation de trajectoire.

En ce qui concerne la première catégorie (i), les travaux de [9], datant de 2008, introduisent un modèle basé sur les arrêts et déplacements (en anglais, *stops and moves*) qui segmente la trajectoire en temps d'arrêt et temps de déplacement. Ce modèle enrichit chaque segment avec des annotations textuelles (données sémantiques simples) qui en font des épisodes. Il a été repris dans de nombreux autres travaux [1][11][5]. Notons que les épisodes ainsi manipulés se limitent toujours à des arrêts et déplacements annotés.

La seconde catégorie (ii) vise la segmentation d'une trajectoire en une suite d'épisodes. Ici, les épisodes sont également enrichis par des données sémantiques (p. ex. il peut être pertinent de réaliser une segmentation et un enrichissement de la trajectoire basée sur les activités touristiques). Ainsi, l'ontologie Baquara 2 [4] et l'ontologie STEP [7] s'appuient sur la notion d'épisode sémantique pour enrichir les trajectoires. Indépendamment de la catégorie, [4] et [7] intègrent également une hiérarchie entre les épisodes dans laquelle ils peuvent être décomposés en sous-épisodes.

Enfin, la troisième catégorie (iii) modélise des phénomènes du monde réel à des fins d'enrichissement mais indépendamment de toute trajectoire et segmentation de trajectoire. L'annotation d'une ou de plusieurs trajectoires ou positions se fait a posteriori. Le modèle MASTER [6] présente, en 2019, une nouvelle approche qui ne repose pas sur la segmentation de la trajectoire. Elle vise l'association de données sémantiques complexes avec des trajectoires, appelées trajectoires multi-aspects. Ainsi, une trajectoire est enrichie avec des objets du monde réel pertinents pour l'analyse, appelés aspects. Un aspect peut être attaché à une ou plusieurs trajectoires ou à une ou plusieurs positions de trajectoire. Il faut noter qu'un aspect peut avoir une existence sans être pour autant rattaché à des trajectoires ou des positions (p.

ex. l'aspect Tour de la Lanterne est décrit d'abord indépendamment de toute trajectoire mais peut ensuite être lié à des trajectoires ou des positions). Dans ce modèle les aspects possèdent des attributs qui ont des valeurs uniquement textuelles.

3 Projet DA3T : scénario de motivation

Le scénario de motivation, issu du projet DA3T, se découpe en trois parties. La première décrit les spécificités des données manipulées dans le cadre du projet. La deuxième exprime les besoins des géographes en termes de représentation et de traitement de ces données. Enfin, la troisième décrit les verrous scientifiques correspondants.

3.1 Traces de mobilité touristiques et données d'enrichissement

Nous collectons trois types de données : (i) des traces de mobilité des visiteurs de la ville de La Rochelle, (ii) des données issues des entretiens de tout ou partie de ces mêmes visiteurs et (iii) des données contextuelles permettant l'enrichissement de ces traces (météo, points d'intérêt, etc.).

Notre démarche de collecte des données comporte plusieurs phases : (1) promotion de notre projet auprès de visiteurs dans les offices de tourisme de La Rochelle, (2) collecte des traces de mobilité des touristes volontaires grâce à l'application mobile Geoluciole qui, à intervalles de temps réguliers, capture la position du téléphone (c-à-d. de son porteur), (3) réalisation, a posteriori, d'entretiens semi-directifs avec ces mêmes touristes pour demander des précisions et des explications sur leurs déplacements et, enfin, (4) recherche, dans l'Open Data, de données contextuelles en lien avec la ville. À l'issue de ces étapes, nous disposons d'un ensemble de traces de mobilité brutes, collectées grâce à Geoluciole, d'entretiens et de données contextuelles diverses.

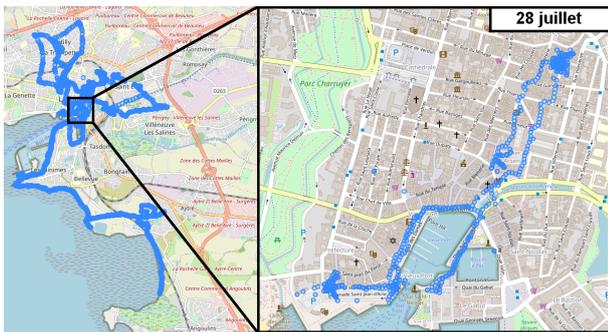


FIGURE 1 – Trace de mobilité issue de l'application Geoluciole appartenant à un visiteur volontaire en vacances à La Rochelle pendant un mois. À gauche, les données collectées et affichées ici concernent uniquement la deuxième semaine de la visite. À droite, seul le jour 4 de la deuxième semaine (28/07) du séjour est isolé.

La figure 1 montre, à gauche, un exemple de traces issues de

Geoluciole. L'extrait d'entretien qui correspond à la journée du 28 juillet, isolée à droite sur la figure, est : "*Le 28/07, visite des tours : d'abord de la Chaîne, puis la Lanterne puis on a voulu aller tour St. Nicolas mais c'était trop tard donc on a fait demi-tour. Puis, on est allé visiter le musée du protestantisme vers 17h30 je crois, ça fermait à 18h.*". Les différents points d'intérêt mentionnés dans l'entretien sont en relation avec la trace mais, nous comprenons, grâce au discours, que la tour Saint-Nicolas n'a pas été visitée à cause de l'heure tardive. L'entretien peut ainsi compléter la trace. Les activités d'un visiteur peuvent être menées en séquence ou en parallèle (p. ex. [*...*] *j'ai voulu trouver un autre endroit où aller lire et je me suis souvenu qu'il y avait de l'herbe par-là donc ouais, j'y suis allé*). En somme, l'entretien peut compléter les silences de la trace et vice-versa. Par ailleurs, nous intégrons des données dites d'enrichissement des traces. Nous disposons de nombreuses données de contexte, disponibles sur l'Open Data telles que la météo, les points d'intérêt, les événements sociaux, etc. Elles sont de différents types et sont décrites, généralement, par trois dimensions : spatiale, temporelle et thématique. Chaque dimension n'est pas forcément renseignée.

3.2 Expression des besoins des géographes

Le projet DA3T est un projet pluridisciplinaire et les géographes et aménageurs exploitent les données de mobilité touristique et d'enrichissement selon des représentations que nous allons préciser dans cette partie. Une trajectoire est décrite par une suite de positions (géolocalisées et horodatées) tout comme elle peut-être décrite, à un niveau d'abstraction supérieur, par une séquence d'épisodes (chacun étant également composé d'une suite de positions). Par exemple, la trajectoire de la Figure 1, peut-être décomposée en épisodes, chacun correspondant à une suite de positions journalières. Nous l'avons déjà précisé, un aspect sémantique est une valeur ajoutée, issue notamment de sources contextuelles, indispensables aux géographes et aménageurs. Le triptyque spatial, temporel et thématique est mobilisé pour la description d'un aspect sémantique : par exemple, un événement des Francfolies peut-être décrit par une *localisation*, une *durée* et un *libellé*. Ainsi, nous comprenons bien qu'il sera intéressant d'associer un aspect sémantique à une position ou à un épisode. Par exemple, une trajectoire pourrait correspondre à une séquence d'épisodes décrivant les différents moyens de locomotion (*bus*, *marche*, *vélo*) mis en œuvre successivement par le touriste. Enfin, de telles séquences d'épisodes peuvent se décomposer récursivement en sous niveaux hiérarchiques. Par exemple, un épisode correspondant à la pratique touristique *découverte* pourrait se décomposer en une séquence de deux sous-épisodes *visite* et *restauration*.

3.3 De la trace touristique à la trajectoire sémantique : verrous et hypothèses de travail

Les caractéristiques des données de mobilité touristique et les attentes spécifiques des géographes et aménageurs qui les exploitent mettent en exergue des besoins de modélisa-

tion bien particuliers. Nous devons, dans un même modèle, être en mesure de décrire des positions, des trajectoires brutes et des trajectoires sémantiques, intégrant les caractéristiques décrites dans la partie 3.2. Ainsi, à l'issue d'un traitement d'une trace de mobilité (c.-  -d. pré-traitement, enrichissement, filtrage, etc.), nous obtenons une ou plusieurs trajectoires brutes (c.-  -d. des segments de la trace de mobilité qui a de l'intérêt pour une application donnée) ou encore des trajectoires sémantiques (c.-  -d. des segments de la trace enrichie avec une ou plusieurs interprétations spécifiques basées sur des données contextuelles de sources diverses).

Les verrous résident dans (i) la modélisation de séquences d'épisodes imbriqués/hierarchis  s pour enrichir les trajectoires; (ii) la modélisation générique des données d'enrichissement intégrant les dimensions spatiale, temporelle et thématique; (iii) l'association de données d'enrichissement à une position ainsi qu'à des épisodes de trajectoire. Nous faisons l'hypothèse de r  -utiliser et d'étendre les notions de granularité [4][7] et de multi-aspects [6] afin de résoudre les 3 verrous (i), (ii) et (iii) précédents. Il n'existe pas, à notre connaissance, de modèle de trajectoire sémantique intégrant ces différentes notions simultanément.

4 Modèle de trajectoire sémantique DA3T

La figure 2 montre notre modèle de trajectoires sémantiques qui est décomposé en trois parties distinctes :

La partie *Raw data level* (c.f. figure 2, bloc 3) rassemble les classes représentant les données brutes collectées. Les données générales relatives aux objets mobiles sont dans la classe *MobileObject* et les données plus spécifiques relatives à une catégorie d'objets mobiles en particulier (p. ex. les touristes volontaires de notre projet) sont dans les classes correspondantes qui en héritent (p. ex. la classe *GeolucioleVisitor*). La trace de mobilité d'un objet mobile est décrite grâce aux classes *Position* et *Trajectory*. Il peut y avoir plusieurs types de positions (p. ex. dans notre projet, *IndoorPosition* pour les positions de visiteurs dans les musées et *OutdoorPosition* pour les positions collectées avec Geoluciole) qui ont différents attributs, mais qui héritent toutes de la classe générique *Position*. Un objet mobile possède une suite de positions qui décrit le déplacement capturé au complet, c.-  -d. sa trace de mobilité. Les trajectoires sont des sous-parties de cette trace de mobilité qui présentent un intérêt pour une application donnée. Ce modèle est **générique** et **extensible** en fonction du contexte applicatif. Les parties qui peuvent être étendues dans la classe *MobileObject*, à laquelle il est possible d'ajouter des classes enfants représentant de nouveaux types d'objets mobiles (p. ex. une classe d'objets mobiles *Vehicle* héritant de *MobileObject*) et la classe *Position*    laquelle il est possible d'ajouter des classes enfants représentant de nouveaux types de positions (p. ex. une classe de positions *GPSPosition* héritant de *Position*)

La partie *Semantic data level* (c.f. figure 2, bloc 1) regroupe les données sémantiques. Comme dans le modèle MAS-

TER [6], nous souhaitons représenter les données sémantiques sous la forme d'aspects sémantiques. Notre modèle est donc qualifié de modèle **multi-aspects**. Quatre classes principales représentent ces aspects (*Aspect*, *AspectType*, *Attribute* et *Value*). L'aspect représente un phénomène du monde réel identifié comme ayant de l'intérêt pour une application en question. Le type d'aspect représente la catégorie de ce phénomène (p. ex. *pratique touristique*, *point d'intérêt*, *moyen de déplacement*, *météo*, etc.) et possède des attributs spécifiques (p. ex. les *points d'intérêt* sont chacun caractérisés par un *nom*, une *localisation*, un *type*, etc.). Un type d'aspect peut avoir des sous-types (p. ex. un type *mode de transport* peut avoir comme sous-type *voiture*, *vélo*, *bus*, etc.). Lors de la création d'un aspect, au minimum un type d'aspects lui est associé et chaque attribut associé à ce type est instancié grâce à la classe d'association *Value* (p. ex. l'aspect *tour de la lanterne* est un *point d'intérêt* qui a pour *nom* : *Tour de la Lanterne*, pour *localisation* : *[46.1558333,-1.1569444]*, pour *type* : *tour*, etc.). Dans le modèle original, les attributs sont uniquement instanciés sous la forme de chaînes de caractères. Dans notre modèle, nous avons choisi d'ajouter des classes pour distinguer les attributs temporels, spatiaux et thématiques. De plus, certaines classes du modèle peuvent être reliées à des concepts provenant d'ontologies grâce à un attribut *uri* (p. ex. pour décrire des aspects de type *point d'intérêt*, on peut s'appuyer sur des ontologies externes comme celle de DataTourisme¹). Une URI peut soit décrire un type d'aspect, soit un attribut d'aspect, soit une valeur d'un aspect particulier.

La partie *Interpretation level* (c.f. figure 2, bloc 2) sert de lien entre les données brutes et les données sémantiques. La classe *semanticMeaning* est une classe reprise du modèle MASTER qui sert précisément à faire ce lien. Un sens sémantique peut être attaché au visiteur à une position de son déplacement, mais également à un épisode de la classe *Episode*. Il est possible d'exprimer la granularité des épisodes grâce au lien de composition récursif signifiant qu'un épisode peut être précisé par d'autres épisodes. Ainsi, notre modèle est qualifié de modèle **multi-niveaux** [4]. Une trajectoire spécifique peut être liée à une ou plusieurs interprétations de la classe *Interpretation*. Une interprétation est une séquence d'épisodes particulière (p. ex. la trajectoire d'un touriste peut avoir une interprétation pour décrire la *météo* au cours du déplacement, une autre interprétation pour décrire les *pratiques touristiques*, etc.) [10]. La classe *Pattern* permet de faire des regroupements de trajectoires qui présentent des caractéristiques spatiales, temporelles ou sémantiques communes (p. ex. les trajectoires où les visiteurs ont fait les mêmes activités, les trajectoires qui ont travers   les mêmes quartiers, etc.). Enfin la classe *MobileObjectCategory* permet de classer les visiteurs dans des catégories particulières selon leurs comportements (p. ex. les touristes, les habitants, etc.).

Nous avons présenté un modèle multi-aspects et multi-

1. Lien vers l'ontologie DataTourisme : <https://frama-git.org/datatourisme/ontology>

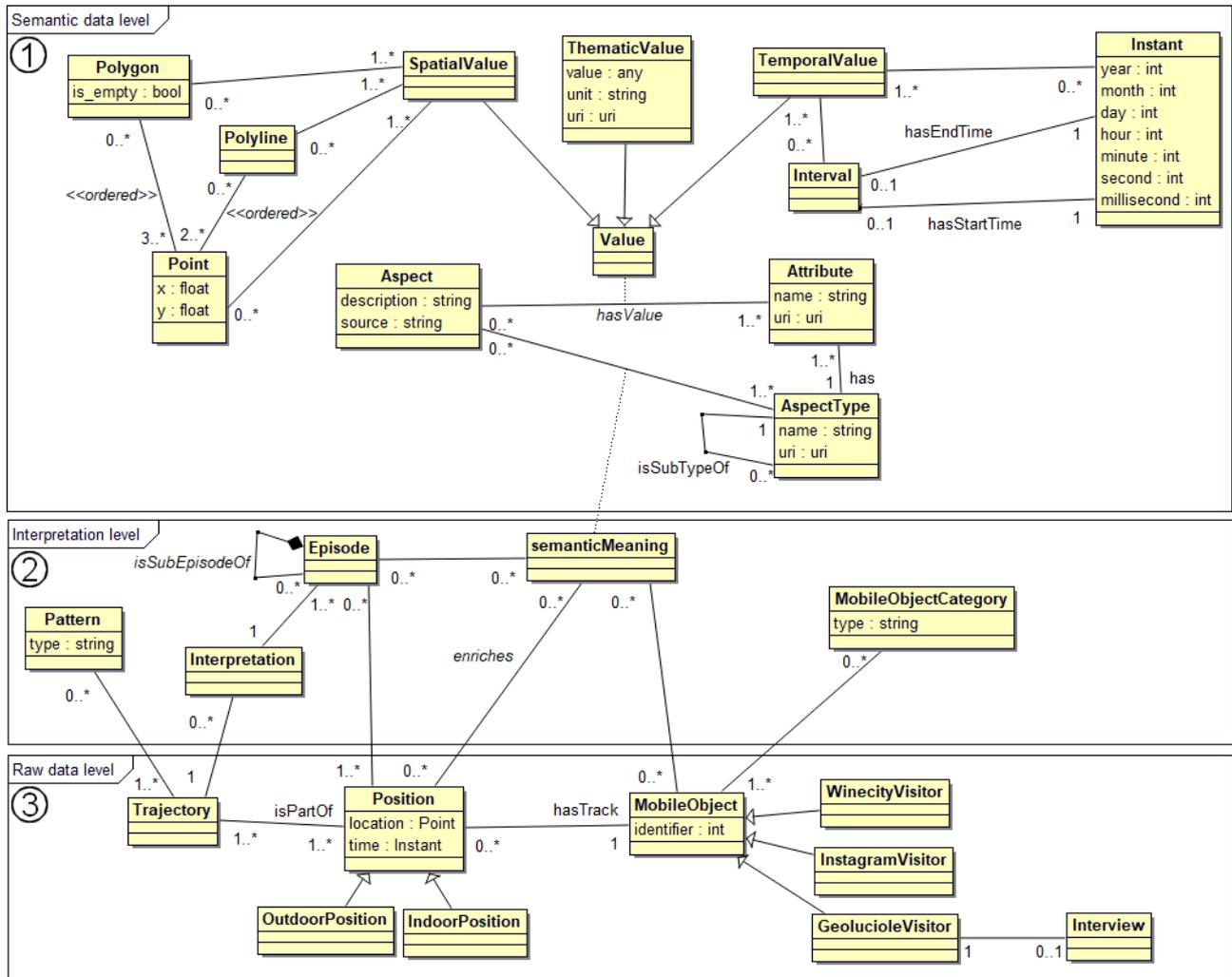


FIGURE 2 – Modèle de trajectoire sémantique

niveaux qui est générique et extensible. Utilisons maintenant de vrais cas d'usage pour le tester.

5 Expérimentation du modèle DA3T

L'objectif de cette partie est de présenter l'instanciation de notre modèle de trajectoire sémantique dans le contexte particulier du projet DA3T. Les traitements des données sont réalisés grâce à une plateforme modulaire où toutes les données en entrée et en sortie des services sont des instanciations du modèle. Dans un premier temps, nous présentons brièvement la plateforme modulaire [3] à travers un premier cas d'usage. Dans un second temps, le modèle est mis à l'épreuve selon deux cas d'usage dont le premier.

5.1 Plateforme de traitement modulaire

La plateforme de traitement modulaire créée et utilisée dans le projet a fait l'objet de deux articles [3] [2]. Il s'agit d'une plateforme permettant de construire des chaînes de traitement personnalisées à l'aide de services. Chaque service est un composant logiciel qui effectue un traitement spéci-

fique. Ils peuvent être classés dans différentes catégories qui regroupent les services avec des objectifs similaires (c.-à-d. *Pré-traitement*, *Filtrage*, *Enrichissement*, *Modification*, *Agrégation* et *Visualisation*). Une chaîne de traitement est une suite de services qui répond à une question spécifique sur un jeu de données.

Ainsi, la figure 3 montre un exemple de chaîne de traitement qui permet de répondre à la question (1) : Quelles sont les traces de mobilité qui sont passées par le quartier *Les Minimes* et par le quartier *Saint-Nicolas* dans la même journée ?

Nous utilisons ici des données issues de Geoluciole. Cette chaîne de traitement prend en entrée des traces de mobilité brutes, affiche en sortie une carte avec toutes les trajectoires répondant à la problématique et enchaîne des services de quatre catégories différentes.

Pour commencer, la catégorie *Pré-traitement* (c.f. figure 3, catégorie 1) regroupe les services qui pré-traitent les données. Les traces de mobilité des touristes sont nettoyées avec le service *Nettoyage basé sur la précision de la cap-*

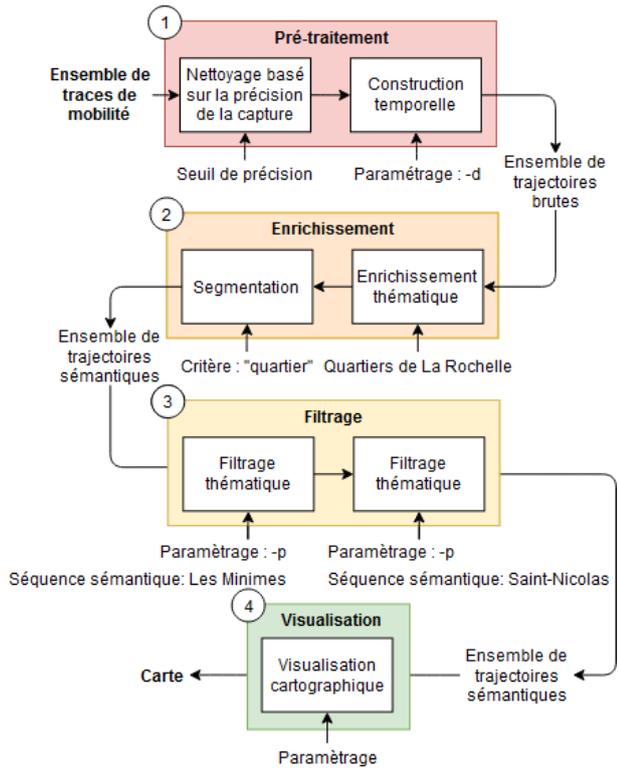


FIGURE 3 – Chaîne de traitement personnalisée permettant de répondre à la question (1)

ture. Ce service s’appuie sur la valeur de précision enregistrée au moment de la capture de la position et indique, en mètres, le rayon d’incertitude autour de la position. Il est à noter que certains services ont été spécifiquement développés pour accepter certains types de données (ici, p. ex. il faut que les positions des traces en entrée disposent de cette valeur de précision). Le service suivant *Construction temporelle* construit des trajectoires brutes à partir des traces de mobilité nettoyées. La question pousse à nous intéresser aux trajectoires des visiteurs à l’échelle temporelle de la journée. Ainsi, le paramétrage *-d* (pour *day*) indique que le service construit une trajectoire par jour et par personne.

La catégorie *Enrichissement* (c.f. figure 3, catégorie 2) regroupe les services qui transforment une trajectoire brute en une trajectoire sémantique. Le service *Enrichissement sémantique* lit des données sémantiques externes aux positions de la trajectoire. Ici, chaque position des trajectoires est liée à l’aspect représentant le quartier de La Rochelle dans lequel elle se trouve. Le service suivant *Segmentation* construit, pour chaque trajectoire, une interprétation basée sur l’enrichissement réalisé précédemment, c.-  -d. une séquence d’épisodes composée des différents quartiers de La Rochelle traversés. Le résultat de ce service est un ensemble de trajectoires sémantiques.

La catégorie *Filtrage* (c.f. figure 3, catégorie 3) regroupe les services qui filtrent les trajectoires selon des critères spécifiques. Ici, le service *Filtrage thématique* filtre les trajectoires et donne comme résultat celles qui présentent

une certaine sous-séquence sémantique dans leur séquence d’épisodes correspondante. Ici, le service est appelé deux fois : la première fois, il filtre les trajectoires qui sont passées par le quartier *Les Minimes* et la seconde fois, il filtre les trajectoires qui sont passées par le quartier *Saint-Nicolas*.

Enfin, la catégorie *Visualisation* (c.f. figure 3, catégorie 4) regroupe les services qui permettent de visualiser des résultats. Le service *Visualisation cartographique* permet de représenter les données en entrée sur une carte selon un certain paramétrage. Ici, seules les trajectoires qui passent par les quartiers *Les Minimes* et *Saint-Nicolas* apparaîtront sur la carte (c.f. figure 4). Comme chaque trajectoire représente le déplacement d’une personne pour un jour spécifique, nous avons répondu à la question (1).

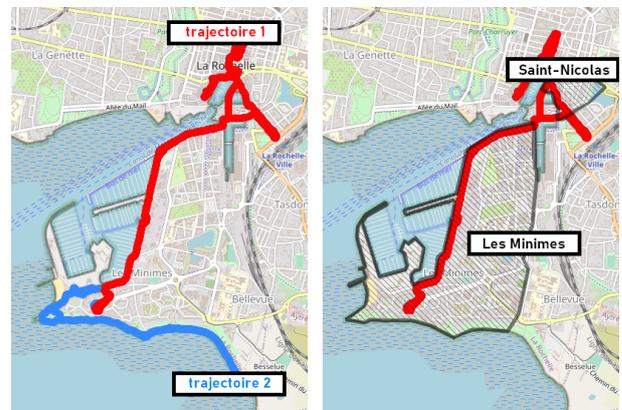


FIGURE 4 –    gauche, résultat après le service *Construction temporelle*, à droite, résultat après le service *Filtrage thématique*

5.2 Mise en œuvre avec deux cas d’usage

Nous allons maintenant instancier notre modèle de trajectoire sémantique selon deux cas d’usage.

Dans un premier temps, nous allons reprendre le cas d’usage de la partie précédente avec la question (1) et nous appuyer sur la chaîne de traitement présentée en figure 3. Rappelons que les entrées et sorties de chaque service sont des instanciations du modèle. Afin de tester son intégration à la plateforme, nous observerons l’instanciation du modèle à une étape de la chaîne de traitement. La figure 6 montre l’instanciation du modèle juste avant le filtrage. Après le filtrage, la trajectoire 1 apparaîtra en sortie car elle passe par les deux quartiers spécifiés. Par souci de lisibilité, la figure représente la trace de mobilité d’un seul visiteur Geoluciole.

Nous souhaitons maintenant répondre à la question (2) : Quelles sont les pratiques touristiques des visiteurs lorsqu’ils sont dans le quartier *Centre-ville* de La Rochelle ?

Nous allons expliquer la chaîne de traitement à travers la figure 5 qui schématise un exemple d’interprétation d’une trajectoire. Dans un premier temps, nous partons des traces de mobilité des visiteurs. Nous nous intéressons aux pratiques touristiques en centre-ville, par conséquent, le d  

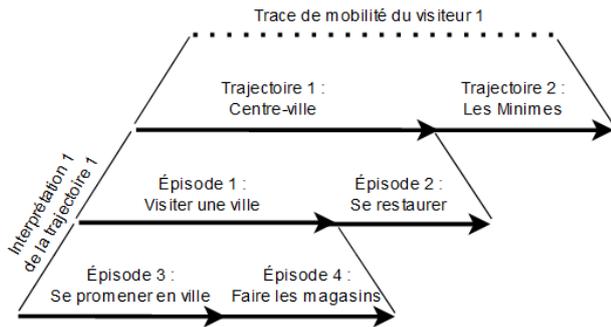


FIGURE 5 – Exemple d'interprétation d'une trajectoire

coupage des traces en trajectoire se fonde sur des critères spatiaux et utilise les zones décrivant les quartiers de La Rochelle. Nous aboutissons, dans l'exemple, à deux trajectoires pour le visiteur 1, une, se déroulant dans le quartier *Centre-ville*, l'autre, dans le quartier *Les Minimes*. Chaque position est enrichie avec la pratique touristique qui lui est associée. Nous construisons ensuite les interprétations des trajectoires basées sur cet enrichissement. Dans l'exemple, l'interprétation 1 est composée de quatre épisodes décrivant les pratiques touristiques réalisées par le visiteur à ces moments-là. Il est à noter que les épisodes 3 et 4 sont imbriqués dans l'épisode 1. Il suffit, ensuite, d'utiliser un service de filtrage afin de ne sélectionner que les trajectoires se situant dans le quartier *Centre-ville*, puis, grâce à un service de visualisation, d'afficher les pratiques touristiques qui leur sont associées. Nous obtenons, en résultat, une liste de pratiques touristiques réalisées au centre-ville de La Rochelle. Dans l'exemple la liste est composée des aspects *Visiter une ville*, *Se promener en ville* et *Faire les magasins* et *Se restaurer*.

La figure 7 montre l'instanciation du modèle juste avant le filtrage. Dans un premier temps, chaque position est enrichie avec les aspects sémantiques représentant les pratiques touristiques qui leur correspondent. Chaque pratique est liée à un concept d'une ontologie du domaine que nous utilisons dans le projet, cependant sa description sort du cadre de cet article. Par souci de lisibilité, les liens entre les classes *Position* et *semanticMeaning* ne sont pas affichés mais les positions 1, 2 et 3 sont associées à la pratique de *Visiter la ville*, les positions 1 et 2 sont aussi associées à la pratique *se_promener_en_ville*, la position 3 est aussi associée à la pratique de *faire_les_magasins*, enfin, la position 4 est associée à la pratique *se_restaurer*. La segmentation s'appuie ensuite sur cet enrichissement pour créer une interprétation relative aux pratiques touristiques. Nous pouvons voir que quatre épisodes ont été créés. L'épisode 1 correspond à *visiter_la_ville* et l'épisode 2 correspond à *se_restaurer*. Les épisodes 3 et 4 composent l'épisode 1 et correspondent respectivement à *se_promener_en_ville* et *faire_les_magasins*.

Cette partie a permis de démontrer l'intérêt du modèle à travers deux cas d'usage réels. La combinaison entre le modèle et la plateforme de chaîne de traitement a permis de répondre à des questions que se posent les géographes de

notre projet. Nous avons pu voir que toutes les données manipulées s'intègrent dans le modèle et qu'il permet de représenter tous les cas particuliers spécifiques à notre contexte.

6 Conclusion et perspectives

Le projet DA3T a pour objectif de proposer des modèles, méthodes et outils dédiés au traitement de données de mobilité touristique au service de l'aménagement et de la valorisation des territoires de la côte atlantique. Dans cet article, nous nous sommes focalisés sur le modèle DA3T. Ce modèle intègre la notion de séquence d'épisodes multi-niveaux. Chaque épisode, disjoint ou imbriqué, est enrichi par des aspects sémantiques qui permettent de représenter les objets du monde réel à l'aide d'attributs de dimensions spatiale, temporelle et thématique. Le modèle permet ainsi d'associer plusieurs interprétations (c.-à-d. plusieurs séries d'épisodes sémantiques) à une trajectoire. Il est déjà implémenté dans la plateforme de traitement personnalisée DA3T où les données en entrée et en sortie de chaque service sont des instances du modèle. Nous l'avons testé et validé sur des données de mobilité en extérieur. Nous souhaitons maintenant le mettre en œuvre sur des données en intérieur correspondant à des visites de musées. De plus, nous expérimentons des services d'agrégation de trajectoires et de visiteurs comportant des similarités sémantiques (classes *Pattern* et *MobileObjectCategory*). Enfin, nous travaillons sur des services exploitant les entretiens des visiteurs pour enrichir leurs trajectoires.

Références

- [1] M. Baglioni, J. Macedo, C. Renso, and M. Wachowicz. An Ontology-Based Approach for the Semantic Modelling and Reasoning on Trajectories. In *Advances in Conceptual Modeling – Challenges and Opportunities*, Lecture Notes in Computer Science, pages 344–353, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [2] C. Cayère. Plateforme etl dédiée à l'analyse de la mobilité touristique dans une ville. In *Actes du Forum jeunes chercheuses jeunes chercheurs d'INFORSID*, pages 13–15, 2020.
- [3] C. Cayère, C. Faucher, C. Sallaberry, M.-N. Bessagnet, and P. Roose. Tools for processing digital trajectories of tourists. In *Mobile Data Management*, pages 232–233, June 2020.
- [4] R. Fileto, C. May, C. Renso, N. Pelekis, D. Klein, and Y. Theodoridis. The Baquara2 knowledge-based framework for semantic enrichment and analysis of movement data. *Data & Knowledge Engineering*, 98 :104–122, July 2015.
- [5] A. Frihida, D. Zheni, H. B. Ghezala, and C. Claramunt. Modeling Trajectories : A Spatio-Temporal Data Type Approach. In *2009 20th International Workshop on Database and Expert Systems Application*, pages 447–451, August 2009.
- [6] R. D. Mello, V. Bogorny, L. O. Alvares, L. H. Z. Santana, C. A. Ferrero, A. A. Frozza, G. A. Schreiner, and

- C. Renso. MASTER : A multiple aspect view on trajectories. *Transactions in GIS*, page tgis.12526, May 2019.
- [7] T. P. Nogueira, R. B. Braga, C. T. de Oliveira, and H. Martin. FrameSTEP : A framework for annotating semantic trajectories based on episodes. *Expert Systems with Applications*, 92 :533–545, February 2018.
- [8] C. Parent, S. Spaccapietra, C. Renso, G. L. Andrienko, N. V. Andrienko, V. Bogorny, M. L. Damiani, A. Gkoulalas-Divanis, J. A. F. de Macêdo, N. Pelekis, Y. Theodoridis, and Z. Yan. Semantic trajectories modeling and analysis. *ACM Comput. Surv.*, 45(4) :42 :1–42 :32, 2013.
- [9] S. Spaccapietra, C. Parent, M. L. Damiani, J. A. de Macedo, F. Porto, and C. Vangenot. A conceptual view on trajectories. *Data & Knowledge Engineering*, 65(1) :126–146, April 2008.
- [10] Z. Yan, D. Chakraborty, C. Parent, S. Spaccapietra, and K. Aberer. SeMiTri : A Framework for Semantic Annotation of Heterogeneous Trajectories. *EDBT 2011*, 2011.
- [11] Z. Yan, J. Macêdo, C. Parent, and S. Spaccapietra. Trajectory Ontologies and Queries, 2008.
- [12] Z. Yan, C. Parent, S. Spaccapietra, and D. Chakraborty. A Hybrid Model and Computing Platform for Spatio-semantic Trajectories. In *The Semantic Web : Research and Applications*, Lecture Notes in Computer Science, pages 60–75, Berlin, Heidelberg, 2010. Springer.

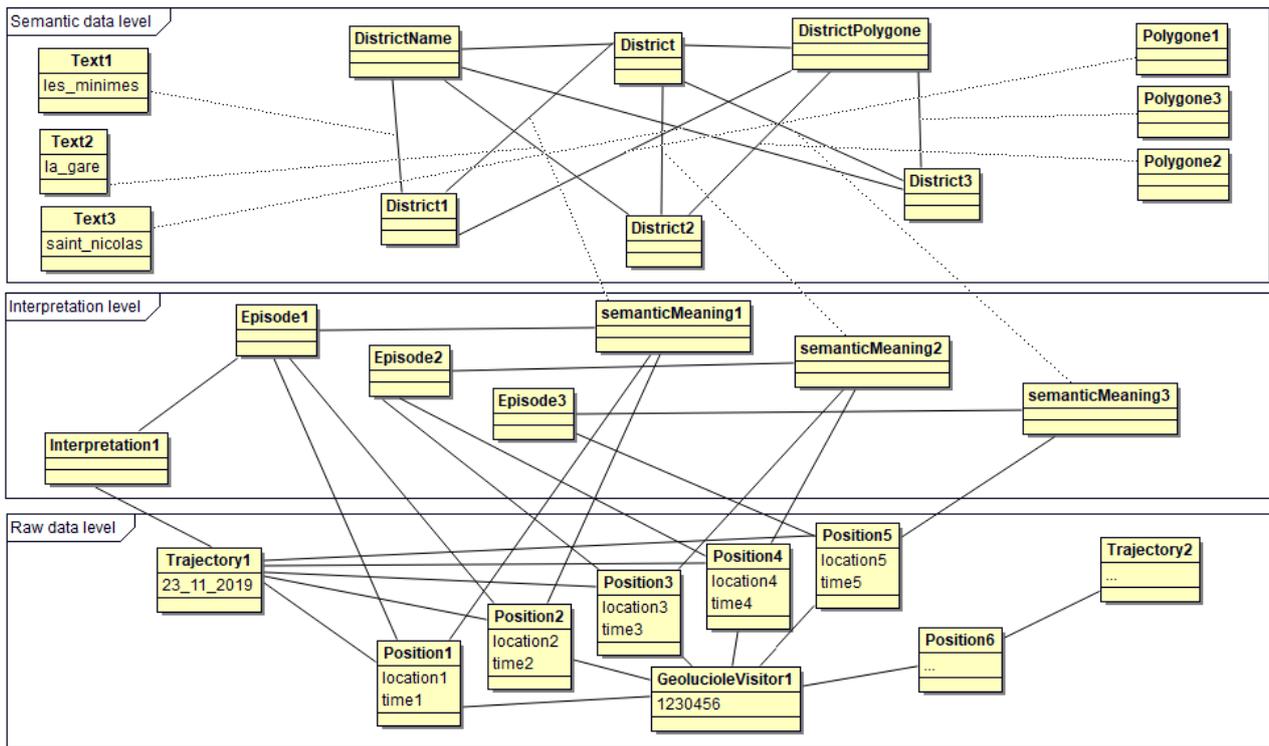


FIGURE 6 – Instanciation du modèle durant le processus de traitement pour répondre à la question (1)

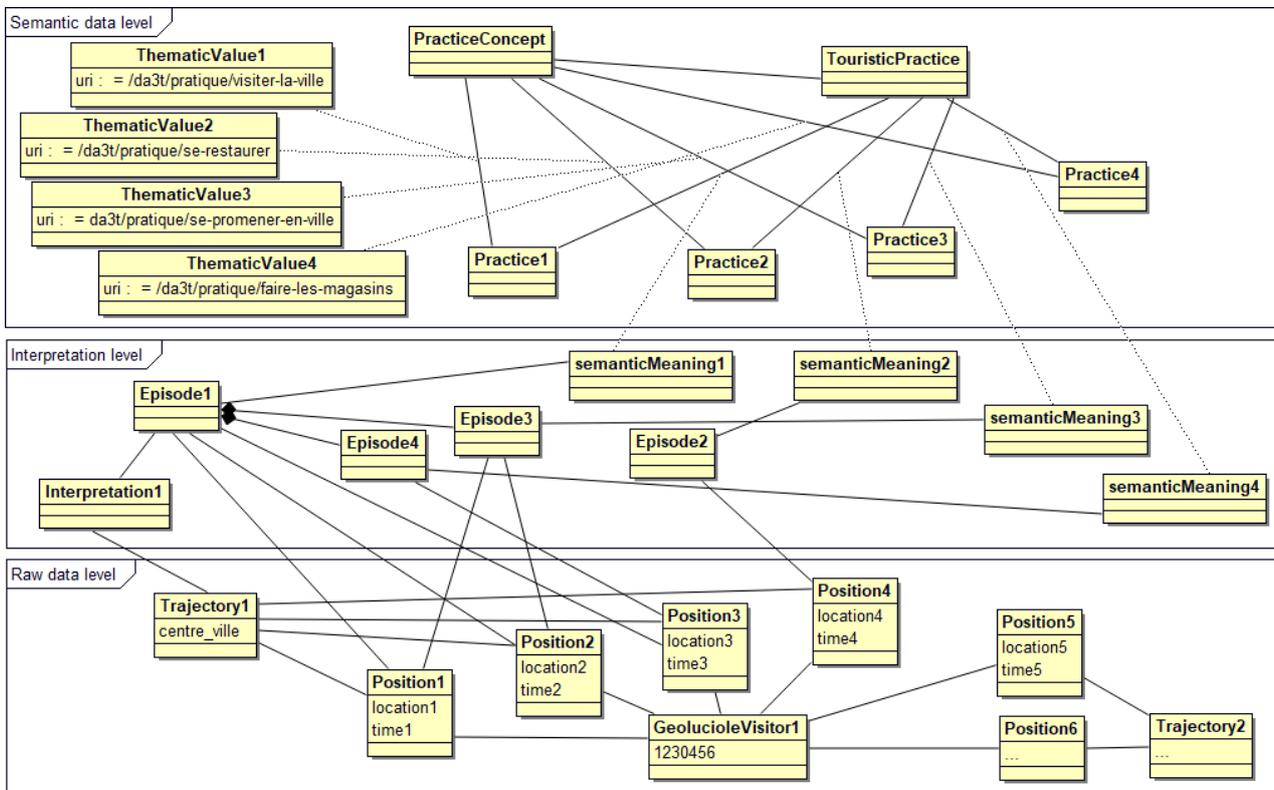


FIGURE 7 – Instanciation du modèle durant le processus de traitement pour répondre à la question (2) sans les liens entre les classes *Position* et *semanticMeaning* (par soucis de lisibilité)