

# La mobilité au sein d'un carrefour pour une personne en situation de déficience visuelle

Jérémy KALSRON  
Master 2 Géographies Numériques  
2019-2020

Structure d'accueil :  
Laboratoire d'Informatique, de Modélisation  
et d'Optimisation des Systèmes

Stage encadré par Jean-Marie Favreau (LIMOS)

Référent universitaire : Luc Merchez





# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>6</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>I - La mobilité en milieu urbain pour une personne en situation de déficience visuelle</b> .....	<b>8</b>
<hr/>	
<b>I.1 - Perception de l'espace</b> .....	<b>8</b>
<b>I.2 - ... au service du déplacement</b> .....	<b>9</b>
<b>I.3 - Le cas spécifique des carrefours</b> .....	<b>11</b>
<b>II - L'information géographique comme support d'aide au déplacement</b> .....	<b>14</b>
<hr/>	
<b>II.1 - Des approches multimodales</b> .....	<b>14</b>
II.1.1 - Cartes tactiles.....	14
II.1.2 - Descriptions d'environnement.....	15
<b>II.2 - L'accessibilité de l'information</b> .....	<b>16</b>
II.2.1 - Problématique du routage piéton.....	16
II.2.2 - Données liées à la signalisation.....	18
II.2.3 - L'accessibilité pendant la pandémie.....	19
<b>III - La description textuelle d'un carrefour urbain</b> .....	<b>20</b>
<hr/>	
<b>III.1 - Représentations existantes</b> .....	<b>20</b>
<b>III.2 - De l'enquête à la description</b> .....	<b>21</b>
III.2.1 - Première itération : Description générale.....	22
III.2.2 - Seconde itération : Le carrefour dont vous êtes le héros.....	25
III.2.2.1 - Architecture technique.....	25
III.2.2.2 - Réalisation.....	26
III.2.2.3 - Description et retours.....	30
<b>III.3 - Description automatique</b> .....	<b>32</b>
III.3.1 - Objectif final.....	32
III.3.2 - La génération automatique de texte.....	33
III.3.2 - Architecture technique.....	33
III.3.3 - Réalisation.....	35
<b>Conclusion</b> .....	<b>37</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>38</b>
<hr/>	

# Table des figures

Figure 1	Bande d'Éveil de Vigilance.....	9
Figure 2	Feu sonore.....	10
Figure 3	Bande de guidage.....	10
Figure 4	Cycle des feux.....	11
Figure 5	Carrefour en croix.....	12
Figure 6	Carrefour en X.....	12
Figure 7	Carrefour en T.....	12
Figure 8	Carrefour en Y.....	13
Figure 9	Carrefour en étoile.....	13
Figure 10	Carrefour décalé.....	13
Figure 11	Schéma réalisé à partir d'aimants.....	14
Figure 12	Routes schématisées.....	15
Figure 13	Trottoirs et passages piétons linéaires sur OpenStreetMap.....	16
Figure 14	Passage piéton représenté ponctuellement sur OpenStreetMap.....	17
Figure 15	Trottoirs représentés sous forme surfacique sur OpenStreetMap.....	17
Figure 16	Profil transversal d'une traversée.....	20
Figure 17	Carrefour d'étude.....	21
Figure 18	Appel à contribution.....	22
Figure 19	Graphe d'un livre-jeu.....	26
Figure 20	Graphe représentant le carrefour d'étude.....	27
Figure 21	Encart d'information.....	29
Figure 22	Carte de situation.....	29
Figure 23	Chaîne de traitement envisagée.....	32
Figure 24	Modèle de données.....	35

# Acronymes

**CEREMA** - Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

**CERTU** - Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publique

**DAO** - Dessin Assisté par Ordinateur

**DREES** - Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques

**GAT** - Génération Automatique de Texte

**OSM** - OpenStreetMap

**TAL** - Traitement Automatique du Langage

# Glossaire

**Égocentré** : Paradigme de représentation d'une entité par rapport à une autre.

**Exocentré** : Paradigme de représentation d'une entité par rapport à soi-même.

**OpenStreetMap** : Site web et base de données cartographique participative ouverte.

**Micromapping** : Se réfère à la cartographie d'entités à échelle très fine.

**Wiki** : Application web d'édition collaborative.

# Remerciements

Je tiens à remercier mon encadrant de stage, Jean-Marie Favreau, pour m'avoir guidé tout au long de ces cinq mois, pour sa disponibilité et ses retours.

Je remercie également les personnes et instructeurs de locomotion qui m'ont aiguillés lors de ce stage et auprès desquelles j'ai beaucoup appris sur la déficience visuelle, notamment Laurence Gaston dont les nombreux retours ont orienté mon travail, et Didier Leotoing qui m'a permis de visiter mon carrefour d'études les yeux bandés !

Je remercie mes anciens collègues et amis de la DDT de la Creuse, qui m'ont soutenu dans ma volonté de poursuite d'études, et au-delà.

Une pensée toute particulière à Volvic.

Enfin, je voudrais remercier ma promotion de master, avec laquelle j'ai passé deux très belles années.

# Introduction

La déficience visuelle correspond à la perte de tout ou partie de la vision. Elle peut être de naissance ou survenir au cours de la vie. Selon la DREES<sup>1</sup>, la France comptait en 2005 1,7 millions de personnes en situation de déficience visuelle, dont 207 000 aveugles ou malvoyants profonds. Le déplacement des personnes en situation de déficience visuelle est un enjeu majeur de leur autonomie. Pour apprendre à se déplacer au sein d'un environnement urbain, celles-ci peuvent apprendre auprès d'un instructeur de locomotion.

Le rôle de l'instructeur de locomotion est d'accompagner la personne en situation de déficience visuelle pour lui permettre d'utiliser les sens à sa disposition, lui apprendre à utiliser une canne, mais également à appréhender la configuration d'un espace. Pour cela, l'instructeur peut réaliser des cartes tactiles représentant une zone d'étude de manière photoréaliste ou schématique. La réalisation de ces cartes est chronophage, de plus chaque personne a une appréhension différente de l'espace, et donc des besoins différents de représentation, selon ses antécédents.

Le projet ANR ACTIVmap vise à produire des outils d'aide à la conception de ces cartes pour les instructeurs de locomotion. En outre, un des objectifs du projet est d'ajouter à celles-ci des informations sonores pour proposer une carte multisensorielle. ACTIVmap est issu du projet COMPAS (Cartographie et Outils Multisensoriels Pour l'Accessibilité Spatiale) qui explore plus largement l'accessibilité spatiale, et partage des thématiques avec le projet OD4M (Open Data for Mobility).

En effet, les réalisations dans le cadre du projet aspirent à reposer sur des données ouvertes, et particulièrement la base de données libre OpenStreetMap, accessible en lecture et écriture à tout un chacun et évolutive. La contribution à OpenStreetMap fait partie des travaux transversaux des projets liés à COMPAS. Cette contribution peut concerner l'intégration de nouvelles données, la proposition de formalismes pour intégrer de nouvelles thématiques liées à l'accessibilité, ou encore s'intéresser aux outils de contribution orientés grand public tels que MapContrib<sup>2</sup>.

Mon stage s'inscrit dans le projet en se concentrant sur la mobilité des personnes en situation de déficience visuelle au sein d'un carrefour urbain. Ce mémoire de master explore les problématiques inhérentes à la mobilité au sein d'un carrefour, liées à la déficience visuelle et aux infrastructures, puis propose un formalisme d'abstraction de carrefour afin d'en proposer une description textuelle interactive.

---

<sup>1</sup> <https://www.epsilon.insee.fr/jspui/bitstream/1/12824/1/er416.pdf>

<sup>2</sup> <https://www.mapcontrib.xyz/>

# I - La mobilité en milieu urbain pour une personne en situation de déficience visuelle

## I.1 - Perception de l'espace

La perception de l'espace est un enjeu majeur du déplacement en autonomie des personnes en situation de déficience visuelle. Au sein de cette ensemble, on distingue notamment la perception mentale, ou cognition spatiale, et la perception sensorielle.

La capacité sensorielle correspond notamment, pour les voyants, au sens de la vue. Celle-ci permet d'appréhender la configuration d'une rue et de ses obstacles lors d'un déplacement. Ce sens n'est pas entièrement accessible aux personnes en situation de déficience visuelle, qui en fonction du degré de cécité peuvent cependant apercevoir des formes ou des couleurs (malvoyance), mais peut être compensé par l'écholocalisation, ou écholocalisation. Celui-ci correspond à la capacité « de percevoir des obstacles sans contact physique, c'est-à-dire sur la base de l'information acoustique contenue dans les échos » (Baltennek, 2010). Lors de son déplacement, il est ainsi possible pour la personne de détecter les objets massifs qui l'entourent (bâtiment, arbre) et les espaces ouverts (fin d'une rue, portail sur jardin). L'écholocalisation peut être exploitée de manière passive ou active. On parle d'écholocalisation passive lorsque la détection se base sur les bruits environnants, tandis que l'écholocalisation active implique d'émettre un son, avec une canne ou la langue, et d'exploiter sa réverbération.

La cognition spatiale désigne le processus mental de représentation de l'espace. Elle permet d'appréhender conceptuellement une configuration spatiale pour décrire un environnement et se déplacer au sein de celui-ci. Elle fait appel à deux paradigmes de localisation : égocentré et exocentré. En utilisant un référentiel égocentré, la personne localise une entité selon sa propre position ("l'arbre est à ma gauche"). En utilisant un référentiel exocentré, la personne localise une entité selon une autre entité ("l'arbre est à l'est du poteau") (Verjat, 1994).

La maîtrise des ces facultés nécessite un apprentissage, qui peut être prodigué par des instructeurs de locomotion, regroupés sous la bannière de l'Association des Instructeurs de Locomotion pour personnes Déficientes Visuelles (AILDV) qui forme les futurs instructeurs. On comptait 199 instructeurs de locomotion en poste en 2016<sup>3</sup>. Ceux-ci vont accompagner les personnes en situation de déficience visuelle dans l'apprentissage de leurs capacités sensorielles (écholocalisation, technique de canne) et dans l'appréhension de la configuration spatiale des espaces de déplacement. L'objectif des instructeurs de locomotion est de permettre à la personne de se déplacer en autonomie.

---

<sup>3</sup> <https://www.aveuglesdefrance.org/actualites/40-eme-session-de-formation-dinstructeurs-de-locomotion-9-nouveaux-instructeurs-diplomes>

## I.2 - ... au service du déplacement

Une carte mentale correspond à un modèle conceptuel d'un espace et des objets qui le composent (Fernandes et al. 2019). La conception d'une carte mentale est essentielle à tout individu pour se déplacer au sein d'un environnement urbain, et sera alimentée par les capacités sensorielles et la cognition spatiale de celui-ci.

Pour une personne en situation de déficience visuelle, cette carte mentale peut être alimentée par l'écholocalisation, par la détection des obstacles à la canne, ainsi que par l'écoute de l'environnement et des axes routiers qui permettent de faire le lien avec son emplacement. Elle peut également être alimentée à l'aide d'un instructeur de locomotion, qui aidera à l'exploration de l'espace urbain, mais aussi à l'aide de dispositifs externes comme une carte tactile ou un GPS.

L'espace urbain dispose également d'infrastructures permettant aux personnes en situation de déficience visuelle de détecter des obstacles ou de se guider le long d'une voie. Ils peuvent être des aides importantes, mais présentent également des points de vigilance pouvant troubler la localisation :

- Les bandes d'éveil de vigilance (ou bandes podotactiles) (Figure 1) permettent d'avertir d'un danger. En général, elles matérialisent l'entrée et la sortie d'un passage piéton.



Figure 1. Une Bande d'Éveil de Vigilance.

Il existe cependant plusieurs points de vigilance les concernant. D'une part, leur présence n'est pas requise et de nombreux passages piétons ne présentent pas de bande podotactile. De plus, l'orientation d'une bande podotactile n'est pas normalisée et ne doit pas être considérée comme parallèle au passage piéton (CERTU, 2006). Enfin, les bandes podotactiles sont parfois en mauvais état et non renouvelées, et ne pas trouver de bande podotactile à son arrivée sur le trottoir peut être troublant.

- Les feux sonores piéton sont activés à l'aide d'une télécommande à distance (Figure 2). Ils indiquent le nom de la voie lorsque le feu est rouge, et sonnent lorsque le feu est vert. La transmission sans fil des télécommandes pouvant être brouillée par d'autres sources (porte de garage, etc.), la distance d'activation peut être aléatoire et il est parfois nécessaire d'être très proche du feu pour l'activer. De plus, la proximité de deux feux sonores peut être perturbante et il peut devenir difficile de déterminer à quel feu correspond le son entendu, ce qui rend une traversée plus délicate.



Figure 2. Feu sonore. On remarque la présence d'un haut parleur.  
Source : okeenea-tech.com

- Les bandes de guidage matérialisent un cheminement (Figure 3).



Figure 3. Une bande de guidage qui matérialise un chemin sur un passage piéton.

### I.3 - Le cas spécifique des carrefours

Les carrefours représentent un cas spécifique dans le déplacement en autonomie des personnes en situation de déficience visuelle. Leur complexité nécessite une étude attentive de leur configuration et des difficultés qu'il est possible de rencontrer lors de leur traversée. Parmi ces difficultés, il est possible d'évoquer ici les plus prégnantes :

- Les voies et sens de circulation : lors de la traversée d'un carrefour, il est nécessaire d'écouter les voies de circulation pour déterminer leur nombre et leur sens. Ces informations permettront à la fois de s'orienter dans la bonne direction pour traverser les voies, mais également pour déterminer le nombre de voies qu'il sera nécessaire de traverser et estimer la longueur du passage piéton.
- Le cycle des feux : la traversée d'une voie n'est pas toujours possible et va dépendre de l'état du feu de signalisation. Le cycle des feux correspond à l'enchaînement de commutation des feux au sein d'un carrefour. On parle par exemple de feux à deux temps pour un carrefour dont deux voies circuleraient en alternance. La connaissance du cycle des feux au sein d'un carrefour permet de déterminer le bon moment pour traverser la voie. La Figure 4 illustre un carrefour à 2,5 temps.

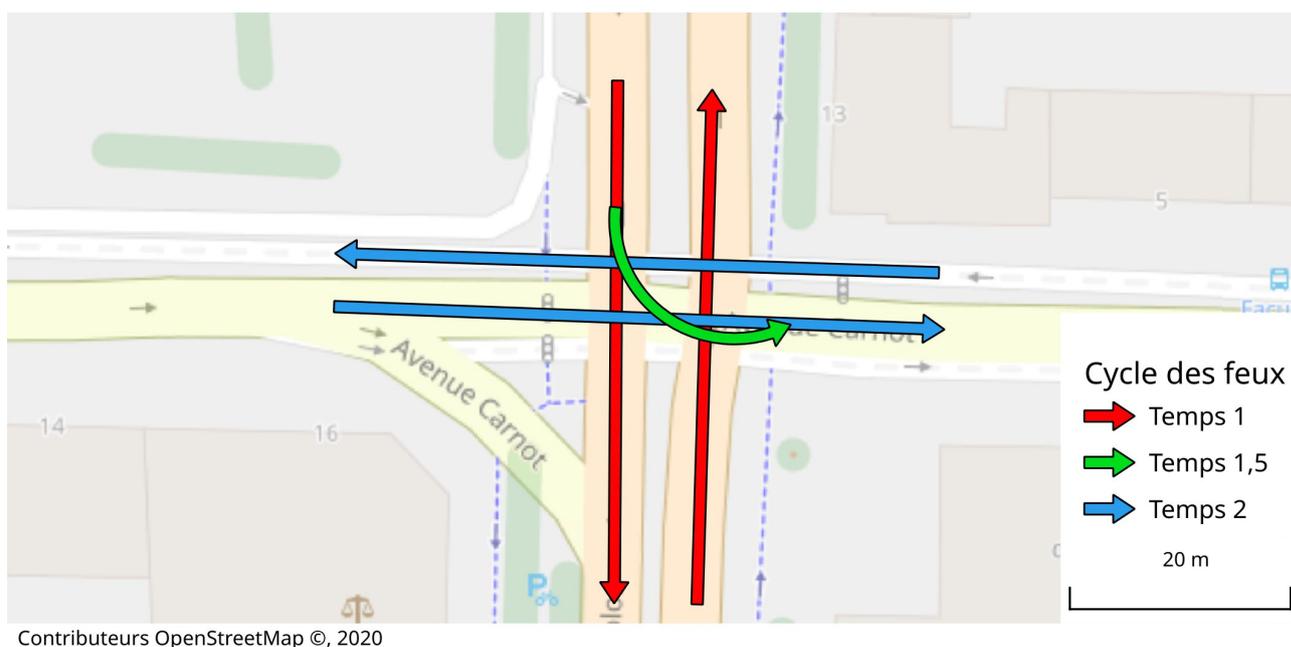


Figure 4. Carrefour à feux à 2,5 temps. Le feu au temps 1,5 permet à une voie de tourne-à-gauche de circuler.

Pour faciliter l'appréhension basique de la configuration d'un carrefour, une typologie des principaux types de carrefours a été élaborée par les instructeurs de locomotion. Celle-ci n'est pas standardisée ni documentée mais un consensus existe cependant dans son usage. Cette typologie se base sur la géométrie du carrefour et la représentation abstraite qui pourrait en être faite, elle fait abstraction de l'usage et de la signalisation. Les schémas ci-après illustrent les grands types de carrefour rencontrés :

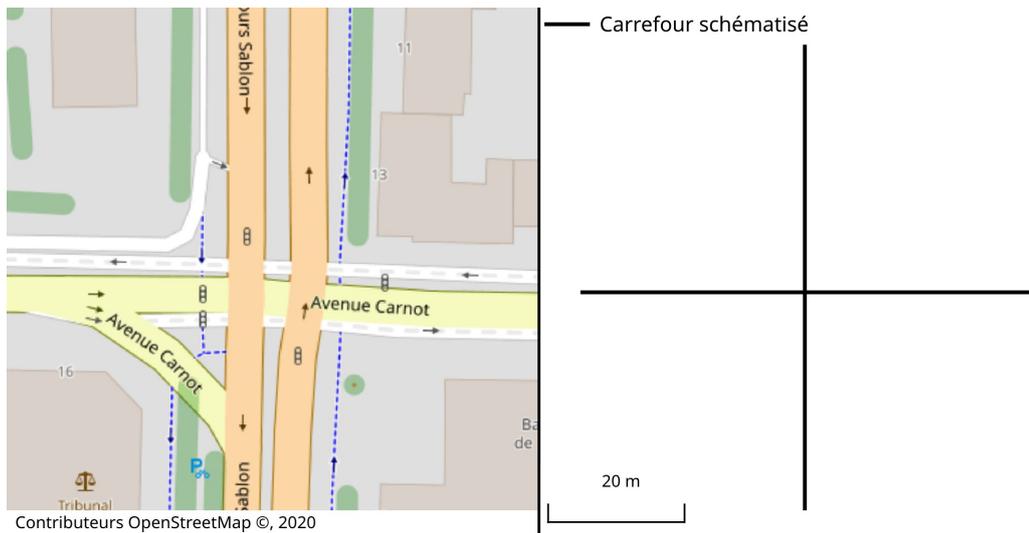


Figure 5. Un **carrefours en croix** est caractérisé par 4 branches qui se croisent en angle droit.

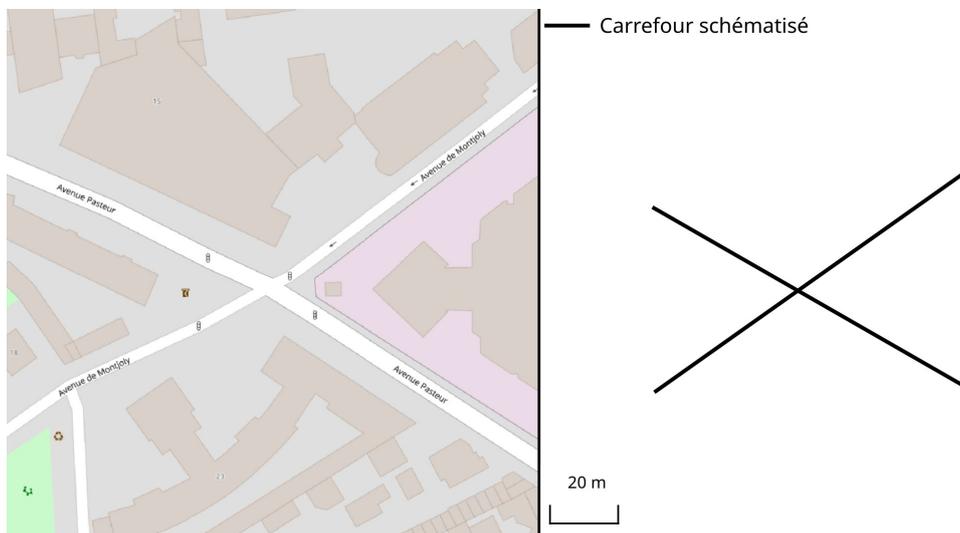


Figure 6. Un **carrefour en X** comprend 4 branches qui ne se croisent pas en angle droit.

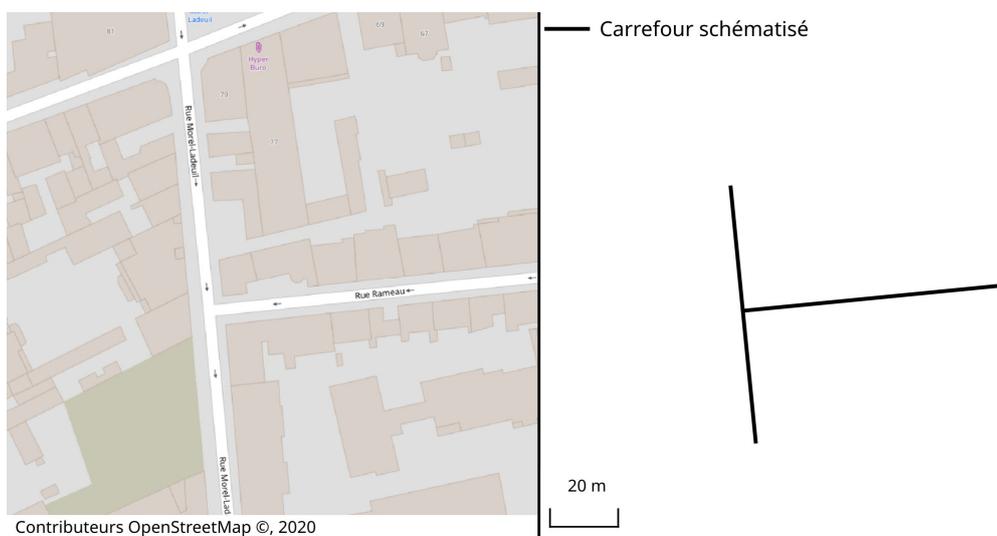


Figure 7. Un **carrefour en T** est un carrefour à 3 branches qui se croisent en angle droit.

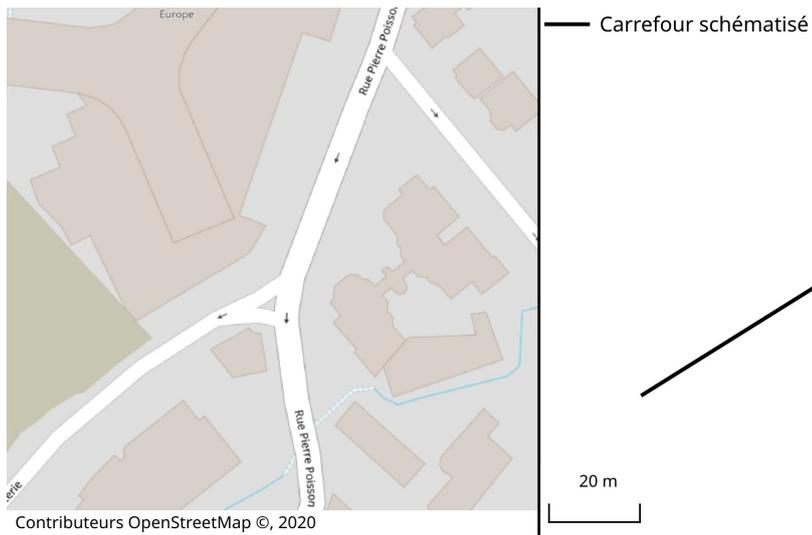


Figure 8. Un **carrefour en Y** a également 3 branches, qui ne se croisent pas en angle droit.

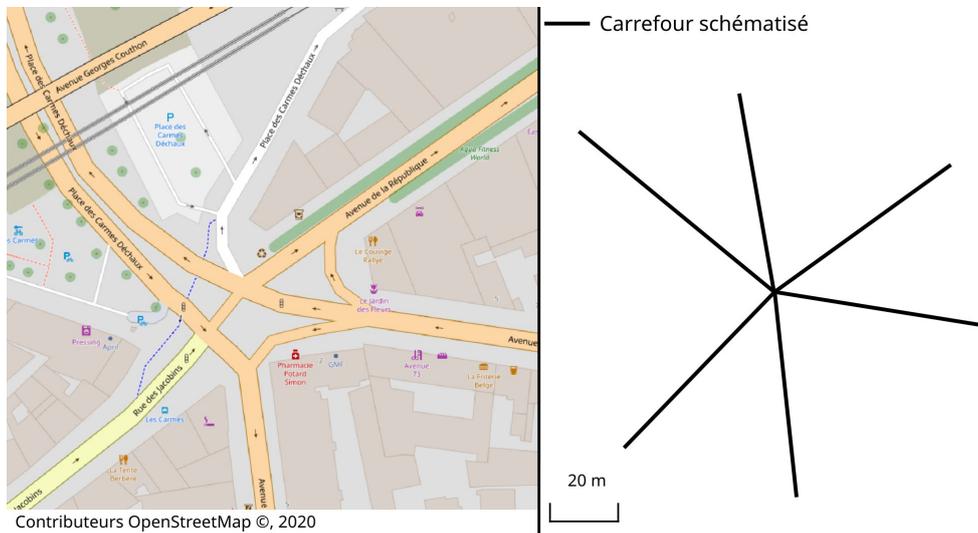


Figure 9. Un **carrefour en étoile** peut avoir plusieurs branches, ici 6. On parle alors de carrefour en étoile à 6 branches.

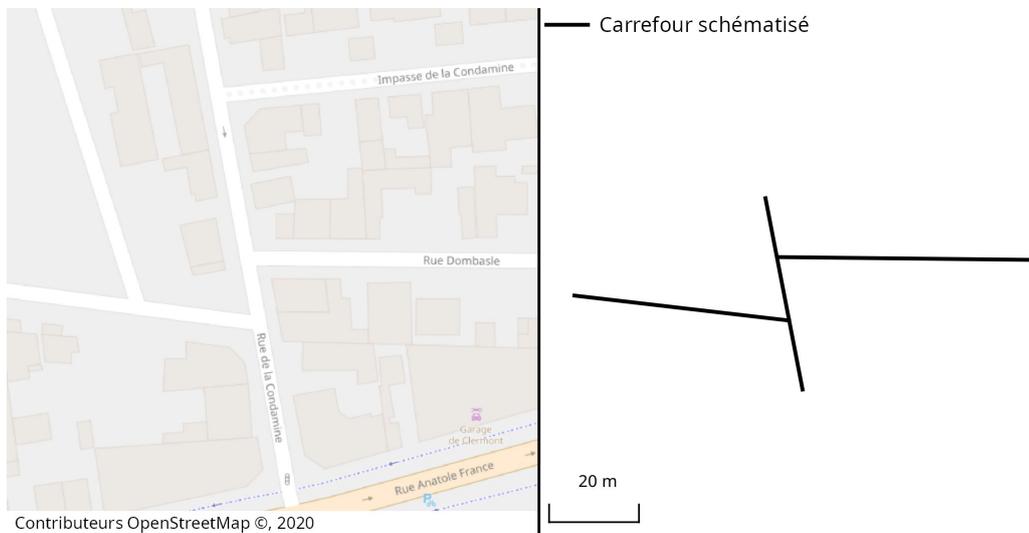


Figure 10. Un **carrefour décalé** dont deux des branches ne se font pas face.

## II - L'information géographique comme support d'aide au déplacement

### II.1 - Des approches multimodales

L'information géographique est utilisée depuis de nombreuses années comme support d'aide au déplacement. Outre son usage dans la réalisation de cartes papier, l'avènement des GPS est un bon exemple d'utilisation de la données géographique comme outil de planification d'itinéraire ou de guidage. L'aide au déplacement des personnes en situations de déficience visuelle nécessite cependant la prise en compte de facteurs spécifiques. En effet, le besoin de représentation pour la personne en situation de déficience visuelle va dépendre entre autres du degré de cécité, ou encore de la date d'apparition du handicap. Pour répondre à chaque besoin, une approche possible est la réalisation automatique de carte « à la demande », dont les propriétés pourraient être modulées selon les nécessités de l'utilisateur (Touya et al., 2019).

#### II.1.1 - Cartes tactiles

Les instructeurs de locomotion font usage de différents médiums tactiles pour permettre aux personnes en situation de déficience visuelle d'appréhender la configuration d'une zone urbaine. Ceux-ci prennent en général la forme d'une maquette, d'une carte imprimée sur du papier thermogonflé ou en 3D, ou d'un schéma réalisé à l'aide d'aimants (Figure 11). Ces degrés dans les détails de représentation vont permettre de couvrir différents usages, de l'appréhension de la topographie précise d'une zone au déplacement au sein de celle-ci.

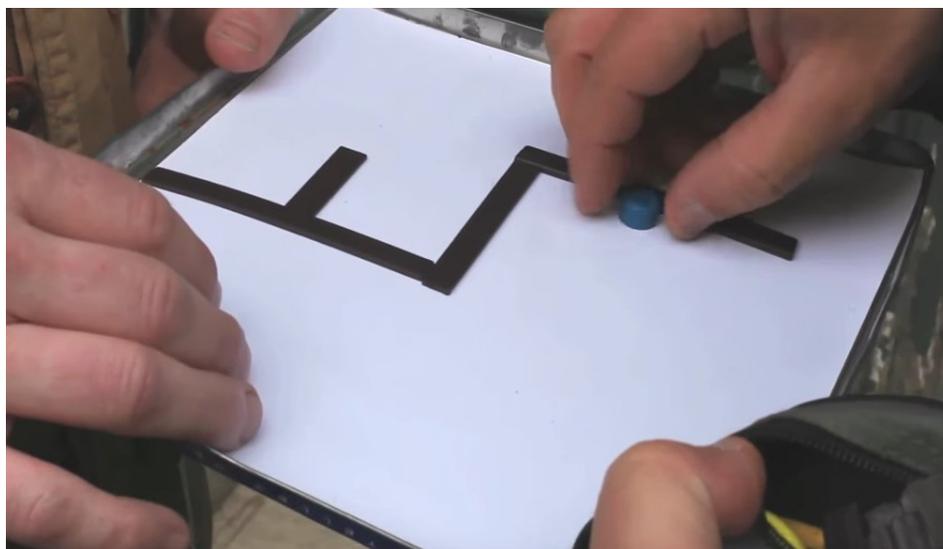


Figure 11. Schéma réalisé à partir d'aimants.

Source : Vidéo « Métier Instructeur de Locomotion », AILDV, 2015

La conception de ces cartes est aujourd'hui manuelle. Une carte imprimée sur papier thermogonflé est en général réalisée à l'aide d'un logiciel de DAO type Inkscape en calquant une photographie aérienne (Fillières-Riveau et al., 2019), une manipulation chronophage et qui sera répétée à minima pour chaque carrefour étudié.

Des solutions pour réaliser automatiquement des cartes adaptées à une impression sur papier thermogonflé existent. TMACS (Minatani et al., 2010) propose une méthode de création automatique de carte tactile, fondé sur des bases de données propriétaires, et met en avant les éléments tels que les intersections qui peuvent être mentionnés lors de la description d'un itinéraire. Un style monochrome définissant différentes textures aux entités et surfaces urbaines est également appliqué. TMACS Using OpenStreetMap (Watanabe et al., 2014) étend ce dispositif en utilisant la base de données OpenStreetMap comme source, et relève l'intérêt grâce à celle-ci de pouvoir générer des cartes en toute zone géographique. (Stampach et al., 2016), en proposant une approche similaire, insistent sur l'intérêt du processus de généralisation cartographique, nécessaire à la simplification de la carte et à la bonne distinction des différentes entités. Ce processus est, par ailleurs, poussé par (Touya et al., 2019) vers la schématisation, qui vise à proposer une représentation plus abstraite (Figure 12), semblable aux réalisations des instructeurs de locomotion, et plus adaptée aux zones urbaines denses.

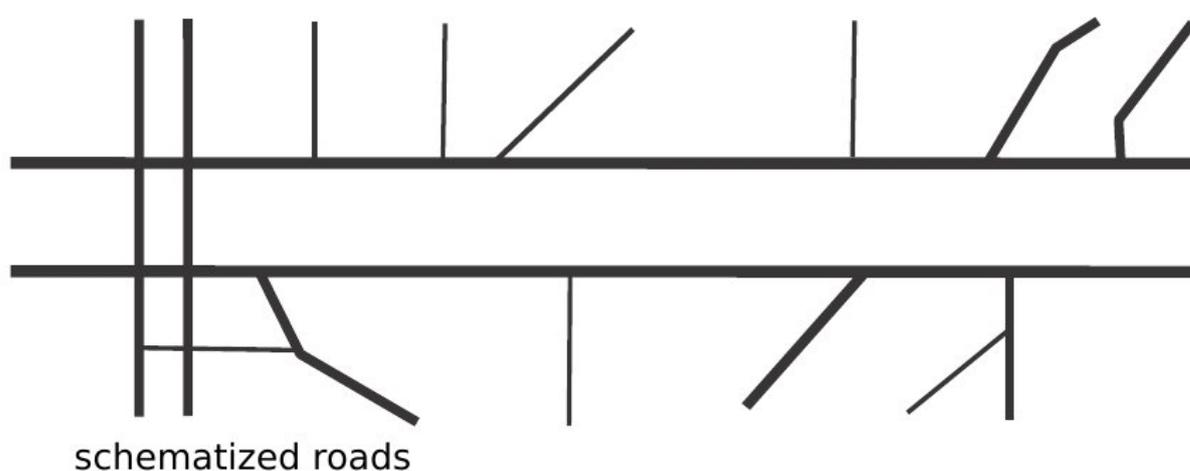


Figure 12. Routes schématisées. Source : Touya et al., 2019

## II.1.2 - Descriptions d'environnement

Plusieurs publications évoquent une aide textuelle (et par extension sonore grâce à la synthèse vocale) de description de l'environnement et d'aide au déplacement. (Boularouk et al., 2017) proposent une ontologie visant à décrire automatiquement les points d'intérêts issus d'OpenStreetMap situés autour de l'utilisateur en les localisant par angle relatif et par distance. (Gaunet et al., 2005) proposent de découper un guidage piéton en une liste de fonctions élémentaires auxquelles sont associées une description.

Des dispositifs en production proposent des fonctions de guidage à destination des personnes en situation de déficience visuelle. On trouve tout d'abord les dispositifs physiques, comme les GPS spécialisés, proposés entre autres par les marques Trekker ou Kapsys, capables de guider l'utilisateur à travers un itinéraire à la manière d'un GPS classique, mais également de lui indiquer et de l'orienter vers les points d'intérêt l'entourant. De nombreuses applications mobiles ont également vu le jour pour proposer des fonctions équivalentes aux GPS spécialisés, les plus connues étant BlindSquare ou ViaOpta Nav. Cette dernière dispose d'une fonctionnalité supplémentaire permettant une mise en lien avec une personne réelle pouvant décrire à l'utilisateur la scène capturée par la caméra de son téléphone. On peut également citer le site web Metro Connection qui propose des descriptions réalisées manuellement de trajets au sein du métro parisien.

## II.2 - L'accessibilité de l'information

Pour construire un outil d'aide au déplacement en tenant compte des éléments évoqués en I.2 et I.3, il est nécessaire de disposer de l'information, à une échelle et une représentation convenables. Le projet ACTIVmap vise à développer ses outils autour de données géographiques ouvertes et collaboratives, essentiellement OpenStreetMap. Il est donc intéressant de proposer un rapide état des lieux des données accessibles en open data, leurs limites, ainsi que des initiatives visant à améliorer celles-ci.

### II.2.1 - Problématique du routage piéton

La problématique du guidage pour les déficients visuels est proche de la problématique du guidage pour piéton. La page « Recommandation pour le routage piéton »<sup>4</sup> du wiki français d'OpenStreetMap liste les différentes bonnes pratiques de cartographie pour permettre un routage efficace, et lie plusieurs informations liées à la déficience visuelle telle que la présence de bandes podotactiles, ou la hauteur des trottoirs. Elle insiste également sur l'intérêt de représenter les trottoirs sous forme d'entités séparées de la route afin de permettre l'intégration de plus d'informations. Il s'agit notamment d'une condition essentielle à la cartographie de passages piétons linéaires (Figure 13), qui relieront deux trottoirs, et par extension à l'information de présence d'une bande podotactile aux deux extrémités de celui-ci.

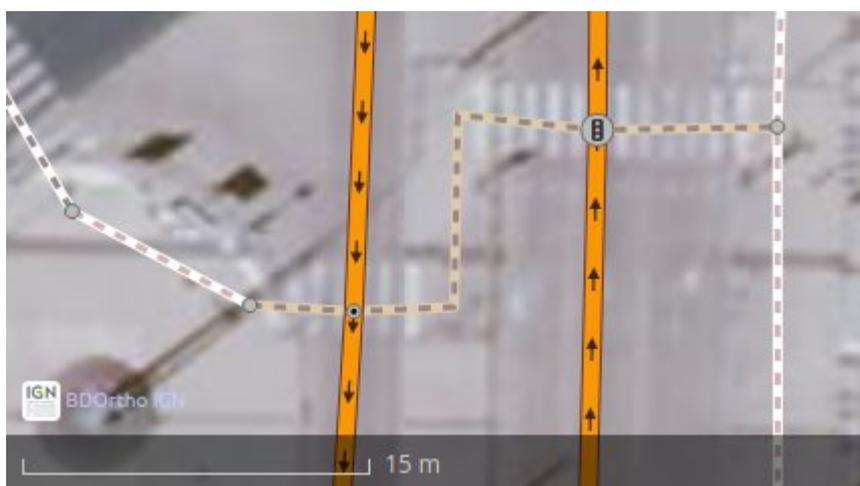


Figure 13. Trottoirs et passages piéton représentés linéairement.

Cette pratique est à confronter avec la pratique la plus couramment rencontrée sur OpenStreetMap où le passage piéton est matérialisée par un nœud sur la route, et le trottoir par un ou plusieurs attributs de la route (Figure 14).

<sup>4</sup> [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Recommandations\\_pour\\_le\\_routage\\_piéton](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Recommandations_pour_le_routage_piéton)

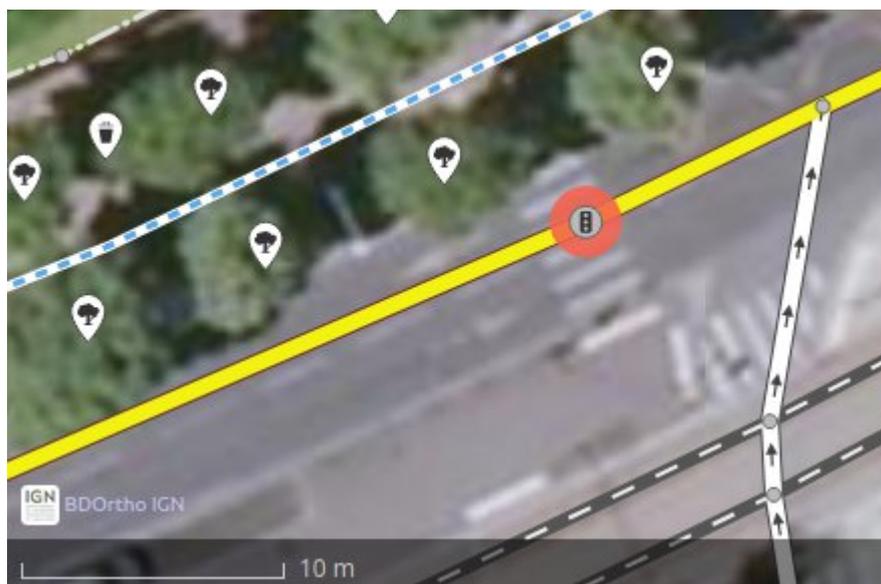


Figure 14. Le passage piéton n'est qu'un nœud de la route. De plus, le trottoir n'est pas représenté.

Plusieurs initiatives très locales cartographient les trottoirs de manières linéaires dans des villes ou des quartiers ciblés. On peut notamment citer Grenoble, ou encore Montrouge. Pour ce dernier, les trottoirs ont été cartographiés en surfacique de manière très précise (Figure 15) et la démarche se rapproche du micromapping<sup>5</sup>, terme utilisé au sein du wiki pour désigner la cartographie à échelle très fine.



Figure 15. On remarque des trottoirs particulièrement à Montrouge.

<sup>5</sup> <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Micromapping>

Cependant, bien que la sémantique d'OpenStreetMap autorise à représenter les trottoirs à un niveau de détail convenable, une étude conduite en 2015 montrait un taux de complétion des trottoirs de 5,6% à Berlin et de 2,2% à Heidelberg (Mobasheri et al., 2015). Le taux de complétion est calculé de manière intrinsèque en comparant le nombre de chemin présentant le tag highway au nombre de chemins présentant les tags "highway" et "sidewalk". Le chiffre obtenu n'est donc pas exact mais permet d'appréhender la complétion d'OpenStreetMap sur cette thématique. Le même calcul effectué en août 2020 sur la commune de Clermont-Ferrand indique un taux de complétion de 2,23% (35409 "highways" pour 793 "highways + sidewalk").

Les « cartes HD », exploitées au sein des véhicules autonomes et réalisées par ceux-ci à l'aide de capteurs embarqués, visent à acquérir et représenter ce type d'information avec une très grande précision (Massow et al., 2016). Il n'existe cependant pas de données ouvertes sur ce thème à l'heure actuelle. En dehors d'OpenStreetMap, les données évoquées peuvent se trouver au sein des données ouvertes par les collectivités. Au sujet des trottoirs, notamment, la ville de Paris a rendu accessible en 2019 son « Plan de voirie » représentant l'emprise des trottoirs et des passages piétons. La donnée linéaire de « Chaussées et trottoirs » de la métropole de Lyon représente sous forme attributaire les trottoirs bordant la chaussée. De manière générale, et à l'instar d'OpenStreetMap, la donnée relative au déplacement piéton semble très localisée.

## II.2.2 - Données liées à la signalisation

Depuis 2009, le groupe OpenStreetMap « OSM for the blind »<sup>6</sup> propose une liste des entités et attributs essentiels pour rendre la carte accessible aux personnes en situation de déficience visuelle et évoque les feux sonores, effectivement documentés sémantiquement sur OpenStreetMap. Comme évoqué précédemment en I.2 et en I.3, la signalisation joue également un rôle de repère et sa présence est importante. On peut noter également la présence des relations de type restriction<sup>7</sup> qui permettent la modélisation des interdictions de tourner.

À l'instar des données liées aux trottoirs, les données liées à la signalisation sont présentes au cas par cas dans les données ouvertes des collectivités.

Le cycle des feux, en revanche, n'est disponible dans aucune base ouverte en France (des jeux de données sont accessibles en Amérique du Nord<sup>8</sup>). Il n'est, de plus, pas possible de le représenter au sein d'OpenStreetMap. Des discussions ont eu lieu sur le wiki à la suite d'une proposition de formalisation<sup>9</sup> mais un grand nombre de spécificités régionales rendraient difficile son application à l'échelle mondiale.

---

<sup>6</sup> [https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=OSM\\_for\\_the\\_blind](https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=OSM_for_the_blind)

<sup>7</sup> <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Relation:restriction>

<sup>8</sup> <https://catalog.data.gov/dataset/traffic-signal-cycle-lengths>

<sup>9</sup> [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Talk:Proposed\\_features/Traffic\\_Signal\\_Timings](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Talk:Proposed_features/Traffic_Signal_Timings)

## II.2.3 - L'accessibilité pendant la pandémie

La pandémie de la COVID-19 a vu de nombreuses initiatives liées aux mobilités douces émerger. On peut notamment citer les aménagements cyclables temporaires réalisés dans de nombreuses villes, mais également des aménagements piétons. Le webinaire proposé par le CEREMA le 11 juin 2020 et intitulé « Quels aménagements pour les piétons pour le déconfinement ? Et pour après ? » présentait les approches proposées par l'organisme pour garantir la distanciation physique en ville, et des témoignages des collectivités d'Avignon, Strasbourg, et Paris. Les retours formulés par ces collectivités ont évoqué la non-prise en compte de la problématique de la déficience visuelle dans les aménagements réalisés par contrainte de temps et de complexité, mais souhaitent travailler davantage cet aspect de l'accessibilité<sup>10</sup>.

Il est intéressant de noter que la communauté OpenStreetMap s'est rapidement organisée pour intégrer les aménagements temporaires au sein de la base de données. La page du wiki OSM « Covid-19 - how to map »<sup>11</sup> en conserve les recommandations.

---

<sup>10</sup> <https://www.cerema.fr/fr/actualites/webinaire-national-amenagements-provisoires-faveur-pietons> (2:43:34)

<sup>11</sup> [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Covid-19\\_-\\_how\\_to\\_map](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Covid-19_-_how_to_map)

### III - La description textuelle d'un carrefour urbain

L'objectif du stage était de travailler sur un formalisme de carrefour permettant d'obtenir une représentation graphique et textuelle adaptée aux personnes en situation de déficience visuelle. J'ai choisi de me concentrer sur la représentation textuelle et cette partie présente ma démarche et les résultats obtenus.

#### III.1 - Représentations existantes

Nous avons souhaité étudier les méthodes existantes pour décrire un carrefour. Pour cela nous avons recherché des sources auprès de professionnels de l'urbanisme et de la mobilité piétonne. Cependant, il semblerait qu'il n'existe pas, à leur connaissance, de formalisme existant pour décrire un carrefour, en dehors de la typologie évoquée en I.3, également partiellement manipulée par ceux-ci (CEREMA, 2016). On trouve cependant des formalismes décrivant l'enchaînement des traversées piétonnes, sous forme de profil en travers (Figure 16). Ceux-ci sont manipulés par les urbanistes à des fins de conception ou de communication<sup>12</sup>.

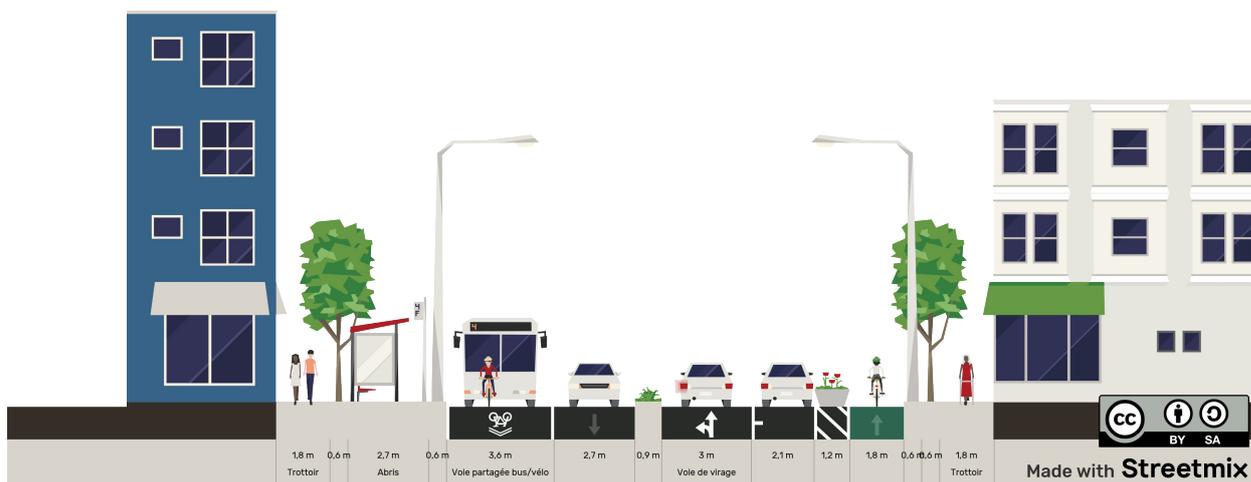


Figure 16. Exemple de profil d'une traversée. Source : Streetmix

Du côté de la communauté liée à la déficience visuelle, le constat est similaire. Il existe cependant de la littérature, notamment québécoise, sur la mobilité en milieu urbain. Le « Manuel d'intervention en orientation et mobilité » (Ratelle et al., 2018) décrit une méthode d'analyse d'intersections. Ce manuel nous a été donné comme référence par des instructeurs de locomotion mais, peu disponible en France, nous n'avons pas pu y avoir accès dans le temps imparti à ce stage.

<sup>12</sup> [http://voiriepour tous.cerema.fr/IMG/pdf/091214-6-GuideProfilenTravers-JLReynaud\\_cle0619b8.pdf](http://voiriepour tous.cerema.fr/IMG/pdf/091214-6-GuideProfilenTravers-JLReynaud_cle0619b8.pdf)

## III.2 - De l'enquête à la description

Lors de l'élaboration du choix de la zone d'étude, j'ai choisi de me concentrer sur un carrefour de Clermont-Ferrand d'apparence simple et pour lequel une carte tactile était déjà disponible (Figure 17). Mes connaissances d'alors, qui ne me permettaient pas d'évaluer la complexité d'un carrefour, m'ont amené à choisir le carrefour à l'intersection de l'Avenue Carnot et du Cours Sablon.

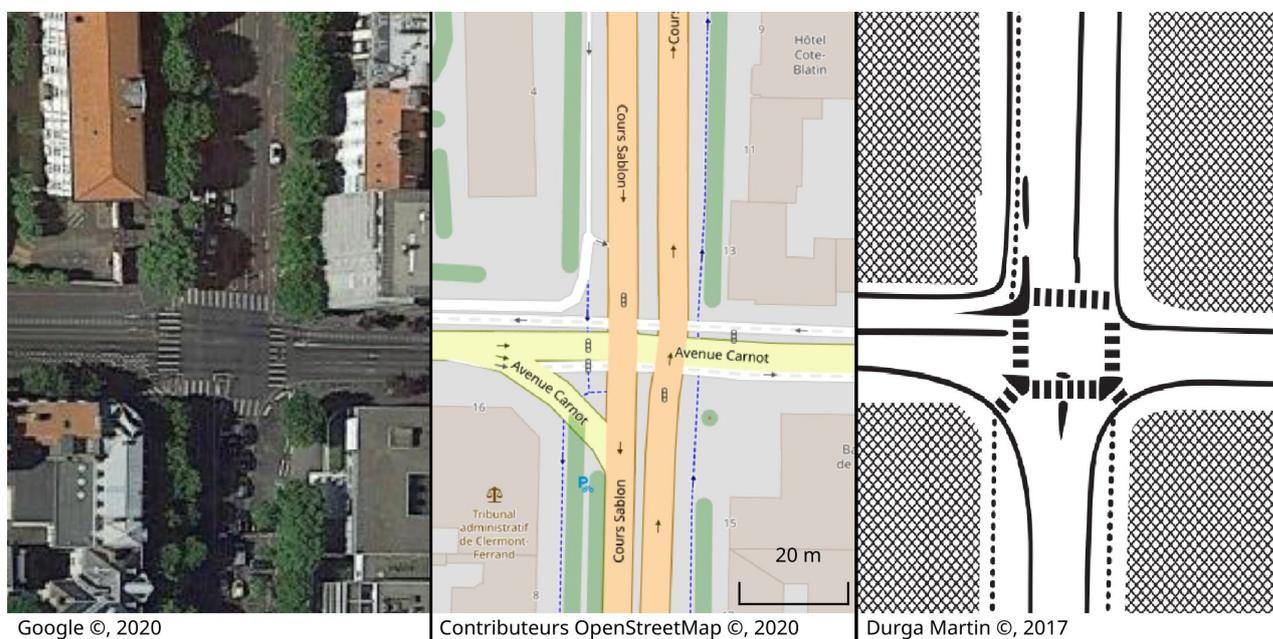


Figure 17. Carrefour d'étude

L'îlot au sud-est représenté sur la carte de Durga Martin n'existe plus

D'apparence simple sur une carte, je l'ai choisi car il s'agit d'un classique carrefour en croix. Mes différents échanges avec des personnes en situations de déficience visuelle et des instructeurs de locomotion m'auront permis de comprendre que ce carrefour est en réalité particulièrement complexe pour plusieurs raisons :

- Le carrefour est grand, et les traversées sont longues
- Une voie de service, au nord-ouest du carrefour crée un îlot implicite (marqué cependant sur la carte de Durga Martin) et ne présente pas de signalisation
- Les îlots présentent une configuration complexe (en triangle, en décalé)
- Deux pistes cyclables passent sur le trottoir à l'est et à l'ouest du carrefour
- Plusieurs voies de tourne-à-droite et de tourne-à-gauche, et un cycle en 2,5 temps, rendent difficile l'analyse du carrefour et de la provenance des voitures

La description du carrefour a été pensée dès le départ comme un outil de discussion avec la communauté liée à la déficience visuelle. L'objectif était pour moi de découvrir, au contact de cette communauté, les problématiques liées à la mobilité pour une personne en situation de déficience visuelle, particulièrement au sein d'un carrefour, mais également d'appréhender le vocabulaire de description utilisé. Cela a permis de mettre en place un processus itératif où chaque nouvelle version a été commentée, puis modifiée. Par ailleurs, l'objectif étant d'élaborer une description idéale, les descriptions ont été réalisées sur la base de photographies aériennes et de connaissance du terrain.

## III.2.1 - Première itération : Description générale

Le confinement, mis en place au tout début du stage, a été particulièrement préjudiciable à cette étape. Il aurait été idéal d'aller physiquement à la rencontre de personnes en situation de déficience visuelle et d'instructeurs de locomotion pour obtenir des retours immédiats et de discuter des méthodes de description. Pour obtenir une base de travail, nous avons émis un appel à contribution afin d'obtenir des audiodescriptions de carrefours (Figure 18).

### Appel à contribution

Vous êtes une personne en situation de déficience visuelle ou accompagnez une personne concernée dans ses déplacements en ville ? Nous avons besoin de vous !

En commençant à travailler sur des outils pour la génération de cartes à destination des personnes en situation de déficience visuelle, les chercheurs du projet ACTIVmap ont compris à quel point il était difficile pour celles-ci de se déplacer en ville, surtout dans les zones dégagées comme les carrefours. Elles peuvent utiliser des cartes en relief pour explorer une zone avant de la traverser mais il n'y a pas de carte pour tous les carrefours !

Mon stage vise à contribuer au projet en se concentrant sur cet aspect. Pour comprendre les enjeux de la traversée du point de vue d'une personne en situation de déficience visuelle, nous avons besoin de témoignages. De cette manière, nous pourrions proposer des choses qui serviront réellement !

Alors si vous êtes concernés par cette problématique, **vous pouvez nous envoyer la description d'un carrefour** que vous connaissez en expliquant ce dont vous auriez besoin pour vous aider à le traverser à l'adresse [contact.activmap@isima.fr](mailto:contact.activmap@isima.fr)

D'avance, merci pour votre contribution !

Figure 18. Appel à contribution émis

Émis sur le site du projet ACTIVmap, sur divers réseaux sociaux et envoyé par mail à quelques contacts de mon maître de stage, nous n'avons obtenus que deux réponses. Celles-ci étaient cependant particulièrement complètes .

Une synthèse de ces deux réponses permet d'établir une première liste de points à prendre compte pour proposer une description de carrefour :

**Pour décrire de manière générale le carrefour**, il faut indiquer :

- le type de carrefour (en croix, en T, etc.) (voir I.3)
- les rues qui le composent, ainsi que le nombre de voies, leur type, et leur direction
- s'il s'agit d'un carrefour à feux

**Pour décrire une traversée**, il faut :

- faire le lien avec son emplacement (sur quel trottoir suis-je<sup>13</sup>, quels-sont les repères autour de moi, quel est le revêtement du sol ?)
- déterminer si la traversée présente un feu
- indiquer la présence d'une bande podotactile au niveau du passage piéton

---

<sup>13</sup> Le trottoir de droite correspond au trottoir qui est dans le sens de la circulation par rapport à notre orientation

Par ailleurs, la seconde réponse obtenue nous a indiqué l'usage courant par les déficients visuels du cadran horaire pour localiser des objets par rapport à sa position.

Ces deux réponses m'ont amené à proposer une première version de la description découpée à la manière de la synthèse précédente. Cette description adopte un paradigme totalement exocentré, c'est à dire que le carrefour est décrit à la manière d'une carte topographique et que l'on ne place jamais l'utilisateur au sein de celui-ci. Ainsi, pour indiquer les directions, nous avons choisi de mobiliser les points cardinaux.

Une première partie se concentre tout d'abord sur une description générale du carrefour, et présente son type, ses rues, et ses voies :

*Le croisement de l'Avenue Carnot et du Cours Sablon est un carrefour en croix.*

*L'avenue Carnot comprend quatre voies : deux voies en direction de l'est dont la plus proche du trottoir est une voie de bus, et deux voies de bus en direction de l'ouest.*

*Le Cours Sablon comprend quatre voies : deux voies en direction du nord, et deux voies en direction du sud.*

*Au nord-ouest, une voie de service se trouve entre la route et le trottoir. Elle longe le Cours Sablon, puis tourne à l'ouest pour longer l'Avenue Carnot.*

*Au sud-ouest du carrefour, une bande se sépare de la voie de bus de l'Avenue Carnot pour rejoindre le Cours Sablon vers le sud.*

*Deux pistes cyclables sont présentes sur les trottoirs du Cours Sablon : une piste en direction du nord sur le trottoir est, et une piste en direction du sud sur le trottoir ouest.*

La seconde partie présente deux parcours du carrefour partant du trottoir nord-ouest : un premier parcours réalise un tour du carrefour dans le sens horaire, le second le réalise dans le sens anti-horaire, ceci afin de pouvoir décrire toutes les traversées du carrefour dans n'importe quel sens. L'extrait ci-dessous représente un tour dans le sens horaire :

***Du nord-ouest au nord-est, la traversée se fait en deux temps :***

*Un passage piéton non-gardé orienté au sud-est et qui présente une bande podotactile permet de traverser la voie de service pour arriver sur un îlot, traversé du nord au sud par la piste cyclable.*

*Un passage piéton gardé parallèle à l'Avenue Carnot et qui présente une bande podotactile permet de traverser le Cours Sablon pour arriver sur le trottoir.*

***Du nord-est au sud-est :***

*Un passage piéton gardé parallèle au Cours Sablon et qui présente une bande podotactile permet de traverser l'Avenue Carnot pour arriver sur le trottoir.*

***Du sud-est au sud-ouest :***

*Un passage piéton gardé parallèle à l'Avenue Carnot et qui présente une bande podotactile permet de traverser l'axe direction nord du Cours Sablon pour arriver sur un premier îlot.*

*Un passage piéton gardé parallèle à l'Avenue Carnot et qui présente une bande podotactile permet de traverser l'axe direction sud du Cours Sablon pour arriver sur un second îlot, traversé du nord au sud par la piste cyclable.*

*Un passage piéton non-gardé orienté au sud-ouest et qui présente une bande podotactile permet de traverser la bande de l'Avenue Carnot qui rejoint le Cours Sablon pour arriver sur le trottoir.*

***Du sud-ouest au nord-ouest, la traversée se fait en trois temps :***

*Un passage piéton non-gardé orienté au nord-est et qui présente une bande podotactile permet de traverser la bande de l'Avenue Carnot qui rejoint le Cours Sablon pour arriver sur un premier îlot, traversé du nord au sud par la piste cyclable.*

*Un passage piéton gardé parallèle au Cours Sablon et qui présente une bande podotactile permet de traverser l'Avenue Carnot pour arriver sur un second îlot, traversé du nord au sud par la piste cyclable.*

*Un passage piéton non-gardé orienté au nord-ouest et qui présente une bande podotactile permet de traverser la voie de service pour arriver sur le trottoir.*

Nous avons envoyé cette description à la première personne ayant répondu à l'enquête, qui a relevé plusieurs points :

- Tous les déficients visuels ne maîtrisent pas nécessairement les points cardinaux et il serait intéressant de proposer à la place un repère lié à la ville (gare, jardin, etc.)
- Le vocabulaire utilisé est à préciser (« passage piéton gardé » voulant dire « passage piéton protégé par un feu »)
- Orienter les passages piétons à l'aide des points cardinaux peut être imprécis

Ce retour a alimenté notre réflexion à la fois sur les repères pouvant être mobilisés par les personnes en situation de déficience visuelle, et sur le niveau de détail qui pouvait être requis pour une description.

### III.2.2 - Seconde itération : Le carrefour dont vous êtes le héros

La première version de la description du carrefour permettait une représentation générale de celui-ci et de ses traversées, mais présentait également de nombreuses limites, parmi lesquelles :

- Une description manquant de détails : absence d'obstacle, de détails sur la qualité des aménagements
- Une précision insuffisante quant à l'orientation des passages piétons
- Une description beaucoup plus précise devient trop verbeuse et indigeste

Ces constats m'ont amené à réfléchir à une seconde version de la description, cette fois interactive. L'interactivité permettra notamment de passer à un point de vue égo-centré et de situer les entités par rapport à l'utilisateur. Celui-ci pourra alors choisir de se déplacer dans la direction voulue pour avoir la description d'une traversée à la fois, permettant de rendre la description plus précise sans pour autant la rendre trop lourde.

Cette méthode de description est inspirée des livres-jeux, fictions papier proposant plusieurs embranchements créant des histoires différentes. Le nom est inspiré d'une série de livres-jeux, « Le livre dont vous êtes le héros »<sup>14</sup>.

Accès à la démonstration : <https://carrefours.activmap.limos.fr/>

Code source : <https://gitlab.limos.fr/jeremyk6/descriptioncarrefour>

#### III.2.2.1 - Architecture technique

Contrairement à la première version sous la forme d'un fichier texte, cette description sera accessible depuis un navigateur internet, la rendant plus adaptée à l'interactivité et plus facile à partager. Le but étant toujours de réaliser la description à minima semi-manuellement, un gestionnaire de contenu simple a été choisi pour proposer une présentation agréable tout en permettant une concentration sur le contenu.

---

<sup>14</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Un\\_livre\\_dont\\_vous\\_%C3%AAtes\\_le\\_h%C3%A9ros](https://fr.wikipedia.org/wiki/Un_livre_dont_vous_%C3%AAtes_le_h%C3%A9ros)

J'ai pour cela choisi de travailler avec MkDocs<sup>15</sup>, un gestionnaire de contenu open source sous licence BSD-2 Clause écrit en Python et permettant l'écriture des pages en Markdown, un langage de balisage facile à prendre en main. MkDocs permet, de plus, d'utiliser un système d'extension pour lui adjoindre de nouvelles fonctionnalités. Le carrefour dont vous êtes le héros en utilise deux : Pymdown, pour étendre le Markdown proposé par MkDocs avec de nouvelles balises permettant notamment l'apparition de sections d'information sur les pages, et Markdown-include pour intégrer une page au sein d'une autre et éviter de répéter du texte s'il y a lieu.

Enfin, le code source est hébergé sur la forge logicielle du laboratoire et la version compilée est également hébergée sur un serveur HTTP. Nous avons également mis en place un système d'intégration continue afin que chaque nouvelle version poussée vers la forge logicielle soit automatiquement mise en ligne sur le serveur HTTP.

### III.2.2.2 - Réalisation

Les livres-jeux ont un système d'embranchement permettant de choisir une manière d'orienter l'histoire. Cela peut correspondre, par exemple, au choix d'un chemin parmi une série de possibilités. La Figure 19 illustre ce principe pour le livre-jeu « Le Sorcier de la montagne de Feu ».

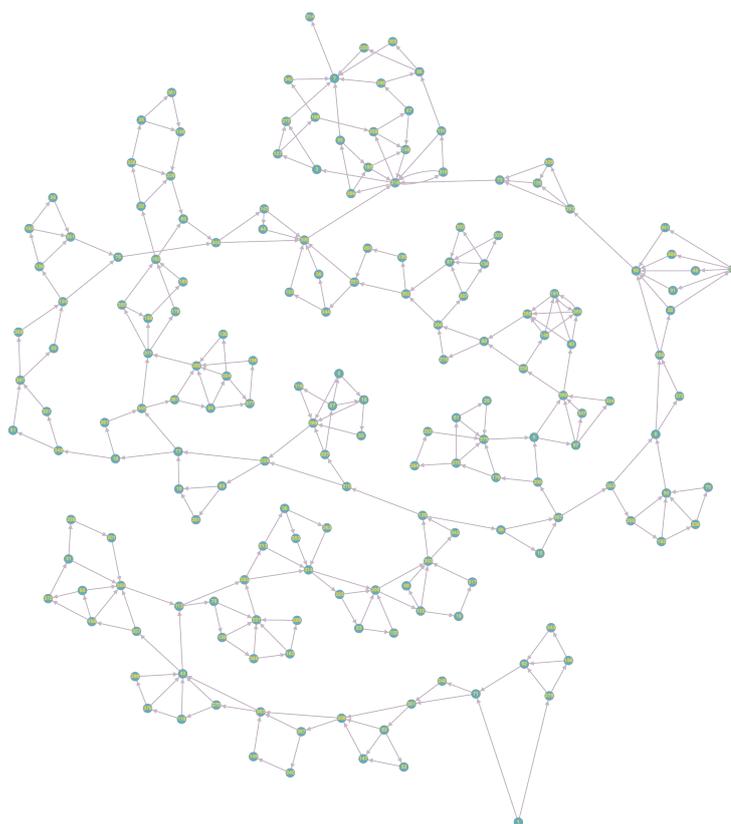


Figure 19. Graphe de la première partie du livre-jeu « Le Sorcier de la montagne de Feu »  
Source: Wikipédia

J'ai donc choisi de représenter le carrefour d'étude sous la forme d'un graphe similaire (Figure 20). Celui-ci pourrait correspondre à un graphe piéton, où les arêtes représentent les cheminements (passages piéton, chemin sur trottoir).

---

<sup>15</sup> <https://www.mkdocs.org/>

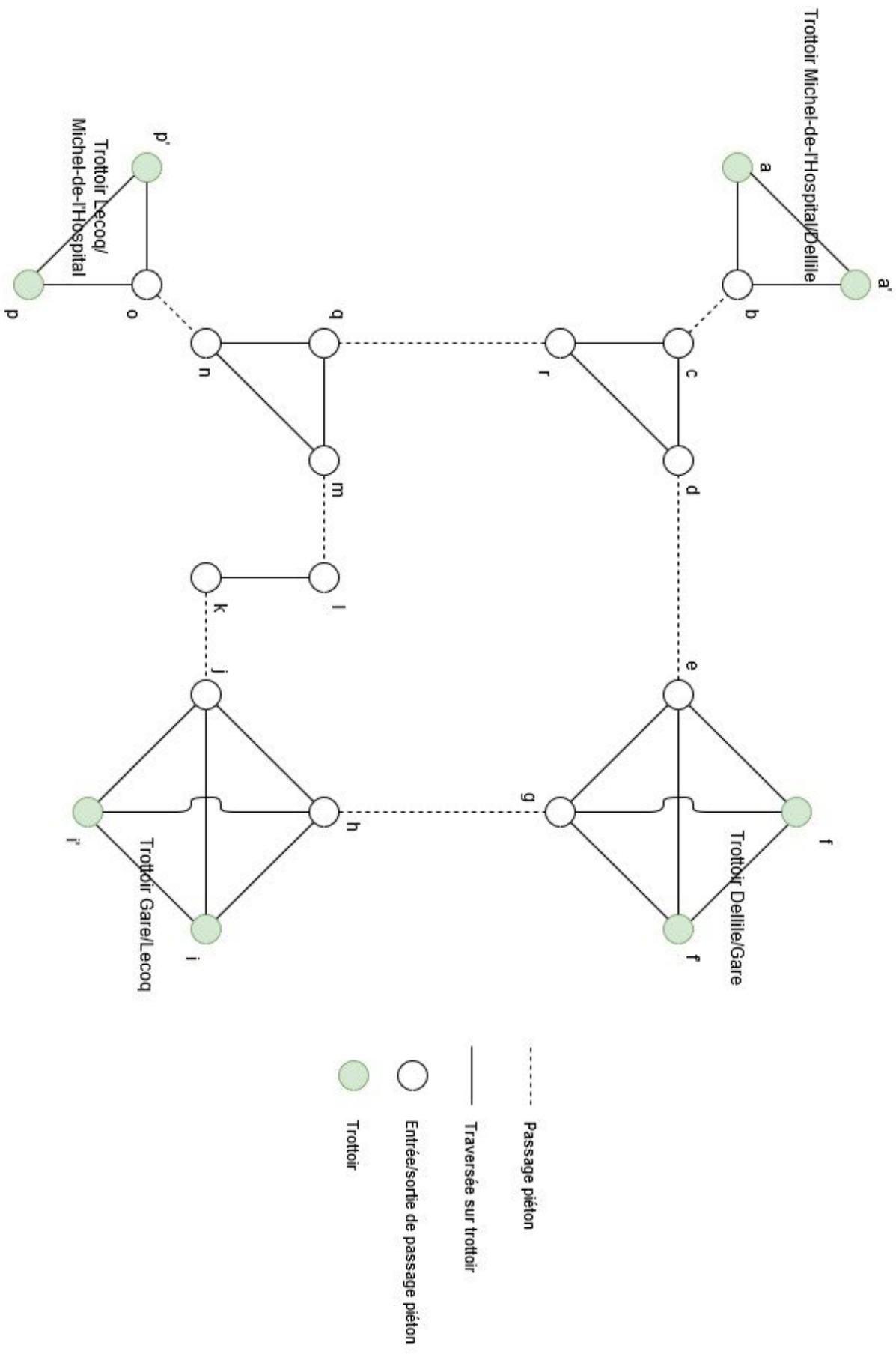


Figure 20. Graphe représentant le carrefour d'étude

Au contraire des livres-jeux, ce sont les arêtes et non les nœuds qui correspondent au texte, à l'exception des nœuds de départ. Les déplacements en avant sont réalisés sur deux arêtes, et les demi-tour sur une seule arête, afin que chaque page présente une traversée. Enfin, pour chaque arrivée, un texte de situation est accolé à la description pour contextualiser la position et permettre de choisir sa direction.

Exemple pour un cheminement a-c :

*Vos épaules sont parallèles au Cours Sablon. Le passage piéton se trouve à hauteur du feu rouge du Cours Sablon. Il est orienté à 1h.*

Texte de l'arête a-b (fichier a-b.md)

*Le passage piéton est non-gardé, et présente deux bandes podotactiles. Il permet de traverser la voie de service pour arriver sur un îlot. Une piste cyclable passe sur l'îlot en direction du Jardin Lecoq.*

Texte de l'arête b-c (fichier b-c.md)

*Une fois traversé le passage piéton, la voie de service se trouve derrière vous, le Cours Sablon en face et l'Avenue Carnot à votre droite.*

*Aller sur le trottoir en direction de la gare*

*Aller en direction du jardin Lecoq*

*Faire demi-tour*

Texte de situation (fichier c\_from\_b.md)

Le choix de cette organisation a impliqué d'écrire le texte de chaque arête dans les deux sens de traversées possible :

*Le trottoir situé à votre gauche vous permet de poursuivre votre chemin en direction de la Place Michel-de-l'Hospital.*

Texte de l'arête b-a (b-a.md)

Cependant, cela a aussi permis de ne pas écrire de manière redondante et pour chaque cheminement d'appeler simplement la suite de fichier à faire apparaître :

`{!edges/a-b.md!} {!edges/b-c.md!}`

`{!situation/c_from_b.md!}`

Code du fichier a-c.md

Outre la description, nous souhaitons également faire figurer des interrogations au sein de notre texte. L'extension Pymdown permet d'ajouter des encarts colorés et de mettre en avant un texte. Lorsque nous souhaitons l'intégrer, il suffit d'utiliser la balise correspondante au sein du texte de l'arête.

*Vos épaules sont parallèles au Cours Sablon. Le passage piéton se trouve à hauteur du feu rouge du Cours Sablon. Il est orienté à 1h.*

*???+ question "Formulation de la position du passage piéton" La formulation « à hauteur du feu rouge » est utilisée ici pour estimer la position du passage position. Cependant, elle ne donne pas une bonne idée de la distance à la chaussée. Nous recherchons donc une formulation plus adaptée.*

**?** Formulation de la position du passage piéton

La formulation « à hauteur du feu rouge » est utilisée ici pour estimer la position du passage position. Cependant, elle ne donne pas une bonne idée de la distance à la chaussée. Nous recherchons donc une formulation plus adaptée.

Figure 21. Encart tel qu'affiché sur la page web

Enfin, MKDocs permet également d'intégrer du Javascript au sein d'une page. Pour faciliter la vérification de la cohérence du texte, j'ai intégré une carte de situation basée sur Leaflet à chacune des pages pour avoir la position et l'orientation actuelle, ainsi qu'un tracé du cheminement effectué. Pour réaliser rapidement une carte au sein de chaque page, le script réalisé interprète les paramètres de la balise appelée :

```
<div id=map base="gsat,osm" type="direction" x=45.776209 y=3.090231 z=20 angle=180></div>
```



Figure 22. Carte résultante

### III.2.2.3 - Description et retours

Tout comme la première description, Le carrefour dont vous êtes le héros est scindé en une description générale, et une description par traversée.

Parmi les changements généraux, les points cardinaux ne sont plus utilisés, et sont remplacés par des points d'intérêts :

*L'avenue Carnot comprend quatre voies : deux voies de circulation en direction de la Gare dont la plus proche du trottoir est une voie de bus, et deux voies de bus en direction de la Place Michel-de-l'Hospital.*

Pour les descriptions de cheminement ou de traversées, plusieurs changements ont été adoptés :

- Une orientation est donnée au lecteur, toujours placé les épaules parallèles à la voie qu'il traverse ou, le cas échéant, à l'une des voies principales :

*Vos épaules sont parallèles au Cours Sablon.*

- Les passages piéton sont localisés à l'aide du cadran horaire. Ils peuvent également être localisé relativement à un objet perceptible. Ils sont aussi orientés, soit à l'aide du cadran horaire, soit indiqués parallèles à une voie lorsqu'il y a lieu :

*Le passage piéton se trouve à hauteur du feu rouge du Cours Sablon. Il est orienté à 1h.*

- L'indication de bande podotactile comprend les bandes podotactiles de départ et d'arrivée. Cela permet notamment d'indiquer qu'une des deux bande est en mauvais état :

*Le passage piéton est gardé et présente deux bandes podotactiles dont la dernière est incomplète.*

- Les obstacles en entrée ou en sortie de passage piéton sont indiqués, tels que les poteaux :

*La sortie du passage piéton est gênée par des poteaux.*

- Au terme d'une traversée, la position du lecteur est recontextualisée par rapport aux voies qui se trouvent autour de lui :

*Une fois traversé le passage piéton, la bande de l'Avenue Carnot qui rejoint le Cours Sablon en direction du Jardin Lecoq se trouve derrière vous.*

Nous avons pu faire évaluer le Carrefour dont vous êtes le héros par 2 personnes en situation de déficience visuelle et 3 instructeurs de locomotion. Ci-dessous une synthèse de leurs retours :

- Le choix des points d'intérêt utilisés comme repères aurait intérêt à être modulé car ils peuvent être différents selon la personne. Par ailleurs, les points cardinaux pourraient finalement être mobilisés pour les personnes ne connaissant pas la ville. Leur utilisation est en effet une pratique courante au Canada, par exemple
- La pente devrait être mentionnée car elle constitue à la fois une indication de position et une difficulté de déplacement supplémentaire
- Indiquer les lignes de bus qui passent par le carrefour peut aider à l'orientation
- Il est important de signifier avant la traversée que celle-ci s'effectue obligatoirement en plusieurs fois, autrement dit qu'elle passe par un îlot large
- Avant une traversée, il est également important de savoir quels sont les voies pouvant tourner vers celle-ci
- Il faut préciser dès la description générale qu'il s'agit d'un carrefour à feu
- L'indication de placement de la voie ("côté gare", côté Place Michel de l'Hospital") dans la description générale est en trop. Elle alourdit la phrase et rend confuse l'utilisation des directions

Les personnes interrogées ont signalé des termes parfois mal compris (tel que "passage piéton gardé", évoqué dans l'itération précédente). Pour pallier cet aspect, nous avons proposé la réalisation d'une légende textuelle, insérée en début de description et définissant les termes spécifiques. Cette proposition a été particulièrement bien accueillie, mais n'est pas encore intégrée à la version actuelle.

Les instructeurs de locomotion que nous avons interrogé ont également évoqué le niveau de détails qui, s'il est si élevé, ne se destine pas à une personne pouvant se déplacer en autonomie. En effet, un trop haut niveau de détail pourrait être perturbant pour l'utilisateur une fois sur le terrain si l'un des éléments évoqués dans la description n'était plus physiquement présent. Une solution possible serait de moduler le niveau de détail pour l'adapter à l'utilisateur, à l'instar des "cartes à la demande" (Touya et al., 2019), ce qui est un des objectifs du projet. Cela pourrait aussi amener à considérer les descriptions générales et interactives comme déconnectées et s'adressant à deux publics différents.

### III.3 - Description automatique

Bien que les retours sur le Carrefour dont vous êtes le héros amènent à repenser la description, j'ai commencé à travailler entre temps sur une version dont le texte est généré automatiquement à partir d'un modèle de données. Cette approche me permet d'appréhender la génération automatique de texte et la modélisation d'un carrefour pour cet usage. Le résultat pourra être modifié ultérieurement pour correspondre à la description voulue.

Accès à la démonstration : <https://carrefours.activmap.limos.fr/v2/dev/>

Code source : <https://gitlab.limos.fr/jeremyk6/carrefourV2>

#### III.3.1 - Objectif final

La source de données de la version présentée est construite manuellement. L'objectif final est de réaliser cette description sur la base de données accessibles en open data, telles que les données OSM ou les données de collectivités. De celles-ci, en dehors des données sémantiques, pourraient être retirées des informations intrinsèques issues de la géométrie, comme le type de carrefour (Touya, 2010). Enfin, le modèle pré-établi servira de réceptacle, par transformation de modèle, aux données insérées en entrée de la chaîne (Figure 23) et interprétée par le programme de génération automatique de description. Par ailleurs, cette chaîne de traitement n'est qu'une première étape et est envisagée comme support à la réalisation simplifiée d'une multitude de descriptions pouvant, par la suite, servir à entraîner un modèle de génération basé sur de l'apprentissage profond.

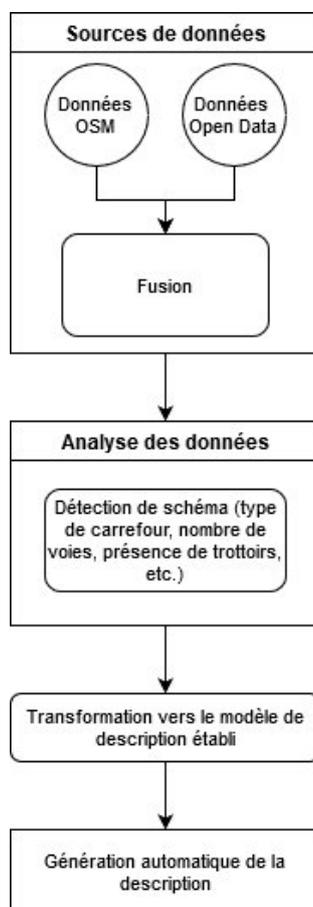


Figure 23. Chaîne de traitement finale envisagée

### III.3.2 - La génération automatique de texte

Le Traitement Automatique du Langage (TAL) est une discipline entre l'informatique et la linguistique visant à permettre la manipulation du langage humain. Elle peut trouver des applications dans la fouille et l'extraction d'informations d'un texte, la traduction et la correction automatique, mais également la Génération Automatique de Texte (GAT).

La Génération Automatique de Texte consiste à rediriger une source non-linguistique (données brutes) vers une forme linguistique écrite ou orale (Bateman et al., 2005). La génération automatique de texte est souvent opposée à l'utilisation de patron (template). Un patron correspond, par exemple, à une phrase à trous qui seront complétés automatiquement selon les entrées d'une base de données et sont, ainsi, bien plus faciles à mettre en œuvre. (Reiter, 1995), compare l'usage de patrons aux techniques de génération automatique de texte. Il relève de nombreux intérêts à la génération automatique de texte par rapport aux patrons, tels que la modularité permise des textes (possibilité d'ajouter et enlever facilement des informations d'une phrase), les possibilités d'agrégation ("le produit est disponible en mauve. le produit est disponible en vert" → "le produit est disponible en mauve et en vert"), et les facilités syntaxiques apportées par un tel système (pluriel, ponctuation, etc.). Il note également l'intérêt de systèmes hybrides entre la génération automatique de texte et les patrons qui permettraient d'utiliser ponctuellement et manière opportune les bénéfices apportés par la GAT.

### III.3.2 - Architecture technique

Plusieurs bibliothèques logicielles proposent des facilités pour générer automatiquement du texte, cependant peu d'entre elles supportent le français. Voici un relevé des principales bibliothèques disponibles ainsi que le langage avec lequel elles sont exploitables :

- Java
  - SimpleNLG-EnFr
- Javascript
  - jsRealB (Daoust et al., 2014)
  - RosaeNLG
  - fr-compromise
- Python
  - core-nlg

Pour rester cohérent avec l'écosystème OpenStreetMap dont les outils fonctionnent essentiellement côté client (iD, Potlatch, etc.), nous souhaitons que l'intégralité du traitement soit également réalisé côté client. Pour cela, je préfère privilégier les bibliothèques disponibles en Javascript. jsRealB me paraît celle étant à la fois la plus simple à prendre en main et la mieux documentée.

Le lexique intégré à jsRealB comprend 3720 entrées. Un lexique étendu de 52515 entrées peut être chargé à part. Le fonctionnement de jsRealB est intégralement procédural : un ensemble de règles permettent d'effectuer les liaisons. Pour cela, pour un nom par exemple, chaque entrée du lexique comprend le genre et une référence vers une table de déclinaison permettant d'accorder le nom en genre et en nombre s'il y a lieu.

Exemple, avec l'ajout du mot géomaticien au lexique :

```
"géomaticien":{"N":{"g":"x", "tab":["n49"]}}
```

La table n49 :

```
"n49": {
  "ending": "n",
  "declension": [{
    "val": "n","g": "m","n": "s"
  },{
    "val": "nne","g": "f","n": "s"
  },{
    "val": "ns","g": "m","n": "p"
  },{
    "val": "nnes","g": "f","n": "p"
  }]
}
```

On voit ainsi que le mot pourra être décliné au féminin (géomaticienne) et au pluriel sous ses deux formes (géomaticiens/géomaticiennes). Ce système rend jsRealB très souple quant à l'ajout de nouveaux mots, voire de nouvelles règles si nécessaire.

La réalisation d'une phrase au sein de jsRealB suit cette même logique et il est nécessaire de préciser la nature de chacun des éléments de la phrase pour que les accords puissent se faire.

Exemple d'une phrase simple :

```
S( // phrase
  NP // syntagme nominal
  (
    D("le"), // déterminant
    N("géomaticien") // nom
  ),
  VP( // syntagme verbal
    V("être"), // verbe
    A("gentil") // adjectif
  )
)
```

Résultat :

Le géomaticien est gentil.

Il est possible de préposer le nom d'autres informations. Par exemple, le suffixe `.n("p")` passera le mot au pluriel et la phrase s'accordera en conséquence :

Les géomaticiens sont gentils.

Les suffixes peuvent se combiner ( `.n("p").g("f")` ) pour passer un mot au féminin et au pluriel :

Les géomaticiennes sont gentilles

Enfin, il est possible de changer intégralement le type de phrase en suffixant la méthode `S()` par `.typ()`. Par exemple, en passant la phrase en interrogative avec `.typ({int:"yon"})` :

Est-ce que les géomaticiens sont gentils ?

La syntaxe, potentiellement complexe à appréhender, permet cependant des manipulations de phrases particulièrement poussées et permettent d'utiliser jsRealB comme un système hybride entre patron et génération automatique de texte. Cela le rend particulièrement adapté à un contexte où l'on souhaite réaliser un texte de manière précise et non-générique.

### III.3.3 - Réalisation

La version actuellement présentée est peu avancée et ne comprend qu'une version de la description générale. Le modèle de données présenté ci-dessous est pour le moment incomplet :

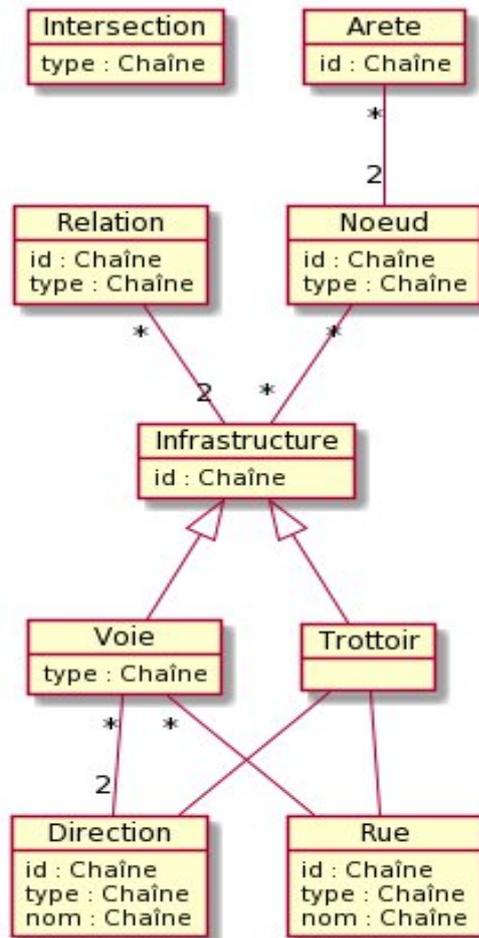


Figure 24. Modèle de données UML

Celui-ci permet de représenter sous forme uniquement sémantique plusieurs informations :

- Une intersection dispose d'un type ("en croix")
- Une rue est définie par un type ("avenue", "cours") et un nom ("Carnot", "Sablon")
- Une rue comprend plusieurs voies d'un certain type ("bus", "de circulation")
- Chaque voie provient d'une direction ("Place Michel de l'Hospital") et va vers une autre direction ("gare")
- Les voies et les trottoirs sont des infrastructures
- L'objet Relation modélise la relation entre deux infrastructures . Par exemple, un trottoir peut longer une voie
- Les nœuds, actuellement, vont permettre de représenter les points de départ de la description. Ils peuvent être rattaché à une ou plusieurs infrastructures (angle d'un trottoir par exemple)

Le résultat suivant est obtenu avec ce modèle :

*Le croisement de l'avenue Carnot et du cours Sablon est un carrefour en croix.*

*L'avenue Carnot comprend quatre voies : une voie de bus en direction de la place Michel de l'Hospital, une voie de circulation en direction de la gare, une voie de bus en direction de la gare et une voie de circulation en direction du jardin Lecoq.*

*Le cours Sablon comprend six voies : deux voies de circulation en direction du jardin Lecoq, une voie de tourne-à-gauche en direction de la gare, une voie de circulation en direction de la place Delille, une voie de circulation en direction de la place Delille et de la gare et une voie de service en direction de la place Michel de l'Hospital.*

*D'où est-ce que vous arrivez?*

*De la place Delille sur le trottoir droit.*

*De la place Delille sur le trottoir gauche.*

*De la gare sur le trottoir droit.*

*De la gare sur le trottoir gauche.*

*Du jardin Lecoq sur le trottoir droit.*

*Du jardin Lecoq sur le trottoir gauche.*

*De la place Michel de l'Hospital sur le trottoir gauche.*

*De la place Michel de l'Hospital sur le trottoir droit.*

Pour lister les voies de chaque rue, celles-ci sont regroupées par direction et par type, puis agrégées à l'aide de la fonction `jsRealB CP` pour créer un syntagme coordonné. Cela permet de réaliser une phrase de la forme "a, b et c" .

# Conclusion

Ce stage fut une excellente opportunité de découvrir les problématiques liées à la déficience visuelle, notamment dans un cadre de mobilité en milieu urbain. La description de carrefours à destination des personnes en situation de déficience visuelle nécessite de comprendre les leviers sensoriels et cognitifs permettant de détecter des obstacles, de se représenter un espace et de s'orienter sans la vue. Les descriptions actuellement travaillées manuellement sont encore incomplètes, et il est aussi nécessaire d'explorer d'autres types de carrefours que les carrefours en croix. Néanmoins les nouvelles connaissances acquises grâce aux retours obtenus permettront d'aboutir à une description plus satisfaisante. La description générée automatiquement, développée en parallèle, bénéficiera également des nouvelles formalisations qui en seront retirées.

Un pan de la thématique n'a pas encore été exploré lors de ce stage : la représentation graphique. Le projet ACTIVmap vise la réalisation d'une carte multisensorielle, et représenter le carrefour sous une forme schématisée est une perspective à explorer.

De manière transverse, ce stage a également été l'occasion de constater qu'OpenStreetMap est encore lacunaire sur les données liées à l'accessibilité voire à la piétonisation de manière générale. Il est intéressant de voir des initiatives émerger sur ces aspects et la nouvelle génération d'outils de contribution thématique tels que StreetComplete contribueront à combler ces lacunes.

# Bibliographie

- Baltenneck, N., 2010. Se mouvoir sans voir. Incidences de l'environnement urbain sur la perception, la représentation mentale et le stress lors du déplacement de la personne aveugle. Université Lumière - Lyon II.
- Bateman, J., Zock, M., 2005. Natural Language Generation [WWW Document]. The Oxford Handbook of Computational Linguistics. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199276349.013.0015>
- Boularouk, S., Josselin, D., Altman, E., 2017. Ontology for a voice transcription of OpenStreetMap data: the case of space apprehension by visually impaired persons. Hyper Article en Ligne - Sciences de l'Homme et de la Société.
- Daoust, N., Lapalme, G., 2014. Language Production, Cognition, and the Lexicon - a Festschrift in honor of Michael Zock. Springer.
- Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, 2016. Fondamentaux de la conception routière
- Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publique, 2006. Recommandations pour l'implantation de surfaces tactiles au sol pour personnes déficientes visuelles
- Fernandes, H., Costa, P., Filipe, V., Paredes, H., Barroso, J., 2019. A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. *Univ Access Inf Soc* 18, 155–168. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0570-8>
- Fillières-Riveau, G., BARRA, V., Favreau, J.-M., Touya, G., 2019. Enrichissement d'orthophotographie par des données OpenStreetMap pour l'apprentissage machine, in: SAGEO. Clermont-Ferrand, France.
- Gaunet, F., Briffault, X., 2001. Méthodologie de spécification pour un système informatique de guidage verbal : le déplacement des déficients visuel en ville, in: *Epique 2001*. Presented at the *Epique 2001*, IRCCyN, pp. 133–143.
- Massow, K., Kwella, B., Pfeifer, N., Häusler, F., Pontow, J., Radusch, I., Hipp, J., Dölitzscher, F., Haueis, M., 2016. Deriving HD maps for highly automated driving from vehicular probe data, in: *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 1745–1752. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795794>
- Minatani, K., Watanabe, T., Yamaguchi, T., Watanabe, K., Akiyama, J., Miyagi, M., Oouchi, S., 2010. Tactile Map Automated Creation System to Enhance the Mobility of Blind Persons—Its Design Concept and Evaluation through Experiment, in: Miesenberger, K., Klaus, J., Zagler, W., Karshmer, A. (Eds.), *Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 534–540. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14100-3\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14100-3_80)
- Mobasheri, A., Bakillah, M., Rousell, A., Hahmann, S., Zipf, A., n.d. On the completeness of sidewalk information in OpenStreetMap, a case study of Germany 3.
- Ratelle, A., Couturier, J.-A., 2018. Manuel d'intervention en orientation et mobilité. Les Presses de l'Université de Montreal.
- Reiter, E., 1995. NLG vs. Templates. *arXiv:cmp-ig/9504013*.
- Stampach, R., Mulicková, E., 2016. Automated generation of tactile maps. *Journal of Maps* 12. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1196622>
- Touya, G., 2010. A Road Network Selection Process Based on Data Enrichment and Structure Detection: Road Network Selection. *Transactions in GIS* 14, 595–614. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01215.x>

- Touya, G., Christophe, S., Favreau, J.-M., Rhaiem, A.B., 2019. Automatic derivation of on-demand tactile maps for visually impaired people: first experiments and research agenda. *International Journal of Cartography* 5, 67–91. <https://doi.org/10.1080/23729333.2018.1486784>
- Verjat, I., 1994. Confrontation de deux approches de la localisation spatiale. *L'Année psychologique* 94, 403–423. <https://doi.org/10.3406/psy.1994.28774>
- Watanabe, T., Yamaguchi, T., Koda, S., Minatani, K., 2014. Tactile Map Automated Creation System Using OpenStreetMap, in: Miesenberger, K., Fels, D., Archambault, D., Peñáz, P., Zagler, W. (Eds.), *Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, Cham, pp. 42–49. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_7)