

Des données ouvertes pour un transport public urbain inclusif



Jacqueline M. Klopp, Felix Delattre, Antoine Chevre

Pour l'Agence Française de Développement (AFD)

Juin 2019

Droits réservés. Ce document est sous la licence Commons Créatifs Attribution 3.0 France
Content © 2019 Agence Française de Développement



Abstract

Face aux défis conjugués de l'urbanisation et de la lutte contre le changement climatique, il devient impératif de mettre en place des systèmes de transport urbains inclusifs, sûrs, résilients et durables à l'échelle mondiale. D'importants obstacles empêchent d'atteindre cet objectif, notamment le manque de données et d'infrastructures informationnelles pour les transports publics. La révolution numérique et le mouvement en faveur de l'ouverture des données sont un levier important, mais méconnu, pour surmonter ces obstacles et améliorer les systèmes de mobilité urbaine. Cet article fournit un cadre pour analyser en quoi les lacunes et inégalités existantes liées aux données des transports publics urbains constituent un frein pour insuffler les changements nécessaires dans le secteur de la mobilité. Il explore en particulier les efforts des différentes villes d'Afrique et d'Amérique latine où des initiatives innovantes sont en train d'émerger pour combler ces lacunes. L'analyse de ces cas d'études nous révèle comment ces difficultés sont surmontées dans un contexte de pays en voie de développement. Elle nous amène aussi à mieux comprendre comment les nouvelles données sont utilisées pour des analyses d'accessibilité, des visualisations, la mise en œuvre d'outils de planification et des services d'information, et comment celles-ci permettent de se rapprocher du modèle de « *Mobility As a Service* ». Nous nous penchons également sur l'approche des « Communs numériques », basée sur des plateformes de création et de partage de données ouvertes et collaboratives. Cette approche aide à passer à l'échelle, combler les manques de données, et crée une nouvelle vision et un nouvel ensemble d'outils pour l'atteinte des objectifs d'accès à la mobilité. Elle s'appuie sur la puissance de la standardisation et l'ouverture des données de transport public, des outils Open Source, ainsi que du partage et de la capitalisation de connaissances au niveau des territoires dans une logique de souveraineté. Elle encourage également le développement des écosystèmes technologiques locaux qui peuvent améliorer la planification et les services de transport en commun. Nous formulons enfin des recommandations sur la manière de construire plus efficacement des « communs numériques données de transports » au service des transports publics urbains inclusif en ligne avec les objectifs de développement durable.

Table des matières

Abstract	2
Table des matières	3
Figures	4
1. Résumé	5
1.1. L'Urgence de l'Agenda Mondial	5
1.2. Données manquantes, inégalités de données de transport et révolution numérique	8
1.3. Les conséquences des manques et inégalités de données d'offre de transport public	11
1.4. La puissance démontrée de l'approche des communs numériques	15
1.5. Exploitation des données ouvertes de transports publics	Error! Bookmark not defined.
1.6. Exploiter les formats de données communes : le « General Transit Feed Specification » (GTFS)	20
2. Outils numériques pour un transport public inclusif et intégré	22
2.1. Preuves de concept : Etudes de cas du Kenya, Nicaragua et Ghana	23
2.2. Nouvelles visualisations des réseaux	24
2.2. Systèmes d'informations-voyageurs	27
2.3. Etudes d'Accessibilité	33
2.4. Mieux comprendre l'exploitation des Minibus	Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined.
2.5. Formaliser la ville via la participation citoyenne : définition populaire des arrêts de bus	38
2.6. Collaboration entre les projets pilotes et au-delà	39
3. Conclusions : Créer un espace commun numérique pour des transports urbains inclusifs	40
4. Recommandations	41
Références	43

Figures

Figure 1: Cible des ODD pertinentes pour le transport	6
Figure 2: Les objectifs de la Mobilité Durable pour tous	7
Figure 3: La chaîne de valeur de la Donnée	14
Figure 4: Etat actuel de l'indicateur SDG 11.2.1	14
Figure 5: Aperçu des fichiers et du contenu du format GTFS	21
Figure 6: DigitalMatatus Carte des matatus 2014	25
Figure 7: Panorama des principales stations de correspondances de Nairobi	26
Figure 8: Carte des transports publics de Managua 2016	26
Figure 9: Carte schématique des trotros d'Accra 2017	27
Figure 10: Panorama des applications d'information voyageurs Overview of passenger information applications	28
Figure 11: Bussi - Bus Simple et système d'information statique	30
Figure 12: Vue Google Maps a Nairobi	30
Figure 13: Digitransit, l'interface Open Source pour l'OpenTripPlanner utilisé en Finlande	31
Figure 14: TransitApp - Go mode	32
Figure 15: Application Android Transport	33
Figure 16: Hôpitaux à moins de 30 minutes de voyages en bus	34
Figure 17: Accessibilité selon les modes et les développements résidentiels à Nairobi	35
Figure 18: Distribution spatiale du debit de voyageurs	36
Figure 19: Fréquence de depart pour six différentes lignes de bus à Accra, Ghana	37
Figure 20 : Vue des stops de Bussi à Managua	38
Figure 21 : Ecran de transit à Maputo	38

1. Résumé

1.1. L'Urgence de l'Agenda Mondial

Notre planète s'urbanise rapidement et fait face à la menace du changement climatique. Nous devons passer de toute urgence à une trajectoire limitant le réchauffement climatique à 1,5°C et cela « nécessite des transitions rapides et profondes en énergie, territoire, villes et infrastructures (y compris les transports et le bâtiments) et systèmes industriels » (GIEC 2018). Répondre aux besoins fondamentaux des populations urbaines en croissance, tout en faisant face au changement climatique, en assurant l'intégrité des écosystèmes critiques et en promouvant la productivité économique, la santé publique et l'inclusion sociale est l'un des défis majeurs de notre époque.

En 2050, les deux tiers de la population mondiale vivront en ville. Les villes seront l'endroit où la lutte contre le changement climatique et pour le développement durable sera gagnée ou perdue. C'est pourquoi un des objectifs de développement durable vise à rendre « les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables » (ODD 11). L'un des principaux leviers pour résoudre les problèmes interdépendants des villes consiste à améliorer la mobilité urbaine et l'accès au transport public de masse comme colonne vertébrale des systèmes de réseaux multimodaux. Cela nécessite d'améliorer considérablement les transports publics afin d'éviter l'utilisation intensive de la voiture privée et les émissions tout en encourageant la fidélité des passagers dans les transports publics. L'enjeu est d'augmenter le niveau de service, d'élargir l'accès et de mettre en place des systèmes de transport multimodaux inclusifs.

Des transports en commun urbains efficaces, bien conçus et inclusifs peuvent produire des scénarios « gagnant-gagnant » en termes d'équité, de santé publique, de réduction des gaz à effet de serre, de productivité économique et d'accès. Ceci est particulièrement le cas dans les régions du monde à l'urbanisation rapide et à la forte croissance de population telles que l'Afrique et l'Asie. Dans de nombreuses villes de ces régions, la majorité des citoyens utilisent déjà les transports en commun, souvent sous la forme de systèmes populaires tels que les minibus, les motos et les tuktuks, ainsi que des transports non motorisés, principalement à pied, mais aussi à vélo.

Reflétant l'importance d'améliorer les transports en commun et la mobilité pour atteindre plusieurs objectifs de développement, l'Objectif de développement durable (ODD) 11.2 a été mondialement fixé :

« D’ici à 2030, assurer l’accès de tous à des systèmes de transport sûrs, accessibles et viables, à un coût abordable, en améliorant la sécurité routière, *notamment en développant les transports publics, une attention particulière devant être accordée aux besoins des personnes en situation vulnérable, des femmes, des enfants, des personnes handicapées et des personnes âgées* »

En outre, les transports sont un élément clé pour atteindre d’autres objectifs de développement durable tels que la maîtrise énergétique, l’égalité des sexes, la réduction de la pauvreté, le travail décent, le climat et la santé publique, en particulier la réduction des décès et des dommages résultant d’accidents et de la pollution atmosphérique. Comme on le voit sur la Figure 1 ci-dessous, du Partenariat sur les transports durables et sobres en carbone (SLoCaT 2016)¹.

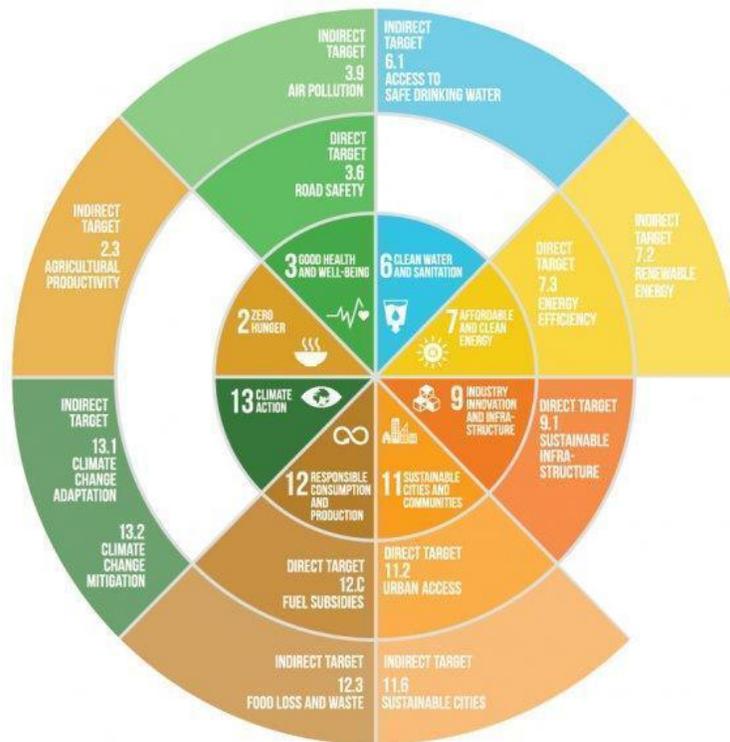


Figure 1: Cibles des ODD pertinentes pour le transport (SLoCaT 2016).

Récemment, en vue d’atteindre nos principaux objectifs climatiques mondiaux et nos objectifs de développement durable, un certain nombre de partenariats mondiaux et régionaux essentiels ont vu le jour. En 2009, le Partenariat sur les transports durables et sobres en carbone (SLoCaT)

¹ Le transport contribue *directement* à cinq cibles sur la sécurité routière (Cible 3.6); l’efficacité énergétique (Cible 7.3); les infrastructures durables (Cible 9.1), l’accessibilité urbaine (Cible 11.2); et les subventions aux combustibles fossiles (Cible 12.c); et contribue *indirectement* à sept cibles des ODD : la productivité agricole (Cible 2.3), la pollution de l’air (Cible 3.9), l’accès à l’eau potable (Cible 6.1), des villes durables (Cible 11.6), réduction de la perte d’aliments (Cible 12.3), l’adaptation au changement climatique (Cible 13.1), et l’atténuation du changement climatique (Cible 13.2)

a été créé pour « promouvoir l'intégration du transport durable dans les politiques mondiales de développement durable et de lutte contre le changement climatique et mobiliser des actions pour soutenir la mise en œuvre de ces politiques ». Plus récemment, en 2017, la Banque mondiale a dirigé le lancement de « Mobilité urbaine durable pour tous », une initiative multipartite centrée sur la mobilité « universelle, efficace, sûre et verte » (Figure 2).



Figure 2: Les objectifs de la Mobilité Durable pour tous

Afin de suivre et d'évaluer les progrès réalisés dans le cadre de cet agenda, l'avancement de l'indicateur de l'ODD 11.2, défini par le Groupe d'experts inter-institutions sur les Objectifs de Développement Durable (IAEG-SDG), doit être monitoré. En l'état actuel, l'indicateur choisi est « la proportion de la population qui dispose d'un accès facile aux transports en commun, par sexe, âge et personnes handicapées »². Dans ce cadre, l'initiative SUMA vise à suivre la performance réelle de la mobilité durable conformément à l'Agenda 2030 et a mis en place un cadre de suivi mondial pour les transports (GTF) et un rapport sur la mobilité mondiale qui sont affinés et mis à jour tous les deux ans (SUMA 2017).

² Selon le dernier rapport de la Commission de statistique des Nations Unies, l'accès aux transports en commun est considéré comme facile d'accès lorsqu'un arrêt officiellement reconnu est accessible à une distance de 0,5 km d'un point de référence tel qu'une maison, une école, un lieu de travail, un marché, etc. Des critères additionnels pour définir un transport public convenable comprennent :

- Des transports publics accessibles à tous les usagers ayant des besoins spécifiques, y compris ceux ayant une déficience physique, visuelle et / ou auditive, ainsi que ceux ayant une déficience temporaire, les personnes âgées, les enfants et autres personnes en situation de vulnérabilité.
- Des transports publics offrant un service fréquent pendant les heures de pointe
- Les arrêts présentent un environnement sûr et confortable

1.2. Données manquantes, inégalités de données de transport et révolution numérique

Avec la montée d'appel à projets sur des objectifs bien définis en matière de transport urbain, il est devenu de plus en plus évident qu'il existe de graves carences et inégalités dans les données relatives au transport public urbain. Cela freine notre capacité à analyser la situation et les tendances actuelles et à utiliser des indicateurs pour suivre l'ODD 11.2. Dans de nombreuses régions du monde, en particulier beaucoup de villes d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie, les données de transport urbain accessibles sont rares ou inexistantes, y compris les informations statiques de base sur les itinéraires et les arrêts, ainsi que la qualité du service. Souvent, seule une connaissance informelle de l'organisation des transports publics existe, mais cela n'est pas suffisant pour planifier les déplacements des millions de personnes dans les zones métropolitaines. Selon une estimation de la Banque mondiale, 35% des plus grandes villes du monde et 92% des plus grandes villes à faible revenu ou intermédiaire ne disposent même pas de cartes de transport complètes pour la planification des transports ou l'information des voyageurs (Krambeck 2015). Cela a des répercussions sur l'expérience-voyageur des citoyens et l'efficacité globale des services de transport en commun, y compris la coordination entre les réseaux de transport. Globalement, sans données, les autorités locales planifient sans vue d'ensemble de leur système de transport.

La révolution numérique offre une opportunité pour résorber ce problème. Jamais auparavant nous n'avions eu une telle pléthore d'outils pour créer des initiatives, exploiter des quantités croissantes de données afin de combler ces lacunes. Les avancées technologies, y compris l'expansion rapide de l'utilisation du téléphone cellulaire, offrent la possibilité de créer de nouveaux services tout en comblant le déficit de données. De plus, les nouvelles technologies offrent des perspectives d'économies d'échelle signifient que la saisie, le stockage et le traitement des données coûtent moins cher qu'auparavant (Goldsmith 2013).

Les acteurs du secteur privé (tels que Google, Uber ou Lyft) collectent de plus en plus de données et offrent divers services de transport et d'informations afférentes. Cependant, dans nombre de ces efforts du secteur privé, les données, les outils et les connaissances nécessaires pour les utiliser efficacement sont considérés comme des produits de valeur qui sont vendus, souvent à des prix élevés. Par ailleurs, la collecte de données auprès des utilisateurs, notamment via des

applications basées sur la géolocalisation, pose de graves problèmes de confidentialité (Valentino-DeVries et al. 2018).

Outre la collecte de données sur les utilisateurs, de nombreuses entreprises comme Google s'appuient sur des données d'offre de transit de qualité qu'elles obtiennent de la part des agences de transit elles-mêmes (Transit Center 2018). Alors que dans les villes en Europe, aux États-Unis et en Asie orientale, les autorités publiques disposent de davantage de ressources et de compétences pour générer, gérer et publier des données de base utilisées par des applications, de nombreuses villes d'Afrique, d'Amérique Latine ou d'Asie dépendent de plus en plus des données créées, analysées et stockées par les acteurs du secteur privé. C'est un frein à l'action que ces villes peuvent mener. Il en résulte une asymétrie dans la maîtrise de la compréhension et l'exploitation des données mais aussi des technologies utilisées pour générer et exploiter ces données.

Cela soulève également des problèmes potentiels d'accès aux données et de souveraineté. Récemment, un blogueur de la Fédération internationale des ouvriers du transport, réseau de 670 syndicats répartis dans 140 pays et représentant des millions de travailleurs et travailleuses dans tous les secteurs des transports, a déclaré:

"...une ville exploitant des données doit collecter ces données. Qui le collecte, l'analyse et le possède devient alors un acteur incroyablement puissant dans cette ville. Cela pourrait avoir des répercussions sur la démocratie, l'exclusion sociale et l'appartenance sexuelle, ainsi que sur toutes sortes de problèmes qui toucheront les travailleurs des transports en tant que personnes qui assurent la circulation des biens et des personnes, ainsi que les habitants de ces villes. Les travailleurs des transports publics, formels et informels, et les citoyens doivent faire partie d'un processus de planification démocratique sur l'avenir des villes, afin que les données constituent une ressource publique. " (ITF 2018)

Dans ce contexte, l'importance des données ouvertes définies comme des « données pouvant être librement utilisées, réutilisées et redistribuées par n'importe qui » dans le secteur des transports et une nécessaire plus grande transparence dans la planification se démarquent clairement. C'est une motivation pour entretenir des écosystèmes de données inclusifs, des communautés de pratique autour d'une ville ou d'une région dans le but de produire, nettoyer, mettre à jour des données et innover sur cette base afin de fournir de nouveaux services. Soutenir la mise en place d'une chaîne de valeur des données ouvertes de collecte, de publication, d'absorption et d'impact est particulièrement délicat lorsqu'une ville dispose de faibles capacités internes et d'un écosystème peut développer .

Construire des communautés de pratique (CdP) définies comme « des groupes de personnes partageant le même souci ou la même passion pour quelque chose qu'ils font et apprennent à le faire mieux chaque fois qu'ils interagissent » (Lave et al. 1991, Wenger 1998, Wenger et. al. 2002) devient particulièrement important dans la création d'écosystèmes de données et de capacités dans les villes. Une CdP nécessite (1) un domaine partagé, (2) une communauté recherchant son intérêt pour ce domaine et des échanges stratégiques avec les autres et (3) une pratique développant « un répertoire de ressources partagées: expériences, récits, outils, moyens pour répondre à des problèmes récurrents - en bref, une pratique partagée »(Wenger-Trayner et. al. 2015).

Le numérique peut jouer un rôle clé dans la création de telles communautés de pratique. Soit comme espace de rassemblement en tant que communautés de pratique virtuelles (Dubé 2005), soit comme levier de la pratique partagée : les ressources peuvent être des informations et des actifs numériques, les objectifs peuvent être des produits numériques et les processus sont souvent pris en charge et définis via des outils numériques (forums, groupes de médias sociaux, listes de courrier électronique, logiciels de gestion de projets, systèmes de contrôle de version, etc.). Les communautés Open Data et Open Source qui s'organisent sur Internet constituent un exemple remarquable de communautés de pratique émergentes. Leurs pratiques sont généralement guidées par les programmes informatiques et les jeux de données qu'elles développent et partagent. Ces communautés sont inclusives et ouvertes aux personnes qui partagent les mêmes objectifs et le même domaine d'intérêt, veulent faire partie de la communauté et acceptent de s'appuyer sur des biens communs et des pratiques largement transparentes.

Les communautés Open Data et Open Source par défaut sont des communautés de pratique et soutiennent directement l'approche décrite dans l'ODD 17 qui vise à « renforcer les moyens de mise en œuvre et revitaliser le partenariat mondial pour le développement durable ». Dans le contexte de la mobilité mondiale, les objectifs spécifiques relatifs aux technologies décrits dans les objectifs de développement durable 17.6 et 17.7 sont particulièrement pertinents :

Renforcer la coopération régionale et internationale nord-sud, sud-sud et triangulaire sur la science, la technologie et l'innovation et améliorer leur accès, et renforcer le partage des connaissances à des conditions convenues d'un commun accord [...]

Promouvoir le développement, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement dans les pays en développement à des conditions favorables [...]

Les communautés de pratique peuvent aider à soutenir les ODD 17.6 et 17.7 et sont magnifiquement complexes et ouvertes. Elles incluent de multiples disciplines et toutes sortes de personnes, organisations, organisations à but non lucratif et entités gouvernementales, et peuvent constituer des moyens efficaces de créer des chaînes de valeur des données et des connaissances locales autour de données dans des territoires. Ainsi, la création de communautés de pratique autour des données ouvertes constitue une approche stratégique pour remédier aux obstacles qui freinent l'amélioration des transports publics au niveau mondial.

1.3. Les conséquences des manques et inégalités de données d'offre de transport public

Les lacunes de données existantes posent des problèmes pour la planification et l'exploitation des transports publics urbains dans de nombreuses villes du monde. Plus précisément, sans données de base, il est difficile d'améliorer la conception des politiques publiques de mobilité, mais aussi de les évaluer et les suivre. Le défi est de mettre en place des cadres solides et structurés pour la création et la mise à disposition des données de transport public de base : itinéraires et arrêts, niveau de service,... Sans ces données, les villes manquent l'occasion d'améliorer la planification, de créer de la valeur ou d'inventer des services par le biais de communautés de pratique - comme indiqué dans l'ODD 17 - autour des technologies numériques et des données pour la mobilité.

De plus en plus de cas, provenant principalement d'Amérique du Nord et d'Europe, prouvent que les données de transport ouvertes, les écosystèmes et les communautés de pratiques qui émergent de ces données ouvertes génèrent des innovations, des avantages et des améliorations importantes pour les transports (APTA 2015, Schweiger et autres, 2015, Coplaert et Rojas Melendez 2019). Cela signifie que les pays et les villes dépourvus de données sur les transports en commun, et notamment de bases de données non sensibles, perdent de vue les nouvelles possibilités offertes par la technologie pour améliorer les transports en commun, ainsi que pour surveiller ces améliorations.

- **Les lacunes de données handicapent les autorités publiques dans la compréhension, la planification et la réglementation du secteur des transports / mobilité**

Lorsqu'il n'y a pas ou peu de services de transport fournis par le public, les administrations locales ne disposent d'aucune information de base sur la situation actuelle des transports en commun. Une des raisons pour lesquelles les autorités ne disposent souvent pas de données fiables est que les transports publics sont souvent fournis par le secteur privé informel et qu'il n'y a pas d'autorités organisatrices de transports. L'information est fragmentée en une multitude

d'acteurs, est très hétérogène, souvent inaccessible et de qualité médiocre. Les autorités publiques sont alors «aveugles» face à l'ensemble de leur système, ce qui rend difficile l'établissement d'un dialogue constructif avec les parties prenantes du secteur des transports pour l'amélioration du système de transport en commun et de mobilité global. Avec des besoins en investissements croissants dans les systèmes de transport en commun, le déficit de données impliquent de mettre en place une collecte de données, généralement sous forme d'enquêtes, longue et coûteuse. Dans ce cadre, le transport informel majoritaire est le plus souvent exclu, ce qui constitue une occasion manquée d'engager la transformation de ce secteur informel par le biais de la cartographie (Klopp et Cavoli 2017, 2019). Au lieu de cela, les systèmes de transport de masse sont souvent considérés comme un moyen de remplacer le transport informel, même s'il est de plus en plus évident que de tels systèmes doivent être intégrés pour offrir une connectivité et un accès élevés (Klopp et Cavoli 2019, Stokes 2019). Les données sont nécessaires pour comprendre et percevoir les transports vécus - leurs réseaux, leur dynamique et leur importance. Sans cette capacité à visualiser et à analyser ces systèmes, les processus décisionnels en matière de transport impliquent en réalité le corps de la ville sans comprendre le système circulatoire vaste et dynamique qui donne vie à la ville.

- **Les systèmes d'informations voyageurs ne sont pas possibles sans données**

La fourniture d'informations de qualité à destination des passagers est une condition essentielle pour l'accès à la mobilité. Les systèmes de transport en commun multimodaux qui fonctionnent bien impliquent de fournir aux passagers des cartes de transport de base, des panneaux de signalisation de transport en commun, des écrans et des applications - des systèmes d'information qui leur permettent de mieux planifier des trajets efficaces en transport en commun et d'éviter les temps d'attente inutiles. De plus en plus d'éléments académiques et empiriques suggèrent l'importance de cette information voyageur, en particulier des données ouvertes et en temps réel, pour les utilisateurs et les systèmes de transport en commun.

Cela est d'autant plus vrai que nous nous allons vers un nouveau paradigme de «mobilité en tant que service» (MaaS). L'idée de MaaS est que la mobilité deviennent un service qui se substitue à la possession de moyens de transport personnels, en particulier la voiture individuelle. Le MaaS exige que l'information soit accessible sur l'endroit et le moment où les services sont disponibles, une billetterie ouverte et accessible et une forte intégration multimodale (Colpaert et Roja Melendez 2019). Cela permet aux citoyens d'accéder aux services de transport d'opérateurs publics et privés via une plate-forme unifiée (une application) qui crée et gère des trajets multimodaux transparents et que les utilisateurs peuvent payer avec un seul compte.

Que ce soit dans une optique MaaS ou pour améliorer immédiatement les transports en commun, l'information en temps réel est essentielle pour de nombreux modes afin d'assurer des déplacements fluides. La satisfaction et l'utilisation des transports en commun peuvent être accrus en améliorant les systèmes d'information pour permettre aux utilisateurs de prendre de meilleures décisions, d'attendre moins et de rendre les trajets plus efficaces (Shaheen et al. 2016). De plus en plus de recherches suggèrent que la fourniture de données en temps réel peut augmenter l'achalandage (Tang et Thakuriah 2012, Brakewood et al. 2015, Brakewood et al. 2011) et rendre les transports en commun plus sûrs (Ferris et al. 2010, Transport Research Board 2013, Klopp et al. 2015). À plus long terme, ces données sont nécessaires pour mettre en œuvre le MaaS qui permet aux utilisateurs de choisir la meilleure option de mobilité instantanément en fonction des besoins et de la nature de leurs déplacements. Les systèmes de tarification intégrés sont également essentiels pour le confort des passagers et leur évolution (MaaS) et peuvent fournir par la suite des données utiles pour la planification.

En résumé, une information de haute qualité sur les réseaux et les modes de transport public est un moyen d'encourager la multimodalité et d'ouvrir le choix de mode et de trajet. Le haut niveau d'efficacité, de commodité et de flexibilité d'une ouverture des données permet la mise en place d'un système multimodal intégré et transparent. Le transport en commun est colonne vertébrale de l'offre de mobilité, défiant efficacement l'idée de la voiture comme « moyen de déplacement libérateur » dans un environnement urbain dense. C'est un levier essentiel et potentiellement puissant pour atteindre l'objectif de développement durable 11.2 ainsi que les objectifs de réduction de la pollution atmosphérique et de réduction des GES.

- **Sans communautés de pratiques des données, un écosystème innovant local ne peut pas émerger et les opportunités de création de valeur et d'emploi sont perdues**

Les données ouvertes créent une opportunité pour les entreprises technologiques, les chercheurs et tous les types d'entrepreneurs de développer des produits innovants de tous types et de fournir de nouveaux services aux utilisateurs, aux opérateurs et aux autorités du transport en commun. Ce processus génère de bons emplois pour les jeunes professionnels et transfère les connaissances entre les villes. Il est essentiel de voir la valeur qui peut être créée en plus via ces données ouvertes. La publication de données, notamment dans des formats normalisés, génère un impact significatif (Open Data Watch 2018).

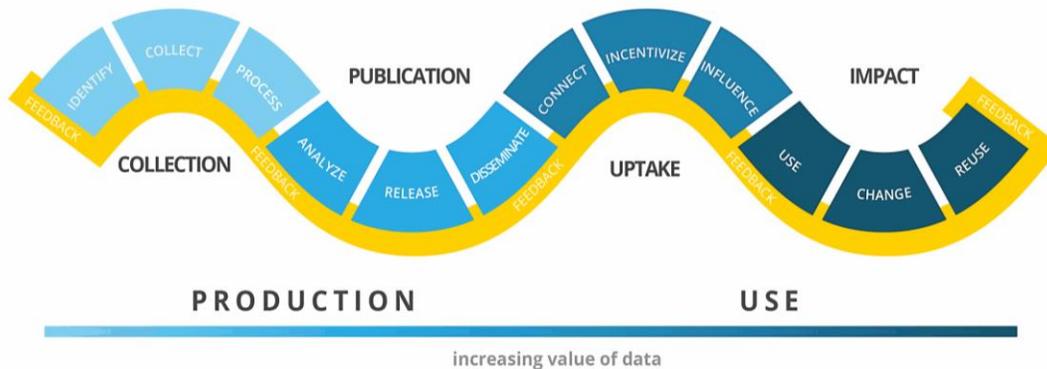


Figure 3: Chaîne de valeur de la donnée (Source: Open Data Watch 2018)

Les données de transport ouvertes peuvent contribuer à accroître le développement économique et à renforcer la résilience dans la planification des transports et la fourniture de services de mobilité. Il permet aux entrepreneurs locaux ou globaux de créer de nouveaux services qui améliorent l'offre et la planification, ainsi qu'aux chercheurs et aux analystes de développer de nouvelles connaissances locales spécifiques pour orienter la prise de décision. Reconnaissant l'importance de ces avantages, la communauté internationale du développement a commencé à cibler les données ouvertes comme l'un de ses objectifs en matière de développement durable (Principe «Utiliser les normes ouvertes, les données ouvertes, l'Open Source et l'innovation ouverte» et le principe «Réutiliser et améliorer» les «Principes de développement numérique» largement acceptés») (Principes de développement numérique 2015).

- **Le manque de données va compromettre notre capacité à suivre et à promouvoir le programme des objectifs de développement durable à horizon 2030**

À l'heure actuelle, nous n'avons pas de données ni de méthodes rationalisées en place pour l'indicateur communément convenu pour l'ODD11.2 (voir la figure 4).

Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable

Target 11.2: By 2030, provide access to safe, affordable, accessible and sustainable transport systems for all, improving road safety, notably by expanding public transport, with special attention to the needs of those in vulnerable situations, women, children, persons with disabilities and older persons

- **Indicator 11.2.1:** Proportion of population that has convenient access to public transport, by sex, age and persons with disabilities
No data for this indicator is currently available. [See available metadata](#)

Figure 4: Etat actuel de l'indicateur SDG 11.2.1 « pas de données de disponibles pour cet indicateur. » (UN Statistical Commission Accessed Mai 2019)

Les Nations Unies classent cet indicateur dans la catégorie II, ce qui signifie que l'indicateur « est conceptuellement clair et qu'une méthodologie est établie, mais les données ne sont pas facilement disponibles »³. Un des défis est qu'elles doivent être collectées au niveau des villes/ municipalités qui n'ont pas forcément les capacités techniques, financières et humaines de création et surtout de maintenance des données ce qui induit des besoins d'assistance important. En clair, des données de base sur les transports publics, y compris par exemple les points d'arrêts, sont nécessaires mais non disponibles.

1.4. La puissance de l'approche des communs numériques

Compte tenu de la valeur que les données de transport ouvertes peuvent ajouter aux efforts politiques globaux en faveur de transports publics inclusifs il est essentiel de trouver des moyens d'accroître leur création, leur partage et leur utilisation. Actuellement, les données de transport sont produites et utilisées par un large éventail d'acteurs mais dans un format non normalisé, avec peu de partage et d'interopérabilité. La valeur potentielle de ces données est largement perdue.

Particulièrement dans les villes et les régions dépourvues d'agences et de politiques de transport en commun fortes, de nombreux producteurs et consommateurs de données travaillent souvent en parallèle, et les données sont mal partagées et exploitées. L'ouverture de ces dernières permet de créer une ressource commune, infrastructure essentielle et atout pour la planification et l'action communes des villes. C'est un levier pour faire converger les efforts, créer des écosystèmes et favoriser des communautés de pratique dynamiques. Cela accroîtrait l'efficacité du réseau d'acteurs attaché à améliorer les transports publics et une planification intégrée et holistique (comme décrit dans le document SGD 17), et contribuerait à susciter un dialogue, une responsabilité et un suivi partagés notamment à l'appui de l'ODD11. 2 et 17.6 et 17.7. Les données de transport public ouvertes constituent la pierre angulaire de la transition vers un nouveau paradigme de la mobilité en tant que service.

³ Les sources de données réelles et recommandées pour cet indicateur sont les suivantes: - Données sur l'emplacement des arrêts de transport en commun dans une ville: administration municipale ou fournisseurs de services, données SIG - Logements situés à moins de 500 m des arrêts de transport en commun: Recensement, données SIG - Nombre de résidents par unité de logement: Recensement / enquête auprès des ménages - Enquêtes auprès des ménages qui collectent des informations sur la proportion de ménages déclarant avoir accès à des moyens de transport publics dans un rayon de 0,5 km. Ces enquêtes peuvent également collecter des informations sur la qualité du service.

1.5. Exploitation des données ouvertes de transports publics

Les arguments se renforcent en faveur de bases de *données ouvertes de qualité, non sensibles* sur les transports publics, en particulier les itinéraires, les arrêts, le statut des services, les tarifs, les horaires ainsi que les investissements planifiés, les modifications du réseau et les informations en temps réel. De plus en plus d'autorités et de sociétés de transport, notamment en Amérique du Nord et en Europe, mais également de plus en plus dans la région Asie-Pacifique, ouvrent des données de base sur les transports publics, en particulier au format standard GTFS (Standard Transit Feed Specification) (Rojas 2012, APTA 2015, Schweiger et autres, 2015, Hogge 2016, Harmony et Gayah 2017, Transit Center 2017). Lorsque les autorités de transport en commun sont faibles ou n'existent pas, les communautés de données ouvertes ont également commencé à utiliser la nouvelle technologie pour créer et mettre à disposition des ensembles de données GTFS.

Les données ouvertes sont définies comme « des données pouvant être librement utilisées, réutilisées et redistribuées par n'importe qui - sous réserve, tout au plus, de l'obligation d'attribuer » (ODI 2018). *L'Open Data Handbook* résume les principaux attributs des données ouvertes comme suit:

- **Disponibilité et Accessibilité:** les données doivent être disponibles dans leur ensemble et à un coût de reproduction raisonnable, de préférence par téléchargement sur Internet. Les données doivent également être disponibles sous une forme commode et modifiable.
- **Réutilisation et Redistribution:** les données doivent être fournies dans des conditions permettant la réutilisation et la redistribution, y compris le mélange avec d'autres jeux de données.
- **Participation Universelle:** tout le monde doit pouvoir utiliser, réutiliser et redistribuer - il ne devrait y avoir aucune discrimination à l'égard des domaines d'activité, des personnes ou des groupes. Par exemple, les restrictions « non commerciales » qui empêcheraient l'utilisation « commerciale », ou les restrictions d'utilisation à certaines fins (par exemple uniquement dans l'éducation), ne sont pas autorisées.

(ODI 2018)

Selon l'Open Data Institute, les « bonnes » données ouvertes devraient être 1) liées à Internet de manière à pouvoir être facilement partagées et discutées 2) disponibles dans un format standard structuré, de manière à pouvoir être traitées facilement 3) ont garanti la disponibilité et la cohérence dans le temps, afin que d'autres puissent compter sur lui, et 4) est traçable, quel que

soit le traitement, jusqu'à l'endroit où il a été créé, afin que d'autres puissent décider s'il faut ou non lui faire confiance (ODI 2018).

Les académies nationales des sciences, de l'ingénierie et de la médecine des États-Unis ont interrogé soixante-sept agences de transport dans le monde sur leurs expériences en matière de données ouvertes et ont montré que des avantages significatifs découlent de l'ouverture des données de transport public. Plus précisément, le rapport note que :

- *L'impact des données de transit ouvert sur les clients et le grand public est important ;*
- *Les impacts sur le secteur privé ont été encourageants au cours des dernières années ;*
- *Des applications et visualisations qui n'auraient pas nécessairement été conçues ou développées par une agence de transit ont été créées ;*
- *Les craintes juridiques souvent considérées comme des obstacles à l'ouverture des données de transit ne se sont pas concrétisées ;*
- *Les normes facilitent grandement l'utilisation des données de transit ouvert, bien que cela nécessite parfois des efforts supplémentaires pour la production des données ;*
- *La collaboration avec les utilisateurs et les ré-utilisateurs de données peut potentiellement augmenter la valeur des applications et des visualisations (Schweiger et al. 2015).*

78% des agences ont également indiqué que le public était plus au courant des services de transport en commun grâce aux données ouvertes (Schweiger et al. 2015).

Encouragés par ces impacts positifs, les agences de transport créent de plus en plus de « portails de développeurs » contenant « des informations sur les différents types de données fournies, des informations sur les licences et des informations de contact permettant aux utilisateurs de poser des questions ainsi que des liens vers des projets intéressants créés avec ces données » (APTA 2015). L'ouverture des données permet ainsi à de nombreux tiers de les exploiter pour améliorer la planification, la qualité de service et les informations relatives aux passagers. Elle permet même au public d'apporter des corrections ou du nettoyage ce qui contribue à l'amélioration des données elles-mêmes. Cela crée également plus de transparence et de connaissance (Cerrillo-I-Martinez 2012, Kitchen 2013).

Les données ouvertes permettent l'innovation par des tiers, en particulier au niveau des systèmes d'information voyageurs. Cela est particulièrement évident dans « un écosystème d'applications tierces en cours de développement pour les plates-formes de smartphones dominantes » (O'Brien 2017). L'ouverture favorise le développement de nouveaux modèles économiques et certains développeurs d'applications sont en mesure de générer des revenus à partir d'applications innovantes. Un facteur clé dans la décision de Transport for London (TfL) de

passer à une stratégie de données ouvertes était que « le fait de développer des applications en interne qui servaient toutes les plateformes de smartphones aurait été une entreprise coûteuse » (Hogge 2016). Permettre au secteur privé de développer des services de qualité peut être très rentable : le responsable des systèmes et de la technologie de bus de TfL a calculé que les applications utilisant les données des bus TfL généreront un bénéfice client de 83 millions de livres sterling sur 10 ans, pour un coût de 820 000 £ supporté par TfL (Reed 2015, cité dans Hogge 2016). TfL a compté plus de 5 000 développeurs enregistrés et les 362 applications disponibles alimentées par les données TfL ont atteint un public de 4 millions de personnes avec entre 15 M £ et 58 M £ de temps gagné pour les utilisateurs de ces applis en 2012 (Hogge 2016).

Certaines de ces entreprises sont également en mesure de générer plus de données à mesure que les applications gagnent des utilisateurs qui, à leur tour, participent à la création de données et, dans certains cas, même à la fourniture de service de transport. Par exemple, CityMapper, une société londonienne, a utilisé ses données pour analyser la demande de liaisons de bus manquantes et a lancé un service hybride bus-taxi pour ces liaisons (Hern 2018). Transit Screen, Inc. utilise les données ouvertes des agences de transport en commun pour développer des écrans d'information à destination de halls d'entrée et d'espaces publics. Ces entreprises développent des services au service de l'attractivité de la mobilité partagée et des transports en commun. Elles constituent un écosystème riche en appui au programme mondial d'amélioration des transports en commun et de réduction de l'usage de la voiture individuelle. Cette approche montre également comment atteindre les objectifs 17.6 et 17.7 des ODD en rendant la technologie accessible à des conditions équitables et en encourageant le transfert de connaissances et l'apprentissage à travers les villes.

Malgré les preuves et arguments théoriques développés ici, le passage d'une approche de données fermées à des données ouvertes n'est pas toujours simple. Il nécessite un changement de culture et la levée d'un certain nombre d'obstacles (Rojas 2012, Colpaert et al. 2017). La culture administrative au sein des agences de transport et des municipalités est averse au risque. De plus cela pose des questions en termes juridiques, de respect de la vie privée, de gestion des contrats de fournisseurs exclusifs interdisant le partage de données avec des tiers et des efforts techniques fastidieux pour produire des ensembles de données précis adaptés à la divulgation et à l'utilisation par le public. De plus en plus, le problème des autorités n'est plus de capturer les données, mais de « disposer de ressources suffisantes pour nettoyer et analyser les informations afin de traiter les problèmes, d'améliorer les performances et de prendre des décisions éclairées » (Goldsmith 2013).

De nombreuses agences fournissent cependant des contrats de licence courts et simples afin d'encourager les usages. Les utilisateurs de données ne doivent généralement pas signer

d'accord ou fournir quoi que ce soit à l'agence - le téléchargement des données induit un respect de la licence. Selon le rapport des Académies Nationales des États-Unis, les accords de licence de données des agences de transport en commun comportent des éléments communs :

- L'agence se réserve les droits sur son logo et toutes les marques.
- Les données sont fournies sans garantie.
- Aucune garantie de disponibilité n'est exprimée ou implicite.
- L'agence conserve tous les droits sur les données
- Le preneur de licence peut librement copier et livrer; modifier et utiliser (par exemple, à des fins commerciales); et combiner et utiliser dans le cadre d'une application ou d'un service.
- La licence est gratuite et définit les relations entre l'agence et les ré-utilisateurs
- Le nom du donneur de licence (par exemple, l'agence de transport finlandaise) doit être indiqué.

(Schweiger et al 2015)

Il convient de noter que, si les données statiques ouvertes soulèvent peu de problèmes juridiques, des préoccupations existent quant à la confidentialité, en particulier à la possibilité d'ouvrir des données en temps réel (Scassa, T., & Diebel, A. 2016). Il reste encore beaucoup à faire pour élaborer des lois et des politiques sur la protection des données et sensibiliser davantage le public aux questions de protection de la vie privée, en particulier dans les contextes où ces lois sont actuellement faibles ou sous-développées (Nyabola 2018).

1.6. Exploiter les formats de données communes : le « General Transit Feed Specification » (GTFS)

Une caractéristique essentielle des données ouvertes de transit est la possibilité de partager et d'utiliser ces données pour les systèmes d'information des passagers et les analyses urbaines. Les normes existantes en matière de données sur les transports publics ont été extrêmement complexes dans le passé (Transmodel, par exemple) ou sont relativement récentes (comme NeTEx, anciennement Network Exchange *PD CEN / TS 16614-1: 2014* , *PD CEN / TS 16614-2: 2014* et *PD CEN / TS 16614-3: 2014*). Pour cette raison, en 2005, un format plus simple, orienté vers la planification du trajet - le GTFS (Google Transit Feed Specification) a été créé à partir d'une collaboration entre les responsables techniques de TriMet, l'agence de transport en commun de Portland, dans l'Oregon, et les développeurs de Google (McHugh 2013). En 2009, il a été renommé Spécification générale du flux de transit. Bien que n'étant pas une norme officielle il est devenu la norme de facto, le format le plus utilisé par les autorités responsables des transports dans la plupart des pays du monde. Il est conçu pour l'intégration et l'interopérabilité des données, ainsi que pour l'utilisation d'un large éventail d'outils Open Source, permettant aux agences de gagner du temps et de l'argent, ainsi qu'une meilleure comparabilité des transports en commun entre les villes (Wong 2013).

Le format GTFS implique un ensemble de fichiers csv associés simples (valeurs séparées par des virgules), chaque fichier capturant un aspect particulier des informations de transport associées : arrêts, itinéraires, trajets et autres données de planification. Cette structure de données a été choisie car « il est facile de visualiser et d'éditer à l'aide de tableurs et d'éditeurs de texte », et il était important que les agences puissent facilement éditer et donc leur permettre de participer (McHugh 2013). Une extension GTFS-Real Time a ensuite été développée en 2012 pour répondre au besoin d'informations en temps réel des utilisateurs et pas seulement de données statiques.

Filename	Required	Defines
agency.txt	Required	One or more transit agencies that provide the data in this feed.
stops.txt	Required	Individual locations where vehicles pick up or drop off passengers.
routes.txt	Required	Transit routes. A route is a group of trips that are displayed to riders as a single service.
trips.txt	Required	Trips for each route. A trip is a sequence of two or more stops that occurs at specific time.
stop_times.txt	Required	Times that a vehicle arrives at and departs from individual stops for each trip.
calendar.txt	Conditionally required	Dates for service IDs using a weekly schedule. Specify when service starts and ends, as well as days of the week where service is available. This file is required unless all dates of service are defined in calendar_dates.txt .
calendar_dates.txt	Conditionally required	Exceptions for the service IDs defined in the calendar.txt file. If calendar.txt is omitted, then calendar_dates.txt is required and must contain all dates of service.
fare_rules.txt	Optional	Rules for applying fare information for a transit organization's routes.
shapes.txt	Optional	Rules for drawing lines on a map to represent a transit organization's routes.
frequencies.txt	Optional	Headway (time between trips) for routes with variable frequency of service.
transfers.txt	Optional	Rules for making connections at transfer points between routes.
feed_info.txt	Optional	Additional information about the feed itself, including publisher, version, and expiration information.

Figure 5: Aperçu des fichiers et du contenu du format GTFS

Le format commun et la spécification ouverte ont créé une base pour les acteurs, y compris les agences de transport, les start-ups locales, les communautés Open Source, les instituts de recherche et les entreprises telles que Google, afin d'insuffler une dynamique autour de la numérisation de la mobilité. Une communauté de pratiques réussie est en train de transformer la manière dont les appareils numériques prennent en charge les transports en commun, notamment en fournissant des données en temps réel. Fait important, cette communauté accélère également la création, l'utilisation et le partage de données sur les transports en commun dans de nombreuses villes où ces données n'ont jamais existé.

Des efforts sont également en cours pour explorer les moyens d'améliorer encore le format GTFS à la lumière d'un certain nombre de défis, notamment 1) la présence d'un système de transport à la demande 2) la mesure de l'accessibilité réelle pour les personnes qui ne peuvent pas marcher 3) la prise en compte des modifications de services imprévues et 4) l'intégration des tarifs (la modélisation des tarifs peut être complexe, en particulier lorsque les tarifs ne sont pas réglementés). Pour résoudre certains de ces problèmes, un nouveau GTFS-flex plus flexible est en cours de développement et de test, en particulier par une équipe appelée Datamobility.org incubée au Rocky Mountain Institute aux États-Unis (Transit Center 2018). Ces modifications nécessiteront la participation des communautés de pratique autour des données pour s'assurer qu'elles fonctionnent dans divers systèmes de transport en commun et de mobilité.

2. Outils numériques pour un transport public inclusif et intégré

Depuis son lancement en 2005, Portland étant la première ville fournissant des données GTFS à Google Transit, le standard GTFS de facto est maintenant largement utilisé et la numérisation de la mobilité continue de se répandre dans le monde entier, notamment aux États-Unis, en Europe et en Asie. Cependant, il semble exister des obstacles à l'élaboration de données de transit normalisées pour les villes à croissance rapide d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine. Sans données normalisées, ces villes rateront des opportunités cruciales d'amélioration de la planification, de la conception des infrastructures, de la surveillance, du développement économique local et des systèmes d'information.

Dans de nombreuses villes, une des raisons pour lesquelles les données n'existent pas ou sont inaccessibles est que l'offre de mobilité urbaine est dominée par les minibus, parfois appelés transports artisanaux ou informels parce qu'ils n'ont pas d'horaires fixes et que les itinéraires et les arrêts peuvent également varier. De nombreux exploitants de transport artisanal sont des micro entreprises qui ne voient pas l'utilité des données ou qui n'ont pas le temps et l'argent nécessaires pour les collecter. Souvent, le fait que certaines de ces micro entreprises soient informelles signifie qu'elles souhaitent également rester en dessous du radar des autorités publiques. Une autre raison est que les autorités, habituées à considérer ces systèmes comme «chaotiques» ou trop complexes à traiter, ne prennent ni la peine ni le temps d'obliger les opérateurs, y compris les grandes entreprises, à collecter et partager des données. Pire encore, certains acteurs institutionnels et industriels s'entendent et profitent mutuellement du manque de transparence.

En outre, les autorités de transport n'existent souvent pas ou sont faibles dans ces villes et, même lorsque les agences gouvernementales collectent des données, elles engagent le plus souvent des consultants et ne rendent pas toujours accessibles la méthodologie de collecte des données et les données collectées par ces consultants. Des embryons d'institutionnalisation des capacités de création de données locales se mettent en place seulement à travers de l'assistance technique, également pilotée par des consultants. Dans certains cas, comme en Inde, les responsables des transports souhaitent également trouver des moyens de monétiser les données et par conséquent s'opposer à leur ouverture (Abisla 2019). Les initiatives de la société civile ou du secteur privé ne sont pas prises en compte par les responsables des transports locaux ou ne peuvent être invoquées, car les données et infrastructures essentielles sont laissées au contrôle des entreprises privées qui ne les partagent pas. Enfin, la nature flexible et sensible à la demande de ces systèmes fait que certaines fonctionnalités, telles que les itinéraires variables, doivent être

prises en compte dans la collecte de données et les normes. Il s'agit d'un défi intrinsèque à la collecte de données sur le transport artisanal et la norme GTFS doit être modifiée car elle a été conçue à l'origine pour des systèmes planifiés et davantage fixés.

En dépit de ces défis, sont apparues de nouvelles possibilités en utilisant les potentialités des téléphones mobiles dotés du GPS pour collecter des données à faible coût dans les villes où il manque actuellement des données de transport précieuses. Des efforts fructueux ont permis de créer des données GTFS dans des villes d'Afrique, d'Asie, du Moyen-Orient et d'Amérique latine, commençant à combler des lacunes et des inégalités dans nos données de transport mondiales. Ces efforts rassemblent également divers acteurs afin de créer des réseaux de coordination et des communautés d'apprentissage pour des approches basées sur les données visant à améliorer les transports en commun.

2.1. Etudes de cas du Kenya, Nicaragua et Ghana⁴

Afin d'illustrer la manière dont des données de transport de haute qualité peuvent être créées et utilisées pour améliorer le transport dans les villes à taux de transport artisanal élevé, nous examinons trois projets de « preuve de concept » au Kenya, au Nicaragua et au Ghana. Tous trois ont émergé dans le contexte de la coopération internationale et, en rendant les données accessibles, ont permis la construction de communautés de pratique bâties autour de ces données, de la ville, des personnes et organisations impliquées dans les efforts de création de données et d'innovation. Les trois projets ont créé les données au format GTFS, conçu une carte papier et intégré les données dans les systèmes d'information des passagers, sous une forme ou une autre, sur le Web et sur les téléphones mobiles.

Le projet **DigitalMatatus** est l'un des premiers projets de cartographie qui a permis de catalyser les travaux de cartographie en cours dans les villes africaines. Cette collaboration entre l'Université de Nairobi, la Columbia University, le MIT et une petite entreprise de design, Groupshot, a permis de tracer les itinéraires et les arrêts de minibus de Nairobi (matatu) à l'aide de téléphones mobiles dotés du GPS (Williams et al. 2015, Klopp et al. 2015). Une carte papier schématique a été conçue et les données ont été intégrées aux services de Google, offrant un routage confortable sur leur site Web et leur application.

Le projet **MapaNica.net** Managua Bus Mapping était un projet de collecte de données basé sur la société civile. C'était le projet de lancement de la communauté nicaraguayenne

⁴ Pour plus de cas en Inde, voir Abisla 2019 et pour plus de cas africains, voir Klopp et Cavoli 2019. Pour Le Caire, voir transportforcairo.com.

OpenStreetMap, auquel plus de deux cents étudiants, professionnels, employés du secteur public et entreprises ont participé pour se former et collecter de manière collaborative les données du système de transport en commun de la capitale. Pour la première fois, ils ont attribué des noms à tous les arrêts de bus de la capitale, conçu et distribué une carte papier, créé des solutions pour les passagers (applications mobiles et sites Web, par exemple) basées sur des logiciels Open Source et mis à la disposition du public (Dobush 2016).

Accramobile, une collaboration entre l'Agence française de développement et l'Autorité métropolitaine d'Accra, est un autre succès de la création de données GTFS pour le système de minibus (trotro) d'Accra (Saddier et al. 2016, Saddier et al. 2017). Ce projet a démarré avec un objectif institutionnel, puis étendu à la participation des citoyens et à la collecte de données sur l'ensemble du système de minibus avec la communauté locale OpenStreetMap. Les données ont été converties en GTFS et une carte papier a été conçue. Le projet a également utilisé des solutions Open Source existantes pour fournir une application mobile et un site Web aux passagers à Accra.

2.2. Nouvelles visualisations des réseaux

Projets: DigitalMatatus, MapaNica.net, Accramobile.

Les trois projets ont présenté - pour la première fois - une carte complète du système de transport en commun de leur ville: Accra, Managua et Nairobi.

Le projet DigitalMatatus, piloté par le Laboratoire de Conception de Données Civiques du MIT, a conçu une carte schématique pour 120 itinéraires du système de matatu pour en faire des cartes imprimables. La construction de la carte a impliqué des acteurs locaux qui ont passé en revue les points de repère clés et des conducteurs matatu qui ont commenté les itinéraires et les arrêts. La carte est en cours de mise à jour avec les commentaires du secteur matatu.

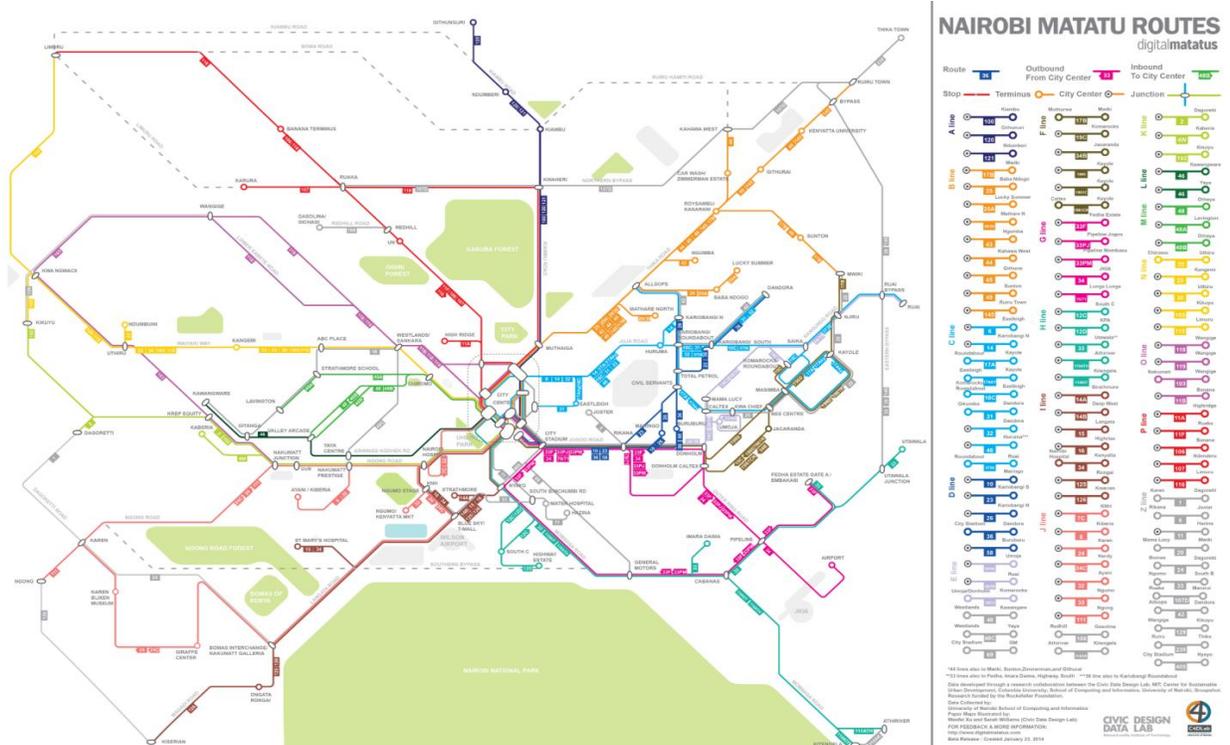


Figure 6: DigitalMatatus Carte des matatus 2014

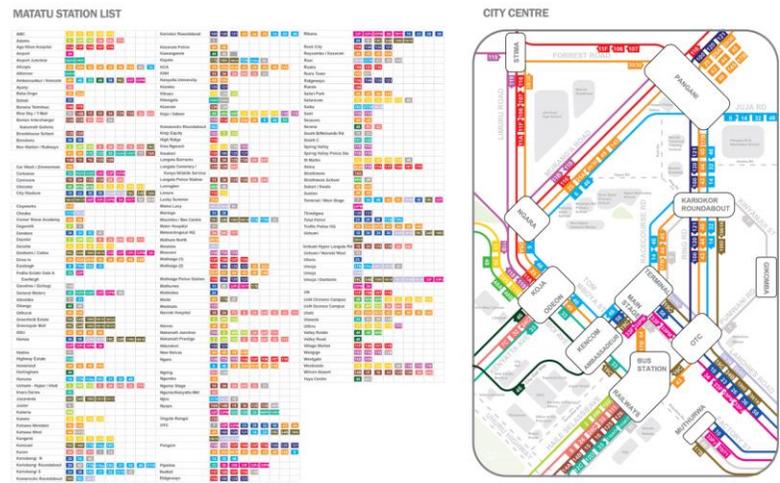


Figure 7: Panorama des principales stations de correspondances de Nairobi

La visualisation de l'offre de transport artisanal a lancé un vaste processus de réflexion sur le système de transport en commun, comprenant une analyse des caractéristiques de son réseau. C'est un bon point de départ pour les communautés de pratique émergentes.



Figure 8:

Carte des transports publics de Managua 2016

Les travaux de DigitalMatatus ont inspiré d'autres collaborations et communautés en matière de cartographie, telles que MapaNica.net au Nicaragua, pour créer une carte similaire reflétant la réalité de leurs transports. Au Nicaragua, l'accent a été mis sur l'amélioration de la carte avec le style et les symboles locaux.

La visualisation montre qu'il existe des différences fondamentales entre Nairobi, où règne un système radial, et Managua avec un réseau plus multipolaire. À Nairobi, tous les terminaux principaux se trouvent au centre de la ville. Selon Jarrett Walker, ce phénomène «est une chose courante qui accompagne les évolutions des systèmes privés. Chaque matatu veut aller en centre-ville car il s'agit du plus grand marché et un chauffeur de matatu n'a besoin d'être coordonné avec qui que ce soit pour remplir un bus qui va et vient de là » (2014). Au Nicaragua, par contre, un réseau de bus a été coordonné publiquement, ce qui a conduit à un système plus distribué. Cependant, sans données de réseau et de passagers, dans les deux systèmes, l'accent n'a pas été mis sur l'optimisation du réseau pour une efficacité accrue et un service amélioré en fonction des capacités disponibles.

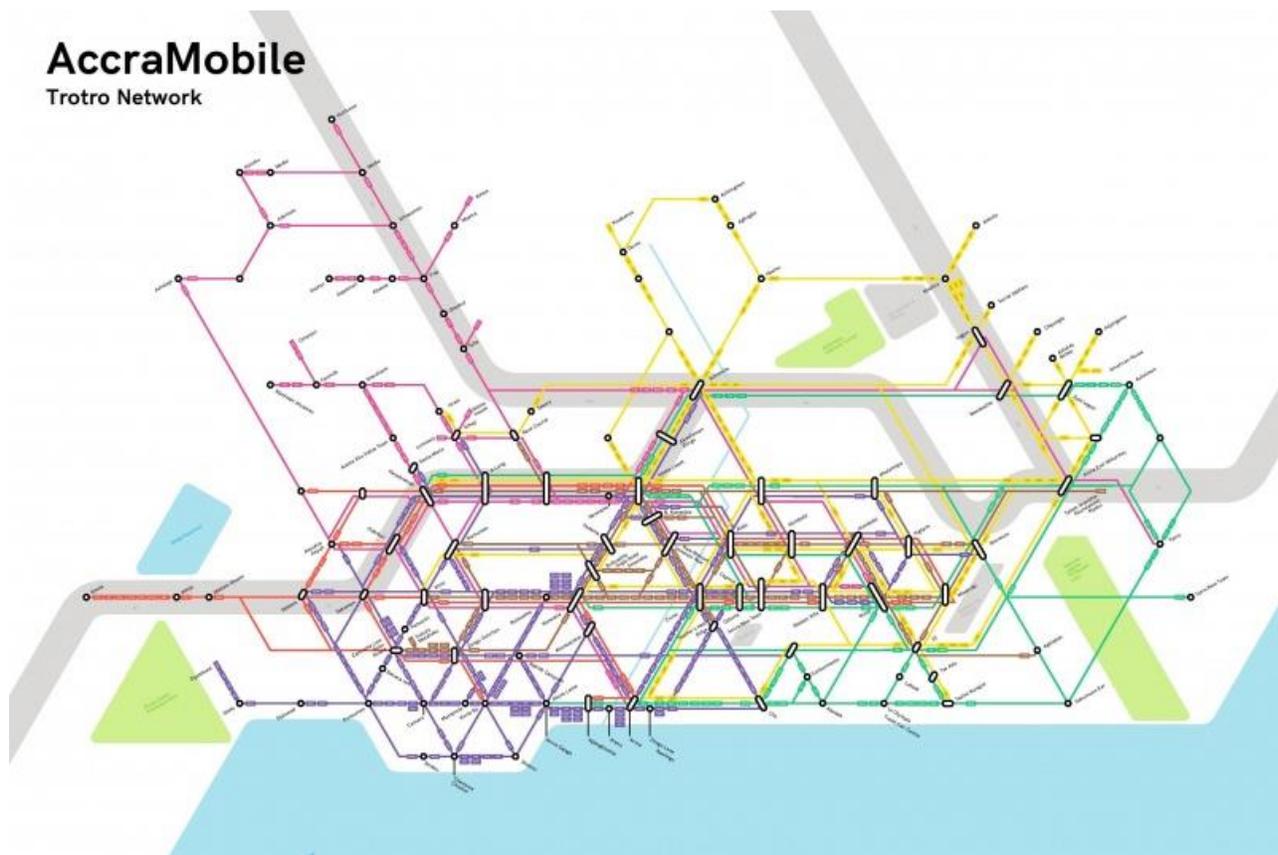


Figure 9: Carte schématique des trotros d'Accra 2017

L'Université Concordia, partenaire de l'initiative Accra Mobile, a développé une carte trotro basée sur l'ensemble de données GTFS. Cette carte a été dessinée sur la base des différentes lignes mais nécessite des travaux pour améliorer la lisibilité et intégrer des points de repère.

2.2. Systèmes d'informations-voyageurs

Projets: DigitalMatatus, MapaNica.net, Accramobile.

Au-delà de la création d'outils permettant de comprendre, de voir et de remodeler la ville, ces nouvelles données créent un service de base très important pour les citoyens; l'information voyageurs. Les passagers peuvent consulter une carte ou une application de transport en commun et voir comment se rendre d'un lieu à un autre en utilisant le système de transport en commun existant.

Les systèmes d'information voyageurs améliorent l'orientation, aident les gens à planifier des trajets plus efficaces et, associés à des informations en temps réel, réduisent les temps d'attente. Ceci entraîne une amélioration de la manière dont les passagers interagissent et ressentent les transports en commun et a un impact direct sur l'accessibilité aux emplois et à d'autres opportunités. Bien entendu, il reste nécessaire d'améliorer réellement les services et les infrastructures, mais la mise en place de ces systèmes, en utilisant notamment une approche participative, offre aux citoyens la possibilité de donner leur avis et de plaider en faveur de ces améliorations. Le tableau ci-dessous donne un aperçu de certaines des applications de transport en commun de passagers utilisées avec les données de nos trois exemples (Figure 11). Notez qu'avec les données ouvertes, plusieurs applications peuvent être mises à disposition, offrant ainsi le choix de l'utilisateur et sans aucun coût pour la ville.

Nom	Application Mobile	Web	Open Source	Commentaires	Projets
Bussi ⁵	Non	Oui	Oui	Application très simple. Pas de routage	MapaNica.net, Accramobile
Google Transit ⁶	Oui (iOS & Android)	Oui	Non	Leader du marché	Digital Matatus
OpenTrip Planner et Digitransit ⁷	Non. Seulement un Design réactif	Oui	Oui	Solution largement utilisée	Non appliquée à un projet pilote. Mzid TriMet (Portland) et de nombreuses agences de transport utilisent OTP avec ses propres interfaces.
TransitApp ⁸	Oui (iOS & Android)	Non	Non	Information en temps réel collaborative, basée sur les usagers	MapaNica.net, Accramobile DigitalMatatus

⁵ <https://gitlab.com/opentransitmap/bussi> (récupéré 24.03.2019)

⁶ <https://transit.google.com> (récupéré 24.03.2019)

⁷ <https://www.opentripplanner.org> (récupéré 24.03.2019)

⁸ <https://transitapp.com> (récupéré 24.03.2019)

Navitia and Transportr ⁹	Android only	Non	Oui	Bonnes opportunités	MapaNica.net, Accramobile
-------------------------------------	--------------	-----	-----	---------------------	---------------------------

Figure 10: Panorama des applications d'information-voyageurs

⁹ <https://transportr.app> (récupéré 24.03.2019)

Bussi - Bus Simple et système d'information statique

Site Web: gitlab.com/opentransitmap/bussi



Figure 11. Bussi - Bus Simple et système d'information statique

Bussi est le site Web le plus simple conçu pour fonctionner avec les coûts de maintenance et de fonctionnement les plus bas. Il a été développé pour le projet de cartographie des bus MapaNica.net Managua, puis repris par Accramobile. Les visiteurs peuvent sélectionner des itinéraires et inspecter leur trajectoire. Il permet une recherche d'emplacement (fonctionnalité de géocodage) et, surtout, il inclut une fonctionnalité permettant aux passagers de fournir un retour immédiat sur l'exactitude des données via un formulaire de courrier électronique. Le logiciel est Open Source depuis le début et recherche une initiative pour le développement d'une solution particulière d'un produit utilisable par tous.

Google Transit

Website: transit.google.com

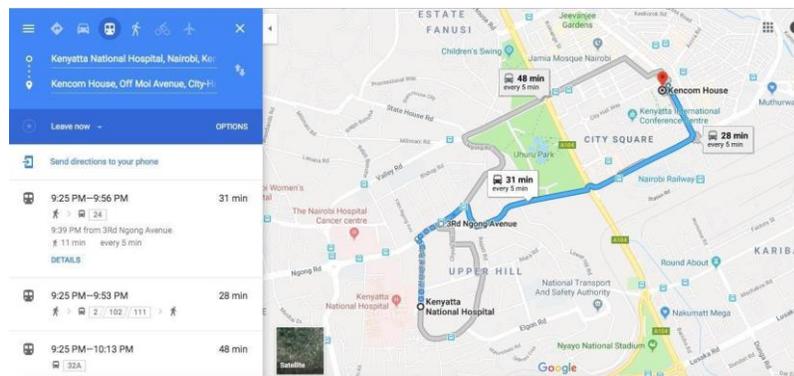
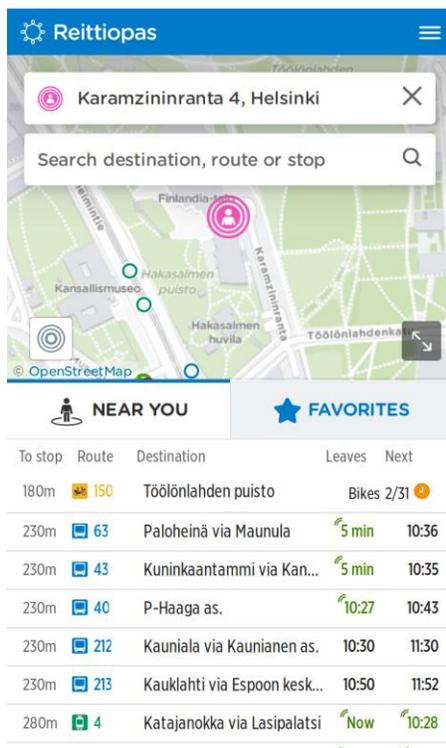


Figure 12: Vue Google Map à Nairobi

Google Transit est le leader du marché et ses applications sont célèbres et bien intégrées aux téléphones portables et aux sites Web. Les données de DigitalMatatus se trouvent sur Google Maps, ce qui permet de planifier un voyage. Les données reçoivent en moyenne 300 000 requêtes par semaine ce qui prouve l'utilisation quotidienne par les citoyens. L'application est un service fini, aucune autre participation ni responsabilité ne sont impliquées, même si les utilisateurs peuvent envoyer des commentaires à Google. Ces services sont souvent liés à des accords exclusifs, bien que ce ne soit pas le cas pour les données DigitalMatatus. Le défi consiste à maintenir les données à jour compte tenu de la nature hautement dynamique de Nairobi.

OpenTripPlanner et Digitransit

Websites: opentripplanner.com, digitransit.fi

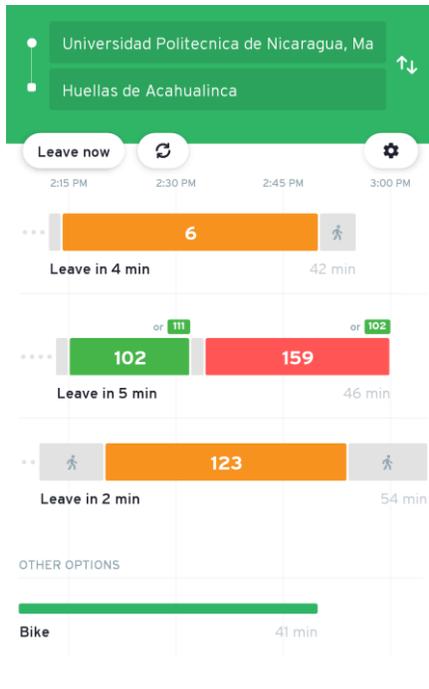


OpenTripPlanner.com a commencé à Portland. Bien qu'il n'ait été utilisé par aucun des projets, il présente un grand potentiel en raison de son expérience et de sa maturité. Il fournit un routage facile à installer et riche en GTFS. Associée à l'interface utilisateur de Digitransit, une initiative Open Source issue de l'agence de transport d'Helsinki, c'est une solution très prometteuse qui permet un accès aisé au navigateur Web sur des ordinateurs et des tables, mais elle est également optimisée pour les résolutions d'écrans mobiles. Il inclut des fonctionnalités pour les données en temps réel et est utilisé par les agences de transport du monde entier. OpenTripPlanner est le système d'information passagers Open Source le plus polyvalent du marché. Il y a un écosystème vivant autour de lui.

Figure 13: Digitransit, l'interface Open Source pour l'OpenTripPlanner utilisé en Finlande

TransitApp

Site Web: transitapp.com



TransitApp est une application commerciale qui se concentre sur le mode «Go» en fonction du point de vue du passager qui souhaite prendre un bus à proximité. Il collecte des données sur leurs utilisateurs pour les faire correspondre aux calendriers et fournit des données en temps réel aux endroits où il n'existe aucun système formel. La société a été très ouverte à la collaboration avec des ensembles de données ouverts provenant de pays en développement. Les données de Managua et d'Accra ont été intégrées à leurs applications Android et iOS et, grâce à son approche de données en temps réel et à grande diffusion, TransitApp fournit les informations les plus précises sur les systèmes de transport en commun de ces deux villes.

Figure 14 : TransitApp – Go mode

Navitia and Transportr

Websites: navitia.io, transportr.app



Navitia est un puissant moteur de calcul d'itinéraire pour les transports publics développé par la société française Kisio. Il peut être utilisé par n'importe quel type d'application et la plupart des utilisateurs de ce service ont mis en œuvre leur propre solution fermée.

Il existe une solide application Android - Transportr - qui fournit des itinéraires de transport pour de nombreuses villes du monde entier. Il s'agit d'un logiciel libre et Open Source respectueux de la vie privée des utilisateurs. Transportr est l'application choisie pour les projets MapaNica.net et Accramobile. Il prend en charge les données en temps réel bien que ces données ne soient pas encore disponibles pour Managua ou Accra. En raison de sa nature Open Source et de son ouverture aux contributions des utilisateurs, c'est un outil flexible. C'est un bon point de départ pour les villes, les entreprises et les entrepreneurs qui souhaitent créer une application pour leur réseau de

transport en commun.

Figure 15: Application Transportr Android

Il est important de noter qu'aucune de ces applications ne se substitue à des systèmes d'information adéquats, notamment des écrans, des panneaux et des services d'information sur la rue qui tiennent compte de la langue et des habitudes locales de navigation. Il faut beaucoup plus d'expérimentation pour mettre au point des systèmes d'information officiels fonctionnant bien pour les passagers dans la plupart des villes du monde où ils n'existent pas encore.

2.3. Etudes d'Accessibilité

Projects: DigitalMatatus.

Lorsque les données de transport sont superposées à d'autres types de données, nous pouvons analyser la manière dont un système de mobilité génère un accès aux services et aux opportunités dans une ville. C'est cette dimension d'accès aux opportunités qu'il est souhaitable d'améliorer, pas seulement la mobilité. Avec la montée en puissance des ensembles de données GTFS, nous pouvons désormais superposer ces données à des données sur l'utilisation des sols

et des emplois pour mesurer l'accessibilité et voir comment différentes configurations de réseaux de transport améliorent ou réduisent l'accès aux services et aux opportunités des différents groupes de personnes. Ceci est d'une importance capitale pour l'équité dans la planification. La Banque mondiale, par exemple, a pu utiliser les données de DigitalMatatus afin d'estimer l'accessibilité physique des personnes aux hôpitaux de la ville de Nairobi grâce au réseau de matatus.

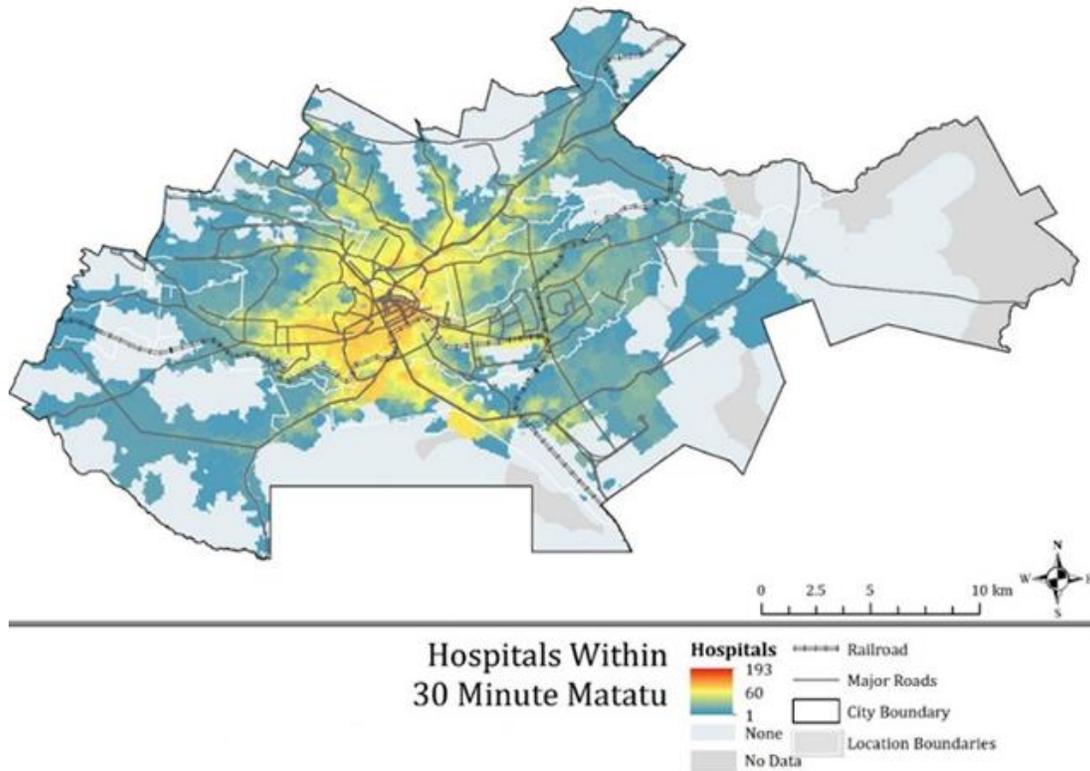
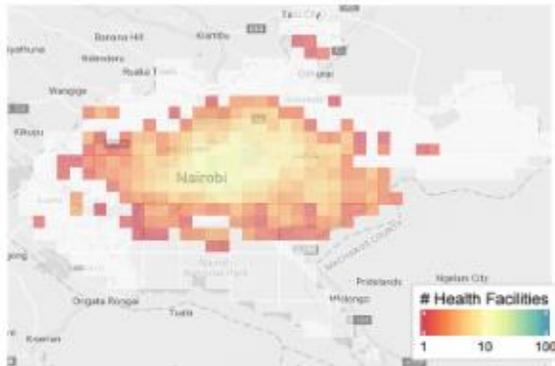


Figure 16: Hôpitaux à moins de 30 minutes de voyages en bus (Banque Mondiale 2016)

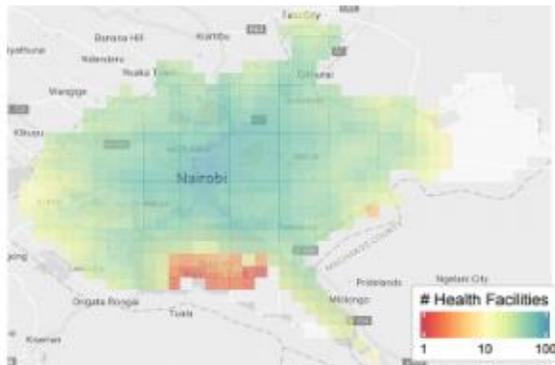
L'accessibilité physique est concentrée vers le centre de la ville. Fait troublant, il existe des espaces dans la ville où les gens n'ont pas d'hôpital dans un trajet matatu de 30 ou 60 minutes. Cette visualisation montre également les liens qui unissent réseaux de transports et utilisation des sols. Le problème de l'accès physique aux hôpitaux de Nairobi peut être résolu en construisant des installations plus dispersées (et idéalement abordables, bien équipées et dotées en personnel) et en encourageant davantage les logements de meilleure qualité dans des zones bien desservies - en redéfinissant les itinéraires - ou par d'autres combinaisons de ces interventions, selon l'importance d'autres facteurs régionaux.

Alors que 70% des résidents adultes de Nairobi utilisent quotidiennement les matatus, nombre des habitants les plus pauvres de la ville ne peuvent se permettre un autre moyen de transport que la marche à pied. En revanche, les résidents les plus riches voyagent en véhicule personnel.

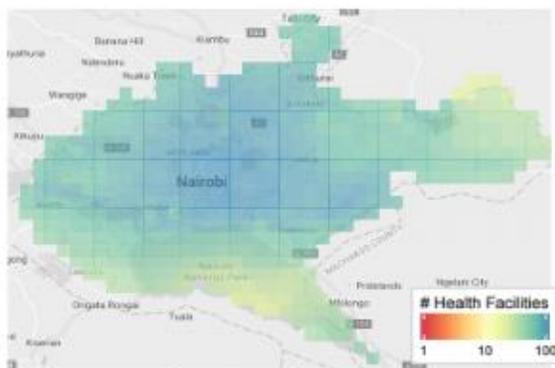
Ainsi, en comparant l'accès par mode, nous pouvons avoir une idée brute de l'inégalité de l'accès physique à la ville en fonction du statut socio-économique. Sur la figure 17, vous voyez une visualisation des accès aux points de la ville en marchant, en minibus (parfois appelé transport adapté) et en voiture.



(c) Walking Gravity ($G_i^{walking}$)



(f) Paratransit Gravity ($G_i^{transit}$)



(i) Driving Gravity ($G_i^{driving}$)

En comparant la bande de couleur bleue, vous pouvez voir comment les voitures offrent un accès plus large à la ville, les matatus offre une accessibilité substantielle et la marche à pied offre un accès limité aux établissements de santé de la ville. Encore une fois, cet accès est plus important dans le centre. Cela permet de comprendre pourquoi les gens peuvent accepter des mauvaises conditions de logement et des loyers élevés dans des bidonvilles situés au centre : cela permet un accès aux services de la ville en marchant et des voyages matatu plus courts et donc moins chers (Campbell et al. 2019). De même, en utilisant les données DigitalMatatus avec les données sur l'occupation des sols, une autre étude de la Banque mondiale a été en mesure de montrer le déséquilibre spatial dans la ville de Nairobi. (Avner et Lall 2016).

Cela signifie que des transports en commun abordables et de qualité, ainsi qu'une utilisation judicieuse des sols et la distribution de services (abordables et de qualité) sont des étapes cruciales vers une ville plus équitable, inclusive et juste. Cependant, pour intervenir intelligemment et plaider en faveur du changement, nous devons être en mesure d'utiliser les données pour mieux percevoir ces relations et élaborer des politiques et des projets plus globaux.

Figure 18: Accessibilité selon les modes et les développements résidentiels à Nairobi (Campbell et al. 2019)

2.4. Mieux comprendre l'exploitation des Minibus

Projets: Accramobile

Accramobile, une collaboration entre l'Agence française de développement, l'Assemblée métropolitaine d'Accra, l'Université Concordia et Transitec, a permis de tracer des itinéraires, des arrêts, ainsi que l'embarquement et la descente des minibus de la ville (trotros), afin de mieux comprendre la répartition spatiale de la demande de transport à Accra (Saddier et al. 2016, voir figure 18).

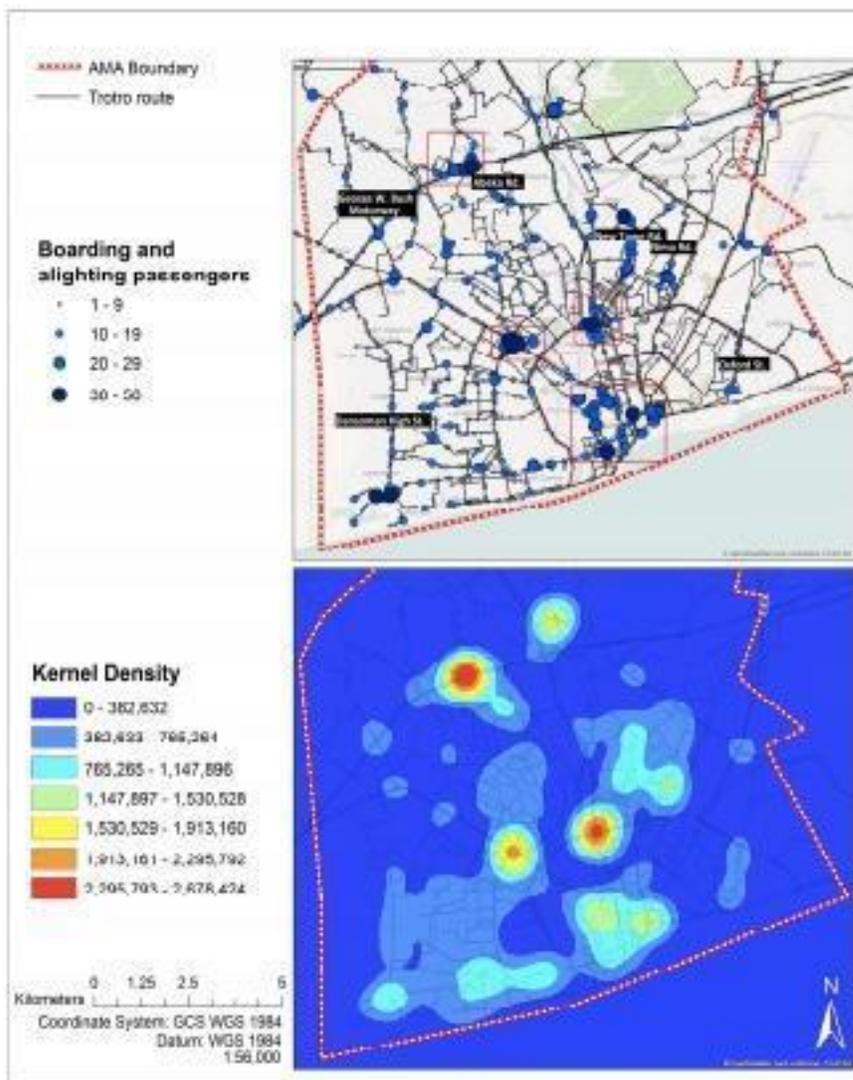


Figure 18:
Distribution spatiale du
débit de voyageurs
(Saddier et al 2016)

Le but de ce travail était d'améliorer la planification et les interventions pour optimiser l'exploitation des lignes. Ces travaux ont montré une relative stabilité des itinéraires à Accra (Saddier et al. 2017) ainsi que de graves inefficacités dans leur exploitation.

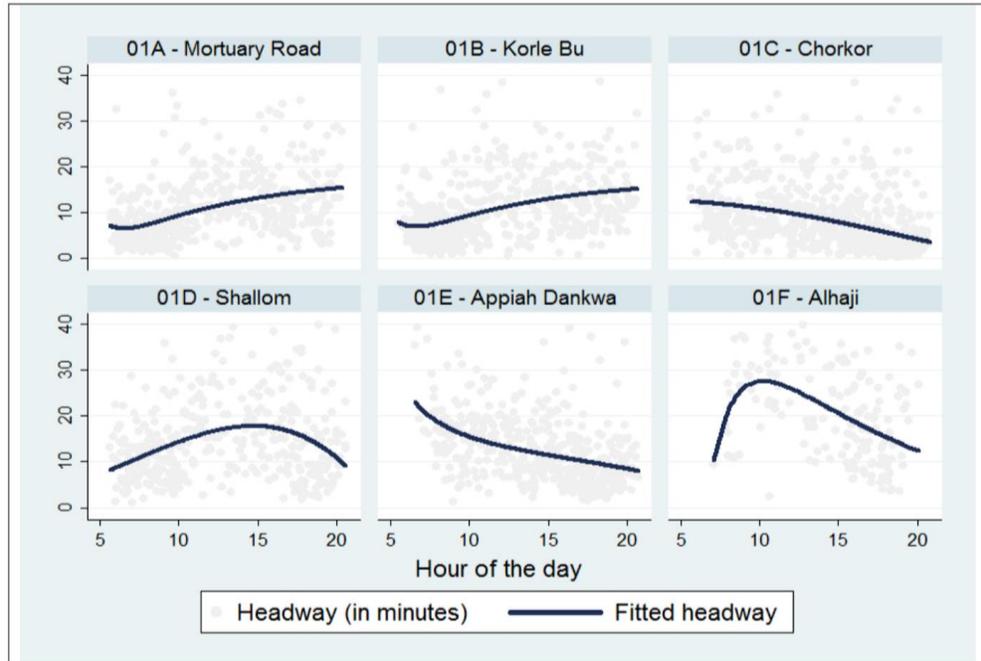
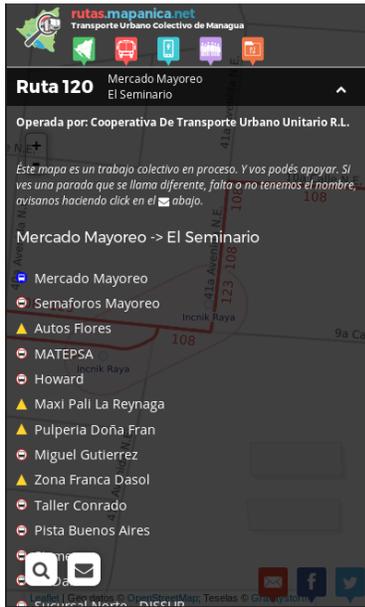


Figure 19: Fréquence de départ pour six différentes lignes de bus à Accra, Ghana (Saddier et al. 2018)

Par exemple, les véhicules semblent passer plus de temps à faire la queue qu'à conduire et ne réalisent qu'un nombre limité de rotations par jour, ce qui laisse supposer un gaspillage de capacité (Saddier et al. 2018). La figure 19 montre les écarts importants entre les différentes lignes de minibus.

2.5. Formaliser la ville via la participation citoyenne : définition populaire des arrêts de bus

Projects: MapaNica.net



La ville de Managua n'a jamais eu de noms officiels pour ses arrêts de bus : l'Institut de réglementation des transports en commun s'était occupé de l'adressage des arrêts de bus officiels mais sans leur donner de nom. En outre, le réseau de transports en commun de Managua comprend de nombreux arrêts non officiels que les gens connaissent et que les conducteurs de bus respectent. Le projet de cartographie des bus MapaNica.net a mené des enquêtes auprès des citoyens vivant à proximité des arrêts de bus afin de comprendre la dénomination populaire de chacun des arrêts. Ces informations ont été traitées et consolidées afin d'élaborer un plan de noms uniques pour tous les arrêts de bus de la ville. Une fonctionnalité de reporting permet aux citoyens de proposer des corrections via le site Web du projet. Comparez sur la figure 20 les différents icônes correspondant aux points d'arrêt officiels (cercle rouge) et non officiels (triangle jaune) et à leur présentation sur le site Web.

Figure 20: Vue des stops de Bussi à Managua

Il est intéressant de noter que dans un autre cas de cartographie à Maputo, les responsables de la ville ont amélioré et officialisé certains des arrêts de bus et une société appelée Ubi a développé un écran de transit à titre expérimental (Klopp et Cavoli, 2019).



Figure 21: Ecran de transit à Maputo Source: Joaquin Romero.

2.6. Collaboration entre les projets pilotes et au-delà

Projects: DigitalMatatus, MapaNica.net, Accramobile.

Les trois projets révèlent le potentiel considérable de la collaboration entre villes. Une telle collaboration est la pierre angulaire d'une communauté de pratiques mondiale en pleine croissance autour de la création et du partage de données ouvertes dans les villes où les données sont rares, voire inexistantes.

Il convient de mentionner quelques moyens spécifiques par lesquels ces efforts enrichissent et diffusent des idées et des outils pour le transit.

Collaboration entre les projets:

1. Conception de carte schématique: La conception de carte papier schématique issue du DigitalMatatus a créé l'une des premières visualisations de systèmes de transport artisanal. Cette réalisation a inspiré des projets à Managua et à Accra visant à concevoir des cartes schématiques similaires, adaptées à la réalité et aux exigences locales. Plus tard, ces efforts s'étendraient notamment au Moyen-Orient (notamment au Caire et à Amman).
2. Développement de logiciels libres et Open Source : Les projets MapaNia.net et Accramobile ont collaboré sur différents logiciels Open Source publics. Le projet à Accra a choisi l'application *Bussi* développée par MapaNica.net. Les équipes ont collaboré pour la conversion d'OpenStreetMap au format GTFS (osm2gtfs), ouvrant ainsi la voie à une intégration des données dans l'application Transportr via le *facilitateur de transports publics*.
3. Communautés de pratique continentales : Deux grands groupes ont émergé d'initiatives différentes visant à promouvoir le transport numérique en Afrique (DigitalTransport4Africa) et l'autre autour du transport numérique en Amérique latine (DATUM), qui s'appuient sur de vastes réseaux de collaboration pour intensifier ce travail.

3. Conclusions : Créer un espace commun numérique pour des transports urbains inclusifs

L'accumulation de travaux de recherches et le nombre croissant de projets de cartographie, y compris ceux présentés ici, montrent qu'il est possible de créer des données de transport sous un format standardisé pour toutes les villes du monde et, en les rendant ouvertes, de générer de la valeur et des bénéfices au service des citoyens. Il reste à étudier de manière plus approfondie comment maximiser ces impacts et dans quelles mesures ces données peuvent aider à améliorer le suivi et l'évaluation.

De nombreux acteurs apprennent et commencent à travailler sur les données de transit à travers le monde, construisant de nouvelles communautés de pratiques autour d'une approche numérique commune des données et de leur utilisation pour la mobilité. La circulation des idées permet aux meilleures pratiques d'émerger. Ces efforts restent cependant encore trop sporadiques et épisodiques, en raison de connaissances limitées sur l'utilisation des méthodologies et des outils numériques et mobiles. Malgré l'augmentation du soutien et du financement en faveur de transports en commun urbains durables, un soutien technique et financier est nécessaire pour ces travaux. Ce soutien est essentiel pour institutionnaliser la création, le traitement, la publication et la mise à jour des données, en tant qu'éléments fondamentaux du renforcement des capacités en matière de gestion et de planification des transports dans les villes du monde. La question de la pérennité du financement pour conserver et actualiser les données reste sans réponse, pouvant être abordée de différentes manières et avec des approches institutionnelles différentes selon les villes. La valeur générée par ce travail sur les données dans le secteur des transports est mal comprise, une lacune que ce document vise à combler.

Cet aperçu montre également que, à mesure que les efforts visant à combler le déficit de données progressent, il est nécessaire d'élaborer des principes et des directives concernant la création de données sur les transports. De nouvelles configurations institutionnelles doivent être développées pour aider les villes à mieux comprendre, s'adapter et tirer pleinement parti de cette transformation numérique afin d'offrir de meilleurs transports en commun. Un moyen d'améliorer les capacités, de promouvoir l'apprentissage entre villes et d'intensifier les efforts de création de données consiste à promouvoir des réseaux de données ouverts collaboratifs permettant de partager largement des données, les outils de formation et les outils Open Source.

C'est également essentiel pour pérenniser les mises à jour des données en créant une communauté locale qualifiée d'utilisateurs et de créateurs - un écosystème local plus vaste.

En conclusion, les villes en croissance rapide ont l'opportunité de tirer parti de la technologie pour mettre en place une infrastructure de données essentielle pour diverses formes de transports publics. Elles peuvent utiliser ces données pour mieux visualiser et encourager la multimodalité, ainsi que pour reconfigurer les réseaux et les services afin d'améliorer l'accessibilité. Ce faisant, elles jettent les bases d'une future plate-forme de mobilité. Les nouvelles technologies et les nouveaux outils de collecte et diffusion des données peuvent être appliqués de nombreuses manières créatives pour permettre aux citoyens, aux opérateurs de transport et au gouvernement de voir leur système dans son ensemble, d'en débattre sous un nouveau jour, de réinventer les interventions et les projets politiques et de nous rapprocher de objectifs locaux et globaux.

4. Recommandations

1. Intégrer une « approche numérique commune » à la création normalisée de données de transport ouvert dans tout le soutien aux infrastructures de transport et dans l'assistance technique, conformément aux meilleures pratiques et principes mondiaux.
2. Soutenir le renforcement des capacités de données locales dans les villes et les écosystèmes locaux, en encourageant la connexion entre les villes, les universités et leurs secteurs technologiques afin de développer des systèmes d'information sur les passagers, de planifier et de surveiller les données pour l'ODD 11.2 et d'institutionnaliser les processus de mise à jour.
3. Aider à construire la souveraineté des données et les pôles d'innovation locaux dans les villes grâce à l'approche des communs numériques, par opposition à la dépendance à l'égard de consultants et d'entreprises - souvent étrangères - pour les besoins en données. Cela contribuera à stimuler la recherche et les connaissances locales qui, à leur tour, aideront les villes à être les agents de leur propre infrastructure numérique. Les retombées positives des communautés d'innovation plus diverses se déplaceront ensuite dans les villes dans les directions Sud-Sud, Nord-Sud et Sud-Nord.

4. Utiliser et investir dans les outils Open Source en tant que bien public et tirer parti du transfert de connaissances, des communautés de pratiques et d'une approche durable dans chaque ville dans l'esprit des ODD 17.6 et 17.7.
5. Soutenir les efforts inclusifs visant à construire GTFS-flex de manière à intégrer les défis des villes avec des niveaux élevés de mobilité à la demande et flexible, comme le transport adapté.
6. Soutenir l'élaboration de lois sur la protection de la vie privée et la discussion publique sur l'éthique de la collecte de données dans toutes les villes.
7. Construire des plates-formes en ligne ouvertes et collaboratives et organiser des réunions pour incuber et promouvoir une communauté de « communs numériques » afin d'intensifier les efforts de création et de partage de données standardisées ouvertes.

Tous ces efforts permettront de réduire les coûts et d'accroître l'efficacité de la collecte de données, y compris pour le suivi des objectifs de développement durable, et contribueront également à renforcer la transparence dans la réalisation des objectifs communs. Ces interventions aideront à constituer des données en tant qu'infrastructure fondamentale pour la gestion et la navigation dans des systèmes de transport multimodaux complexes et intégrés, ainsi que pour des « solutions de planification de transport proactives basées sur des données » (NACTO 2017). Enfin, la création de nouvelles capacités de données et d'un réseau de défenseurs des transports publics axés sur les données à travers le monde aidera de nombreuses villes à prendre conscience de la possibilité réelle de passer plus rapidement à un avenir plus sûr, plus propre, plus productif et axé sur les transports en commun et de lutter contre le changement climatique et, ce faisant, aider notre planète.

Références

Abisla, Ricky. 2019. "Open Transit Data in India" Paper written for the New America India US Public Interest Technology Fellowship.

American Public Transport Association. 2015. "Public Transportation Embracing Open Data" Accessed August 28 2018:

<https://www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/APTA-Embracing-Open-Data.pdf>

Avner, Paolo; Lall, Somik. 2016. Matchmaking in Nairobi: The Role of Land Use. Policy Research Working Paper;No. 7904. World Bank. Washington, DC.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25803> License: CC BY 3.0 IGO.

Barcelo, Jaume, Masao Kuwahara and Marc Miska. 2010. "Traffic Data Collection and Its Standardization" in J. Barcelos and M. Kuwahara (eds.) Traffic Data Collection and Its Standardization International Series in Operations Research and Management Science 144.

Behrens, R. D. McCormick and D. Mfinanga. 2016. *Paratransit in African Cities*. New York. Routledge.

Campbell Kayleigh, James Rising, Jacqueline Klopp and Jacinta Mwikali. 2019. "Accessibility across modes and residential type in Nairobi" *Journal of Transport Geography*. Volume 74. January 2019: 77-90.

Cerrillo-I-Martinez, A. 2012. Fundamental interests and open data for re-use. *International Journal of Law and Information Technology*, 20:3, 203-222.

Colpaert, Pieter et al. 2017. Open transport data for maximising reuse in multimodal route planners: a study in Flanders IET Intelligent Transport Systems(2017), 11 (7): 397.

Colpaert, P. & Rojas Meléndez, J.A. 2019. Open data and transportation. In T. Davies, S. Walker, M. Rubinstein, & F. Perini (Eds.), *The state of open data: Histories and horizons* (pp. 215–224). Cape Town and Ottawa: African Minds and International Development Research Centre. <http://stateofopendata.od4d.ne>

Dobush, Grace (2016). "Nicaraguans are using crowdsourcing technology to prove that a good map can change your life". *Quartz Ideas*. <https://qz.com/742755/nicaraguans-are-using-crowdsourcing-technology-to-prove-that-a-good-map-can-change-your-life/> (retrieved 24.03.2019)

Dubé, L.; Bourhis, A.; Jacob, R. (2005). "The impact of structuring characteristics on the launching of virtual communities of practice". *Journal of Organizational Change Management*. 18 (2): 145–166.

8 Principles of Open Data. 2007. https://public.resource.org/8_principles.html Accessed 06/06/16.

Eros, E., Mehndiratta, S., Zegras, C., Webb, K., Ochoa, M. C. 2014. Applying the general transit feed specification (GTFS) to the global south: Experiences in Mexico City and beyond. *Transportation Research Record*.

Ferris, B., Watkins, K., Borning, A. 2010. OneBusAway: results from providing real-time arrival information for public transit. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1–10.

Francisco S. 2016. "Communities of Practice: Using systems thinking to co-create a better world", *Pilot Projects Design Collective LLC*

Garaldi Borges, L. Oranges Cezarino, T. Capellaro Ferreira, O. Travençolo Muniz Sala, D. Lehr Unglaub, A. C. Ferreira. 2017. "Student organizations and Communities of Practice: Actions for the 2030 Agenda for Sustainable Development". *J. Elsevier. The international journal of management education*, ISSN 1472-8117, Vol. 15, No. 2, 2017

Goldsmith, Stephen. 2013. "Open Data's Road to Better Transit" *Government Technology* Accessed at: <http://www.govtech.com/transportation/Open-Datas-Road-to-Better-Transit.html> (retrieved 24.03.2019).

Hern A. 2018. "Citymapper launches bus-taxi hybrid Smart Ride in London" *The Guardian*. Accessed at <https://www.theguardian.com/technology/2018/feb/21/citymapper-launches-bus-taxi-hybrid-smart-ride-london-transit-app> (retrieved 24. 03.2019).

Hogge, B. 2016. "Open Data's Impact: Transport for London: Get Set, Go!" ODI Impact Study. Accessed at <http://odimply.org/files/case-studies-transport-for-london.pdf> (retrieved 24.03.2019).

ITF. 2018. "Technology and Public Transport" Accessed August 29 2018
<https://www.itfcongress2018.org/en/your-congress-your-voice/technology-in-public-transport/#.W4hiGEeyC04.twitter>

Jennings G. and Behrens R. 2017. *The case for investing in paratransit strategies and regulation and reform*. Volvo Research and Education Foundations. May 2017.

Kitchin, R. 2014. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and their Consequences*. London: Sage.

Klopp JM, Williams S. Waiganjo P, Orwa D and White A. 2015. "Leveraging Cellphones for Wayfinding and Journey Planning in Semi-formal Bus Systems: Lessons from Digital Matatus in Nairobi" in *Planning Support Systems and Smart Cities*," (Springer) in conjunction with the conference Computers in Urban Planning and Urban Management April 2015 MIT.

Klopp, J M and Petretta D. 2017. "The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities" *Cities* 63: 92–97.

Klopp J M. and Cavoli C. 2018. "The Paratransit Puzzle: Master Planning for Transportation in Maputo and Nairobi" in *(Im)mobilities in the city – creating knowledge for planning cities in the Global South and postcolonial cities* edited by Tanu Priya Uteng and Karen Lucas Routledge.

Klopp J M and Cavoli C. 2019. "Mapping Mass Mini-Bus Transit in Maputo and Nairobi: Engaging 'Paratransit' in Transportation Planning for African Cities" *Transport Reviews*
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2019.1598513>

Krambeck, H. 2015. Presentation on "The general transit feed specification (gtfs) and implications for international development" World Bank and WRI -Transforming Transportation 2015. Accessed at May 2019 at:
<https://www.slideshare.net/EMBARQNetwork/the-general-transit-feed-specification-gtfs-and-implications-for-international-development-holly-krambeck-world-bank-transforming-transportation-2015>

Lee-Gosselin, M. and Buliung R. 2012. "The role of ICTs in the transformation of the experience of travel" *Transportation* 39:873-876.

McHugh, B. 2013. "Pioneering Open Data Standards: The GTFS Story" in *Beyond Transparency: Open Data and the Future of Civic Innovation*. Edited by Brett Goldstein and Lauren Dyson. San Francisco: Code for America Press.

Mitric, S. 2013. "Urban transport lending by the World Bank: the last decade" *Research in Transportation Economics* 40: 19-33
Neumann, A. 2014. A paratransit-inspired evolutionary process for public transit network design. PhD Thesis. Technical University, Berlin.

National Association of City Transport Officials (NACTO). 2017. City Data Sharing Principles: Integrating New Technologies into City Streets. Accessed August 29 2018 at <https://nacto.org/wp-content/uploads/2017/01/NACTO-Policy-Data-Sharing-Principles.pdf>

Neuman, A., Roder, D, Roder and Joubert J.W. 2015. "Toward a simulation of minibuses in South Africa" *Journal of Transport and Land Use*. 8 (1): 137-154.

Neumann, A & Joubert, J W. 2016. The "Minibus" Contribution. In: Horni, A, Nagel, K and Axhausen, K W. (eds.) *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*, Pp. 111–114. London: Ubiquity Press. DOI: [http:// dx.doi.org/10.5334/baw.17](http://dx.doi.org/10.5334/baw.17). License: CC-BY 4.0.

Nyabola, N. 2018. *Digital Democracy, Analogue Politics*. London: Zed Press.

O'Brian O. 2017 "Smart Mobility and Open Data: A Global and Personal Perspective" Accessed 28 August 2018 at <https://www.itdp.org/2017/11/20/smart-mobility-open-data/> (retrieved 24.03.2019).

Open Data Institute. 2018. Definition of Open Data. Open Data Handbook. Accessed May 2019 at <http://opendatahandbook.org/guide/en/what-is-open-data/>

Open Data Watch. 2018. "The Data Value Chain: Moving from Production to Impact". Open Data Watch website. Accessed at https://opendatawatch.com/wp-content/uploads/2018/03/Data_Value_Chain-WR-1803126.pdf (retrieved 24.03.2019).

Pessoa, L., Reed, L. Tzegaegbe, J., Wong J. & Yan, B. 2011. Enabling Transit Solutions: A Case for Open Data. *Georgia Institute of Technology*, Fall.

Principles for Digital Development. 2015. Website <https://digitalprinciples.org> (retrieved 5.3.2019)

Probst, G., Stefano Borzillo, S. 2008. "Why communities of practice succeed and why they fail". *European Management Journal (2008) 26*: 335-347. Elsevier.

Reynolds M., Blackmore C., Ison R., Shah R., and Wedlock E. 2018. "The Role of Systems Thinking in the Practice of Implementing Sustainable Development Goals" *Handbook of Sustainability Science and Research, World Sustainability Series. Springer International.*

Rojas FM. 2012. "Transit Transparency: Effective Disclosure through Open Data" Transparency Policy Project, Ash Center for Democratic Governance and Innovation. Taubman Center for State and Local Government, Harvard Kennedy School Cambridge Mass. Accessed August 2018 at <http://reconnectingamerica.org/assets/Uploads/20120828FINALUTCTransitTransparency8-28-2012.pdf>

Roth. 2010. How google and Portland's TriMet set the standard for open transit data. Streetsblog. <http://sf.streetsblog.org/2010/01/05/how-google-and-portlands-trimet-set-the-standard-foropen-transit-data/>.

Saddier, S., Z. Patterson, A. Johnson and M. Chan. 2016 "Mapping the jitney network with 14 smartphones in Accra, Ghana: The Accramobile experiment" *Transportation Research Record: 15 Journal of the Transportation Research Board*, (2581) 113–122.

Saddier, S, Z. Patterson, A. Johnson and N. Wiseman. 2017. Fickle or Flexible? Assessing Paratransit Reliability with 2 Smartphones in Accra, Ghana. Paper presented at the Transportation Research Board 94rd Annual Meeting.

Saddier, S and A. Johnson. 2018. "Understanding the Operational Characteristics of Paratransit Services in Accra, Ghana, A Case Study" . Paper presented at the Transportation Research Board 95rd Annual Meeting.

Scassa, T. 2014. Public Transit Data Through an Intellectual Property Lens: Lessons About Open Data. *Fordham Urban Law Journal* 41, 1759-1810.

Scassa, T., & Diebel, A. 2016. "Open or Closed ? Open Licensing of Real-time Public Sector Transit Data" *Journal of Democracy* 8(2): 1-20.

Schweiger, Carol. Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. 2015. *Open Data: Challenges and Opportunities for Transit Agencies* Washington DC: National Academies Press.

Senge, P. M. 1990. "The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization." *Doubleday/Currency, Print*, New York.

Shaheen S, E. Martin, A. Cohen, Apoorva Musunuri and Abhinav Bhattacharyya 2016. "Mobile Apps and Transportation: A Review of Smartphone Apps and a Study of User Response to Multimodal Traveler Information" Report for California Department of Transport Accessed at <https://escholarship.org/uc/item/6m332192>

SLoCaT. 2016. "Sustainable Development Goals & Transport". Partnership on Sustainable Low Carbon Transport. SLoCaT website: <http://www.slocat.net/sdgs-transport> (Accessed 30.04.2019).

Stokes, A. 2019. Governance and Transportation in Nairobi, Kenya: Understanding How Policy, Planning, and Levels of Governance Alter Mobility through a Multi-Modal Network Analysis Unpublished Thesis, Faculty of Architecture and Planning, Columbia University.

Sustainable Mobility for All. 2017. Global Mobility Report 2017: Tracking Sector Performance. Washington DC.

Townsend, A. (2013). Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a New Utopia. New York: W.W Norton. Townsend, A. (2014). Re-programming mobility: The digital transformation of transportation in the United States. <http://reprogrammingmobility.org/wp-content/uploads/2014/09/ReProgramming-Mobility-Report.pdf> . Accessed March 4, 2015.

Transit Center. 2018. The Data Transit Riders Want. New York: Transit Center. Accessed at http://transitcenter.org/publications/transit_data/

Transportation Research Board. 2003a. TCRP Report 92: Strategies for Improved Traveler Information, Vol. 1., Washington, DC.

United Nations. 2014. World urbanization prospects: The 2014 revision. Department of Economic and Social Affairs. Population Division Accessed at <http://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html>

United Nations Statistical Commission. 2019. Accessed May 2019 at <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/>

Urama K., Ozor N. and Acheampong E. 2014. "Achieving Sustainable Development Goals (SDGs) Through Transformative Governance Practices and Vertical Alignment at the National and Subnational Levels in Africa" African Technology Policy Studies Network (ATPS). Regional Practice Paper 2014.

Valentino-DeVries J., Singer N, Keller M. and Krolik A. 2018. "Your Apps Know Where You Were Last Night, and They're Not Keeping It Secret" New York Times. 10 December 2018. Accessed May 2019 at <https://www.nytimes.com/interactive/2018/12/10/business/location-data-privacy-apps.html>

Van Wee. Bert, Karst Geurs and Caspar Chorus. 2013. "Information, communication, travel behavior and accessibility" *The Journal of Transport and Land-use*. 6 (3): 1-16.

Walker, J. 2014. "The Evolution of Logic in the Developing World" Accessed at <https://humantransit.org/2014/02/the-evolution-of-logic-in-developing-world-transit.html>

Wenger E. 1998. "Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity". *Cambridge University Press*

Wenger, E.; McDermott, R.; Snyder, W. M. (2002). "Cultivating Communities of Practice". *Harvard Business Press*; 1 edition. ISBN 978-1-57851-330-7.

Wenger-Trayner, Etienne and Beverly. 2015. "Introduction to communities of practice". Wenger and Trayner website. Accessed at: <https://wenger-trayner.com/introduction-to-communities-of-practice/> (retrieved 24.30.2019)

Wilkinson, P. 2010. "The regulatory cycle stalled? An assessment of current institutional obstacles to regulatory reform in the provision of road-based public transport in Cape Town, Africa" *Research in Transportation Economics* 29: 387-394.

Williams S., Waiganjo P., White A. Orwa D. and Klopp JM. 2015. The Digital Matatu Project: Using Cellphones to Create Open Source Data for Nairobi's Semi-formal Bus System" *Journal for Transport Geography* 49: 39-51.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692315001878>

Williams S, Marcello E., and Klopp J. 2014. "Open Source Nairobi: Creating a GIS Database for the City of Nairobi to Provide Equal Access to Information" *Annals of the Association of American Geographers* 104:1, 114-130.

Wong, J. 2013. "Leveraging the General Transit Feed Specification for Efficient Transit Analysis" *Transportation Research Record* Vol 2338, Issue 1, pp. 11 – 19.

World Bank Open Transport Team. "An Overview of Open Transport in East and Southeast Asia" Accessed

World Bank. 2016. *Kenya Urbanization Review*. World Bank, Washington, DC.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23753> License: CC BY 3.0 IGO.