



HAL
open science

Explorer les processus de mobilité passée Raisonement ontologique fondé sur la connaissance des pratiques socio-culturelles et des vestiges archéologiques

Laure Nuninger, Thérèse Libourel, Xavier Rodier, Rachel Opitz, Philip Verhagen, Catherine Fruchart, Clément Laplaige, Samuel Leturcq, Nathanel Levoguer

► To cite this version:

Laure Nuninger, Thérèse Libourel, Xavier Rodier, Rachel Opitz, Philip Verhagen, et al.. Explorer les processus de mobilité passée Raisonement ontologique fondé sur la connaissance des pratiques socio-culturelles et des vestiges archéologiques. *Revue Internationale de Géomatique*, 2022, 31 (1-2), pp.81-110. 10.3166/rig31.81-110 . halshs-03919024

HAL Id: halshs-03919024

<https://shs.hal.science/halshs-03919024>

Submitted on 2 Jan 2023

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.

Explorer les processus de mobilité passée

Raisonnement ontologique fondé sur la connaissance des pratiques socio-culturelles et des vestiges archéologiques

Laure Nuninger¹, Thérèse Libourel², Xavier Rodier³, Rachel Opitz⁴, Philip Verhagen⁵, Catherine Fruchart¹, Clément Laplaige³, Samuel Leturcq³ et Nathanael Levoguer³

1. CNRS / University of Bourgogne Franche-Comté – Chrono-Environnement / MSHE C.N. Ledoux, 25030 Besançon, France. laure.nuninger@univ-fcomte.fr, catherine.fruchart@univ-fcomte.fr

2. Université de Montpellier - Espace-Dev, 34093, Montpellier, France therese.libourel@umontpellier.fr

3. CNRS / Université de Tours - CITERES / MSH Val de Loire, 37020 Tours, France. xavier.rodier@univ-tours.fr, clement.laplaige@univ-tours.fr, samuel.leturcq@univ-tours.fr, nathanael.levoguer@univ-tours.fr

4. Département d'archéologie, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, Royaume Uni

rachel.opitz@glasgow.ac.uk

5. Faculté des Sciences Humaines /CLUE+, Vrije Universiteit Amsterdam, 1081 HV Amsterdam, Pays-Bas.

j.w.h.p.verhagen@vu.nl

Résumé. Dans ce chapitre, nous proposons une nouvelle piste de raisonnement élaborée en interdisciplinarité avec des archéologues, conçue pour des études liées à la notion de mobilité. À l'aide d'études de cas, nous analysons comment les chercheurs ont identifié, conceptualisé et relié les traces matérielles décrivant divers processus de mobilité dans une région donnée. Nous élaborons ensuite la construction d'ontologies qui nous permettent de relier explicitement les éléments matériels, identifiés dans le paysage observé, aux connaissances ou à la théorie qui explique leur rôle et leurs relations au sein du processus de mobilité. En combinant les systèmes de parcours formels, dits « Path framework systems » et les systèmes de mouvement informels, dits « Pathway systems », nous montrons, à travers ces études de cas, que les deux types de systèmes ne sont pas intégrés hiérarchiquement, mais plutôt entrelacés. Nous introduisons un nouvel outil heuristique, que nous avons nommé le « track graph », dont l'intérêt est d'enregistrer les éléments matériels observés sous une forme neutre d'un point de vue thématique afin de pouvoir les utiliser pour reconstruire des modèles des trajectoires qui suivent différentes logiques de mobilité.

Abstract. In this chapter, we propose an original approach designed by archaeologists and a computer scientist for knowledge creation in studies of movement. Using case studies, we analyze how researchers have identified, conceptualized, and linked the material traces describing various movement processes in a given region. Then, we explain how we construct ontologies that enable us to explicitly relate material elements, identified in the observed landscape, to the knowledge or theory that explains their role and relationships within the

movement process. Combining formal pathway systems, so-called « Path framework systems » and informal movement systems, so-called « Pathway systems », through these case studies, we argue that these systems are not hierarchically integrated, but rather intertwined. We introduce a new heuristic tool, named the “track graph”, that records observed material features in a thematically neutral form. The « track graph » can then be employed to reconstruct the trajectories of journeys which follow different movement logics.

Mots-clés : archéologie, processus de mobilité, réseau, maillage, ontologie, modélisation, pathway system, path framework system, track graph.

Keywords: archaeology, movement process, network, meshwork, ontology, modeling, pathway system, path framework system, track graph

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons d’aborder la création de connaissances à partir de multiples dimensions en s’attachant au problème du processus de mobilité passée et à sa matérialisation. La mobilité discutée ici correspond au mouvement déployé par des actants¹ (agents actifs) pour se déplacer, influencer un déplacement ou réaliser une activité. La question posée est : comment à partir des vestiges matériels observés dans les paysages actuels, pouvons-nous tenter de reconstruire les logiques de mobilité des actants humains et non-humains qui ont contribué à modeler l’espace dans le temps long ?

Comme le souligne Séverine Hurard, Yves Roumegoux et Dorothee Chaoui-Derieux « Le champ d’expertise de l’archéologie, la mise en discours de ses données ne se limitent pas aux dimensions techniques et technologiques. Elle est une science de l’analyse spatiale et sociale où production, exploitation, distribution et consommation des ressources et des biens forment une seule chaîne opératoire. La notion de culture matérielle, partagée avec les anthropologues et les historiens, n’enferme pas les archéologues dans la matérialité et la dimension technique de l’objet produit. Elle leur offre au contraire les moyens de penser l’objet, l’espace et le milieu comme des productions sociales aux significations plus ou moins manifestes, des marqueurs privilégiés de l’adaptation de l’homme à un milieu donné. » (2014). Par ailleurs, la modélisation systémique et la simulation numérique permet d’envisager un ensemble d’interactions impliquant des dimensions matérielles, cognitives, sociales, spatiales et temporelles. L’intérêt de ce type d’approche est qu’elle nous force à « identifier et caractériser les processus qui sous-tendent le fonctionnement systémique de nos sociétés, actuelles et passées » (Djindjian, 2010).

Les vestiges révélant par définition une vision partielle et biaisée de la réalité passée, notre proposition articule ensemble des données archéologiques et

¹ Le terme « actant » fait référence aux travaux de la sociologie de la traduction, dite aussi théorie de l’acteur réseau. Cette notion permet de décrire des interactions au sein de réseau hétérogènes qui associent des objets ou techniques et des humains, chacun ayant un rôle (Akrich, 2013). Nous l’utilisons pour éviter le déterminisme humain et intégrer l’influence des animaux et des objets dans le processus de mobilité.

numériques², et des connaissances théoriques et empiriques pour concevoir les scénarios de reconstructions possibles de ces logiques de mobilités passées, lesquels contribuent à une meilleure analyse et interprétation de la dynamique des paysages et des systèmes de peuplement.

À l'aide d'études de cas, qui nous servent d'exemples, nous analysons comment les chercheurs archéologues ont identifié, conceptualisé et relié les traces matérielles décrivant possiblement divers processus de mobilité dans une région donnée. La démarche consiste à élaborer des conceptualisations prémices d'ontologies qui nous permettent de relier explicitement les éléments matériels, identifiés dans le monde observé, à la connaissance ou à la théorie qui explique leur relation dans le processus de mobilité.

Bien que les études de cas soient différentes, leur analyse montre qu'elles combinent toutes deux systèmes de mobilité que l'on distingue ici. La mobilité que l'on dit formelle est caractérisées par une infrastructure consacrée à permettre le déplacement et il y a une intentionnalité de déplacement d'un lieu vers un autre. Dans l'autre mobilité que l'on qualifie ici d'informelle, il n'y a pas d'intentionnalité de déplacement d'un point à un autre, ce dernier est lié au mouvement réalisé par des pratiques socio-économiques variées (cueillettes, travail de la terre par exemple). Ce type de mobilité implique la cooptation de divers éléments et/ou structures³ pour permettre le mouvement et les déplacements au sein d'un espace.

Comme ces deux systèmes ne sont pas intégrés hiérarchiquement mais fonctionnent plutôt de manière entrelacée, nous proposons d'introduire un nouveau concept opérationnel, le « track graph »⁴, qui vise à enregistrer les éléments matériels observés sous la forme la plus neutre possible d'un point de vue thématique. De nature purement analytique, ce concept abstrait de « track graph » ambitionne à terme de devenir un outil de simulation utile à la reconstruction de trajectoires spatiales qui intègrent différents types de logique de mobilité.

² On entend par données archéologiques : toutes les données de recherche produites dans le cadre d'une activité de terrain (fouilles, sondages, prospections). Les données numériques correspondant ici à toutes les données produites à partir de sources numériques (imagerie, modèles numériques de terrains...) soit par télédétection, soit par modélisation (par exemple des chemins de moindre coût).

³ La notion d'éléments ou de structures fait ici référence à des objets identifiables dans le paysage par l'archéologue, en altimétrie et/ou dans une image aérienne ou satellite. Par exemple, on considérera comme éléments ou structures : une série de marches taillées dans la roche, l'empilement de pierres qui forme un cairn ou encore une zone avec un état de surface particulier par rapport au voisinage. Une structure étant *a priori* composée de plusieurs éléments fonctionnant ensemble, l'ensemble étant identifié comme un même objet.

⁴ « Track graph », « Path framework system » et « Pathway system » sont des néologismes que nous avons volontairement conservés sous leur vocable anglophone car ils ont été défini par un groupe de recherche international dans le cadre du projet Movescape (IEA CNRS, resp. L. Nuninger et Ph. Verhagen, 2018-2020). Il n'y a donc pas de traduction *ad hoc* pour ces termes actuellement et comme notre recherche en est encore à ses débuts nous préférons limiter les ambiguïtés.

Dans ce chapitre, nous présentons la démarche qui nous a permis de construire le concept abstrait de « track graph » en partant d'une réalité concrète. Nous avons développé une approche ontologique que nous précisons en section 3 et que nous illustrons avec deux études de cas détaillées en section 4. La section 5 présente la phase d'abstraction et le concept de « track graph » qui sera la base du raisonnement permettant de reconstruire les schémas de mobilité à partir des diverses données invoquées. Enfin, dans la section 6 nous synthétisons notre démarche et précisons les perspectives envisagées. Mais il convient dans un premier temps (section 2) de présenter les principaux cadres théoriques intégrant la notion de mobilité et de mouvement pour poser la problématique spécifique de la prise en compte des traces matérielles produites par le mouvement.

2. De la mobilité en général et des traces en particulier

2.1. De quelle mobilité parle-t-on ?

Occupons-nous l'espace ? Habitons-nous l'espace ? Cette double question est vraiment significative lorsque nous étudions les systèmes de peuplement et comment le mouvement des actants humains et non humains contribue à sa structuration. Comme déjà énoncé, à partir de vestiges matériels observés dans les paysages d'aujourd'hui, l'archéologie tente de reconstruire la logique du mouvement des individus et des choses qui ont contribué à façonner l'espace.

Si nous nous référons à une définition générale (issue du CNTRL⁵) le mouvement est la faculté de se mouvoir, de se déplacer, et l'usage que l'on fait de cette faculté permet de le caractériser. Le mouvement peut considérer des individus ou des collectifs et il concerne des déplacements effectués sous l'effet de causes diverses. Déplions rapidement les enjeux d'une telle formule. Lorsqu'ils se déplacent, les individus, humains ou non humains, dessinent leur propre itinéraire soit en le définissant (trajet, navigation) ou en suivant un itinéraire existant bien reconnu (transport d'un point de départ à un point d'arrivée). Dans les deux cas, des « lignes » sont tracées dans le paysage, même si leur empreinte physique peut être plus ou moins évidente⁶.

Selon Tim Ingold (Ingold, 2011), la mobilité repose sur un principe simple :

« Le cheminement itinérant (*wayfaring*) est le mode fondamental par lequel les êtres vivants habitent la terre. Chacun de ces êtres doit ainsi être imaginé comme la ligne de son mouvement ou, plus réalistement, comme un ensemble de lignes ».

⁵ Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales : <https://www.cnrtl.fr/>.

⁶ L'empreinte physique soit par l'impression dans le modelé du terrain peut-être plus ou moins marqué, d'un simple tassement du sol continu au creusement d'ornières par exemple. L'empreinte peut également être laissée en surimpression par l'accumulation de terre, ou l'installation d'objets (bois, tas de pierres...) voire une construction spécifique (chaussée).

« Le monde habité est un maillage réticulaire de ces pistes qui, tant que la vie suit son cours, continuent à se tisser. Le transport, au contraire, est relié à des lignes spécifiques. Chaque déplacement, orienté vers une destination précise, a pour fonction de relocaliser des personnes et leurs effets. Le passager qui part d'un endroit pour arriver à un autre endroit n'est nulle part entre les deux. En les réunissant, les lignes de transport forment un réseau de connexions point par point. »

Ainsi, Ingold se référant à Lefebvre (2000) adopte le terme de « maillage » (*meshwork*) pour distinguer le dessin réticulaire des pistes tracées par le cheminement des actants humain ou non-humains guidés par leurs activités, de ce que l'on appelle le « réseau » qui conceptuellement implique l'idée d'un ensemble de lieux interconnectés.

2.2 Comment analyser la mobilité à partir de vestiges inertes ?

Comment ces deux conceptions de la mobilité et du modèle spatial (réseau vs. maillage) qu'elles impliquent est-il perçu par l'archéologue ? Pour tenter de répondre à cette question, il faut d'abord préciser que les vestiges révèlent par définition une vision partielle et biaisée de la réalité passée. Les traces recherchées dans le monde tangible réel sont celles de l'empreinte que les processus divers des déplacements effectués dans le temps ont laissée (traces matérielles issues d'observations diverses, traces « culturelles » : manuscrits, cartes, *etc.*).

Face à la myriade de possibilités qui s'offrent à eux pour identifier et interpréter ces vestiges en termes de système de mobilité, les archéologues doivent construire des modèles logiques et intelligibles articulant les données matérielles observées sur le terrain ou dans des jeux de données numériques (par exemple un modèle numérique de terrain) avec des connaissances empiriques et théoriques afin de proposer des hypothèses plausibles de mobilité passée et interpréter les paysages analysés.

Cette double question initiale focalise notre attention sur les modalités d'articulation entre données et connaissances en ce sens que, suivant Ingold (2011) dans le verbe « occuper » l'acteur est inactif dans un espace donné, même s'il se déplace, il suit « passivement » un tracé d'un point défini à un autre, tandis que dans le verbe « habiter » il est actif dans l'espace car il contribue à le définir par la mobilité liée à son activité. Ce dernier point de vue est radicalement différent et il modifie la façon dont les entités (données, connaissances) peuvent être mobilisées et décrites en fonction de propriétés nouvelles et surtout de relations qui peuvent nous amener à repenser ou relire nos interprétations archéologiques des paysages (Aldred, 2016, 2020).

L'interprétation des traces laissées par les activités associées au mouvement dans le paysage actuel est, de fait, soumise à un certain nombre de biais : méthodologiques, observationnels, contextuels et sémantiques.

Biais méthodologiques - dans le cas d'observations, la méthode d'observation choisie détermine le protocole et ce qui peut être détecté. Cela signifie que le filtre méthodologique appliqué et la posture adoptée dans le processus d'investigation

statique ou mobile (Aldred, 2016) détermineront la probabilité de détection de certains éléments, selon des critères d'observation du matériel spécifiques au protocole suivi. Le contexte de réalisation et la subjectivité de leur auteur vont également entrer en ligne de compte, les deux influençant la perception du terrain, le contenu des écrits ou des supports.

Biais d'observation - les observateurs ont tendance à observer ce qu'ils ont déjà observé auparavant (Palmer, 2013). La connaissance des éléments et/ou structures détermine dans une large mesure la facilité avec laquelle les observateurs les identifieront (voir, par exemple, Banaszek, Cowley, & Middleton, 2018). Les biais d'observation peuvent donc conduire à des « faux positifs » ainsi qu'à des « faux négatifs ». Si nous ne voyons que ce que nous savons, nous ne découvrirons jamais quelque chose de nouveau.

Biais contextuels - Dans la plupart des cas, il est nécessaire de comprendre le contexte des éléments afin de les identifier correctement (Watson, Leblanc, & Redman, 1971) en tenant compte à la fois du contexte environnemental, historique et culturel (Schiffer, 1976). Certaines conditions environnementales vont renforcer ou supprimer l'expression matérielle des éléments et/ou structures, par exemple parce qu'elles sont facilement érodées. D'un point de vue historico-culturel, il est nécessaire de savoir si les éléments peuvent être datés d'une certaine période, et à quoi ils auraient pu servir. Si ces informations contextuelles sont manquantes ou mal interprétées, l'identification des éléments deviendra impossible ou sera erronée (Hodder & Hutson, 2003). En outre, pour un même élément et/ou structure, sa signification peut changer au fil du temps (Case, 1973).

Biais sémantiques - les identifications d'éléments et/ou de structures qui peuvent sembler très évidentes à un observateur, peuvent ne pas avoir la même signification pour un autre observateur, puisque même au sein d'un même référentiel de classement les terminologies appliquées demeurent souvent implicites dans leur signification (Childe, 2015). Ce problème ne fait que s'accroître dès lors qu'il y a plusieurs langages de description, et il est à l'origine de nombreux problèmes liés au croisement de plusieurs jeux de données. Enfin, la signification de chaque terme peut aussi changer avec le temps, car elle est intimement liée au contexte (Hodder & Hutson, 2003).

Pour résumer, lorsque nous recherchons des traces matérielles liées à la mobilité, que ce soit sur le terrain réel ou sur un « terrain numérique », tous ces biais vont jouer et influencer notre capacité à détecter et identifier un élément et/ou une structure.

3. De l'usage d'une démarche ontologique

3.1 Choses, mots et concepts

Comment qualifier les traces matérielles observées et identifiées comme potentiellement utilisées pour le déplacement, sans se perdre dans une typologie descriptive qui cloisonne le raisonnement en ensembles morphologiquement

homogènes⁷ ? Comment traiter la variation des itinéraires fondée sur un ensemble de traces matérielles morphologiquement hétérogènes, tout en leur donnant un sens ? Comment intégrer cette variation dans notre approche d'identification et d'interprétation des données observées afin de ne pas réduire notre champ de connaissance à ce que nous savons déjà reconnaître ? Enfin, comment pouvons-nous démontrer les relations que nous identifions entre l'observation de traces matérielles hétérogènes et l'ensemble de nos connaissances archéologiques, historiques, anthropologiques et théoriques.

Traditionnellement, la diversité des éléments observés associés au mouvement conduit soit à une multiplication des termes descriptifs, soit à une réduction de la terminologie acceptée, *via* une approche classificatoire ou typologique, telle que celle proposée par Timothy Earle (Earle, 2009). Dans le premier cas, l'utilisation de termes trop spécifiques rend difficile l'identification de connexions entre des éléments qui jouent effectivement le même rôle dans des systèmes de mobilité différents, tandis que dans le second cas, des éléments ayant des morphologies similaires peuvent être regroupés, créant ainsi de fausses connexions entre des entités qui, en réalité, sont associées à différents types de mouvements. Dans chacune des approches, il est très difficile de comparer différentes études de cas ou même différents systèmes de mobilité au sein même d'une étude de cas.

Afin d'éviter ces impasses, nous avons privilégié une approche qui permet de dissocier l'objet de sa terminologie. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur le triangle sémiotique conçu par Ogden, C.K., Richards, I.A. (Ogden & Richards, 1923). Pour ces auteurs, qui ont travaillé sur le langage, le malentendu entre deux personnes qui utilisent le même terme réside dans le fait que l'on confond souvent le nom (*symbole*) d'un objet et cet objet (*réfèrent*) lui-même (la base du triangle de la figure 1).

En partant du principe que le sens d'un mot est déterminé par l'expérience vécue du locuteur, ils rejettent toute idée de sens canonique ou standardisé. C'est pourquoi, afin de clarifier et de rendre plus explicite la relation, généralement implicitement établie entre un mot et un objet, ils définissent ce qu'ils appellent le domaine de référence ou de pensée (au sommet du triangle). Le domaine de référence est ce que nous appelons un concept, c'est-à-dire l'ensemble des connaissances empiriques et théoriques qui nous permettent de concevoir ce qu'est une « chose » - dans notre cas, une trace matérielle liée au mouvement - et de la relier à un mot qui la désigne et la définit comme telle - dans notre cas, la terminologie qui peut être associée aux parcours ou itinéraires en général (chemin, route...). C'est donc la relation avec le concept, ou le domaine de référence, qui donnera un sens explicite à l'identification d'une trace matérielle comme un *chemin*, par exemple.

⁷ On parle ici de la morphologie des éléments archéologiques. Ainsi, par exemple, les éléments présentant une chaussée bordée par des murets ou des fossés se retrouveront dans un type, tandis que les éléments présentant un simple tassement du sol se retrouveront dans un autre type. Lequel doit-on qualifier de route par exemple ? Il est possible que ce l'on doit qualifier de route rassemble des éléments morphologiques des deux types.

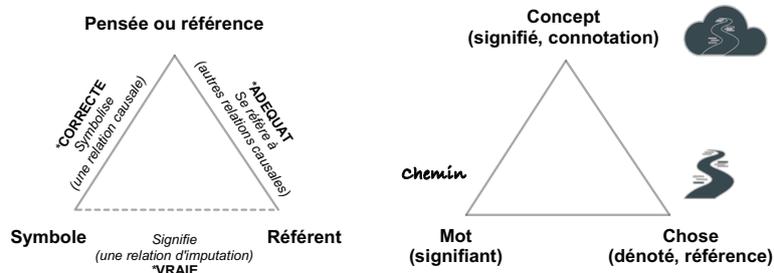


Figure 1. Le triangle sémiotique : le mot (Symbole), la chose (Réfèrent), le concept (Pensée). D'après Ogden, C.K., Richards, I.A., 1923.

Fondée sur cette théorie, notre approche consiste donc à analyser la manière dont les éléments matériels identifiés dans le monde observé (terrain, imagerie, MNT LiDAR⁸...) sont mis en relation avec des termes liés au processus de déplacement (sentiers, chemins, routes, pistes, creux, chaussées, canaux, chemins de halage, passages...) dans plusieurs études de cas.

Notre objectif est de développer un cadre conceptuel générique pour décrire et relier des pratiques de mobilité et leur matérialisation (morphologie, nature...) dans des contextes historiques et environnementaux variables, formés de parcours et de trajectoires spatiales enchevêtrés. Ce cadre doit pouvoir intégrer tous les éléments clés qui permettent d'explicitier les relations entre des éléments hétérogènes afin de reconstruire un ou plusieurs agencements⁹ logiques pouvant constituer un parcours, un sentier, une intersection, voire un réseau ou un maillage.

⁸ Modèle Numérique de Terrain (MNT) réalisé à partir d'un relevé altimétrique LiDAR (*Ligh Detection And Ranging* – méthode de télémétrie par onde lumineuse laser) généralement aéroporté.

⁹ Le terme d'agencement est utilisé ici en référence aux travaux de Deleuze et Guattari (Deleuze & Guattari, 1980). « Qu'est-ce qu'un agencement ? C'est une multiplicité qui comporte beaucoup de termes hétérogènes, et qui établit des liaisons, des relations entre eux, à travers des âges, des sexes, des règnes – des natures différentes. Aussi la seule unité de l'agencement est de cofonctionnement » (Deleuze & Parnet, 1996, p. 84). Le concept d'agencement permet de s'extraire de la logique du signifiant de chacun de ces composants, puisque l'agencement forme un tout aux propriétés irréductibles. L'agencement repose sur des relations contingentes, ce n'est donc pas un type fixe mais un espace de possibilités modifiable selon le rôle de chaque composant sur une dimension donnée. On pourrait illustrer ce concept par l'espace multifactoriel en analyse des données.

3.2. Une démarche ontologique pour structurer et formaliser nos descriptions

Afin d'analyser la notion de mobilité dans les études de cas avec une approche interculturelle, nous adoptons une démarche ontologique¹⁰. Cette démarche présente plusieurs avantages : tout d'abord, elle fournit une manière structurée et formelle afin de décrire et de mettre en relation les différents termes et bases de connaissances utilisés. Elle permet également de clarifier la structure des connaissances disponibles. Deuxièmement, elle nous permet d'envisager les différentes relations entre les termes et concepts utilisés : hiérarchiques, topologiques, temporelles et spatiales.

En pratique, une communauté ou un groupe de recherche décrit la question qu'il a choisie sur la mobilité passée en utilisant des termes et des idées tirés de plusieurs études publiées (figure 2). Les études publiées servent de sources à partir desquelles le groupe de recherche peut constituer un large ensemble de concepts spécifiques à leur contexte¹¹ pour traiter d'une seule idée, plus globale. Ces concepts sont ensuite organisés, dans le but de relier ce qui a été observé, soit des choses ou des noms, avec notre conception des activités qui les produisent, soit des actions ou des verbes dans le texte. Pour créer un modèle opérationnel, nous avons procédé en trois étapes.

Dans un premier temps, le langage utilisé dans les articles pour décrire les éléments du paysage et les actions de mobilité est extrait et analysé. Ensuite, à partir des termes (noms et verbes) et de leurs associations nous décrivons les liens qu'ils entretiennent¹² dans un modèle conceptuel réalisé avec le langage graphique UML - *Unified Modeling Language*-¹³.

En rassemblant et en étudiant le langage utilisé dans diverses études de cas, cet exercice vise à produire un modèle conceptuel qui puisse être largement partagé par la communauté des chercheurs intéressés par la question de la mobilité, mais qui ne repose pas sur un modèle prédéfini.

¹⁰ Notre démarche s'appuie ici sur la formalisation d'ontologie informatique dans un objectif final de partage et de réutilisation des connaissances par l'homme ou la machine. Pour ce travail, on adoptera donc la définition suivante « Une ontologie est une spécification formelle, explicite d'une conceptualisation partagée » d'après Studer *et al.* (Studer, Benjamins, & Fensel, 1998) p. 25.

¹¹ On pourrait parler d'une « bibliothèque de cas » au sens où l'entendent les socio-anthropologues, c'est-à-dire comme un ensemble d'expériences renvoyant à une pluralité de visions sur une situation donnée, que l'on peut analyser ensemble pour donner du sens à un problème particulier (Damien, 1995 ; Tripier, 2009).

¹² Par exemple si le texte dit « les routes les plus longues ont servi au voyage et au transport de marchandises », nous distinguerons dans les modèles UML le concept de « route » et son attribut de longueur, relié aux concepts de « voyage », de « transport » par l'action « sert ».

¹³ Des exemples de ces représentations UML sont présentés en détail dans la partie 4 de ce chapitre. Nous signalons toutefois que nous avons pris quelque liberté avec le langage UML pour exprimer soit l'incertitude de relations parfois hypothétiques ou des enchaînements d'activités. À ce stade de la réflexion, il s'agit plus d'utiliser la dimension graphique du langage que son côté opérationnel.

Nous tenons ici à souligner la créativité, les échanges et la dimension heuristique inclus dans la démarche de création d'une ontologie (Nuninger *et al.*, 2020a). Cette démarche qui permet de mieux comprendre et de cartographier les limites et le potentiel de notre domaine de connaissance, nous aide dans le processus d'interprétation des éléments physiques observés. Il est important de noter que l'ontologie qui en résulte fournit un cadre formel qui peut être utilisé pour partager des données, mais reste flexible car d'autres projets peuvent organiser leurs propres données différemment selon le contexte de la recherche.

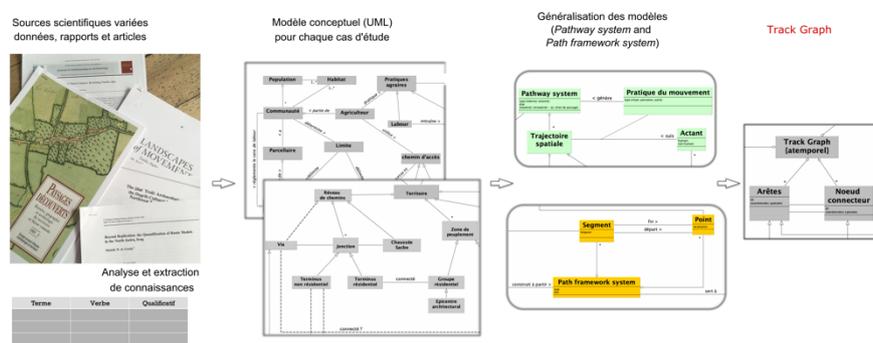


Figure 2. Schéma de la démarche

Pour illustrer notre approche, nous présentons deux études de cas pour lesquelles nous avons modélisé le domaine des concepts de mobilité sous la forme d'un schéma UML représenté par un graphe¹⁴. Il est évident que les définitions des concepts et de leurs relations demeurent critiquables, mais ce sont les éléments de convergence et de divergence de nos différents points de vue sur ces concepts et relations liés à la notion de mobilité qui deviennent la base d'une étude et d'un débat plus approfondis. On évite ainsi de créer une terminologie supplémentaire et trop généralisante de « chemins », chargée d'un bagage conceptuel implicite et inextricable.

4. Les études de cas

L'analyse interculturelle des deux études de cas, utilisées pour illustrer notre approche, est fondée sur trois documents concernant une région de Mésomérique, Caracol au Belize (A.F. Chase & Chase, 2001 ; Arlen F. Chase *et al.*, 2011) et une région du nord-ouest de l'Europe, la Beauce en France (Leturcq, 2008). Ces études de cas ont permis d'enregistrer des traces matérielles liées à des processus de mobilité à

¹⁴ Réalisé avec un logiciel tel que yEd : <https://www.yworks.com/products/yed>

l'aide de divers capteurs et protocoles (LiDAR, imagerie, travail de terrain, cartes historiques, documents historiques, et témoignages ethnographiques).

A travers ces études de cas, nous explorons, d'une part, la relation observée, par les auteurs de l'article, entre les éléments qui permettent le déplacement entre des centres de peuplement identifiés créant des connexions à l'échelle régionale, et, d'autre part, la relation entre les éléments qui décrivent un fonctionnement de mobilité locale. L'objectif est d'observer dans chacune d'entre elles comment un réseau de communication formel peut s'articuler avec le schéma de mobilité développé par la population *via* l'*habitus*¹⁵ (Bourdieu, 1972, 1980), soit à travers des activités quotidiennes répétitives et transmises dans l'ensemble de l'espace habité. Comment les gens se déplacent-ils à travers le paysage pour rejoindre des centres résidentiels et des zones de ressources, ou pour effectuer des pratiques agricoles ? Comment les réseaux formels influencent-ils ces trajectoires quotidiennes ? Comment l'articulation entre ces deux systèmes produit-elle une structure qui imprime sa marque sur le paysage et influence les flux de mouvement ? Rien ne semble évident à cet égard, aucun chemin type ne peut être facilement décrit et reconnu dans les données numériques.

4.1. Région de Caracol (Belize)

Dans la région de Caracol, de nombreuses voies ont été découvertes grâce à l'analyse du MNT dérivé du LiDAR. De nouveaux segments de chaussée s'ajoutent ainsi à l'ensemble de données compilées à partir d'observations précédentes réalisées sur le terrain et à partir d'images satellites (A.F. Chase & Chase, 2001). L'étude des données altimétriques LiDAR a révélé une grande partie du système viaire principal reliant l'épicentre principal de Caracol à d'autres sites, appelés *termini* et compris comme des centres secondaires, potentiellement résidentiels (Arlen F. Chase *et al.*, 2011).

Le MNT LiDAR montre également qu'il existe une continuité d'habitats et de terrasses entre l'épicentre et ces *termini*. En effet, cette vaste zone de peuplement est caractérisée par de petits groupes de maisons organisés autour d'une petite place, qui sont intégrés dans la zone agraire, selon un modèle reconnu dans d'autres régions mayas. Ces unités de peuplement ne sont pas directement reliées à l'épicentre ou aux centres secondaires par des chaussées. Par ailleurs, il est fort plausible que les éléments composant le système agraire ont permis d'établir des liens solides entre ces habitations et les principaux centres résidentiels (Arnauld & Michelet, 2004). Dans l'étude de cas de Caracol, on a pu noter que les auteurs font référence à des entités qu'ils appellent « *vias* » et caractérisent comme étant des « routes plus informelles et plus courtes » (A.F. Chase & Chase, 2001), qui relient des groupes familiaux (ménages) aux principales chaussées, ou qui relient « d'importants groupes

¹⁵ L'*habitus* est une sorte de matrice à travers laquelle on perçoit le monde et qui influence notre comportement de façon non-consciente. Sans déterminisme, mais selon la position sociale et par transmission, il se manifeste par un ensemble cohérent de goûts et de pratiques des individus (Cabin, 2000).

résidentiels directement à divers *termini* non résidentiels ». Les auteurs notent qu'à Caracol, « de nombreuses chaussées (...) sont enchevêtrées avec des terrasses agricoles » et que les vias peuvent être principalement identifiées grâce à une cartographie détaillée de ces terrasses. Alors que « seulement une demi-douzaine de vias ont été formellement identifiées comme rattachées aux longues chaussées [du réseau viaire] de Caracol », ils soulignent qu'« une cartographie détaillée des terrasses permettrait sans aucun doute de trouver d'autres exemples » (A.F. Chase & Chase, 2001). Puisque les vias identifiées semblent fournir un accès direct aux principales chaussées, les auteurs suggèrent que ces voies étaient en partie utilisées à des fins quotidiennes, pour faciliter les déplacements et la communication des groupes familiaux. Cet exemple illustre comment, derrière le réseau des chaussées, formel et plus lisible dans le paysage, il y a un maillage produit par les pratiques quotidiennes de groupes familiaux allant dans les champs, les centres résidentiels et d'autres lieux du territoire. Pour ce faire, les individus ont produit et utilisé différents types d'éléments et/ou structures tels que ceux observés par l'archéologie (empreintes, sentiers, cairns...). C'est l'agencement de ces éléments dans la chaîne opératoire¹⁶ de leur activité qui permet de définir leurs itinéraires ou trajectoires quotidiennes, comprenant des segments de chaussées formelles, des bords de terrasses agricoles ou des chemins étroits difficilement identifiables.

Nous suggérons, dans un premier temps, de simplifier la description du système de communication maya de Caracol, en s'appuyant sur les articles des archéologues (A.F. Chase & Chase, 2001 ; Arlen F. Chase *et al.*, 2011), où l'espace territorial bien délimité appartient à un système de peuplement plus vaste (figure 3).

Ce système de peuplement crée le squelette de l'organisation des populations et des ressources (biens) intégrées dans le territoire par le biais de systèmes politiques et économiques. Le territoire de cette population est composé de ressources agricoles (terrasses agricoles), de ressources en eau (réservoirs), de zones de peuplement (groupes résidentiels et groupes ménages isolés) et de zones vides dites « non résidentielles » qui structurent un paysage particulier. Dans ce paysage, il y a un épicycle (groupe architectural et résidentiel) et plusieurs endroits appelés *termini* qui peuvent être résidentiels. Chaque composante de ce paysage, décrite ci-dessus, est reliée spatialement par un réseau de chemins composé de chaussées très formelles appelées « sachbes » et de chemins plus informels appelés « vias ». Les tracés de ces vias sont enchevêtrés dans des terrasses agricoles et reliés au réseau viaire formel par des jonctions avec les principales chaussées formelles, les sachbes. Ces chaussées organisées en réseau relient le groupe résidentiel de l'épicycle à d'autres *termini* résidentiels et, dans certains cas, à des *termini* non résidentiels (réservoirs, terrasses agricoles ou autres éléments) par des jonctions. Les groupes familiaux quant à eux n'ont pas de position claire dans cette étude de cas. Il est notamment difficile de savoir comment ils sont reliés à leurs champs (terrasses agricoles), aux sentiers informels ou au réseau viaire formel et, par extension, aux groupes résidentiels (épicycle et

¹⁶ On parle de chaîne opératoire au sens défini par (Leroi-Gourhan, 1998), soit comme d'un processus décrit par une chaîne d'actions interconnectées impliquant une transformation continue.

termini) et aux lieux non résidentiels (réservoirs ou autres). Bien que les auteurs ne l'affirment pas clairement, on peut supposer que ces groupes familiaux sont le plus souvent reliés au réseau viaire principal des sacbes par les entités nommées vias mentionnées dans la première étude et en partie par l'emprunt de segments de chaussées construites (sacbes).

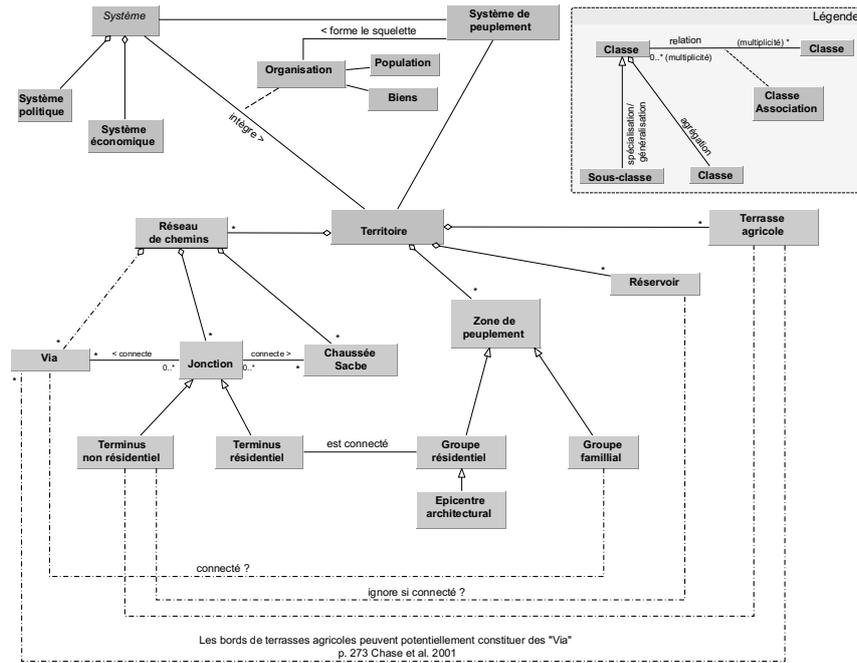


Figure 3. Schéma UML du système de circulation à Caracol, Belize.

4.2. La région de la Beauce (France)

Le second exemple traite d'une étude de cas dans le nord-ouest de l'Europe, dans la région de la Beauce (France) au cours de la période médiévale et du début des temps modernes (12^{ème}-17^{ème} siècles après J.-C.). Les principaux concepts et relations seront brièvement présentés pour illustrer l'hétérogénéité des éléments topographiques utilisés pour se déplacer dans le paysage agricole et les circonstances de leur production. Pour une présentation détaillée de cette étude de cas, nous nous référons à un article précédent (L. Nuninger *et al.*, 2020a). Cette étude est fondée sur les travaux de Samuel Leturcq (Leturcq, 2008), relatifs à l'organisation de paysage de champ ouvert, et en particulier sur la répartition des voies de communication dans ce type de territoires agricoles. Si un réseau routier local dispersé composé de chemins

dits formels peut être révélé par les cartes historiques, il n'y a aucune trace évidente de chemins permettant de desservir les petites parcelles enserrées dans les zones agricoles extensives et continues composées d'un grand nombre de petites parcelles en bande contiguës. Dans ces conditions, on peut se demander comment un paysan pouvait atteindre les parcelles de terre qu'il cultivait. Des sources historiques écrites permettent de répondre partiellement en indiquant que les limites de certains champs peuvent être utilisées comme des chemins par les agriculteurs pour accéder à leurs champs (Leturcq, 2008).

Dans cette région, la pratique consistant à utiliser les limites des champs comme chemins est également attestée par le terme « sommière »¹⁷ (Leturcq, 2008). Dans la langue dialectale des paysans de Toury en Beauce, les termes sommière, sommier ou têtère désignent une portion surélevée d'un champ » située à la jonction entre deux champs : la crête dite « de labour » (Lachiver, 1997). Cet élément topographique, potentiellement utilisé comme cheminement piétonnier par les agriculteurs, n'a en fait pas été construit pour se déplacer mais résulte des activités agricoles liées à une technique de labour spécifique, ainsi que de règles sociales particulières qui y sont associées, notamment le sens du labour dans la parcelle, imposé par la communauté au sein de chaque quartier de culture. Au fil des ans, l'accumulation de terre en bordure de chaque champ, produite par le retournement de la charrue, s'est transformée en lits surélevés, ou crête, que l'on peut encore reconnaître en Beauce, comme dans beaucoup d'autres régions (Beresford & St. Joseph, 1979 ; Juillard, 1953 ; McOmish, 2011 ; Hall, 2014). Avec la réglementation du sens de labour, la crête devient progressivement une limite continue le long de nombreux champs contigus organisés à l'intérieur d'un quartier de parcelles agrégées. Ces limites forment une structure en réseau qui a pu faciliter les mouvements entre les champs, d'une part, et les établissements (villages et fermes isolés), d'autre part.

C'est en réunissant les données matérielles observées en topographie, grâce au MNT LiDAR par exemple, et la connaissance historique des pratiques agraires dans leur action de mobilité que nous pouvons commencer à cartographier et à visualiser d'autres schémas de déplacement possibles que ceux envisagés initialement. En effet, en combinant le réseau routier formel, cartographié sur des documents historiques, avec celui des crêtes de labour, nous obtenons une image plus complète des possibilités de circulation des communautés rurales. Nous avons synthétisé cela dans un schéma UML où les composantes sont liées par des processus (figure 4). Par exemple, l'agriculteur peut accéder aux parcelles en utilisant des chemins appelés « chemin d'accès ». Il peut s'agir soit de crêtes de labour utilisées comme chemins, soit d'autres chemins plus formalisés tels que des routes ou des itinéraires représentés sur la carte. L'organisation des quartiers dans le paysage tend à structurer la trajectoire des déplacements et à compléter les autres artères de circulation présentes sur le territoire.

¹⁷ Le terme « sommière » était utilisé dans le langage des paysans de Toury en Beauce pour désigner les crêtes de labours, et il est parfois lié au terme de chemin dans les terriers médiévaux et modernes. Le terrier est un registre des terres appartenant à un seul propriétaire.

dans le paysage crée une sorte de « tissu de cordes entrelacées ou nouées », ou un maillage (Ingold, 2011) de chemins informels. Dès lors que les activités sont normalisées par la communauté, de manière plus ou moins explicite, soit par des règles, soit par des pratiques répétées (*habitus*), elles tendent à structurer progressivement le maillage. Ce maillage a une empreinte dans le monde tangible d'aujourd'hui, caractérisée par des éléments matériels plus ou moins discrets qu'il est nécessaire de réagencer pour qu'ils puissent rendre compte des processus de déplacement d'une population, réalisés pour effectuer une tâche ou pour accéder à un espace particulier dans l'environnement¹⁸. Dans chaque cas, l'agencement de traces tangibles s'appuie sur la coexistence de plusieurs points de vue et usages ou intentions lors des déplacements. C'est cette complexité liée à la richesse des modalités de déplacement qui rend difficile l'analyse des traces archéologiques, par définition discrètes, dans une perspective continue de production et de transformation de l'espace des mobilités. Néanmoins, la généralisation des concepts issus de plusieurs schémas UML (Nuninger *et al.* 2020) va nous permettre de réduire cette complexité à deux grandes logiques qui sous-tendent le processus de déplacement.

La première est motivée par la nécessité de se déplacer d'un endroit à l'autre *via* un réseau de circulation organisé et socialement reconnu. C'est ce qu'on appelle les « itinéraires formels », qui peuvent être définis « comme des preuves tangibles et physiques d'un itinéraire de déplacement servant de moyen de communication entre des points ou des zones d'activité » (Trombold, 1991). Leur morphologie peut généralement être caractérisée, leur degré de construction est très variable mais souvent identifiable, et l'itinéraire est entretenu grâce à un investissement délibéré de main-d'œuvre (nettoyage et/ou réparation de la chaussée, réparation des bordures). Cet ensemble de routes formelles a généralement laissé son empreinte dans le paysage matériel actuel, mais aussi dans les documents (historiques et cartographiques) et la tradition orale (chansons, récits). Cette logique de mouvement utilisant des itinéraires formels est conceptualisée par ce que nous avons appelé le « path framework system » (figure 5). Elle peut être matérialisée par une route, par une série de repères paysagers et/ou par un récit, qui donc ne laisse pas de traces sous la forme de structures archéologiques physiques mais sous la forme d'inscriptions mémorielles dans la pratique du déplacement. Le path framework system a donc des propriétés contextuelles et temporelles et il est consciemment conçu par un groupe d'individus, c'est-à-dire par une société, qui le reconnaît.

La seconde logique de mobilité est influencée par l'activité des individus. Elle n'est cependant pas à proprement parler individuelle, puisqu'elle est motivée par un ensemble de pratiques, autres que le simple déplacement¹⁹, répétées, définies et

¹⁸ L'empreinte laissée dans un même parcours peut être composée d'éléments de limite de champs, de guides ponctuels comme des cairns ou des arbres, de tronçons de routes ou de chemins, de volées d'escaliers ou de passages dans une falaise rocheuse, de bords de terrasse agricole, de parcelles particulières, de venelles ou de caniveaux...

¹⁹ Par exemple, il peut s'agir d'une activité de cueillette, de production de charbon, de travail de la terre... qui implique un mouvement et un déplacement mais sans intentionnalité directe

progressivement appropriées par une société dans son ensemble (*habitus*). Elle laisse également une empreinte dans le paysage tangible actuel, mais cette empreinte est composée d'un ensemble hétérogène de traces matérielles, le plus souvent liées aux activités quotidiennes. Elles peuvent varier en fonction du contexte saisonnier, des modes de déplacement ou des outils utilisés dans la pratique d'une activité. Ce type de mouvement est plus difficile à identifier car il n'est pas organisé comme un réseau de lieux connectés mais plutôt comme un maillage de lignes qui se croisent (Lefebvre, 2000 ; Ingold, 2011). Ces lignes peuvent être considérées comme des trajectoires guidées par les activités quotidiennes des individus. Elles sont composées par la mise en relation d'éléments matériels utilisés et produits par des individus en mouvement dans le cadre de leurs activités, mais peuvent aussi être associées à des segments d'itinéraires formels empruntés dans le cours même d'une activité. Tenter d'appréhender ces trajectoires spatiales, nécessite de mobiliser nos connaissances des pratiques, règles, normes et coutumes sociales et économiques. Ces connaissances nous permettent à leur tour de retrouver l'empreinte laissée, en particulier sa forme résiduelle dans le paysage tangible d'aujourd'hui. Elles nous renseignent aussi sur les modalités potentielles d'une articulation avec les composantes du réseau d'itinéraires formels. Nous avons défini cette deuxième logique de mouvement dans un concept appelé « pathway system » (figure 5). À la différence du path framework system, le pathway system est, du point de vue du déplacement, conçu de façon plus ou moins inconsciente, tout au moins sans objectif particulier de relier des lieux, par un groupe d'individus. Il s'agit d'un objet dont les propriétés contextuelles sont essentiellement liées au comportement d'individus ou de groupes dans le cadre de l'*habitus*. Le pathway system se rapporte à un temps donné pour une durée donnée, indépendamment de son empreinte dans le monde physique, car il est composé d'un ensemble hétérogène de caractéristiques morphologiques qui sont liées entre elles par une ou plusieurs pratiques spécifiques (*habitus*) à un moment donné.

De manière plus générale, nous avons pu constater une relation complexe entre les différentes traces tangibles observées dès lors que nous les examinons sous l'angle de la mobilité. Archéologiquement, il y a une discontinuité thématique évidente²⁰, que nous devons résoudre par un agencement logique, structuré en fonction des comportements de mobilité (ce qui renvoie à la notion de cofonctionnement, définie en note 9).

À l'échelle d'un espace, d'un paysage, la configuration globale des éléments qui définissent et structurent la mobilité doit donc être comprise dans deux cadres conceptuels radicalement différents mais coexistants : les réseaux et les maillages. Sur le long terme, l'influence de ces deux cadres co-évolue, renforçant la complexité de l'analyse dès lors que l'on tente d'expliquer l'origine des éléments liés à la mobilité observés dans le paysage tangible. Ainsi, par exemple, un segment de route,

d'aller d'un point à un autre. C'est le mouvement dans le cours de l'activité elle-même qui définit la trajectoire spatiale.

²⁰ Au sens où des éléments appartenant à des registres différents – éléments d'origine agraire, végétal ou minéral, rituelle...- peuvent composer la trajectoire spatiale d'un déplacement, soit un ensemble cohérent du point de vue de la mobilité.

formellement identifié comme une route dans un réseau bien défini, peut en réalité trouver son origine dans une structure agraire utilisée comme un passage, dont l'usage préfigure le développement postérieur de la route. Inversement, un tronçon de route formellement créé comme route dans un réseau planifié peut par la suite disparaître et être remplacé par une simple limite de champs reconnaissable topographiquement et encore utilisée « officieusement » pour se déplacer.

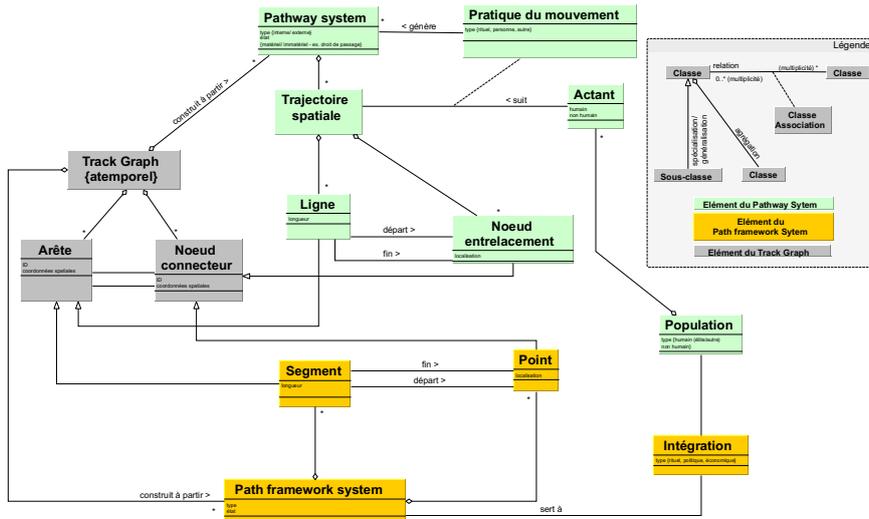


Figure 5. Structure théorique et agencement des trois concepts de pathway system, path framework system et track graph,

Si, d'un point de vue théorique, il est possible de présenter cette complexité à partir d'exemples bien décrits et pertinents, il est beaucoup plus difficile d'envisager des méthodes permettant de l'analyser de manière plus globale et systématique en s'appuyant sur des ensembles de données qui sont, par définition, hétérogènes.

5. Vers une abstraction, heuristique du raisonnement : le « track graph »

Pour terminer notre proposition, nous donnons la définition d'un concept analytique strictement abstrait et s'appuyant sur la théorie des graphes, l'objectif étant de le rendre opérationnel dans des analyses spatio-temporelles.

5.1. Motivations et flux de travail conceptuel

L'identification des entités nommées et de leurs relations selon différents points de vue (individuel et collectif, social, économique, politique) nous autorise à définir

un objet composite abstrait, appelé « track graph » (figure 5). Celui-ci correspond à une construction qui permet d'interpréter la mobilité selon des éléments variés observés au fil du temps.

L'intérêt de cet objet abstrait réside : 1) dans sa capacité à structurer les données et les connaissances afin d'appréhender le système de circulation d'un espace comme des potentialités issues d'une combinaison d'éléments, et non par la juxtaposition de systèmes *a priori* incompatibles (formels et informels) ; 2) dans la possibilité d'une analyse transculturelle des processus de mobilité conservant le lien logique entre ces processus et les éléments locaux spécifiques interprétés dans chaque cas d'étude.

Ce lien logique est notamment pertinent lorsque l'on considère la manière dont nous générons des connaissances par l'observation répétée et la construction d'hypothèses (voir figure 6). Dans la spirale herméneutique (Ricoeur, 1990; Hodder & Hutson, 2003; Chazan, 2018), l'étape de l'analyse des données est cruciale pour la formulation d'hypothèses et de modèles conceptuels. Ceux-ci sont souvent fortement dépendants de techniques analytiques spécifiques, telles que la télédétection, les SIG, l'analyse de réseaux, les statistiques ou la modélisation, qui supposent une structure formalisée des données observées. Le track graph est donc proposé ici comme une structure de données qui devrait permettre un éventail relativement large d'approches analytiques, fondé notamment sur la théorie des graphes. Le track graph regroupe (hypothétiquement) toutes les évidences de mobilité observées, présentes et passées, en un ensemble de nœuds et d'arêtes pouvant recevoir un nombre illimité d'attributs²¹. Ces attributs peuvent être associés à chaque élément du graphe par reconstruction logique *via* des ontologies qui décrivent et structurent l'ensemble des connaissances selon différentes conceptions du monde.

D'un point de vue méthodologique, nous pouvons subdiviser notre chaîne de travail conceptuel en trois phases (figure 6).

La première phase correspond à l'observation de données à partir d'une ou plusieurs sources (terrain, imagerie, MNT LiDAR, cartes, documents historiques, etc.). Les observateurs identifient les caractéristiques archéologiques dans l'ensemble des données disponibles en utilisant un protocole d'observation partagé ou individuel. Ce faisant, ils élaborent des hypothèses et un premier modèle conceptuel pour guider leurs observations et la manière dont ils les enregistreront et les interpréteront.

La deuxième phase consiste à analyser ces ensembles de données observées et la manière dont elles ont été reconnues et interprétées du point de vue du processus de mobilité, afin de proposer un schéma des concepts utilisés et des liens établis par les observateurs pour relier ces différents concepts. C'est précisément ce que nous avons tenté de faire en développant une approche ontologique sur plusieurs études de cas (voir partie 4 et Nuninger *et al.*, 2020b).

²¹ Comme nous le verrons ensuite un nœud dans le track graph n'implique pas nécessairement qu'on lui attribue une fonction de connecteur dans un réseau, elle peut aussi être comprise comme un point d'entrelacement dans un maillage.

Dans la troisième phase, que nous ne développerons pas dans ce chapitre, nous pourrions explorer la reconstruction logique de chemins plausibles ou même de schémas de circulation, pour une période donnée, en s'appuyant sur le track graph ainsi que sur des connaissances et données complémentaires. Dans notre approche, le track graph est un squelette de chemins plausibles, qui définit le terrain de jeu dans lequel nous pouvons explorer différents modèles hypothétiques de pratiques de mobilité (modèles induits), à l'aide, par exemple, de modèles de simulation multi-agents. L'objet abstrait représenté par le track graph peut donc être utilisé comme support pour reconstruire plusieurs types de structures de circulation (réseaux routiers, parcours). Si ces reconstructions demeurent hypothétiques, elles ont l'avantage de se fonder sur l'ensemble des évidences archéologiques observées. Celles-ci, détachées de leurs attributs d'observation, n'induisent alors aucune interprétation *a priori* dans le processus de reconstruction. Le lien avec les attributs est toutefois maintenu par un identifiant et des coordonnées géographiques (cf. 5.2) permettant ainsi de revenir aux données initiales lors d'une phase d'évaluation du modèle de reconstruction.

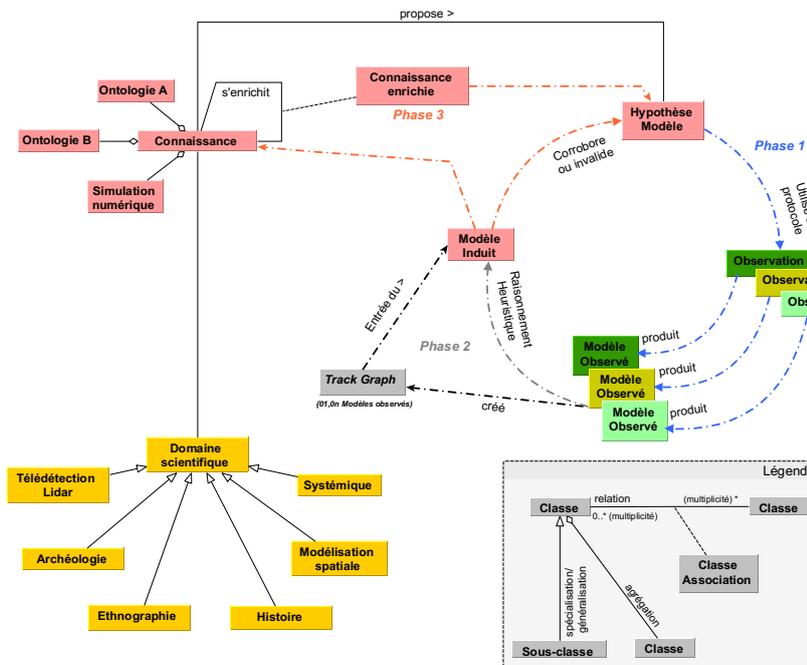


Figure 6. Chaîne de travail conceptuelle associée au track graph

Cette troisième étape de la chaîne de travail conceptuelle est encore en cours. Dans la suite de ce chapitre, nous nous concentrerons donc plus en détail sur le concept de track graph, sa construction, et son articulation avec deux autres concepts issus de nos

ontologies d'observation : le pathway system et le path framework system (discuté dans la section 4.3).

5.2. Composition du track graph

Nous définissons le track graph (cf. figure 5) comme un objet abstrait, composé d'un ensemble de nœuds et d'arêtes. Il est important de souligner ici que ces nœuds et arêtes sont entièrement abstraits, fournissant une représentation simple, fondée sur un graphe, des connexions entre les entités. Cette approche s'inspire de celle développée dans le contexte de l'archéologie urbaine *via* le modèle OH-FET²² où les entités géométriques représentant des éléments physiques sont abstraites de leurs attributs descriptifs (Rodier & Saligny, 2010), afin de distinguer clairement les propriétés interprétées telles que le type ou la classe, décrites dans les attributs, de la chose abstraite, décrite à travers sa géométrie.

Dans le track graph un nœud peut représenter un lieu, par exemple une ville, une place de marché, une habitation individuelle, un repère dans le paysage ou une intersection entre des chemins. Mais une telle intersection pourrait être reconnue comme un carrefour ou une jonction, c'est-à-dire un lieu, ou simplement comme le croisement de deux chemins sans signification particulière, par exemple, l'intersection entre un sentier d'animaux et un chemin de randonnée. La caractéristique essentielle d'un nœud est que les individus peuvent se déplacer entre eux ou à travers eux. En d'autres termes, la représentation d'un nœud dans le track graph n'implique pas nécessairement qu'on lui attribue une fonction de connecteur dans un réseau, elle peut aussi être comprise comme un point d'entrelacement dans un maillage. Dans ce cas, comme nous le verrons plus tard, nous attribuerons un statut inactif au nœud du track graph.

Le mouvement lui-même a lieu sur les arêtes, représentant des éléments et/ou structures compris comme des chemins. On peut leur attribuer divers attributs, décrivant, par exemple, leurs manifestations matérielles ou leurs fonctions. Au fil du temps, des intersections et des lieux ainsi que des chemins peuvent apparaître, disparaître et réapparaître. Le track graph enregistre et accumule chaque trace observée, généralisée cartographiquement sous forme d'éléments géométriques (arêtes et nœuds). Ce graphe est complété au fur et à mesure des observations (figure 7). Une observation permet de créer une arête ou un ensemble d'arêtes et de nœuds, mais une même arête peut correspondre à plusieurs observations (provenant de divers observateurs, et/ou de diverses sources, à différents moments d'observation ou selon différents protocoles).

²² Modèle qui déconstruit l'Objet Historique (OH) selon ses trois dimensions : Fonction, Espace, Temps (FET).

Les arêtes et les nœuds sont dénués d'attributs liés aux observations faites sur les entités qu'ils représentent, à l'exception d'un identifiant (ID) et de coordonnées spatiales.

Le fait de conserver l'ID et les coordonnées spatiales permet de maintenir un lien avec les observations initiales qui sont décrites par un ensemble d'attributs *via* une ontologie. Tandis que des attributs sont purement descriptifs, par exemple la taille, la hauteur, la largeur, la longueur, les matériaux, la signature spectrale, les attributs topologiques (croisement, à côté, etc.), et ne changeront donc pas d'un schéma ontologique à l'autre, certains attributs en revanche, par exemple la classe ou le type, peuvent varier selon les schémas. Ce processus d'abstraction initial lors de la construction de la structure track graph permet en retour aux nœuds et aux arêtes de s'enrichir d'une palette d'attributs variés grâce à chaque schéma ontologique et chaque ensemble d'observations. Par exemple, un chercheur interprétant visuellement un MNT LiDAR pourrait identifier et interpréter une anomalie topographique linéaire comme faisant partie d'une ancienne route romaine. Le même élément matériel pourrait être identifié et interprété par un archéologue médiéval comme une limite de champ, ou comme une voie d'accès potentielle pour les agriculteurs. Ce type de controverse sur l'interprétation est à la fois assez courant et source de débats passionnés lorsqu'une équipe de recherche étudie l'évolution du paysage (Williamson, 2016). De même, lorsque l'on combine les données produites par plusieurs équipes, les multiples interprétations créent souvent une complexité en partie artificielle (Rippon, Smart, & Pears, 2015). En s'autonomisant par rapport à l'interprétation véhiculée par les attributs, le track graph constitue un outil permettant de combiner divers ensembles d'observations. Agissant comme une représentation dynamique des observations, il évolue au fur et à mesure que de nouvelles observations sont faites (un segment peut être partitionné par de nouveaux nœuds, ou dissocié en deux segments distincts selon l'échelle d'observation). *In fine*, le track graph constitue un canevas ou un squelette spatial commun qui peut être utilisé pour recomposer différents systèmes thématiquement significatifs.

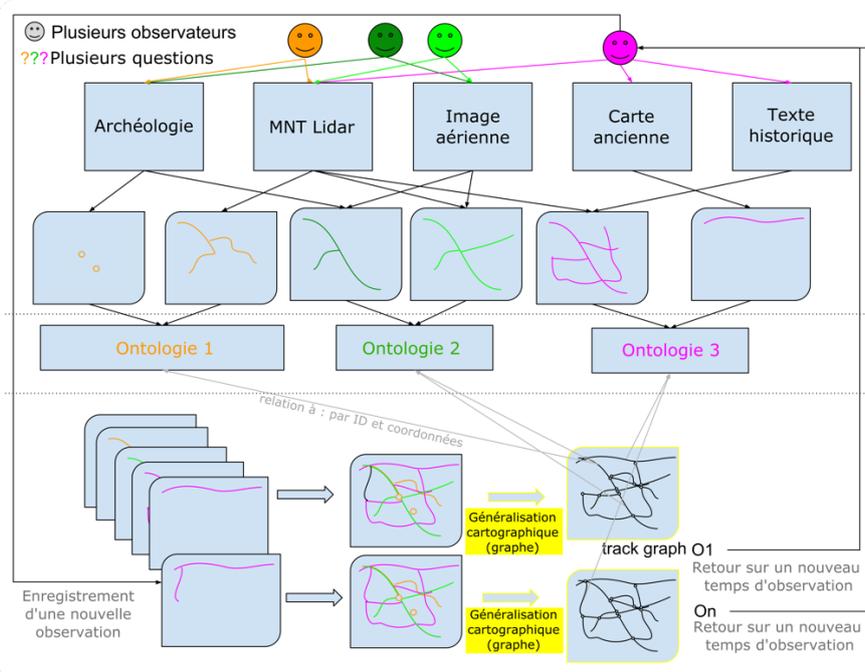


Figure 7 : Le processus de création d'un track graph

Compte tenu de notre volonté de considérer le paradigme du maillage dans notre approche de la mobilité, il pourrait être reproché d'utiliser le modèle du réseau comme outil d'analyse. Pour surmonter cette incohérence théorique, nous introduisons la notion pragmatique de statut actif et inactif des nœuds. Pour illustrer notre propos, prenons une observation unique, par exemple une ligne identifiée sur une image aérienne. Elle peut être représentée par une seule arête et deux nœuds à ses extrémités ou par un ensemble d'arêtes reliées par plusieurs nœuds. Dans ce cas, les nœuds n'ont pas le rôle d'origine ou de destination, mais ne feront que relier des arêtes pour représenter géométriquement une entité, tandis que certains de ces nœuds peuvent contribuer à représenter d'autres observations indépendamment de cette entité linéaire. La structure très abstraite du track graph permet de traiter les nœuds et les arêtes comme *actifs* ou *inactifs*. Par exemple, prenons un ensemble d'arêtes et de nœuds dans le track graph qui représentent une route romaine dans notre modèle. Ceux de ces nœuds qui ne peuvent être reliés à aucune donnée sémantique seront considérés comme inactifs dans le graphe soumis à l'analyse de réseau. Parmi ces nœuds, et selon un autre modèle de mobilité, si l'un d'entre eux (N) correspond à une jonction qui permet à un agriculteur du passé de rejoindre cette route depuis un passage en bordure de terrasse, alors il sera considéré comme actif. En effet, la jonction entre les deux segments au nœud N est significative pour l'agriculteur, même

si ce n'est pas le cas pour d'autres individus qui ne circuleraient que sur l'axe de la route.

Dans le track graph, le réseau actif, composé de lieux (nœuds) et de chemins (arêtes) qui sont mobilisés dans un modèle induit, n'est qu'un sous-ensemble de l'ensemble des lieux et des parcours *potentiellement réalisés*. Les arêtes et les nœuds activés par le modèle peuvent alors rendre compte de la structure tangible de la mobilité à des moments spécifiques. Un deuxième intérêt du track graph qui découle de sa nature abstraite est la possibilité de l'utiliser comme un cadre analytique qui peut être transposé à plusieurs études de cas relevant de différentes cultures. Cela permet de comparer des modèles de parcours fondés sur la même structure, tout en interprétant chacun d'entre eux selon l'ontologie propre au domaine culturel étudié.

5.3. Résumer et établir des liens : track graph, pathway system et path framework system

Dans cet article, nous avons développé notre approche de deux types de logiques clés qui sous-tendent les processus liés au mouvement : le path framework system et le pathway system, à partir de plusieurs cas d'études régionaux. Nous avons ensuite exploré comment ces deux conceptions génériques de la mobilité peuvent être exploitées dans l'interprétation de données provenant de sources hétérogènes, et comment les observations qui en découlent peuvent être recombinaisonnées par modélisation à l'aide de l'outil conceptuel track graph (figure 5).

Le path framework system et le pathway system fournissent des modèles de mobilité complémentaires et sont destinés à être utilisés ensemble pour mieux appréhender la structure globale de la circulation dans un paysage donné.

Le path framework system est utilisé pour décrire un réseau d'itinéraires conçu par une société, ou au moins reconnu comme tel par un groupe. Cela inclut les chemins formels qui peuvent être utilisés pour le transport ou le voyage d'un point d'origine à une destination. Dans ce cadre conceptuel, le mouvement est essentiellement orienté vers la destination (Wallace, 1993). Dans le cadre de l'élaboration de modèles territoriaux, cette logique pourrait être utilisée pour modéliser la manière dont les systèmes formels de déplacement contribuent à l'intégration sociale, politique ou culturelle de la population.

Le pathway system est utilisé pour décrire la trajectoire produite par un ou plusieurs acteurs dans l'exercice de leurs activités. Cette trajectoire est essentiellement informelle, bien qu'elle puisse inclure des éléments du système de parcours formel. Dans le système de parcours, le mouvement est orienté par l'activité plutôt que vers une destination. La logique de mobilité du pathway system peut être abordée de manière analogue au processus de parcours tel que développé par Ingold (Ingold, 2011), mais qui associée à l'idée d'*habitus* (Bourdieu, 1972, 1980), produit une empreinte dans le paysage créée collectivement sur le long terme.

Le track graph est quant à lui un graphe mathématique totalement abstrait mais dans lequel chaque entité (nœud ou arête) représente un élément physique du paysage

observé. Le track graph relie les deux logiques de mobilité décrites ci-dessus dans un cadre analytique unique. Contrairement au path framework system et au pathway system, le track graph ne contient aucune interprétation de l'utilisation des éléments matériels représentés ni de la date de leur utilisation. Il sert uniquement de support abstrait et géométrique pour les deux cadres conceptuels. Sa structure, composée d'arêtes et de nœuds, est une simple représentation conventionnelle destinée à faciliter l'analyse syntaxique de l'espace.

Dans l'articulation des trois concepts, la gestion du temps mérite une attention particulière. Comme expliqué, le track graph est un ensemble de nœuds et d'arêtes qui couvre tous les chemins et lieux potentiels observés et déduits, indépendamment de leur ordre chronologique. En ce sens, le track graph lui-même est historiquement et archéologiquement atemporel, car il rassemble des éléments de toutes les périodes. À un moment d'observation donné (O1), la structure du track graph enregistre la totalité des chemins réalisés ou potentiels et peut être utilisée pour explorer des chemins plausibles, en utilisant une ontologie spécifique décrivant les comportements de mouvement et les connaissances associées sur un espace-temps donné (figure 7). De nouvelles observations peuvent ensuite être ajoutées au track graph, marquées avec leur moment d'observation (O2...On), capturant le développement de la compréhension du paysage et de la mobilité à travers celui-ci *via* un processus itératif de modélisation, d'observation et d'interprétation. Les phases de construction du track graph sont liées au moment où les observations sont faites, soit au moment où nous sommes arrivés à un état de connaissance particulier.

Contrairement au track graph, le pathway system et le path framework system sont *historiquement et archéologiquement temporels*. Ils sont délimités chronologiquement et leur dynamique reflète une dynamique qui est historiquement significative. En archéologie, nous nous intéressons à l'analyse des modèles et des dynamiques dans un cadre temporel (T soit de t_0 à t_n) avec un intervalle de temps choisi. Nous pouvons donc nous référer à différentes reconstructions de modèles de mobilité (modèles induits) comme étant valables pour un cadre temporel particulier, en définissant les nœuds et les arêtes qui étaient présents à t_0 , et en définissant ceux qui deviennent actifs ou inactifs à la date de fin t_n . Ainsi, dans notre cadre temporel T, nous pouvons avoir des reconstructions R_1, \dots, R_n .

6. Conclusion

Alors que l'attention des archéologues et des géographes se focalise souvent sur les traces de routes construites ou des sentiers reconnus officiellement *via* la cartographie ancienne, nous démontrons que la compréhension d'un « système » de mobilité dans le passé repose en réalité sur le lien que nous pouvons établir entre l'observations d'objets hétérogènes et la connaissance de différentes pratiques de mobilité et de différents usages, de différentes activités. Pour reconsidérer notre approche des mobilités passées, nous devons considérer, non seulement le rôle du biais des observateurs en termes de méthodologies employées, de sources de données disponibles ou d'expertise individuelle, mais également celui plus implicitement ancré dans les paradigmes théoriques sous-jacents et la façon dont la connaissance est

exprimée dans des domaines de connaissance spécifiques à des contextes culturels et linguistiques extrêmement variés.

Nous avons tenté de démontrer qu'en créant une ontologie des pratiques de mobilité fondée sur une analyse textuelle, nous sommes capables de démêler, de structurer et de clarifier certains biais sémantiques et surtout de porter notre attention sur la nature des relations entre des éléments archéologiques plutôt que sur les éléments eux-mêmes, en particulier lorsqu'il s'agit d'analyser la matérialité d'un processus tel que le mouvement. Le développement d'ontologies constitue un exercice heuristique utile, pour mieux appréhender les raisonnements imbriqués dans des cadres de référence et des chaînes d'inférence souvent largement implicites. La décomposition de références conceptuelles implicites en chaînes de raisonnement explicites et logiques qui décrivent des entités de base et leurs relations permet d'identifier les éléments génériques constitutifs d'un système que l'on peut utiliser pour reconstruire, analyser et comparer les pratiques de mobilités dans un cadre unifié mais avec une approche *bottom-up*.

Notre approche, largement fondée sur une dimension symbolique, celle du mouvement passé lui-même qui n'est pas enregistré, s'appuie néanmoins sur l'empreinte matérielle laissée par le processus de mobilité réalisé dans une chaîne opératoire. L'intelligibilité de cette empreinte passe par l'articulation d'éléments hétérogènes dans des schémas narratifs renouvelés. Ces schémas nécessitent d'être consolidés par des expérimentations (modèle de simulation multi-agents par exemple) et un retour sur les données d'observations afin d'ouvrir et de parfaire notre lecture et notre interprétation des éléments et/ou structures archéologiques dans un paradigme de corps en mouvement. En s'appuyant sur la structure du track graph tel que défini ci-dessus, nous proposons un outil conceptuel pour intégrer cette dimension symbolique de la mobilité passée dans des techniques de modélisation qui peuvent être utilisées pour simuler la mobilité et reconstruire des itinéraires potentiels utiles à notre compréhension des modes d'habiter passés.

Nous avons introduit le concept de « track graph » comme un outil analytique potentiel d'exploration et de comparaison des systèmes de parcours en relation avec diverses pratiques de mobilités, et ce, à de multiples échelles spatiales et temporelles. Le « track graph » est défini comme un ensemble de nœuds et d'arêtes représentant tous les éléments observés dans une région d'étude pouvant être liés au mouvement. Fondé sur la théorie des graphes, cet outil rend possible l'application d'approches analytiques bien établies telles que l'analyse de réseau et la modélisation multi-agents. En outre, il permet une description et une compréhension enrichie des éléments et/ou structures archéologiques observés liés au mouvement grâce à la conceptualisation, la modélisation et la connexion aux systèmes de voies formels (réseaux) et/ou de parcours informels s'appuyant sur l'idée de maillage.

Bien que l'application pratique de cette approche à de nouveaux ensembles de données soit encore dans le domaine de la perspective, nous avons essayé d'illustrer le potentiel et la nécessité de synthétiser des données provenant de diverses sources en utilisant une approche formalisée, mais non standardisée, fondée sur un raisonnement ontologique et des concepts théoriques *a priori* antagonistes mais

unifiés dans un système de graphes. Nous espérons que ce travail de clarification conceptuel contribuera au renouvellement de notre approche de la mobilité passée en s'appuyant sur le caractère complexe des empreintes laissées dans le monde tangible actuel, et plus largement, à la question de l'habiter utile à notre compréhension du peuplement et des paysages envisagés dans la longue durée.

Financement : cette recherche a été financée par le Centre National de la Recherche Scientifique (International Emerging Action (IEA) PICS07899-MOVESCAPE), VU University Amsterdam (CLUE+ Activity Fund 0055), ZRC SAZU Ljubljana, Université de Franche-Comté, Université de Tours, et Université de Glasgow.

Remerciements : la recherche présentée dans cet article a été rendue possible en partie grâce au projet Movescape, dir. Laure Nuninger (CNRS) et Philip Verhagen (Vrije Universiteit Amsterdam) et grâce au ZRC-SAZU pour l'organisation de TRAIL2018 (Postojna, Slovénie) sous la responsabilité de à Žiga Kokalj et Benjamin Stular. Elle a également été soutenue par des postes de professeur invité d'un mois accordés à Philip Verhagen et Rachel Opitz par l'Université de Franche-Comté. Des missions ont également été prises en charge par l'Université de Glasgow et par l'Université de Tours (grâce au projet SOLiDAR, co-organisateur). Des ateliers Movescape ont été organisés à Besançon (MSHE C.N. Ledoux, CNRS), à Tours (MSH Val de Loire et CITERES, Université de Tours-CNRS), à Amsterdam (Vrije Universiteit Amsterdam), à Glasgow (Université de Glasgow), et ouverts à un public plus large à Atlanta (CAA2017) et à Postojna (TRAIL2018). Enfin, elle a bénéficié du support et des échanges réalisés au sein de l'Action Prospective Ontologie et Dynamiques Spatiales du GDR Magis en particulier pour cette publication.

Bibliographie

- Akrich, M., (2013), La description des objets techniques, In : M. Callon et B. Latour (éd.), *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Presses des Mines, Paris, p. 159-178.
- Aldred, O., (2016), Past Movements, Tomorrow's Anchors. On the Relational Entanglements Between Archaeological Mobilities, In : J. Leary (éd.), *Past Mobilities archaeological approaches to Movement and Mobility*, Routledge, New York, p. 21-47.
- Aldred, O., (2020), *The Archaeology of Movement*, Routledge, New York, 224 p.
- Arnaud, M.-C. & Michelet, D., (2004), Nature et dynamique des cités mayas, *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 59, p. 73-108.
- Banaszek, Ł., Cowley, D. & Middleton, M., (2018), Towards National Archaeological Mapping. Assessing Source Data and Methodology—A Case Study from Scotland, *Geosciences*, vol. 8, n°272, .
- Beresford, M. W. & St. Joseph, J. K. S., (1979), *Medieval England: An Aerial Survey*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Bourdieu, P., (1972), *Esquisse d'une théorie de la pratique. Précédé de «Trois études d'ethnologie kabyle»*, Librairie Droz, Genève, 272 p.
- Bourdieu, P., (1980), *Le sens pratique*, Les Éditions du Minuit, Paris, 480 p.
- Cabin, P., (2000), Dans les coulisses de la domination: Le monde selon Bourdieu, *Sciences humaines (Auxerre)*, n°105, p. 24-28.
- Case, H. J., (1973), Illusion and meaning, In : C. Renfrew (éd.), *The explanation of cultural change: models in prehistory*, Duckworth, London, p. 35-46.
- Chase, A. F. & Chase, D. Z., (2001), Ancient Maya Causeways and Site Organization at Caracol, Belize, *Ancient Mesoamerica*, vol. 12, n°2, p. 273-281.
- Chase, A. F., Chase, D. Z., Weishampel, J. F., Drake, J. B., Shrestha, R. L., Slatton, K. C., ... Carter, W. E., (2011), Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize, *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, n°2, p. 387-39.
- Chazan, M., (2018), *World prehistory and archaeology: Pathways through time*, Routledge, New York.
- Childe, V. G., (2015), *Piecing together the past: the interpretation of archaeological data*, Routledge, London, New-York, 175 p.
- Damien, R., (1995), *Bibliothèque et État*, Presses universitaires de France, Paris.
- Deleuze, G. & Guattari, F., (1980), *Mille plateaux*, éd. de Minuit, Paris, 645 p.
- Deleuze, G. & Parnet, C., (1996), *Dialogues*, Paris, 187 p.
- Djindjian, F., (2010), Le rôle de l'archéologue dans la société contemporaine, *Diogenes*, vol. 229-230, n°1-2, p. 78-90.
- Earle, T., (2009), Routes through the landscape. A Comparative Approach, In : J. E. Snead, C. L. Erickson et A. J. Darling (éd.), *Landscapes of movement. Trails, Paths, and Roads in Anthropological Perspective*, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia, p. 253-270.
- Hall, D., (2014), *The open fields of England*, OUP, Oxford.
- Hodder, I. & Hutson, S., (2003), *Reading the Past. Current Approaches to Interpretation in Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hurard, S., Roumegoux, Y. & Chaoui-Dericieux, D., (2014), L'archéologie à l'épreuve de la modernité. De l'opportunisme à la maturité, *Les nouvelles de l'archéologie*, n°137, p. 3-9.
- Ingold, T., (2011), *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*, Routledge.
- Juillard, É., (1953), Formes de structure parcellaire dans la plaine d'Alsace, *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, vol. 30, n°232, p. 72-77.
- Lachiver, M., (1997), *Dictionnaire du monde rural. Les mots du passé*, Fayard, Paris, 1766 p.
- Lefebvre, H., (2000), *La production de l'espace.*, Éditions Anthropos, Paris, 485 p.
- Leroi-Gourhan, A., (1998), *Le geste et la parole. Tome II : la mémoire et les rythmes*, Albin Michel, Paris, 288 p.
- Leturcq, S., (2008), Fonction et devenir d'un réseau invisible : les crêtes de labours dans les terroirs beaucerons (XIVe-XXe siècles), In : R. Compatangelo-Soussignan, J.-R. Bertrand,

- J. Chapman et P.-Y. Laffont (éd.), *Marqueurs des paysages et systèmes socio-economiques*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, p. 163-174.
- McOmish, D., (2011), Introductions to Heritage Assets: Field Systems, *English Heritage*, p. 1-5.
- Nuninger, L., Opitz, R., Verhagen, P., Libourel, T., Laplaige, C., Leturcq, S., ... Rodier, X., (2020a), Developing FAIR Ontological Pathways: Linking Evidence of Movement in Lidar to Models of Human Behaviour, *Journal of Computer Applications in Archaeology*, vol. 3, n°1, p. 63-75.
- Nuninger, L., Verhagen, P., Libourel, T., Opitz, R., Rodier, X., Laplaige, C., ... Levoguer, N., (2020b), Linking Theories, Past Practices, and Archaeological Remains of Movement through Ontological Reasoning, *Information*, vol. 11, n°6, p. 338.
- Ogden, C. K. & Richards, I. A., (1923), *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*, Routledge & Kegan Paul Ltd., London.
- Palmer, R., (2013), Reading aerial images, In : R. S. Opitz et D. C. Cowley (éd.), *Interpreting archaeological topography: airborne laser scanning, 3D data, and ground observation*, Oxbow Books, Oxford, United Kingdom, p. 76-87.
- Ricœur, P., (1990), *Soi-même comme un autre*, Seuil, Paris.
- Rippon, S., Smart, C. & Pears, B., (2015), *The fields of Britannia: continuity and change in the late Roman and early medieval landscape*, Oxford University Press, USA.
- Rodier, X. & Saligny, L., (2010), Modélisation des objets historiques selon la fonction, l'espace et le temps pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée, *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Schiffer, M. B., (1976), *Behavioral Archaeology*, Academic Press, New York.
- Studer, R., Benjamins, V. R. & Fensel, D., (1998), Knowledge engineering: principles and methods, *Data & knowledge engineering*, vol. 25, n°1-2, p. 161-197.
- Tripier, P., (2009), Sociologie et management éclairés par les arts de la guerre? Les grammaires d'action, In : F. Coninck (éd.), *Je connais la situation mais comment agir? Savoir, savoir agir et agir*, L'Harmattan, Paris, p. 27-51.
- Trombold, C. D., (1991), An introduction to the study of ancient New World road networks, In : C. D. Trombold (éd.), *Ancient road networks and settlement hierarchies in the New World*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 1-9.
- Wallace, A. D., (1993), *Walking, literature, and English culture: The origins and uses of peripatetic in the nineteenth century*, Clarendon Press, Oxford, 265 p.
- Watson, P. J., Leblanc, S. A. & Redman, C. L., (1971), *Explanation in Archaeology: An explicitly Scientific Approach*, Columbia University Press, New York.
- Williamson, T., (2016), The ancient origins of medieval fields: A reassessment, *Archaeological Journal*, vol. 173, n°2, p. 264-287.