

CIRRELT-2022-04

Les carrefours intelligents de mobilité : État des connaissances scientifiques et études de cas

Martin Trépanier Catherine Morency Virginie Francoeur **Brigitte Milord** Patricia Levesque

Janvier 2022

Bureau de Montréal

Université de Montréal C.P. 6 128, succ. Centre-Ville Montréal (Québec) H3C3J7 Tél: 1-514-343-7575 Télécopie: 1-514-343-7121

Bureau de Québec

Université Laval, 2325, rue de la Terrasse Pavillon Palasis-Prince, local 2415 Québec (Québec) G1V 0 A 6 Tél: 1-418-656-2073 Télécopie: 1-418-656-2624



















Les carrefours intelligents de mobilité : État des connaissances scientifiques et études de cas

Martin Trépanier^{1,2,*}, Catherine Morency^{1,3,4}, Virginie Francoeur², Brigitte Milord⁴, Patricia Levesque²

- ¹ Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport
- ² Département de mathématique et de génie industriel, Polytechnique Montréal
- ³ Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal
- ⁴ Chaire Mobilité et Chaire de recherche du Canada sur la Mobilité des personnes, Polytechnique Montréal

Résumé

Contexte Le secteur des transports a connu des transformations sans précédent au cours des deux dernières décennies. Ces changements ont été motivés par une prise de conscience quant aux impacts négatifs de la motorisation individuelle ainsi que d'une adhésion progressive de la population aux principes du développement durable et de l'économie du partage. La définition même de la mobilité a grandement évolué et, avec elle, la multiplication des concepts, tels que : les cocktails de mobilité, l'intermodalité, la multimodalité, la mobilité partagée, le transport à la demande ou encore la mobilité-commeservice (mobility-as-a-Service). L'existence de carrefours intelligents de mobilité (smart hubs), permettant de connecter physiquement et/ou technologiquement les différents services de transport en un même endroit, semble constituer une des conditions structurantes à l'opérationnalisation de ces nouveaux concepts.

Objectifs Cette étude cherche à définir le concept de carrefour intelligent de mobilité, présenter les critères et les méthodes de classification, les objectifs attribués à ces carrefours, les indicateurs de performance ainsi que les conditions gagnantes d'implantation.

Méthodologie Ce rapport de recherche est basé sur une revue exploratoire (scoping review) de la littérature scientifique. Des chaînes de mots-clés optimisés ont notamment été développées et ont permis de recueillir 2715 documents potentiels, dont 89 ont été retenus dans le cadre de cette revue. En outre, trois études de cas ont été réalisées.

Résultats Bien que les carrefours de mobilité soient perçus comme des éléments d'opérationnalisation structurant de la multimodalité, ils demeurent mal définis et peu étudiés. Les définitions, les critères de classification ainsi que des conditions gagnantes d'implantation varient grandement d'un auteur à l'autre. Les critères utilisés pour les décrire sont par ailleurs souvent qualitatifs, ce qui rend parfois les analyses subjectives. À partir de la littérature scientifique, il semble qu'un carrefour intelligent de mobilité puisse être défini de la manière suivante: lieu physique ou virtuel, connectant au moins deux modes de transports collectifs, partagés ou actifs, dont la conception (ex. gouvernance, accessibilité physique, temps de correspondance, information disponible aux usagers, moyens de paiement, aménagement urbain, architecture, commerces et services environnants) est planifiée de manière à améliorer l'efficacité, la sécurité et l'agréabilité des déplacements pour les usagers et, plus généralement, favoriser l'atteinte des objectifs de la collectivité, notamment en matière de mobilité durable et d'accessibilité universelle.

En ce qui concerne les infrastructures physiques (ex. station, gare, terminus), les conditions gagnantes d'implantation peuvent être regroupées en quelques grandes catégories: un accès facile et sécuritaire; des services offerts à l'intérieur et à l'extérieur de qualité; la propreté et la beauté des lieux; la cohérence et la clarté de l'information transmise aux utilisateurs; la coordination, la diversité et la portée des services de transport; la coopération des acteurs à l'échelle du territoire; la définition d'objectifs, de cibles et d'indicateurs de performance. Les applications mobiles peuvent être définies comme des carrefours virtuels de mobilité puisqu'elles permettent aux utilisateurs de connecter efficacement différentes alternatives de transport comme le ferait une infrastructure physique. La couverture des applications mobiles relativement à l'offre de modes de transport semble être liée à la gouvernance. Plus le nombre d'acteurs est élevé sur un territoire, moins l'intégration des services est complète. Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on retrouve une mixité d'acteurs publics et privés. Il en va de même pour l'intégration tarifaire. La multiplication d'opérateurs serait donc un frein l'intégration des services.

Les études de cas révèlent que les carrefours de mobilité font peu l'objet d'objectifs et de stratégie d'intermodalité, bien qu'ils fassent souvent partie de vaste plan de revitalisation urbaine ou de politique de mobilité durable. Nous n'avons par ailleurs répertorié aucun indicateur de performance utilisé en pratique, bien qu'il existe une certaine littérature théorique sur le sujet. Nous n'avons trouvé aucune mention concernant des synergies entre les carrefours virtuels et les carrefours physiques.

Répercussions Les études de cas présentées dans le cadre de cette synthèse de connaissances comportent des pistes d'amélioration et de réflexion intéressante pour les villes, les gouvernements, les opérateurs et plus généralement les gestionnaires de carrefours qui souhaitent moderniser leurs infrastructures, entreprendre un projet de revitalisation urbaine ou ajouter une nouvelle dimension à leur politique de mobilité durable. Les gestionnaires de carrefours devraient chercher à développer des jeux de données pour permettre aux chercheurs de développer davantage de connaissance ainsi que des applications et des indicateurs de performance qui profiteront aux utilisateurs.

Mots-clés: Transport collectif, stations, carrefours intelligents, mobilité urbaine, applications de téléphone intelligent.

Remerciements. Cette synthèse de connaissances est cofinancée par le Conseil de recherches en sciences humaines et Infrastructure Canada.

Results and views expressed in this publication are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of CIRRELT.

Les résultats et opinions contenus dans cette publication ne reflètent pas nécessairement la position du CIRRELT et n'engagent pas sa responsabilité.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec Bibliothèque et Archives Canada, 2022

^{*} Auteur correspondant: mtrepanier@polymtl.ca

TABLE DES MATIÈRES

1	Intro	duction	4
	1.1	Contexte	4
	1.2	Objectif principal et éléments de recherche	4
2	Méth	odologie	5
	2.1	Stratégie de recherche pour la revue de la littérature	5
	2.1.1	Planification stratégique	5
	2.1.2	Collecte de données	6
	2.1.3	Analyse des métadonnées	7
3	Résu	ıltats	8
	3.1	Synthèse des connaissances	8
	3.1.1	Définition du concept de carrefour intelligent de mobilité	8
	3.1.2	Typologies et autres méthodes de classification	11
	3.1.3	Objectifs et impacts documentés des carrefours de mobilité	13
	3.1.4	Indicateurs de performance	14
	3.1.5	Conditions gagnantes d'implantation	15
	3.1.6	Carrefours virtuels	18
	3.2	Études de cas	20
	3.2.1	Stratégie de sélection des études de cas	20
	3.2.2	Petits carrefours, Gare de Bourg-en-Bresse (Bourg-en-Bresse, France)	21
	3.2.3	Carrefours de taille moyenne, Moncloa (Madrid, Espagne)	24
	3.2.4	Grands carrefours, King's Cross & St Pancras Station (Londres, Angleterre)	
	3.2.5	Synthèse des résultats tirés des études de cas	32
4	Cond	clusion	
	4.1	Résultats de la littérature scientifiques	
	4.2	Résultats des études de cas	34
	4.3	Lacunes dans les connaissances et les pratiques	35
	4.4	Répercussions	36
	4.5	Activités de mobilisation des connaissances	36
5	Réfé	rences	37
6	Anne	exe A : Définitions	40
7	Anne	exe B : Carrefours considérés à des fins d'études de cas	44

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Schématisation de la stratégie de recherche pour la revue exploratoire de la littérature
Figure 2-2 : Mots-clés les plus fréquemment retrouvés dans le titre des documents retenus 7 Figure 3-1 : Typologie des applications mobiles
LISTE DES TABLEAUX
Tableau 2-1: Critères d'inclusion de la littérature
Tableau 3-4: Synthèses des éléments mentionnés à titre de meilleures pratiques

ACRONYMES

BSAG Bremer Straßenbahn AG

CIM Carrefour intelligent de mobilité

CRTL Channel Tunnel Rail Link

CRTM Consorcio Regional de Transportes de Madrid
EMT Empresa Municipal de Transportes de Madrid

HS1 High Speed 1

LM Compagnie de chemin de fer de Lyon à la Méditerranée

MaaS Mobility-as-a-Service

MARC Maryland Area Regional Commuter

MTS Metro Trains Sydney Pty Ltd

NODES New tOols for Design and OpEration of Urban Transport InterchangeS

PLM Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon à la Méditerranée

SNCF Société nationale des chemins de fer français

TAHE Transport Asset Holding Entity of New South Wales

TER Transport express regional

TfL Transport of London
TfNSW Transport for NSW

TIC Technologies de l'information et des communications
TRID Transportation Research International Documentation

VRE Virginia Railway Express

1 Introduction

1.1 Contexte

Le secteur des transports a connu des transformations sans précédent au cours des deux dernières décennies. Ces changements ont été motivés par une prise de conscience quant aux impacts négatifs de la motorisation individuelle ainsi que d'une adhésion progressive de la population aux principes du développement durable et de l'économie du partage. La définition même de la mobilité a grandement évolué et, avec elle, la multiplication des concepts, tels que : les cocktails de mobilité, l'intermodalité, la multimodalité, la mobilité partagée, le transport à la demande ou encore la mobilité-comme-service (*Mobility-as-a-Service*). Ces concepts ont tous en commun cette idée de diversifier et d'intégrer différents modes et solutions de transport afin de rendre plus flexibles et plus concurrentielles les alternatives à l'automobile privée et solo.

L'existence de carrefours intelligents de mobilité (CIM) (*smart hubs*), permettant de connecter physiquement et/ou technologiquement les différents services de transport en un même endroit, semble constituer une des conditions structurantes à l'opérationnalisation de ces nouveaux concepts.

1.2 Objectif principal et éléments de recherche

L'objectif principal de cette revue est d'effectuer une synthèse sur les connaissances scientifiques et les pratiques entourant les carrefours intelligents de mobilité. Pour ce faire, le rapport est divisé en deux parties. La première propose une revue de la littérature scientifique et de la littérature grise. La seconde partie fait état de différentes études de cas.

Cette revue vise à répondre aux éléments de recherche suivants :

- Définir le concept de CIM (section 3.1.1).
- Présenter les typologies et autres formes de classification des CIM (section 3.1.2).
- Présenter les objectifs et les impacts documentés des CIM (section 3.1.3).
- Présenter les indicateurs de performance (section 3.1.4)
- Présenter les conditions gagnantes d'implantation pour favoriser l'atteinte de ces objectifs (section 3.1.5)

2 Méthodologie

Cette section présente la stratégie de recherche pour la revue de la littérature scientifique et de la littérature grise ainsi que la stratégie de sélection des études de cas.

2.1 Stratégie de recherche pour la revue de la littérature

Cette synthèse de connaissances sur les carrefours intelligents de mobilité repose sur une revue exploratoire (*scoping review*) de la littérature scientifique ainsi que de la littérature grise. Bien qu'elle soit moins exhaustive qu'une revue systématique, une revue exploratoire permet de répertorier efficacement les différentes composantes d'un objet de recherche dont les limites conceptuelles sont mal définies (Arksey & O'Malley, 2005). La revue exploratoire a fait ses preuves dans ce domaine d'étude et a l'avantage d'intégrer la littérature grise et de répondre à des questions plus larges que la revue systématique (Yuriev et al. 2020). Tel qu'illustré à la Figure 2-1, un protocole de recherche rigoureux a néanmoins été mis en place afin d'assurer un niveau élevé de couverture de la littérature.

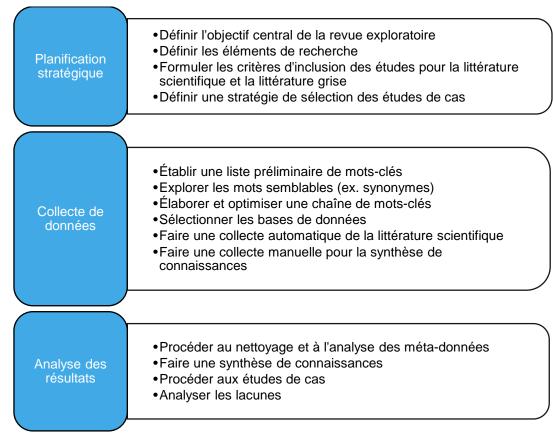


Figure 2-1 : Schématisation de la stratégie de recherche pour la revue exploratoire de la littérature

2.1.1 Planification stratégique

L'objectif principal et les éléments de recherche sont présentés à la **section 1.2**. Le **Tableau 2-1** présente les critères d'inclusion et d'exclusion des études. Il a été choisi de ne pas imposer de restriction sur l'année de publication. Les résultats empiriques théoriques et conceptuels sont intégrés à la recension. Les types de publication

recherchés incluent donc les résultats d'une variété d'articles et d'études en fonction de critères de qualité rigoureux (voir les précisions dans le tableau).

Tableau 2-1: Critères d'inclusion de la littérature

Littérature	Scientifique	Grise					
Horizon temporel	Ensemble de la littérature						
Types de recherche	Empirique	Empirique, théorique et conceptuelle					
Type de publication	Articles de revues scientifiques, mémoire, thèses universitaires ou rapports de recherche	Études d'opportunité, études de cas, études de parangonnage, rapports de projets pilotes, rapports d'expertise					
Critère de qualité	Révision par les pairs	Nature de l'organisation ayant réalisé l'analyse ou l'ayant financée : (1) universités; (2) organisations internationales; (3) organisations publiques ou parapubliques; (4) firmes de consultation					
Langue de publication	Anglais et français						

2.1.2 Collecte de données

À partir des trois composantes de recherche, « carrefours », « intelligents » et « mobilité », une liste de mots-clés a été établie sur la base de l'expertise de l'équipe de recherche. Ensuite, le logiciel Antidote a été utilisé pour établir les synonymes. Le même exercice a été réalisé en français et en anglais. La grille de mots-clés finale est présentée au **Tableau 2-2**.

Tableau 2-2: Liste préliminaire de mots-clés

	Anglais	Français
Carrefours	Station, terminal, hubs, halt, centre (center), stop.	Station, gare, terminal, halte, carrefours, centre, arrêt.
Intelligents	Website, app, trip planning, mobility-as-a- service, platform, "smart hub", technology (ICT), virtual, digital, seamless, integration.	Intelligents, application, site internet, planificateur de déplacements, mobilité comme service, plateforme, technologie (TIC), virtuel, intégration.
Mobilité	Transit, transport, mobility, travel, passenger, traffic, journey, modes, Intermodal, multimodal, comodal, transfer, interchange, exchange, nodes, connection/connectivity, network,shared.	Transport, mobilité, voyage, passager, modes, intermodal, multimodal, comodal, transfert, échangeur, correspondance, connexion, réseau.

Les services-conseils de la bibliothèque de Polytechnique Montréal¹ ont été consultés afin d'établir et d'optimiser une chaîne de mots-clés à partir des résultats de la base de données *Compendex*. Cette étape consiste en l'ajout d'opérateurs (AND, OR) et de troncatures (*) et dans la sélection des mots-clés par ajouts ou retraits successifs. Il a été

¹ À cet égard, nous tenons à adresser nos remerciements à Christine Brodeur et Élise Anne Basque pour leur temps et leur expertise.

choisi de réaliser deux chaînes de mots-clés, l'une pour les carrefours physiques (ex. : gares) et l'autre pour les carrefours virtuels (ex. : application mobile), tel que présenté au **Tableau 2-3**. Sous les conseils de la bibliothèque, la chaîne de mots-clés a été adaptée pour les bases de données *Transportation Research International Documentation* (TRID) et *Web of Science*.

Tableau 2-3: Chaînes de mots-clés et résultats produits

Carrefours	Physiques	Virtuels
Chaîne optimisée	((((hub or hubs) OR (station or stations) OR (terminal OR terminals))wn KY AND (intermodal* OR (multimodal* OR multi-modal*) OR (exchange OR exchanges) OR (transfer OR transfers))wn KY AND (mobility OR transit OR travel OR (passengers OR passenger) OR (commuter OR commuters))wn KY AND (smart OR shared OR integrated OR collective OR regional)wn KY))	(((app OR mobility-as-a-service OR digital) wn KY AND (intermodal* OR (multimodal* OR multi- modal*) OR (exchange OR exchanges) OR (transfer OR transfers))wn KY AND (mobility OR transit OR travel OR (passengers OR passenger) OR (commuter OR commuters))wn KY AND (smart OR shared OR integrated OR collective OR regional)wn KY))

2.1.3 Analyse des métadonnées

Les chaînes de mots-clés ont été recherchées uniquement dans le titre, le résumé et les mots-clés des publications. Au total, 955 documents ont été tirés de la base de données *Compendex et 1071* documents de *Web of Science* et 689 documents de la base de données TRID. La base de données à cette étape contient 2 715 documents potentiels. Les doublons, les documents ne répondant pas aux objectifs de recherche évalués sur la base des résumés (*abstract*) ainsi que les articles qui n'étaient pas disponibles par l'entremise des services de la bibliothèque de Polytechnique Montréal, ont été retirés. La base de données finale compte 89 documents issus de la collecte automatique de la littérature scientifique qui ont été retenus. 92 % ont été publiés dans les 10 dernières années et près de la moitié dans les trois dernières années. Par ailleurs, 69 % sont des articles scientifiques, dont le tiers provienne de la *revue Transportation Research (Part A ou D)*. Parmi les autres types de publications, 15 % sont des rapports d'expertise et 12 % des articles de conférence. La **Figure 2-2** présente les mots-clés les plus fréquemment retrouvés dans le titre des documents retenus.



Figure 2-2 : Mots-clés les plus fréquemment retrouvés dans le titre des documents retenus

3 Résultats

La première section présente les résultats de la synthèse de connaissances obtenue au moyen d'une revue exploratoire de la littérature scientifique et de la littérature grise. La seconde section présente les constats tirés des études de cas. La troisième section présente une analyse des écueils des connaissances sur les CIM.

3.1 Synthèse des connaissances

Cette synthèse regroupe les connaissances en fonction des éléments de recherche. La section 3.1.1 présente les définitions associées au concept de CIM. La section 3.1.2 présente les typologies et autres formes de classifications des CIM. La section 3.1.3 présente les objectifs et les impacts documentés des CIM sur les comportements de mobilité, la motorisation et/ou le bien-être des usagers. La section 3.1.4 présente les conditions gagnantes d'implantation pour favoriser l'atteinte de ces objectifs. La section 3.1.5 présente les interactions entre les carrefours de mobilité physiques et virtuels. La section 3.1.6 présente finalement les méthodes de prévision d'achalandage et les indicateurs de performance de ces carrefours.

3.1.1 Définition du concept de carrefour intelligent de mobilité

Le **Tableau 3-1** présente une synthèse, traduite en français, des définitions données dans la littérature du concept de carrefours de mobilité. Le **Tableau 3-2** présente quant à lui les définitions du concept « d'intelligence » en matière de mobilité. Les définitions répertoriées sont présentées dans leur intégralité et dans leur langue d'origine en annexe de ce rapport. Les numéros de référence, indiqués entre crochets à la suite des définitions, permettent d'effectuer le lien entre le tableau et l'annexe.

Le champ lexical employé pour décrire les carrefours de mobilité varie grandement en fonction des auteurs, des périodes et des régions géographiques. Il est plus largement fait référence à des « nœuds », « stations », des « centres » ou des « pôles » auxquels les qualificatifs « mobilité », « échanges », « correspondance », « intermodal » ou « multimodal » sont ajoutés. D'autres qualificatifs sont parfois ajoutés pour décrire la nature des services de transport connectés ou la localisation du carrefour dans l'espace. En ce qui concerne la distance couverte par les services de transport, le terme carrefour de mobilité est utilisé pour désigner des pôles d'échanges avec une portée aussi grande que l'échelle « internationale » et aussi petite que l'échelle « locale ». Les termes « urbain », « périphérique » et « rural » semblent quant à eux utilisés pour distinguer les carrefours localisés à l'intérieur du tissu urbain d'une ville importante ou à l'extérieur de celui-ci. Le terme « public », est utilisé par certains auteurs pour désigner les services de transport collectifs, excluant ainsi les stationnements incitatifs (park & ride).

En ce qui concerne les composantes descriptives, la majorité des définitions font référence à des lieux physiques (espace contraint, infrastructure, installation, point de connexion). Certaines définitions indiquent qu'un CIM regroupe au moins deux modes de transport. D'autres précisent qu'il doit s'agir de modes collectifs, publics ou urbains. Certaines définitions font par ailleurs référence à la connexion à d'autres usages du sol.

Certains auteurs définissent finalement les CIM en fonction des objectifs à atteindre. La majorité de ces définitions indique que l'objectif d'un CIM serait de faciliter les transferts et ainsi améliorer l'expérience de l'usager (convivialité, fluidité, praticité, agréabilité, utilisation efficace d'un temps d'attente). Selon une définition, un carrefour aurait pour but de faire progresser les objectifs de mobilité durable, de climat et d'équité.

Tableau 3-1: Définitions d'un carrefour de mobilité

Concept	Définition	Auteur
Aménagement d'un pôle d'échanges	Recherche d'une cohérence physique dans des espaces contraints qui facilitent les interactions entre les différents usages [66]	(Richer & Vuidel, 2013)
Centres urbains intermodaux	Infrastructures spécifiques qui améliorent la fluidité de la mobilité et l'utilisation d'outils connectés en recherchant la convivialité et en essayant d'améliorer les équipements urbains pour leurs citoyens [36]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Hub de mobilité	Un lieu où les options de mobilité sont intentionnellement reliées les unes aux autres et aux équipements afin de rendre les déplacements plus pratiques, plus fluides et plus agréables dans le but de faire progresser les objectifs de mobilité, de climat et d'équité [73]	(Crowther et al., 2020)
Nœud d'échange	Installations intermodales établies aux points de connexion de différents modes de transport d'un réseau de transport urbain collectif [59]	(Pitsiava- Latinopoulou & Iordanopoulos, 2012)
Nœud d'échange	Zone dont le but est de minimiser la sensation inévitable de devoir passer d'un mode de transport à un autre, et d'utiliser efficacement le temps d'attente [40]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Pôles d'échanges intermodaux	Infrastructures spécifiques permettant la mobilité intelligente [39]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Pôle de correspondance de transport public	Lieux où deux ou plusieurs modes de transport public interconnectent, excluant ainsi les stationnements incitatifs [2]	Conticelli et al. (2021)
Stations de mobilité	Points de connexion multimodaux, dont le champ d'application dépasse les connexions bimodales habituelles et combine plusieurs modes de transport [56]	(Luginger, 2016)

Note : les définitions sont présentées dans leur intégralité et leur langue d'origine à l'annexe A. Les [numéros], inscrits en index à la fin des définitions, permettent de faire le pont entre le tableau 3.1 et l'annexe A.

Les mentions relatives au concept d'intelligence réfèrent, la plupart du temps, aux technologies. Selon une définition, une infrastructure intelligente devrait plus généralement permettre de coordonner efficacement les personnes et les organisations. Une autre indique que l'objectif d'une mobilité dite intelligente serait de faciliter la prise de décision, d'améliorer l'efficacité des services et la durabilité environnementale.

Au regard de la littérature scientifique, il semble qu'un carrefour intelligent de mobilité puisse être défini de la manière suivante:

Carrefour intelligent de mobilité: lieu physique ou virtuel, connectant au moins deux modes de transports collectifs, partagés ou actifs, dont la conception (ex. gouvernance, accessibilité physique, temps de correspondance, information disponible aux usagers, moyens de paiement, aménagement urbain, architecture, commerces et services environnants) est planifiée de manière à améliorer l'efficacité, la sécurité et l'agréabilité des déplacements pour les usagers et, plus généralement, favoriser l'atteinte des objectifs de la collectivité, notamment en matière de mobilité durable et d'accessibilité universelle.

Tableau 3-2: Définitions du concept d'intelligence en matière de mobilité

Concept	Définition	Auteur
Connectivité	Connexion des services de transport des systèmes d'information et de paiement et des origines et destinations [11]	(Allard & Moura, 2015)
Coordination des modes	Implication des différentes parties prenantes pour planifier les pratiques d'échange et l'espace urbain dans une optique de durabilité urbaine [42]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Information intelligente	Technologies intégrées en matière de matériel, de logiciels et de réseaux qui fournissent aux systèmes informatiques une connaissance en temps réel et des analyses avancées pour aider les gens à prendre des décisions [35]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Mobilité-comme- service (MaaS)	Achat de services de mobilité en fonction des besoins des consommateurs, plutôt que l'achat des moyens de mobilité [43]	(Kamargianni et al., 2016)
	Qui fournit un canal commun permettant aux voyageurs de planifier, réserver et payer plusieurs types de services de mobilité [15]	(Xu et al., 2021)
Mobilité intelligente	Ensemble de mesures coordonnées pour améliorer l'efficacité et la durabilité environnementale des villes [12]	(Bubelíny et al., 2021)
	Utilisation dans des applications pour optimiser les flux de circulation et recueillir l'avis des citoyens sur l'habitabilité des villes ou la qualité des services de transport public locaux [71]	(Šemanjski et al., 2018)
	Systèmes de transport et de logistique intégrés et soutenus par les TIC [37]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
Mobilité intelligente multimodale	Service personnalisé et sur demande fourni aux utilisateurs pour répondre à leurs besoins de mobilité de manière efficace et efficiente [10]	(Al-Rahamneh et al., 2021)
Systèmes de transport intelligents	Applications avancées qui visent à fournir des services innovants liés aux différents modes de transport et à la gestion du trafic [69]	(Šemanjski et al., 2018)
Système de transport intelligent coopératif	Combinaison de technologies, de personnes et d'organisations qui permet la communication et la coordination nécessaires à la réalisation d'un objectif commun d'un certain groupe qui effectue diverses activités [70]	(Šemanjski et al., 2018)
Villes intelligentes	Établissements urbains qui font un effort conscient pour tirer parti du nouveau paysage des TIC d'une manière stratégique, en cherchant à atteindre la prospérité, l'efficacité et la compétitivité à de multiples niveaux socioéconomiques [67]	(Šemanjski et al., 2018)
	Villes concernées par les nouvelles considérations environnementales, orientées vers les nouveaux usages de l'information, une meilleure interconnexion des réseaux, y compris des moyens de transport et des infrastructures [34]	(Heddebaut & di Ciommo, 2018)
	Zones urbaines qui utilisent les TIC pour soutenir divers domaines et services municipaux [7]	(Al-Rahamneh et al., 2021)

Note : les définitions sont présentées dans leur intégralité et leur langue d'origine à l'annexe A. Les [numéros], inscrits en index à la fin des définitions, permettent de faire le pont entre le tableau 3.1 et l'annexe A.

3.1.2 Typologies et autres méthodes de classification

Les classifications sont à la fois un processus et un résultat par lesquels des éléments sont ordonnés et répartis dans des groupes exhaustifs et exclusifs de manière à faciliter leur compréhension et leur analyse (Bailey, 1994).

Selon Conticelli et al. (2020), les quatre méthodes de classification les plus fréquemment retrouvées dans la littérature consistent à identifier les carrefours en fonction : (1) du mode de transport principal (ex. gare ferroviaire); (2) des deux principaux modes de transport connectés (ex. aérien/ferroviaire); (3) des caractéristiques (ex. achalandage, taille de la zone de chalandise); (4) de leur localisation sur le territoire (ex. centre-ville, banlieue). Ils utilisent aussi quatre critères (distances couvertes, vitesses commerciales, zone de chalandise et niveau d'achalandage) pour répartir les carrefours localisés en milieu urbain en quatre catégories (primaire, secondaire, métropolitaine, périphérique).

Crowther et al. (2020), dans un rapport réalisé pour le compte de la Ville de Portland (États-Unis), identifient quatre types de carrefours qui correspondent à leur localisation dans l'espace et au niveau de services (modes, capacité et le degré de connexion) :

- Carrefour majeur : implanté dans un centre urbain, il offre des services à haute capacité de connexion comme le train, ainsi que d'autres modes comme l'autobus, de même que des services partagés, du stationnement et autres commodités.
- Carrefour moyen: utilise la technologie pour lier des modes de transport actifs à des modes de transport traditionnels comme l'autobus ou le métro, tout en offrant des services de stationnement, pour les voitures ou les vélos.
- Carrefour mineur: utilise aussi la technologie pour optimiser les modes de transport traditionnels, comme l'autobus, à des services de micromobilité comme le vélopartage.
- Carrefour mini : n'offre pas de service de mobilité traditionnel, mais est un nœud d'échange pour la micromobilité; il offre par exemple des services de vélopartage et pour les piétons.

Enbel-Yan & Leonard (2012) présentent les lignes directrices utilisées par Metrolinx² pour établir des stratégies adaptées à chaque contexte. Ils soulignent deux dimensions importantes à prendre en compte pour la classification: le contexte urbain et les types de transport disponibles. Six types de contextes urbains sont décrits:

- Central : carrefour régional, haute densité, mixité des usages, destinations multiples, bonne marchabilité, potentiel de développement limité.
- Nœud urbain : carrefour majeur ou local, densité moyenne à élevée, potentiel de développement limité.
- Centre émergent : orienté sur l'automobile, potentiel de développement élevé.
- Centre historique en banlieue : densité faible à moyenne, une certaine mixité, quelques destinations et une certaine marchabilité.
- Nœud de banlieue : bonne disponibilité foncière pour le développement, quelques destinations, orienté sur l'automobile.
- Destination unique : générateur de déplacements (ex. aéroport, université).

Ils identifient par ailleurs trois fonctions de transport en fonction de la nature des déplacements qui s'y produisent : « entrée », « transfert » et « destination ».

² Metrolinx (2011). Mobility hub guidelines for the Greater Toronto and Hamilton Area, 174p.

Dans le cadre du projet de recherche européen FP7 « City-hub », Heddebaut & di Ciommo (2018) ont étudié 27 stations intermodales dans 9 pays européens et présentent une typologie pour mieux les classer. Celle-ci se décline en deux dimensions. La première dimension est liée aux fonctions internes et logistiques de la station intermodale, soit les modes de transport, les services et les ressources nécessaires pour assurer son fonctionnement. Cette dimension détermine la taille du nœud d'échange. La deuxième dimension est plutôt représentative des aspects externes de l'environnement de la station, c'est-à-dire sa localisation dans le centre urbain, mais aussi son plan d'aménagement et ses interactions avec les éléments externes à la station.

Dans le cadre de ce même projet européen, Monzón et al. (2016) détaillent quant à eux les deux dimensions de la façon suivante :

Dimension interne:

- Demande le nombre de passagers selon trois niveaux : (1) moins de 30,000, (2) entre 30 000 et 120 000, et (3) plus de 120 000 passagers par jour.
- Modes de transport les types de mode ainsi que leur degré d'importance selon trois niveaux : (1) autobus comme mode principal, (2) train comme mode principal, (3) deux ou trois modes de transport ou plusieurs lignes du même mode.
- Services et infrastructures le nombre et la qualité des services et de l'infrastructure selon trois niveaux : (1) quelques kiosques ou machines distributrices (2) quelques magasins ou restaurants (3) station intégrée à un centre commercial.

Dimension externe:

- Localisation urbaine les stations sont situées dans trois types de régions : (1) banlieue (2) à l'entrée d'une ville (3) dans un centre urbain.
- Aspects de l'environnement externe les aspects pouvant supporter ou être limitants pour la station (ex. : parcs, industries, centres sportifs, etc.)
- Plan de développement intégré la station peut faire partie d'un plan local de développement, ce qui fait en sorte qu'il soit plus probable qu'on y voit de nouvelles constructions, comme des logements ou des bureaux.

Le **Tableau 3-3** présente une synthèse des dimensions et des variables utilisées pour réaliser une classification de carrefours de mobilité.

Tableau 3-3: Synthèses des dimensions et des variables répertoriées à des fins de classification

	Variables qualitatives	Variables quantitatives
Dimension interne		
Nature des services	Mode principal Deux modes principaux	Nombre de modes Distances parcourues
Niveau de services	Deux modes principaux	Vitesses commerciales Capacité des véhicules
Importance du carrefour	Fonction au sein du réseau (ex. entré, transfert, primaire, secondaire)	Achalandage annuel Zone de chalandise
Services aux usagers	Technologies (ex. application)	
Dimension externe		
Aménagement	Lieu d'implantation (ex. centre-ville) Contexte d'implantation (ex. nouveau développement, centre historique) Mixité des fonctions (ex. résidentiel, commercial, institutionnel, parc)	
Offre commerciale	Niveau de commerces (ex. distributeur automatique, café, centre d'achat)	

3.1.3 Objectifs et impacts documentés des carrefours de mobilité

Il est possible de percevoir plusieurs générations de carrefours de mobilité. Les premiers besoins d'aménagement sont apparus dans les années 1970, dans le sillage des développements de modes lourds en milieu urbain (ex. métro). L'objectif est alors de permettre une interconnexion technique et fonctionnelle entre les réseaux. Dans les années 1980 et 1990, afin de favoriser le transfert modal des automobilistes de plus en plus nombreux, les villes aménageront des stationnements incitatifs. L'idée de pôle d'échange, tel qu'on le conçoit aujourd'hui, apparait progressivement à partir des années 2000, avec le retour de la planification territoriale et le déploiement de nouveaux services de transport (ex. trains légers sur rail). À partir de cette période, le concept de multimodalité prendra de plus en plus d'espace, notamment avec l'arrivée des services partagés et de la micromobilité. Depuis 2010, c'est au tour du numérique de prendre de l'ampleur, notamment avec l'apparition des applications mobiles, de l'information en temps réel (Richer et al., 2018).

Assurer une interconnexion fluide entre les modes et les services de transport apparaît aujourd'hui comme une condition nécessaire pour favoriser une mobilité plus durable; c'est-à-dire : encourager un recours accru aux transports collectifs et actifs, réduire la motorisation, la congestion et l'empreinte spatiale de l'automobile, améliorer l'efficacité énergétique des déplacements, améliorer la sécurité publique et la qualité de l'air ainsi que lutter contre les changements climatiques. De l'avis de l'Union européenne, la multimodalité permettrait par ailleurs de pallier un manque généralisé de ressources financières pour des investissements en infrastructures (European Union, 2021).

Les bonnes pratiques en matière d'aménagement de carrefours de mobilité occupent une place de plus en plus importante dans les plans de transport. Plusieurs villes et sociétés de transport se sont en effet dotées de lignes directrices ou on conduit des études sur les meilleures pratiques en matière de carrefours intelligents ces dernières années (Fairfax County, 2013; Metrolinx, 2011; RTD, 2019; TransLink, 2019).

Aucune étude scientifique ou rapport d'expertise répertorié dans le cadre de cette revue exploratoire de la littérature ne rapporte des résultats concrets quant aux impacts réels des carrefours de mobilité. Les bénéfices spécifiques des carrefours semblent se perdre dans une évaluation globale de la multimodale d'un réseau de transport.

Dans un autre ordre d'idée, de l'avis de Richer and Vuidel (2013) l'intermodalité n'est pas exempte de paradoxe en ce qui a trait à l'accessibilité du réseau, au pôle urbain et à l'échange social. L'ajustement des connexions entre différents réseaux peut en effet décupler l'accessibilité structurelle du territoire (augmentation du choix de destinations possible), mais elle peut également entraîner des ruptures de charge par l'imposition de correspondances (pénalité associée au temps supplémentaire et à la pénibilité perçue), rendant ainsi pénibles et incertaines la réalisation du déplacement et l'efficacité des connexions entre les segments le composant. Par ailleurs, si la concentration d'infrastructures accroît le potentiel stratégique d'un co-développement transport-urbanisme, en favorisant notamment le développement commercial, il peut aussi entraîner des coupures urbaines ainsi que des nuisances découlant de la hausse de la circulation. Finalement, si les carrefours constituent des espaces publics et peuvent favoriser les échanges sociaux ainsi que le développement d'animation et d'activités, ils peuvent aussi prendre la forme d'espaces anonymes, inconfortables et surpeuplés.

3.1.4 Indicateurs de performance

Tel que décrit par Kumar et al. (2013), les systèmes multimodaux comportent différentes composantes :

- L'accès de l'utilisateur aux points d'entrée et de sortie du système de transport
- L'attente entre le point d'entrée/sortie (ex. arrêté) et l'embarquement
- Le temps de trajet à l'intérieur du véhicule
- Le temps de transfert entre deux services de transport

Une station est à la fois un point d'entrée/sortie dans le système et une zone de transfert. L'accessibilité à l'intérieur et à l'extérieur de la station sont donc des éléments importants pour favoriser une fluidité des déplacements. Il existe un large consensus dans la littérature selon lequel l'accessibilité est co-déterminée par les facteurs suivants (Godin, 2012; Richer et al., 2018; Wang and Cao, 2017; Wu et al., 2019):

- L'utilisation du sol (ex. densité, compacité, mixité)
- La forme urbaine (ex. connectivité, connexité, circuité, capillarité, congestion)
- La qualité des alternatives de transport (ex. fiabilité, efficacité, flexibilité)
- La qualité de l'information (ex. visibilité, cohérence, clarté)
- Les coûts de déplacement (ex. temps, argent)
- Les caractéristiques individuelles (revenu, capacités physiques et mentales)

L'absence de résultats quant aux impacts réels des carrefours semble liée à une absence d'indicateurs. Les indicateurs classiques d'accessibilité liés aux infrastructures cherchent à mesurer les temps de déplacement et de congestion, principalement pour les infrastructures routières. Ils ne tiennent par ailleurs pas compte de l'utilisation du sol, ni des caractéristiques individuelles (Geurs and van Wee, 2004).

Il existe dans la littérature des connaissances connexes qui peuvent s'appliquer et inspirer une variété d'indicateurs pour les carrefours.

Dans le cadre de son mémoire de maîtrise Godin (2012) présente une discussion théorique et pratique des d'indicateurs d'accessibilité en transport, notamment pour les objets statiques comme les infrastructures. Son analyse se limite cependant. À une perspective unimodale des infrastructures. Selon elle, trois dimensions (quantité, variété et la flexibilité spatio-temporelle) devraient être considérées. Les indicateurs peuvent tenir compte de l'offre (ex. densités de passage) ainsi que de la demande (densité de passages par personne). Les indicateurs peuvent être mesurés selon distance (ex. nombre de commerces disponibles à moins de 500 mètres), selon la durée (moins de 5 minutes de marche) ou selon une approche de coût généralisé prenant en considération le temps et l'argent consacrés à l'accès (moins de 5 \$).

Des indicateurs plus désagrégés, au niveau des utilisateurs, pourraient être établis afin de mesurer l'équité d'accès pour différents types d'individus et de ménages. Michaud (2019) propose notamment une méthode de diagnostic pour évaluer la vulnérabilité d'accès des ménages. Orienté sur le transport intermodal de marchandises, proposent des indicateurs opérationnels, économiques ainsi que liés à l'environnement et la sécurité (Rigo et al., 2007)

Un bon indicateur de performance devrait être défini sur la base des objectifs poursuivis. Ces objectifs devraient refléter les besoins des utilisateurs et les coûts économiques qui y sont liés. Pour être pertinent, un bon indicateur devrait par ailleurs refléter plusieurs facettes de l'accessibilité (Godin, 2012; Wang and Cao, 2017).

3.1.5 Conditions gagnantes d'implantation

Différentes études, la plupart commandées par des organisations de transport ou des administrations publiques, se sont intéressées aux stratégies permettant d'optimiser les lieux où les personnes changent de modes de transport.

Projet MATCH-UP (Union européenne)

Financé par l'Union européenne, le projet MATCH-UP (juin 2018 - novembre 2022) vise à favoriser l'intégration de stratégies de mobilité multimodale ainsi qu'à favoriser les échanges d'expérience entre les cinq pays impliqués (Allemagne, Irlande, Italie, Portugal et Roumanie). Conticelli et al. (2020) ont développé un cadre d'évaluation de la planification (politiques et stratégies) et de la conception (environnement physique et organisationnel) des carrefours au moyen de 52 facteurs répartis en huit catégories :

- 1. Accessibilité (ex. conception universelle, chemins piétonniers, stationnements).
- 2. Qualité de l'environnement (ex. présence d'espace public, propreté, perméabilité)
- 3. **Sécurité** (ex. à l'intérieur et à l'extérieur des véhicules).
- 4. **Efficacité** à l'intérieur du nœud (ex. proximité physique, facilité du processus de paiement et de validation, flexibilité des horaires et des usages).
- 5. Qualité de l'information (ex. information en ligne, bureau d'information).
- 6. **Coordination des services** (ex. coordination des correspondances, harmonisation de l'affichage et des modes de paiement).
- 7. Modification des comportements de mobilité (ex. sensibilisation, ludification).
- 8. **Politiques, normes et réglementations** (gouvernance commune, coopération, coordination, partage des expériences et des solutions).

NODES (Europe)

Le projet européen NODES³ (*New tOols for Design and OpEration of Urban Transport InterchangeS*) a pour but d'illustrer des problèmes liés au transport intermodal et de développer des cadres de résolution en utilisant la littérature scientifique sur le sujet. Le travail de Daudén et al. (2014) met en évidence l'hypothèse selon laquelle les carrefours seraient des catalyseurs de vie et de sécurité dans les villes. Pour répondre aux buts identifiés (ex. optimisation de la circulation, achalandage, interactions entre le carrefour et le monde extérieur, liens entre les différents modes de transport) les auteurs recommandent cinq pratiques:

- 1. Localiser le carrefour près des bureaux, des hôpitaux, des commerces ou des attractions touristiques
- 2. Traiter le carrefour et les environs comme une même entité en optimisant les signalisations visuelles et les connexions physiques.
- 3. Amener l'entrée principale le plus près possible du centre d'activité locale.
- 4. Superposer les services de mobilité pour accroître les opportunités.
- 5. Connecter les réseaux piétonniers du carrefour au guartier environnant.

SHARE-North (Écosse)

Le projet SHARE-North est une initiative financée par *Transport Scotland* qui a pour but de développer, d'implanter et de promouvoir les carrefours de mobilité tout en évaluant le potentiel des modes de transport partagés. Pour ce faire, The South East of Scotland Transport Partnership (2020) (SEStran), une organisation regroupant les grandes

³ Site officiel: https://nodes-toolbox.eu/

autorités de transport en Écosse, a développé un rapport détaillé sur les carrefours de mobilité. Celui-ci s'attarde sur les définitions importantes, les objectifs et les typologies reliés à ces stations ainsi que sur les meilleures pratiques d'implantation.

Metrolinx (Ontario)

Metrolinx, l'organisation provinciale qui régit le transport de la grande région de Toronto et d'Hamilton en Ontario, finance régulièrement la réalisation d'études. L'une d'entre elles, réalisée par Engel-Yan et al. (2011), se concentre sur les carrefours de mobilité. Elle a pour but de définir les concepts entourant ce type d'infrastructure, mais aussi de fournir aux dirigeants un guide de bonnes pratiques pour garantir une implantation réussie. Les auteurs divisent ce guide en trois catégories (intégration sans faille, aménagement de l'espace et implantation réussie), qui sont elles-mêmes séparées par objectifs, puis par thèmes et finalement par pratiques recommandées.

Autres études

Selon Richer et Vuidel (2013), les ingrédients pour éviter le paradoxe de l'intermodalité et donc les versants négatifs des carrefours sont :

- **Information multimodale**: présenter aux usagers les informations quant aux combinaisons de services de transport, quelle que soit l'autorité responsable;
- Tarification combinée ou intermodale : tarifs et billetterie communs pour éviter les surcoûts et les barrières lors de correspondances;
- Aménagement fonctionnel : rendre le chemin à suivre sûr, lisible et accessible à tous les usagers au moyen de signalétique et de stratégies de repérage.
- Aménagement urbain : améliorer les conditions d'attente et offrir des opportunités (confort, accueil, services, commerces, agréments).
- Coordination d'horaire : organiser les services afin de minimiser l'attente lors de changement de mode ou service.

Bernal (2016) a étudié huit implantations internationales de carrefours de mobilité. Ce processus lui a permis d'identifier les facteurs communs ainsi que les standards de conception qui auront mené au succès des différentes stations intermodales. L'auteur indique que l'efficacité d'un nœud d'échange est intimement liée à son intégration intermodale qui se décline en cinq catégories générales. Pour chacune des catégories, l'auteur présente une façon d'assurer l'intégration complète d'un CIM:

- 1. **Administrative** : créer une seule entité institutionnelle qui sera responsable de la planification, la coordination et le contrôle du réseau de transport.
- 2. **Tarifaire** : développer un système tarifaire commun pour tous les modes de transport intégrés ainsi qu'un moyen de paiement partagé.
- 3. Physique : connecter les CIM entre eux à l'échelle du territoire.
- 4. **Connectivité** : offrir la couverture la plus étendue possible (locale, métropolitaine, régionale ou internationale).
- 5. Intermodalité : intégrer deux modes de transport ou plus au sein du carrefour.

Dans sa thèse, Luginger (2016) a identifié les pratiques qui ont influencé l'implantation des différents services de mobilité dans plusieurs villes en Allemagne. L'auteur élabore une liste de recommandations, en particulier en ce qui a trait à l'uniformisation des campagnes de marketing et de l'information transmise au public.

Synthèse

Le **Tableau 3-4** présente une synthèse des éléments mentionnés comme meilleures pratiques pour favoriser une implantation réussie. Les éléments les plus fréquents sont la

cohérence et la clarté de l'information présentée aux usagers, la disponibilité d'un site internet ou d'une application pour informer les utilisateurs des combinaisons modales ainsi qu'une harmonisation des modes de paiement ou une intégration tarifaire. De manière générale, les critères demeurent difficiles à réconcilier.

Tableau 3-4: Synthèses des éléments mentionnés à titre de meilleures pratiques

Accessibilité du carrefour	MATCH-UP	NODES	SHARE-North	Metrolinx (2011)	Richer et Vuidel (2014)	Bernal (2016)	Luginger (2016)
Universelle (ex. personnes à mobilité réduite, malentendants, allophones)	Х	Х					
Présence de chemins piétonniers	Х		Х				
Présence d'un réseau cyclable				Х			
Stationnement pour vélo	Х			Х			
Espaces dédiés pour minimiser les conflits entre les modes				Х			
Mesures de circulation prioritaires pour le TC				Х			
Minimiser le besoin et l'offre de stationnement pour voitures				Х			
Tarification routière		Χ		Χ			
Aménagements adjacents							
Espaces publics	Χ			Χ			
Proximité des destinations		Χ					
Mixité des usages			Χ	Х	Χ		
Expérience des usagers							
Sentiment de sûreté		Χ					
Propreté		Χ					
Normes de conception routière sécuritaires			Χ	Χ			
Encourager les transports actifs			X				
Infrastructures de qualité							
Station emblématique							
Information aux usagers							
Cohérence et clarté des repères visuels	Χ	Х		Χ	Χ		Х
Information en ligne ou application mobile présentant les combinaisons	Χ	X			Χ		Х
Bureau d'information	Χ						Х
Marketing, sensibilisation et ludification	Χ						Х
Coordination des services	ı						
Minimiser les distances physiques lors des correspondances				Х			X
Minimiser les temps de correspondance	Х			Χ	Х		
Intégration tarifaire ou harmonisation des modes de paiements	X	Х			Х	X	X
Gouvernance							
Coopération des acteurs (planification, coordination, exploitation)	X	Х				Х	Х
Partage des expériences et solutions	Х						
Collecte de données / sondages / consultations		Χ	Χ				Х
Plan de gestion de la demande				X			
Indicateurs de performance Environnement	l			Х			
Efficacité énergétique / Empreinte écologique minimale	<u> </u>	X		Х			
Développement économique							
Stimulation de l'activité économique		X		Χ			
Approche coût-efficacité		Х					
Partenariats publics-privés				X			
Concours de conception Incitatifs fiscaux				X			
incitatiis iiscaux	<u> </u>	Χ		Χ			

3.1.6 Carrefours virtuels

Les innovations technologiques, en particulier Google Maps (2004) et les téléphones intelligents (iPhone en 2007 et Android en 2008) ont considérablement modifié le rapport à la mobilité (Morency et al., 2020). Bien que l'information soit désormais facilement accessible, il peut être long et couteux pour les utilisateurs de s'abonner, de consulter différentes plateformes et de comparer leurs options de déplacement. Les politiques de données ouvertes à l'échelle des villes et des régions ont favorisé l'apparition de nouvelles plateformes intégrées d'information. De manière plus récente, certaines applications s'associant au concept de *mobility-as-a-service* (MaaS)⁴ offrent des forfaits de mobilité clé en main (ex. Whim, CityMapper, Amaze). L'abonnement mensuel acquis par l'entremise de ces applications permet alors d'accéder, sans entraves, à tous les services de mobilité participants. Les applications mobiles peuvent être définies comme des carrefours virtuels de mobilité puisqu'ils permettent aux utilisateurs de connecter efficacement différentes alternatives de transport comme le ferait une infrastructure physique.

Tel que suggéré par Sochor et al. (2017), les applications multimodales peuvent être regroupées en quatre niveaux d'intégration. Le premier niveau consiste en un planificateur de trajets et un explorateur de services de mobilité à proximité. Certaines de ces applications se limitent à offrir de l'information sur les horaires, alors que d'autres précisent les prix. Le second niveau permet aux utilisateurs de connecter certains de leur compte personnel et d'ainsi effectuer des paiements et des réservations. Le troisième niveau offre un forfait de mobilité combinant plusieurs services appartenant à plusieurs acteurs (ex. CityMapper, Whim). Le dernier niveau est une application qui intègre les objectifs de la société, notamment en matière de développement durable. Lancée à la fin de 2019, l'application Amaze permet aux employeurs de récompenser leurs employés s'ils optent pour le télétravail ou s'ils renoncent à utiliser leur véhicule pour aller au travail, optent pour le covoiturage ou effectuent leur déplacement à l'extérieur des heures de pointe⁵. L'application TripGo précise quant à elle les émissions de GES des trajets et offre des informations personnalisées pour les personnes à mobilité réduite.



Figure 3-1: Typologie des applications mobiles

⁴ Le concept de MaaS est une vision idéaliste d'un système de transport où les systèmes d'information, de réservation et de paiement de manière à offrir l'expérience de transport la plus simple, la plus fiable et la plus abordable pour tous les usagers (ITF, 2019).

⁵ Site officiel: https://amazemobility.nl/en/zakelijke-mobiliteit/

Source : Morency et al. (2020) et inspiré de Sochor et al. (2017)

Morency et al. (2020) procèdent à une comparaison des plateformes numériques multimodales (applications mobiles connectant au moins deux services de transport) utilisées dans les villes ayant les objectifs les plus ambitieux en matière de mobilité durable et les résultats les plus probants. Le Tableau 3-5 met à jour les résultats de Morency et al. (2020). Premier constat, toutes les villes qui présentent un bon bilan en matière de mobilité durable n'ont pas nécessairement de plateforme numérique multimodale. À titre d'exemple, à Amsterdam, l'application Amaze n'a été lancée qu'à la fin de 2019. Second constat, les applications présentent une variété de modèles de gouvernance. Certaines sont possédées et financées par une administration publique, d'autres sont des intermédiaires de transport privés (ex. Whim) et d'autres encore sont le fruit de consortium de transporteurs et d'actionnaires publics et privés (ex. WienMobil, Amaze). Troisième constat deux applications proposent pour le moment une intégration tarifaire complète (Whim et CityMapper). La tendance est à la hausse pour ce type d'application. L'application Amaze offre un budget de transport en collaboration avec les employeurs. Les autres utilisateurs peuvent tout de même payer pour tous les services à partir de l'application. Quatrième constat, l'intégration des services demeure partielle au sein de ses applications. Deux applications intègrent les services interurbains (Amaze, Reiseplanen). Mentionnons finalement que certaines applications, comme Transit, développée à Montréal, utilisent les données transmises par les utilisateurs, soit par leurs données cellulaires ou encore par l'entremise de sondages, permettant ainsi d'améliorer l'offre de service de transport et la qualité de l'information transmise aux utilisateurs (ex. temps réel). Transit a par ailleurs conclu des ententes de partenariat officielles avec plusieurs villes (Montréal, Calgary, Boston) et ainsi devenir l'application officielle⁶. Bon nombre d'entreprises d'agrégation de services de mobilité (ex. Transit, CityMapper, Whim) étendent leurs activités à plusieurs villes dans le monde.

Tableau 3-5: Comparaison des applications mobiles

		Caractéristique des applications Services de transport intégré														
Ville principale	Nom de l'application	Planificateur de trajet	Temps-réel	Disponibilité des véhicules	Information sur les prix	Réservation de véhicules	Paiement	Forfait mobilité	Transport en commun	Vélopartage	Scooterpartage / trottinette	Autopartage	Тахі	Location automobile	Covoiturage	Stationnement
Stockholm	Ubigo															
Helsinki	Reitiopas Whim															
Copenhagen	Rejseplanen															
Berlin	BVG DB															
Amsterdam	Amaze															
Vienne	WienMobil															
Sydney	TripGo															
Londres	CityMapper															
Toronto	Triplinx															
Montréal	Transit															

⁶ L'histoire de Sam Vermette : https://devenirentrepreneur.com/fr/articles/histoires-entrepreneurs/transit-application-vise-changer-mobilite-urbaine

Source : adapté de Morency et al. (2020)

3.2 Études de cas

3.2.1 Stratégie de sélection des études de cas

Les études de cas permettent d'expliquer, de décrire ou d'explorer des évènements ou des phénomènes dans leur contexte réel (Yin, 2009). Pour assurer une rigueur scientifique dans la sélection, mais aussi offrir une comparabilité intéressante pour des villes canadiennes de toutes tailles, les critères de sélection suivants ont été retenus :

- Citées dans la littérature scientifique ou dans un palmarès reconnu
- Au moins deux services de transport collectifs, partagés ou actifs connectés
- Documentation existante et suffisante
- Pays avec un statut économique comparable au Canada privilégié.

Contexte climatique de nordicité privilégié.

L'annexe B présente les CIM qui ont été répertoriés et répondant au moins à deux critères. Il apparaît que les CIM font peu l'objet d'études de cas. La plupart des carrefours ne sont mentionnés qu'une seule fois et la documentation est souvent insuffisante. Il s'est ainsi avéré difficile de sélectionner trois études de cas de manière objective. Trois études de cas de référence ont été réalisées à partir d'une typologie de carrefours basée sur la taille de la région métropolitaine ou la portée des services, comme résumé au **Tableau**.

Tableau 3-6: Synthèses des dimensions et des carrefours analysés à des fins d'études de cas

	Portée	Population	Cas de référence	Cas similaires	Cas canadien
Petits	Local et possiblement interurbain	Moins de 1 000 000 habitants	Gare de Bourg- en-Bresse (Bourg- en-Bresse, France)	mobil.punkte (Brême, Allemagne)	Islington Subway Station (Toronto, Canada) Station Montmorency (Montréal) Tuscany Station (Calgary)
Moyens	Interurbain et local	Entre un et 10 millions d'habitants	Moncloa (Madrid, Espagne)	Chatswood Station (Sydney, Australie)	Berri-UQAM (Montréal) Gare d'Ottawa (Ottawa) Gare d'Halifax (Halifax) Gare du Palais (Québec)
Grands	International, interurbain et local	Plus de 10 millions d'habitants	King's Cross and St Pancras stations (Londres, Angleterre)	Gare Paris- Nord (Paris, France) Union Station (Washington, États-Unis)	Union Station (Toronto) Pacific Centrale Station (Vancouver) Gare Centrale (Montréal)

Les informations collectées des carrefours jugés similaires aux cas de références sont présentées en encadré tout au long des études de cas. Les carrefours des villes canadiennes qui, à notre avis, sont comparables aux cas de référence et qui pourraient bénéficier de ces études de cas sont mentionné à titre indicatif au **Tableau 34**.

3.2.2 Petits carrefours, Gare de Bourg-en-Bresse (Bourg-en-Bresse, France)

La plupart des stations intermodales au Canada peuvent être considérées, selon notre typologie, comme de petits carrefours. Parmi ceux-ci se trouvent par exemple la station Islington du métro de Toronto, la station Montmorency du métro de Montréal ou la station Tuscany du système léger sur rail de Calgary.

Contexte

La gare ferroviaire de Bourg-en-Bresse est un nœud d'échange important de la région d'Auvergne-Rhône-Alpes. Elle a ouvert ses portes en 1856 et a permis l'accroissement de la population de la région à l'époque⁷. Ce carrefour est situé près du centre-ville. En 2004, l'agglomération de Bourg-en-Bresse a fait d'une priorité l'aménagement d'un pôle d'échanges autour de la gare. C'est donc entre 2010 et 2014 que des travaux ont été réalisés pour améliorer l'intermodalité de la gare (Richer et al., 2018).

Description des services de transport

Ce pôle intermodal est principalement une gare ferroviaire spécialisée en transport de personnes. La portée de ses services est interurbaine et locale. En plus des trains réguliers et des trains à grande vitesse de la SNCF et de divers opérateurs, on y trouve aussi cinq lignes d'autobus et sept lignes d'autocars, ainsi que des stationnements pour vélo gratuits et payants pour les voitures. On peut également y louer des voitures chez plusieurs compagnies privées. Finalement, des stations de vélopartage sont situées près de la gare de Bourg-en-Bresse ⁸. La fréquentation journalière de la gare est de près de 5 000 personnes (Astruc & Durand-Delabre, 2017).

Dans la ville de Brême (Allemagne) se trouve, dans de multiples gares, une variété de services. On y offre des lignes de trains légers et à grande vitesse, des lignes d'autobus, de l'autopartage et de vélopartage. La ville a introduit en 2003 l'initiative nommée *mobil.punkte* pour rendre toute station sélectionnée multimodale. On implante des services d'autopartage et parfois de vélopartage ainsi que du stationnement pour vélo et voitures accompagné de panneaux d'information aux carrefours déjà existants de la ville. L'implantation de ces services a donc permis de rendre multimodales une quarantaine de stations (Luginger, 2016).

Gouvernance et financement

Cette gare a d'abord appartenu à la Compagnie de chemin de fer de Lyon à la Méditerranée (LM), puis a été transférée au réseau de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon à la Méditerranée (PLM), avant de finalement être fusionnée à la SNCF lors de sa nationalisation en 1938⁹. La Société nationale des chemins de fer français (SNCF) est une entreprise ferroviaire publique française créée en 1937 à la suite de l'alliance de l'état et des compagnies de chemin de fer françaises de l'époque¹⁰. Elle détient plus de 3 000 gares françaises (SNCF, 2017) et est propriétaire et exploitante de la gare. Elle est responsable de son financement qui provient majoritairement de son exploitation. En revanche, les travaux de réaménagement ont par le passé été financés partiellement par l'État¹¹. Pour ce qui est de l'exploitation des services de transport en commun et de micromobilité de Bourg-en-Bresse, elle est faite depuis 2018 par Keolis,

⁷ Site officiel: https://www.bourgenbresse.fr/209-histoire.htm

⁸ Site officiel: https://www.ter.sncf.com/auvergne-rhone-alpes/gares/87743005/Bourg-en-Bresse/pratique

⁹ Site officiel:

http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Compagnie%20des%20Chemins%20de%20fer%20de%20Paris%20%C3%A0%20Lyon%20et%20%C3%A0%20la%20M%C3%A9diterran%C3%A9e/fr-fr/

¹⁰ Site officiel: https://www.sncf.com/fr/groupe/profil-et-chiffres-cles/gouvernance-entreprise/.

¹¹ Site officiel: http://www.ain.gouv.fr/inauguration-de-la-gare-routiere-de-bourg-en-a1610.html

une société anonyme franco-québécoise détenue à 70% par la SNCF et à 30% par la Caisse de dépôt et placement du Québec¹². Les trains à grande vitesse sont quant à eux exploités par diverses compagnies internationales, tandis que les trains et les autocars faisant partie du Transport express régional (TER) sont exploités par la SNCF¹³.

Les services de transport comme le train léger et les lignes d'autobus de la ville de Brême sont opérés par la compagnie *Bremer Straßenbahn AG* (BSAG)¹⁴. L'initiative *mobil.punkte* a été mise en œuvre par la municipalité de Brême. Les services qu'elle offre sont opérés par diverses compagnies privées. L'autopartage est opéré par la compagnie *Cambio*¹⁵ tandis que la compagnie privée *nextbike GmbH*¹⁶ assure le service de vélopartage. Les multiples stationnements sont quant à eux opérés par la compagnie municipale BREPARK GmbH¹⁷

Services connexes aux usagers

La gare de Bourg-en-Bresse offre un service de Wi-Fi gratuit, des toilettes, des distributeurs automatiques, un service d'information numérique et dynamique, un distributeur alimentaire et un commerce d'articles de base. Il est aussi possible d'acheter des titres de transport à une borne de billetterie automatique¹⁸.

Pour ce qui est des services connexes offerts aux points *mobil.punkte* de la ville de Brême, ils dépendent des stations en question. La taille des stations allant de petites à grandes, la disponibilité des services varie énormément.

Stratégie d'intermodalité

Lors du réaménagement de la gare entre 2010 et 2014, le projet avait pour but d'améliorer l'intermodalité. Pour ce faire, celui-ci incluait la création d'une gare routière pour les autocars et l'aménagement de quai de bus urbains. De plus, on y a ouvert des vélostations permettant la location de vélos ainsi qu'un stationnement pour ceux-ci à chaque entrée de la gare. Finalement, on y a inclus un accès amélioré au stationnement et un service de location de voitures. Afin d'assurer un meilleur accès à l'information multimodale, le projet incluait l'installation d'une station d'information dynamique et l'installation de Wi-Fi gratuit dans la gare¹⁹.

L'application officielle de Bourg-en-Bresse se nomme Rubis et englobe tous les services de Keolis, l'opérateur des transports en commun de la région. Sa couverture des services s'étend aux autobus, autocars, au vélopartage et à l'autopartage, mais pas aux services de trains de la gare de Bourg-en-Bresse. L'application permet d'obtenir entre autres les horaires de passages en temps réel, la recherche d'itinéraire, la géolocalisation, le covoiturage intégré et de l'information sur l'achalandage sur le réseau²⁰.

La carte OùRA permet de se déplacer dans la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Son intégration est assez complète et s'étend aux réseaux urbains, aux services de la SNCF et au réseau d'autocars régional. Les seuls services qui ne sont pas pris en charge sont les trains à grande vitesse qui ne sont pas opérés par la SNCF²¹.

¹² Site officiel: https://www.keolis.com/fr/notre-groupe/keolis-acteur-mobilite/qui-sommes-nous

¹³ Site officiel: https://www.sncf.com/fr/offres-voyageurs/voyager-en-train/ter

¹⁴ Site officiel: https://www.bsag.de/en/company.html

¹⁵ Site officiel: https://www.cambio-carsharing.de/bremen

¹⁶ Site officiel: https://www.nextbike.de/de/

¹⁷ Site officiel: https://www.brepark.de/en/company

¹⁸ Site officiel: https://www.ter.sncf.com/auvergne-rhone-alpes/gares/87743005/Bourg-en-Bresse/pratique

¹⁹ Site officiel: https://www.garesetconnexions.sncf/fr/gare/frxbk/bourg-bresse/actualite/16/pole-dechanges-multimodal-bourg-bresse

²⁰ Site officiel: https://www.rubis.grandbourg.fr/

²¹ Site officiel: https://www.rubis.grandbourg.fr/la-carte-oura/

Pour ce qui est de la stratégie d'intermodalité, nous n'avons pas trouvé de documents officiels quant à l'optimisation des horaires visant à restreindre les temps d'attente. Nous n'avons par ailleurs pas trouvé de documentation sur les méthodes de prévision de l'achalandage, objectifs ou indicateurs de performance.

L'initiative *mobil.punkte* fait partie de la stratégie multimodale de la ville de Brême. Elle a pour but de fournir une alternative à la voiture privée, de réduire la possession de voitures et leurs émissions ainsi que de récupérer de l'espace sur rue. La ville de Brême souhaite également promouvoir le covoiturage dans les espaces publics des quartiers résidentiels (The South East of Scotland Transport Partnership, 2020).

Il n'existe pas à Brême de plateforme de mobilité pour les services d'autopartage. Pour obtenir des informations plus détaillées, par exemple le nombre et les types de véhicules disponibles dans chaque station, les utilisateurs doivent se rendre sur la page d'accueil du prestataire de services d'autopartage (Luginger, 2016).

Pour ce qui est des tarifs pour l'autopartage, ils ne sont pas intégrés au reste des services de transport en commun. Les usagers du transport en commun obtiennent par contre un tarif préférentiel aux services offerts aux points *mobil.punkte* (Luginger, 2016).

Intégration urbaine

La gare de Bourg-en-Bresse est située dans le centre-ville et est donc entourée d'une multitude de commerces, hébergements et services en tout genre. Ses alentours comprennent aussi divers espaces verts. Lors de son réaménagement dans la dernière décennie, le projet avait pour objectif d'améliorer l'accessibilité de la gare pour tous, particulièrement les usagers à mobilité réduite. Pour ce faire, on y a créé de nouveaux passages piétons, ajouté une entrée souterraine et mis en place de l'équipement nécessaire pour les personnes en situation de handicap. Ensuite, les espaces d'attente et de transit ont été repensés pour améliorer la fluidité des déplacements. Finalement, pour mieux intégrer la gare dans son environnement, on y a installé de nouveaux équipements et mobiliers urbains, ouvert une boutique de produits de base, amélioré la performance énergétique et créé une terrasse attenante à la boutique. Le projet incluait aussi une restauration de la façade de la gare pour y retrouver son architecture d'origine²².

Tous les services de *mobil.punkte* ont été implantés près d'autres services de transport en commun du centre-ville ainsi qu'à la gare Centrale de Brême. Ce projet visant la multimodalité est implanté dans les stations situées dans ou près du centre-ville où les stationnements se font rares (Luginger, 2016). Puisque la plupart des coins de rue de la ville étaient anciennement engorgés de véhicules stationnés, les installations y ont été construites pour libérer la jonction des rues et ainsi, assurer leur praticabilité(Luginger, 2016).

²² Site officiel: https://www.garesetconnexions.sncf/fr/gare/frxbk/bourg-bresse/actualite/16/pole-dechanges-multimodal-bourg-bresse

3.2.3 Carrefours de taille moyenne, Moncloa (Madrid, Espagne)

Au Canada, selon la typologie définie précédemment, quelques carrefours intermodaux peuvent être considérés de taille moyenne, à notre avis, comme la station de métro Berri-UQAM à Montréal, la Gare d'Ottawa, la Gare du Palais à Québec ou la Gare d'Halifax.

Contexte

La station Moncloa a été inaugurée en 1963 pour donner suite au prolongement de la ligne de métro 3 de la ville de Madrid. C'est en 1995 que cette station devient multimodale, lors de l'ouverture du quai de la ligne de métro 6 et du terminal souterrain qui donne accès à plus d'une trentaine de lignes d'autobus²³. Finalement, le carrefour subit des transformations en 2006, pour la modernisation de la station d'origine de la ligne 3²⁴.

Description des services de transport

Le carrefour intermodal Moncloa, spécialisée en transport des personnes, a une portée locale et interurbaine. Elle lie donc Madrid à une multitude de villes environnantes. Étant principalement une station de métro, elle accueille deux lignes de métro, ainsi que près d'une vingtaine de lignes d'autobus et plus de cinquante-six lignes d'autobus interurbains. Les services de transport de la station se trouvent à même les rues de la ville. En d'autres termes, la station a une partie souterraine où l'on retrouve les quais de métro et certains passages piétonniers. Ceux si sont liés aux arrêts d'autobus qui se trouvent sur rue. Ce carrefour est donc en fait étalé sur quelques coins de rue, où l'on peut accéder à plusieurs entrées souterraines et à une multitude d'arrêt d'autobus. On y retrouve aussi une station de vélopartage et un stationnement pour bicyclettes²⁵. Chaque jour, environ 55 000 personnes fréquentent la station Moncloa²⁶.

Parmi les carrefours étudiés, l'un qui s'apparente à Moncloa est la station Chatswood à Sydney en Australie. Ce nœud d'échange principalement ferroviaire se spécialise en transport de personnes et offre des services à portée locale et interurbaine. En effet, comme la plupart des gares de taille moyenne, ils offrent des services similaires à Moncloa. La station Chatswood offre deux lignes urbaines de trains et une ligne interurbaine, une ligne de métro ainsi que cinquante-six lignes d'autobus urbains et interurbains²⁷. Le trafic journalier est d'environ 57 000 personnes²⁸.

Gouvernance et financement

La station Moncloa appartient à la *Cuminidad de Madrid*, l'une des dix-sept communautés autonomes de l'Espagne. Son financement vient donc de ses opérations, mais aussi des fonds publics. Pour ce qui est des services de transport, ils sont tous sous la supervision du *Consorcio Regional de Transportes de Madrid* (CRTM). Cette entreprise de droit public, fondée en 1985, appartient à la *Cuminidad de Madrid*. Elle gère et régule tous les services de transport de la région de Madrid. Le réseau de métro de la ville est exploité par la société *Metro de Madrid S.A.*, une filiale du CRTM. Le réseau d'autobus géré par l'*Empresa Municipal de Transportes de Madrid* (EMT) assure ce service depuis 1947 et

²³ https://elpais.com/diario/1995/05/11/madrid/800191458 850215.html

²⁴ https://www.comunidad.madrid/servicios/transporte/renovacion-integral-linea-3

²⁵ Site officiel: https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Movilidad-y-transportes/Direcciones-y-telefonos/Intercambiador-de-transporte-

Moncloa/?vgnextfmt=default&vgnextoid=cc614a809078e110VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnextchannel=262f8fb9458fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD

²⁶ https://www.metromadrid.es/es/nota-de-prensa/2020-02-11/metro-supero-en-2019-los-677-millones-de-viajeros-el-tercer-ano-con-mas-demanda-historica

²⁷ Site officiel: https://transportnsw.info/stop-details?q=10101117#/

²⁸ Site officiel :https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZGlxNjBiNTMtNjFiZS00NWExLTg

¹NjgtYWE4Y2FjN2FhZGZiliwidCl6ImU4OTExYzl2LWNmOWYtNGE5Yy04NzhlLTUyNzgwN2JlODc5MSJ9

appartient aussi à la *Cuminidad de Madrid*. Pour ce qui est du vélopartage, il était originalement géré par la Bonopark, une compagnie privée espagnole. En revanche, depuis 2016, le service a été transféré à EMT et est donc devenu public²⁹. Pour ce qui est des services d'autocars interurbains, ils sont assurés par divers opérateurs publics et privés.

La station Chatswood appartient à la société d'état de la Nouvelle-Galles du Sud (New South Wales) nommée *Transport Asset Holding Entity of New South Wales* (TAHE). Elle détient la majorité du matériel roulant ferroviaire lourd, des propriétés, des terrains, des installations, des machines, des voies ferrées et des infrastructures ferroviaires de la région³⁰. L'agence gouvernementale *Transport for NSW* (TfNSW) assure la supervision des opérateurs des services de mobilité de la région³¹. Les opérations des services ferroviaires sont quant à eux assurés par *Sydney Trains*. L'opérateur couvre les 170 stations de la région, soit 813 km de voies ferrées sur 8 lignes de trains³². *Metro Trains Sydney Pty Ltd* (MTS) est une coentreprise entre les trois compagnies sélectionnées par le gouvernement pour bâtir diverses stations dans la région de la Nouvelle-Galles du Sud. Elle a la charge d'opérer la ligne de métro de la station Chatswood³³. Finalement les lignes d'autobus sont opérées par diverses compagnies publiques et privées³⁴.

Services connexes aux usagers

Le carrefour intermodal Moncloa abrite un centre d'informations, plusieurs escaliers mécaniques et ascenseurs, ainsi que plusieurs commerces³⁵. Les boutiques sont de toutes sortes et de nombreux restaurants et hôtels se trouvent à proximité de la station. De plus, on retrouve des attractions touristiques à sa sortie. Finalement, près de la station sont offerts des stationnements payants pour les voitures, opérés par diverses compagnies privées.

Les services offerts à la station Chatswood sont similaires à ceux disponibles à Moncloa. On y retrouve des machines pour acheter des billets, des ascenseurs, escaliers roulants et toilettes, ainsi qu'un centre d'informations et d'objets perdus. À quelques pas de la gare se trouve aussi un centre commercial avec divers commerces et restaurants. De plus, plusieurs espaces de stationnement pour les vélos sont disponibles, ainsi qu'un service de casiers pour les vélos sur réservation, où l'on peut laisser sa bicyclette dans un lieu sécurisé. Finalement, plusieurs stationnements pour automobiles, opérés par diverses compagnies privées, sont disponibles à proximité³⁶.

Stratégie d'intermodalité

Le plan de mobilité de la station Moncloa s'inscrit dans le plan de mobilité global de la *Cuminidad de Madrid*. Parmi les nombreux objectifs plus généraux liés majoritairement à la durabilité, certains s'appliquent à ce carrefour. Entre autres, on veut rendre les stations plus accessibles aux personnes à mobilité réduite. Le plan inclut donc l'ajout d'ascenseurs dans la station, mais aussi la modernisation des services en ajoutant plus d'espaces prioritaires. De plus, ce plan priorise la mobilité cycliste. On tente donc d'ajouter des

```
<sup>29</sup> Site officiel: https://www.comunidad.madrid/
```

³⁰ Site officiel: https://tahensw.com.au/

³¹ Site officiel: https://www.transport.nsw.gov.au/

³² Site officiel: https://www.transport.nsw.gov.au/sydneytrains

³³ Site officiel: https://www.ourmetro.com.au/

³⁴ Site officiel: https://transportnsw.info/stop-details?q=10101117#/

³⁵ Site officiel: https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Movilidad-y-transportes/Direcciones-y-telefonos/Intercambiador-de-transporte-

Moncloa/?vgnextfmt=default&vgnextoid=cc614a809078e110VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnextchannel=262f8fb94 58fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD

³⁶ Site officie: https://www.chatswoodinterchange.com/

services pour les vélos dans les stations comme Moncloa, comme des voies cyclables ou plus d'espaces de stationnement. Finalement, on veut incorporer de nouvelles technologies dans la station, comme l'information en temps réel sur les lignes de métro et d'autobus (Consorcio Regional de Transportes de Madrid, 2009).

L'application officielle de la EMT, Madrid Mobility360, est celle qui englobe tous les services de transport de la ville de Madrid ainsi que ceux de micromobilité opérés par des entreprises privées. L'application permet d'obtenir le niveau d'achalandage des services, les horaires de passages en temps réel, la recherche d'itinéraire, la géolocalisation, le paiement intégré et même l'estimation des émissions de gaz à effet de serre³⁷.

L'intégration tarifaire de la ville de Madrid est complète, c'est-à-dire que tous les services peuvent être payés à l'aide de la *Tarjeta Transporte Público*. Le tarif dépend des zones traversées ou du type d'abonnement choisi. Le CRTM offre donc plusieurs types de cartes selon les besoins de l'utilisateur, comme les utilisateurs journaliers ou bien les touristes³⁸.

Aucune information concernant l'existence d'une stratégie d'intermodalité n'a été trouvée, incluant, par exemple, un plan d'aménagement des stations visant à réduire la distance de déplacement lors des transferts ou encore une stratégie d'optimisation des horaires visant à restreindre les temps d'attente. Nous n'avons par ailleurs pas trouvé de méthode de prévisions de l'achalandage, objectifs ou indicateurs de performance.

La station Chatswood a fait partie du projet de la construction de la première ligne de métro automatisé de Sydney en étant la dernière des 13 stations de la ligne. Ce service a débuté en mai 2019 et son intégration à la station Chatswood a permis sa modernisation (NSW Government, 2018). L'accès pour tous et la transition facile entre les services sont les deux buts principaux de la stratégie d'intermodalité de TfNSW. Pour ce faire, la configuration de la gare a été pensée pour limiter les déplacements entre les différents services. C'est dans cette optique que l'on a construit des plateformes insulaires qui permettent un échange multiplateforme entre les différents services. De plus, on a favorisé l'accès piétonnier en multipliant le nombre de zones piétonnes et leur agrandissement (Transport Infrastructure, 2005). Finalement, la station a été repensée pour accommoder les besoins futurs, c'est-à-dire que son infrastructure a été bâtie pour accueillir plus de 100 000 passagers par jour (Laing O 'Rourke, 2019).

Pour ce qui est des services mobiles, plusieurs applications sont offertes par diverses compagnies privées. Le gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud n'en suggère pas moins que quinze. Certaines d'entre elles, comme *CityMapper* ou *AnyTrip* incluent tous les services offerts dans la région et offrent les mêmes fonctionnalités que décrites précédemment³⁹.

À Sydney, il est possible de payer pour un droit de passage avec un service de paiement sans contact. Les tarifs dépendent de l'achalandage et de la distance parcourue ainsi que de l'abonnement *Opal*. En effet, l'intégration tarifaire de la ville de Sydney est presque complète. Avec la carte *Opal*, il est possible d'acheter des abonnements ou bien des droits de passage à des taux préférentiels pour le métro, le train, l'autobus et même le traversier. Les seuls services qui ne sont pas inclus sont les services de micromobilité et les trains régionaux. Lors d'un déplacement, il est aussi possible de payer directement avec une carte de crédit ou de débit liée à son compte *Opal* pour obtenir les mêmes tarifs⁴⁰.

³⁷ Site officiel: https://www.mobility360.app/

³⁸ Site offiiciel: https://www.crtm.es/billetes-y-tarifas.aspx

³⁹ Site officiel: https://transportnsw.info/apps

⁴⁰ Site officiel: https://transportnsw.info/tickets-opal

Intégration urbaine

La station Moncloa se trouve dans le centre-ville de Madrid. Elle est entourée de services divers, comme des commerces, des bureaux et des restaurants, mais on y retrouve aussi des zones résidentielles. À quelques pas de ce carrefour se trouvent également l'un des grands parcs de Madrid, le Parque de l'Oeste, plusieurs musées et attractions touristiques ainsi que des hôpitaux et plusieurs écoles (Mendoza Rodríquez, 2012). Ce carrefour est accessible sur rue par des passages piétonniers ainsi que par des passerelles souterraines.

Le carrefour Chatswood se trouve en périphérie du centre-ville de Sydney, dans la banlieue de Chatswood. De ce fait, les alentours de la gare sont principalement des zones résidentielles, mais l'on retrouve également des bureaux, un parc, des commerces, la mairie, un musée et un hôtel. La station est accessible par des voies piétonnes à trois intersections différentes⁴¹.

3.2.4 Grands carrefours, King's Cross & St Pancras Station (Londres, Angleterre)

Selon la typologie définie précédemment se trouvent parmi les grands carrefours canadiens Union Station à Toronto, Pacific Central à Vancouver et la Gare Centrale à Montréal.

Contexte

La gare King's Cross a ouvert ses portes en 1868. Elle est située au nord du centre-ville de Londres qui était auparavant un centre industriel important. Elle était à l'époque la plus grande gare intermodale d'Angleterre (Badi & Pryke, 2016). Au fil des années, l'état de la station s'est grandement détérioré et sa démolition fut envisagée en 1968. L'opposition du public a conduit les autorités à l'ajouter sur la liste des bâtiments historiques. Dans les années 2000, après plusieurs tentatives de restauration, la gare fut intégrée à un grand plan de développement urbain (Badi & Pryke, 2016).

King's Cross est par ailleurs connectée à la gare ferroviaire St Pancras International par une station de métro ainsi qu'un passage piétonnier. Les deux gares, bien que distinctes. sont souvent référencées dans la littérature comme une unité, étant donné leur localisation et leurs services communs. Ensemble, elles forment un des carrefours les plus cités dans la littérature pour ses meilleures pratiques (Adelfio et al., 2021). Les résultats présentés dans cette étude de cas portent à la fois sur la gare King's Cross et St Pancras.

Description des services de transports

Le carrefour offre des services internationaux, interurbains et locals qui se concentrent sur le transport de personnes. Il s'agit d'abord et avant tout d'un pôle ferroviaire, doté de trains réguliers ainsi que des trains à grande vitesse (exploités par Eurostar), qui lient Londres à plusieurs pays européens, dont la France et l'Écosse, ainsi que plusieurs villes d'Angleterre. Le carrefour abrite par ailleurs six lignes de métro et dix-sept lignes d'autobus qui desservent la région métropolitaine de Londres (Argent St George et al., 2004). On y retrouve des stations de vélopartage, d'autopartage, une multitude de passages piétonniers ainsi que des stationnements payants pour les voitures et gratuits pour les vélos (JMP Consultants Limited Abacus House, 2014). La station est localisée

⁴¹ Site officiel: https://transportnsw.info/stop-details?q=10101117#/

en périphérie de la zone de péage à congestion⁴². Chaque jour, plus de 149 000 personnes fréquentent la gare King's Cross St Pancras⁴³.

Les grands carrefours de mobilité étudiés offrent généralement les mêmes services. Ils sont principalement ferroviaires, mais offrent aussi des services de métro, d'autobus et de micromobilité. Par exemple, la gare Paris-Nord, à Paris en France, est aussi principalement un pôle ferroviaire (trains à grande vitesse ainsi que réguliers) et dessert la France, avec ses services interurbains, ainsi que quatre pays, à savoir l'Angleterre, la Belgique, les Pays-Bas et l'Allemagne (Mairie de Paris et al., 2015). Les lignes de train sont opérées par diverses compagnies publiques et privées telles que Eurostar, SNCF, InOui, RER, IZY et Thalys⁴⁴. La gare offre des services urbains comme douze lignes d'autobus, trois lignes de métro et des services d'autocar interurbains. On y retrouve aussi des services de vélopartage, d'autopartage, des stationnements pour vélo et voitures (SNCF, 2017).

Pour ce qui est de la gare Union Station, à Washington aux États-Unis, un autre grand carrefour de mobilité, elle est aussi principalement ferroviaire, interurbaine et locale. Les lignes ferroviaires incluent principalement des trains réguliers, mais aussi à grande vitesse. Elle est opérée par Jones Lang LaSalle Incorporated, une multinationale fondée en Angleterre (United States Department of Transportation & Federal Railroad Administration, 2020). Ce service est opéré par AMTRAK, MARC et VRE, toutes des organisations qui appartiennent à différents paliers de gouvernement, mais dirigées comme des compagnies privées. On y retrouve aussi des lignes d'autobus, de métro ainsi que des services de taxis, de stationnement et de micromobilité comme le vélopartage⁴⁵.

Parmi l'échantillon considéré, les grands carrefours tendent à être localisés à proximité du centre-ville, à l'exception de Washington.

Gouvernance et financement

Anciennement détenues par la société d'État British Rails, les gares King's Cross et St Pancras ont changé de propriétaire à la suite de sa privatisation en 1997. En effet, pour améliorer l'efficacité du transport ferroviaire et encourager la compétition, cette société d'État qui détenait l'entièreté du réseau de l'époque a été démantelée de 1994 à 1997. Ce faisant, les gares ont été transférées à Railtrack, une compagnie listée en bourse. Après des difficultés financières importantes, elle fut transférée à nouveau à la société d'État Network Rail en 2002 (Badi & Pryke, 2016).

La gare King's Cross appartient toujours à la société Network Rail qui possède, par ailleurs, plus de 32 000 km de voies ferrées, 30 000 ponts, tunnels et viaducs ainsi que des milliers de gares et arrêts⁴⁶. Network Rail est une société "sans dividende" limitée par la garantie du gouvernement et sans actionnaires. Elle applique donc ses profits à ses propres fins (Badi & Pryke, 2016). La gare St Pancras, quant à elle, est détenue par High Speed 1 (HS1), la compagnie opérant le Channel Tunnel Rail Link (CTRL), le tunnel reliant Londres au reste de l'Europe. Cette société est détenue par trois principaux actionnaires, soit le gouvernement britannique, l'Ontario Teacher's Pension Plan et Borealis Infrastructure. HS1 loue la station à Network Rail, qui facture à son tour les frais d'exploitation à Eurostar ainsi qu'aux autres opérateurs de transport (Badi & Pryke, 2016).

⁴² Selon les informations officielles les plus récentes de Network Rail : https://www.networkrail.co.uk/communities/passengers/our-stations/london-kings-cross/

⁴³ Site officiel: https://www.statista.com/statistics/412756/london-underground-kings-cross-st-pancras-passengers/

⁴⁴ Selon les informations officielles les plus récentes de SNCF : https://www.garesetconnexions.sncf/fr/gare/frpno/parisgare-du-nord/transports-horaires

Selon les informations officielles les plus récentes de Union Station https://www.unionstationdc.com/Transit-and-Travel/

⁴⁶ Site officiel: https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/about-us/.

En ce qui concerne les services, les lignes de train sont toutes opérées par des compagnies privées qui ont obtenu des contrats de service auprès de Eurostar ou *Network Rail*. Pour ce qui est du service d'autobus et de métro, il est géré par *Transport for London*, une organisation gouvernementale municipale responsable du transport en commun à Londres (Badi & Pryke, 2016). Les lignes d'autobus sont opérées par différentes compagnies privées qui obtiennent des contrats à la suite d'appels d'offres à chaque cinq ans (Transport for London, 2021). Le service d'autopartage est opéré par Zipcar, une compagnie américaine faisant partie de la maison mère *Avis Budget Group* (JMP Consultants Limited Abacus House, 2014).

King's Cross et St Pancras tirent leurs revenus des opérateurs de transport, mais aussi des activités commerciales. Il était d'intérêt stratégique de devenir un lieu de destination, en proposant des attractions pour les touristes et pour les organisateurs d'événements. Plus du quart des visiteurs fréquenteraient les gares pour visiter les commerçants ou les restaurants, sans y utiliser les services de transport (Badi & Pryke, 2016).

La Gare Paris-Nord appartient et est opérée par la Société nationale des chemins de fer français (SNCF), une entreprise ferroviaire publique française créée en 1937 par suite de l'alliance de l'état et des compagnies de chemin de fer françaises de l'époque⁴⁷. Elle détient plus de 3 000 gares françaises (SNCF, 2017). Les services sont quant à eux opérés par diverses compagnies publiques et privées. Ses projets d'aménagement sont financés par des coalitions publiques et privées, alors que la SNCF assure les opérations à l'aide des revenus générés par la gare et certaines subventions (SNCF, 2017).

Pour ce qui est d'Union Station, la gare appartient au département de transport du gouvernement des États-Unis et à AMTRAK, une entreprise ferroviaire publique américaine. Elle est opérée en totalité par AMTRAK. Cette compagnie détenue par le gouvernement américain depuis 1971 est une entreprise commerciale, qui a donc pour but de générer des profits. Les principales sources de revenus de la gare sont les espaces commerciaux, mais aussi les revenus générés par le transport de personnes⁴⁸.

Services connexes aux usagers

Plusieurs services sont offerts aux usagers de King's Cross et St Pancras, dont un service de Wi-Fi gratuit, des stations pour recharger les appareils électroniques, des fontaines d'eau, des photomatons, des toilettes (certaines accessibles aux personnes à mobilité réduite et d'autres pour les soins pour bébé), un centre d'information ainsi que des bureaux de vente de billets, des attractions touristiques, un service de police, des douches, un service d'entreposage de bagages, des téléphones publics, des machines distributrices, des distributeurs de billets et plus de cinquante magasins et restaurants en tout genre⁴⁹.

Il est possible d'acheter ses billets dans des machines à cet effet. La station est équipée de dizaines d'escaliers roulants. Pour les trajets internationaux, la station est équipée de contrôle automatisé aux frontières, ce qui rend l'attente aux points de contrôle beaucoup plus rapide. Durant la pandémie de la COVID-19, la station intermodale a été la première à utiliser un robot à ultraviolet pour réduire la propagation du virus⁵⁰.

Ces services connexes semblent communs pour ce type de gare. Parmi les grandes gares étudiées, la Gare Paris-Nord (SNCF, 2017) et Union Station (United States Department

CIRRELT-2022-04

⁴⁷ Site officiel: https://www.sncf.com/fr/groupe/profil-et-chiffres-cles/gouvernance-entreprise/.

⁴⁸ Site officiel: https://www.amtrak.com/about-amtrak.html

 ⁴⁹ Selon les informations officielles les plus récentes de Network Rail (https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2021/08/Kings-Cross-Map.pdf) et de St Pancras International (https://stpancras.com/station-facilities)
 ⁵⁰ Selon les informations officielles de St Pancras International: https://stpancras.com/news-events/cleaning-robots

of Transportation & Federal Railroad Administration, 2020) comportaient également ces services. Il semble que les grandes gares profitent de l'achalandage causé par le transit des voyageurs pour promouvoir leurs espaces commerciaux. Les gares de cette envergure deviennent plus que des stations intermodales, mais aussi des attractions touristiques, des centres commerciaux et même des lieux de rassemblement.

Stratégie d'intermodalité

Aucune information concernant l'existence d'une stratégie d'intermodalité n'a été trouvée, incluant, par exemple, un plan d'aménagement des stations visant à réduire la distance de déplacement lors des transferts, faciliter l'accessibilité à la station par des modes actifs ou encore une stratégie d'optimisation des horaires visant à restreindre les temps d'attente. Nous n'avons par ailleurs trouvé aucune méthode de prévisions de l'achalandage, objectifs ou indicateur de performance.

Étant donné l'enchevêtrement d'acteurs publics et privés, l'organisation des services est complexe. Plusieurs applications mobiles sont disponibles et facilitent l'accès à l'information aux usagers concernant les trajets. On y retrouve des applications liées aux services, comme celle pour le vélopartage de Santander, une application qui englobe les services urbains de *Transport of London* (TfL) et une multitude d'applications mobiles privées. La plus populaire, *CityMapper*⁵¹, permet d'obtenir des itinéraires, incluant les options pour les personnes à mobilité réduite, et de connaître le temps, le prix et la dépense énergétique associés à un déplacement. Il est à noter qu'aucune application n'englobe tous les services qui se trouvent à King's Cross et St Pancras, à savoir les services urbains, interurbains et internationaux.

L'intégration tarifaire à Londres se limite aux déplacements métropolitains. L'organisation responsable du transport en commun à Londres, TfL, offre la possibilité d'acheter une *Oyster card*. Cette carte permet l'achat d'un titre unique ou d'une passe hebdomadaire, mensuelle ou annuelle. Cette carte donne accès à presque tous les services d'autobus, tramway, métro, train urbain et certains trains interurbains. Les services interurbains et internationaux doivent être achetés sur le site des opérateurs. Cependant, il est possible de payer directement avec une carte de paiement, paiement sans contact, et mobile dans la majorité des services de transport en commun⁵², limitant ainsi les barrières tarifaires et les délais pour conclure les transactions. En 2019, l'entreprise CityMapper a mis sur le marché une passe mensuelle, faisant concurrence à la Oyster. Celle-ci englobe les services de transports collectifs TfL (métro, trains légers et autobus), mais aussi le système de vélopartage public (*Santander Cycles*), le système privé de vélos et de trottinettes électriques (*Uber, Lime*) ainsi que des services de taxis (*Black Cabs Gett, Ride Hailing Free Now*)⁵³.

Pour améliorer l'accessibilité aux services, peu de stratégies semblent répertoriées sur les grandes gares étudiées. Pour la gare Paris-Nord en France, il est cependant illustré dans les plans de revitalisation des propriétaires que l'accessibilité piétonne est importante pour la fluidité des services. Pour ce faire, on retrouve plusieurs moyens tels que l'agrandissement des voies piétonnes dans la gare, l'installation de plusieurs escaliers roulants et d'ascenseurs ainsi que l'élargissement des terminaux de trains. Finalement, les propriétaires de la gare mentionnent aussi l'importance de connecter les arrivées d'un

30

⁵¹ Site officiel: https://citymapper.com/london?lang=fr

⁵² Site officiel: https://tfl.gov.uk/fares/how-to-pay-and-where-to-buy-tickets-and-oyster/pay-as-you-go/contactless-and-mobile-pay-as-you-go

⁵³ Site officiel: https://citymapper.com/pass/duper

service aux départs d'un autre service, en liant par exemple les terminaux de trains aux arrêts d'autobus (SNCF, 2018).

Pour ce qui est des services mobiles, l'application Transilien de la SNCF en France englobe tous les services de l'organisation, soit les trains urbains, interurbains et internationaux, mais aussi la micromobilité, le covoiturage et les taxis. Elle permet l'achat de titres, la planification des itinéraires, la personnalisation des déplacements et la consultation des horaires en temps réel⁵⁴. Elle n'englobe toutefois pas les services d'autobus ou de métro. Bien qu'il y ait également des applications privées comme CityMapper, les applications disponibles ne semblent pas couvrir l'étendue des services offerts à la Gare Paris-Nord, puisque ceux-ci ne couvrent pas les services internationaux. À Washington, l'opérateur de métro et d'autobus offre une application pour ses services. De plus, les applications les plus polyvalentes sont des applications privées comme CityMapper ou Transit. Ces applications couvrent tous les services d'Union Station⁵⁵. Il semble donc que les services internationaux ne soient pas couverts par les mêmes applications que les services métropolitains dans les gares étudiées.

Intégration urbaine

Par suite du plan de revitalisation du quartier King's Cross dans les années 2000, le gouvernement londonien et ses partenaires ont transformé 27 hectares de territoire industriel en un quartier vibrant, incluant des habitations, des bureaux, des commerces et des hôtels. L'espace mixte est composé de 47% de bureaux, 25% de lieux résidentiels, 10% d'établissements institutionnels (principalement lié à éducation) et 18% de commerces et d'hôtels (Adelfio et al., 2021). Le plan de revitalisation comprenait plusieurs espaces verts, comme des parcs, mais aussi l'ajout d'arbres et de passages piétonniers tout autour des deux gares du quartier (Argent St George et al., 2004). Il incluait également plusieurs espaces pour des services publics, tels que des musées ou des écoles (Argent St George et al., 2004).

Dans le cadre de son plan de revitalisation de 2024, le SNCF inclut une partie sur l'intégration urbaine de la Gare Paris-Nord. L'organisation identifie plusieurs objectifs, tels que la préservation de son architecture historique, l'ajout d'espace vert et la diversification de l'offre de services commerciaux pour plaire aux résidents du quartier (SNCF, 2017). En effet, l'objectif de faire de cette grande gare un espace local central est partagé avec celui de Londres.

Pour ce qui est d'Union Station, un plan de revitalisation a aussi été mis en place dans les dernières années. Le gouvernement américain avait pour but d'améliorer l'accessibilité à la station, les services intermodaux futurs et l'expérience utilisateur, de promouvoir la station comme un lieu clé de la région, de préserver son caractère historique tout en favorisant son intégration urbaine. Contrairement à King's Cross et St Pancras, le plan de revitalisation d'Union Station ne fait pas partie d'un plan de quartier, mais bien d'un plan pour assurer sa fonctionnalité intermodale ainsi que sa rentabilité. Le plan d'intégration urbaine inclut donc l'ajout de stationnement, la préservation du caractère historique, mais aussi l'ajout de passages piétonniers et d'espaces commerciaux (United States Department of Transportation & Federal Railroad Administration, 2020).

⁵⁴ Site officiel: https://www.transilien.com/fr/page-medias/applications

⁵⁵ Site officiel: https://citymapper.com/dc?lang=fr

3.2.5 Synthèse des résultats tirés des études de cas

Tableau 3-7: Synthèse des résultats tirés des études de cas

Typologie		Petite	e	Moy	/enne	Grande				
Nom		Gare de Bourg- en-Bresse (FR)	mobil.punkte (Brême, ALL)	Moncloa (Madrid, ESP)	Station Chatswood (Sydney, AUS)	King's Cross St. Pancras (Londres, GB)	Gare Paris- Nord (FR)	Union Station (Washington, USA)		
Année ouverture		1856	2003	1963	1890	1868	1866	1907		
Population métro		41 000	569 000	6,64 millions	5,31 millions	12,5 millions	12,2 millions	6 millions		
Modes	Train / train à grande vitesse	Plusieurs		Plusieurs	Sydney Trains	Eurostar	SNCF	Amtrak		
interurbains	Autocars	Plusieurs		Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs		
Modes urbains	Métro / train léger		BSAG	Madrid	MTS	TfL	RAPT/SNCF	WMATA		
	Autobus	Keolis	BSAG	EMT	Plusieurs	Plusieurs	RAPT	WMATA		
Modes actifs	Vélopartage	Keolis	nextbike	Bonopark		Plusieurs	Plusieurs	Capital BS		
	Trottinette			Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs		
	Trottoirs / passages piétons									
	Pistes cyclables									
	Stationnement vélo									
Services	Autopartage		Plusieurs				Plusieurs	Zipcar		
automobiles	Services de taxi	Plusieurs			Plusieurs	Black Cabs	Plusieurs	Plusieurs		
	Débarcadère (Kiss & Ride)									
	Location automobile	Plusieurs				Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs		
	Stationnement automobile									
Information	Site internet									
aux usagers	Bureau d'information									
	Application mobile	Rubis		MM360		Oyster	SNCF	WMATA		
Tarification	Forfaits multimodaux	OùRa		TTP	Opal	Plusieurs	SNCF	WMATA		
	Paiement sans contact									
	Wi-Fi									
	Bornes de recharge									
Commodités à	Toilettes publiques									
l'intérieur de la	Ascenseurs									
station	Café et commerces									
	Réception de colis									
	Autres									
Utilisation du	Résidentiel									
sol (500	Bureaux									
mètres)	Commerces									
	Cafés, bars ou restaurants									
	Services publics									
	Espaces vert / place									
	Lieux touristiques									
Gouvernance	Propriété	SNCF	Brême	Madrid	TAHE	NR	SNCF	DOT/Amtrak		
	Stratégie intermodale									
Financement	Subvention publique									
	Tarification opérateurs									
	Tarification des commerces									

Légende : public, privé, partenariat ou mélange public-privé, présent

32 CIRRELT-2022-04

4 Conclusion

Notre échantillon de 89 documents a permis d'effectuer une synthèse de la littérature scientifique et de la littérature grise. En outre, trois études de cas de références ont été réalisées, auxquelles plusieurs comparaisons ont été ajoutées. Nous présentons en conclusion les résultats de la revue de la littérature ainsi que des études de cas. Une discussion sur les lacunes de la littérature est ensuite proposée.

4.1 Résultats de la littérature scientifique

La revue de la littérature scientifique et de la littérature grise visait tout d'abord à définir les limites conceptuelles des carrefours de mobilité. Ensuite de comprendre le rôle et les objectifs qu'on lui confie ainsi que les cibles et les indicateurs de performance qu'on lui attribue. Puis, elle visait à déterminer si ces carrefours ont un impact réel sur la fluidité des déplacements des usagers. Elle visait finalement à établir les meilleures pratiques pour favoriser l'atteinte de ces objectifs.

Terminologie

Le champ lexical et les attributs utilisés pour décrire les carrefours de mobilité varient grandement d'un auteur à l'autre. Si la majorité des définitions réfèrent à des infrastructures physiques, on note un intérêt important pour ses aspects technologiques, en particulier les applications mobiles, ou plus généralement les carrefours intelligents de mobilité. Les synergies entre ces deux types d'infrastructures ne sont pas documentées. Au regard de la littérature scientifique, il semble qu'un carrefour intelligent de mobilité puisse être défini de la manière suivante:

Carrefour intelligent de mobilité: lieu physique ou virtuel, connectant au moins deux modes de transports collectifs, partagés ou actifs, dont la conception (ex. gouvernance, accessibilité physique, temps de correspondance, information disponible aux usagers, moyens de paiement, aménagement urbain, architecture, commerces et services environnants) est planifiée de manière à améliorer l'efficacité, la sécurité et l'agréabilité des déplacements pour les usagers et, plus généralement, favoriser l'atteinte des objectifs de la collectivité, notamment en matière de mobilité durable et d'accessibilité universelle.

Typologie

Les critères de classification utilisés pour comparer les carrefours varient également grandement d'un auteur à l'autre. Les critères répertoriés concernent la nature des modes de transport, les niveaux de service, la couverture géographique ainsi que la localisation à l'échelle métropolitaine ainsi que l'utilisation du sol autour du carrefour. Les critères utilisés pour classifier les carrefours sont la plupart du temps qualitatifs.

Dans le cadre de cette étude, nous avons par ailleurs distingué les carrefours virtuels des carrefours physiques. Les applications mobiles peuvent être définies comme des carrefours virtuels de mobilité puisqu'ils permettent aux utilisateurs de connecter efficacement différentes alternatives de transport comme le ferait une infrastructure physique. Ces applications peuvent être associée à différents niveaux d'intégration. Le premier niveau consiste en un planificateur de trajet et un explorateur d'alternatives de mobilité. Le dernier niveau permet aux utilisateurs de réserver des véhicules, de payer pour des services de transport, de souscrire à des abonnements de mobilité couvrant plusieurs services et opérateurs et offrant des incitatifs alignés avec les objectifs de la société (ex. réduire l'auto solo).

Objectifs, cibles et indicateurs de performance

La multimodalité alimente de grandes espérances quant à l'atteinte des cibles de mobilité durable. Une connexion fluide et étendue entre les modes et les services permettrait de concurrencer efficacement l'automobile. À cet égard, les carrefours de mobilité, qu'ils soient physiques ou virtuels, apparaissent comme des éléments importants des politiques de mobilité durable et des plans de transport. Très peu d'objectifs spécifiques sont cependant formulés concernant les carrefours de mobilité. Nous n'avons par ailleurs répertorié aucun indicateur de performance utilisé en pratique, bien qu'il existe une certaine littérature théorique sur le sujet. Nous n'avons par ailleurs trouvé aucune mention concernant des synergies entre les carrefours virtuels et les carrefours physiques de mobilité.

Conditions gagnantes d'implantation

L'analyse des meilleures pratiques recommandées dans littérature a révélé des opinions diversifiées. Les pratiques recommandées peuvent cependant être regroupées en quelques grandes catégories qui visent toutes à améliorer l'expérience de l'usager soit: un accès facile et sécuritaire aux carrefours, la qualité et la diversité des services offerts à l'intérieur et à l'extérieur, la propreté et la beauté des lieux, la cohérence et la clarté de l'information transmise aux utilisateurs, la coordination, la diversité et la portée des services de transport afin de minimiser les temps de déplacements et d'offrir un bon accès au territoire, la coopération des acteurs à l'échelle du territoire afin d'offrir des déplacements sans entraves ainsi que la définition d'objectifs, de cibles et d'indicateurs de performance.

4.2 Résultats des études de cas

Les études de cas avaient pour objectif de documenter le contexte d'implantation des stations, la nature et la portée des services de transport, les services connexes offerts aux usagers à l'intérieur et à l'extérieur de la station, les technologies et autres modes de communication avec les utilisateurs ainsi que les caractéristiques de la gouvernance et du financement des carrefours.

Contexte et intégration urbaine

La plupart des carrefours étudiés sont en service depuis une centaine d'années, soit avant l'avènement de l'automobile. Les villes et les quartiers se sont ainsi souvent naturellement développés autour d'elles. De manière plus récente, plusieurs carrefours étudiés sont des pièces maitresses de vastes plans de revitalisation urbaine. En ce sens, les carrefours semblent toujours des moteurs de croissance.

Diversité et portée des services de transport

Tous les carrefours étudiés, à l'exception de mobil.punkte, comprennent à la fois des services interurbains, urbains et actifs. En raison de la proximité des frontières, les gares européennes comptent par ailleurs souvent des services internationaux, peu importe le type de carrefour. Presque toutes les gares comptent des services de vélopartage et les gares plus importantes comptent également des services de trottinettes en libre-service. La plupart des carrefours ont une zone dédiée aux services de taxi ainsi qu'un débarcadère pour les déplacements bimodaux des autopassagers (*Kiss & Ride*). Les services de location de voiture et d'autopartage sont moins fréquents. Le stationnement pour les vélos est gratuit.

Commodités à l'intérieur des carrefours et services connexes situés autour

Les services offerts à l'intérieur des carrefours ou dans les alentours dépendent de la portée et de la diversité des modes de transport offerts. Dans les cas étudiés, plus la portée et la diversité des modes de transport sont grandes, plus les carrefours tendent également à diversifier leur offre de services connexes. Il semble logique qu'un carrefour avec des services de transport diversifiés ait un fort achalandage journalier, que les carrefours achalandés offrent plus de services connexes à leurs usagers et que les commerçants environnants se concentrent autour de ceux-ci.

Stratégie intermodale et multimodale

La plupart des carrefours ne font pas l'objet d'une stratégie intermodale. Aucun document officiel ne fait état de cibles ou d'indicateurs de performance précis visant à améliorer la fluidité des déplacements des utilisateurs. Les carrefours font cependant partie de stratégies multimodales plus générales. La plupart des gares ont été revitalisées ou modernisées au cours des 20 dernières années. Les principales modifications apportées concernent l'ajout d'infrastructures piétonnes et cyclables, afin de sécuriser et d'encourager les transports actifs, et d'espaces verts. On note par ailleurs une volonté de favoriser l'accessibilité des personnes à mobilité réduite, notamment par l'ajout d'ascenseurs. Toutes les gares en sont désormais équipées, alors qu'elles ne disposent pas toutes de toilettes publiques.

Gouvernance et financement

Les gares sont majoritairement possédées par des entités publiques (ville, gouvernement ou société d'État). La gouvernance des gares ne semble pas influencer les opérations des services de transport, qui sont eux opérés encore une fois par des entités publiques ainsi que des sociétés privées. Les gares sont financées au moyen de subventions publiques, mais aussi par une tarification des transporteurs et des commerces qui utilisent les infrastructures de la gare.

Information aux usagers, applications mobiles et intégration tarifaire

Tous les carrefours ont un site internet qui présente, de manière sommaire ou détaillée, les services offerts aux utilisateurs à l'intérieur. Tous les carrefours ont par ailleurs un bureau d'information pour orienter les utilisateurs et vendre des billets. La qualité de la signalétique (cohérence, clarté, visibilité) à l'intérieur des carrefours n'a pas été couverte.

La couverture des applications mobiles relativement à l'offre de modes de transport semble être liée à la gouvernance. On retrouve typiquement une application officielle par ville qui regroupe en tout ou en partie l'information sur les services de transport urbain (locaux ou métropolitains). Plus le nombre d'acteurs est élevé sur un territoire, moins l'intégration des services mobiles est complète. Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on retrouve une mixité d'acteurs publics et privés. Il en va de même pour l'intégration tarifaire. La multiplication d'opérateurs serait donc un frein à l'intégration des services. Les services de transport interurbains ne sont jamais intégrés dans les cas étudiés. Le paiement sans contact n'est pas une pratique répandue.

4.3 Lacunes dans les connaissances et les pratiques

Il apparait que les carrefours de mobilité sont des objets conceptuels et des outils de mobilité durable mal définis. Bien que leurs bénéfices semblent évidents, il apparait difficile de mesurer avec exactitude leurs retombées et de déterminer les conditions gagnantes face à une variété de contextes urbains.

L'analyse des diverses études de cas a permis de constater l'écart entre les publications scientifiques et les études de cas. En effet, la littérature identifie une multitude de bonnes

pratiques en ce qui a trait à l'aménagement fonctionnel d'un carrefour multimodal, aux indicateurs de performance ou aux stratégies de multimodalité. Cependant, dans les cas étudiés, bien que certaines pratiques semblent avoir été mises en application, très peu de ces pratiques sont documentées. Il est donc ardu d'analyser les pratiques et les stratégies des différentes parties prenantes d'une gare, puisque leurs détails sont plutôt limités dans les documents publics.

4.4 Répercussions

Pour la pratique

Les études de cas présentées dans le cadre de cette synthèse de connaissances comportent des pistes d'amélioration iet de réflexion intéressante pour les villes, les gouvernements et plus généralement les gestionnaires de carrefours qui souhaitent moderniser leurs infrastructures, entreprendre un projet de revitalisation urbaine ou ajouter une dimension à leur politique de mobilité durable.

Les gestionnaires de carrefours devraient chercher à développer des jeux de données pour permettre aux chercheurs de développer davantage de connaissances ainsi que des applications et des indicateurs de performance qui profiteront aux utilisateurs. Ces données devraient concerner à la fois les caractéristiques de l'offre (fréquence de services de transport, optimisation des correspondances, etc.) et de la demande (achalandage, enquête auprès de la clientèle), mais également des données sur la gestion de l'espace et l'utilisation des commodités (ex. achalandage commercial).

Pour la recherche

Il existe une vaste littérature scientifique sur les indicateurs d'accessibilité et de la multimodalité. Il serait ainsi intéressant de développer des indicateurs spécifiques pour les carrefours de mobilité. Il serait par ailleurs nécessaire d'établir plus clairement les relations de cause à effet entre les carrefours et les impacts sur les comportements de mobilité. Il pourrait par ailleurs être intéressant d'utiliser des données ouvertes sur l'utilisation du sol (ex. *OpenStreetMap*) pour documenter l'intégration urbaine des carrefours, permettant ainsi de développer des connaissances et fournir des critères neutres de classification. Plus généralement, il apparait nécessaire de proposer une grille objective de la qualité globale d'un carrefour de mobilité. Il serait finalement pertinent de développer des outils de conception de carrefours qui permettrait de les localiser efficacement dans l'espace (pour les usagers et les opérateurs) et de spécifier leurs modalités opérationnelles.

4.5 Activités de mobilisation des connaissances

Les résultats de cette synthèse de connaissance seront tout d'abord publiés sur le site internet du CIRRELT. Ensuite, un courriel sera acheminé aux gestionnaires de carrefours (ex. société de transport, villes, opérateurs, société d'investissement) afin de les aviser de la publication de cette synthèse de connaissances. Ils seront finalement conviés à un Webinaire qui permettra un échange de perspectives professionnelles sur les pratiques après une courte présentation des résultats.

36

5 Références

- Adelfio, M., Hamiduddin, I., & Miedema, E. (2021). London's King's Cross redevelopment: a compact, resource efficient and 'liveable' global city model for an era of climate emergency? Urban Research and Practice, 14(2), 180–200. https://doi.org/10.1080/17535069.2019.1710860
- Al Maghraoui, O., Vallet, F., Puchinger, J., Yannou, B., & Un, B. Y. (2017). Un cadre conceptuel pour concevoir le système de mobilité urbaine. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01526768
- Al-Rahamneh, A., Astrain, J. J., Villadangos, J., Klaina, H., Guembe, I. P., Lopez-Iturri, P., & Falcone, F. (2021). Enabling Customizable Services for Multimodal Smart Mobility with City-Platforms. IEEE Access, 9, 41628–41646. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3065412
- Allard, R. F., & Moura, F. (2015). Transport Reviews The Incorporation of Passenger Connectivity and Intermodal Considerations in Intercity Transport Planning The Incorporation of Passenger Connectivity and Intermodal Considerations in Intercity Transport Planning.
- Arcadis. (2018). Improving Qulity of Life Through Transit Hubs.
- Argent St George, Continental Railway, & Exel. (2004). King's Cross Central.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. International Journal of Social Research Methodology, 8(1). https://doi.org/10.1080/1364557032000119616
- ARUP, RAIL, N., & Arup. (2019). Tomorrow's living station. https://www.arup.com/perspectives/publications/promotional-materials/section/tomorrows-living-station
- Astruc, C., & Durand-Delabre, F. (2017). Exploitation des pôles d'échanges.
- Badi, S., & Pryke, S. (2016). An international study of the processes and stimulants of large transport hubs and the effects on urban developments in the UK, China and India.
- Bailey, K., 1994. Typologies and Taxonomies: An Introduction to Classification Techniques.
- Bernal, L. M. (2016). Basic Parameters for the Design of Intermodal Public Transport Infrastructures. Transportation Research Procedia, 14, pp 499-508. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.104
- Beroiza, I. J., Zanartu, M. G., & Vega, R. M. (2017). Intermodal transfer from node to place. Proceedings 11th International Space Syntax Symposium, SSS 2017, 69.1-69.18. https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?mid=cpx_45f348ab15f4a116579M772910 178163176&database=cpx
- Bracco, S., Longo, M., Pastorelli, A., & Ramundo, S. (2018). Creation of Hubs for Sustainable Mobility. 2018 2nd European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS). Proceedings. https://doi.org/10.1109/EECS.2018.00061
- Bubelíny, O., Kubina, M., & Varmus, M. (2021). Railway Stations as Part of Mobility in the Smart City Concept. Transportation Research Procedia, 53, pp 274-281. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.039
- Cacheux, J.-B. (2015). Déploiement d'une nouvelle approche de la mobilité par TRANSDEV sur le territoire de la métropole grenobloise. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01900937
- Callegati, F., Gabbrielli, M., Giallorenzo, S., Melis, A., & Prandini, M. (2017). Smart mobility for all: a global federated market for mobility-as-a-service operators. 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). https://doi.org/10.1109/ITSC.2017.8317701
- Consorcio Regional de Transportes de Madrid. (2009). Plan Estratégico de Movilidad Sostenible de la Comunidad de Madrid 2013-2025. www.crtm.es/plan-estrategico-movilidad-sostenible
- Conticelli, E., Gobbi, G., Rosas, P. I. S., & Tondelli, S. (2021). Assessing the performance of modal interchange for ensuring seamless and sustainable mobility in European cities. Sustainability (Switzerland), 13(2), 1–26. https://doi.org/10.3390/su13021001
- Conticelli, E., Saavedra, P. I., & Tondelli, S. (2020). Exchanging Experiences on Modal Interchange Policies to Foster a Low-Carbon Urban Mobility: The MATCH-UP Methodology. https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1608111376.pdf
- Crowther, J., Mangle, K., Abe, D., Maines, K., Hesse, E., Sherman, J., Hoyt-McBeth, S., Falbo, N., Berkow, M., Igarta, D., Hurley, P., & Lonsdale, S. (2020). Mobility Hub Typology Study.

- Daudén, F. J. L., Carpio-Pinedo, J., & García-Pastor, A. (2014). Transport Interchange and Local Urban Environment Integration. Procedia Social and Behavioral Sciences, 160, 215–223.
- Denver DoT&I. (2016). Multi-Modal Hub Case Studies.
- Enbel-Yan, J., & Leonard, A. (2012). Mobility Hub Guidelines: Tools for Achieving Successful Station Areas. In Journal (Vol. 82).
- Engel-Yan, J., Salsberg, L., Novoa Camino, A., & Woo, L. (2011). Mobility Hub Guidelines.
- European Union. (2021). MATCH-UP Interreg Europe. https://www.interregeurope.eu/match-up/
- Fairfax County, 2013. Mobility hubs for tysons corner metrorail stations: conceptual design plans.
- Geurs, K., van Wee, B., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. J. Transp. Géography 12, 127–140.
- Godin, A., 2012. L'accessibilité en transport: méthodes et indicateurs (Maîtrise). Polytechnique Montréal.
- Heddebaut, O., & di Ciommo, F. (2018). City-hubs for smarter cities. The case of Lille "EuraFlandres" interchange. European Transport Research Review, 10(1), 14p. https://doi.org/10.1007/s12544-017-0283-3
- ITF, 2019. Video Mobility as a Service (MaaS): Success factors for integrated mobility solutions? [WWW Document]. URL https://2019.itf-oecd.org/videos (accessed 3.7.20).
- JMP Consultants Limited Abacus House. (2014). King's Cross Central Limited Partnership. www.jmp.co.uk
- Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., & Schäfer, A. (2016). A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. Transportation Research Procedia, 14, 3294–3303. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.277
- Kumar, P., Parida, M., Swami, M., 2013. Performance Evaluation of Multimodal Transportation Systems. Procedia Soc. Behav. Sci. 107, 195–804.
- Laing O'Rourke. (2019). Chatswood Transport Interchange. www.laingorourke.com.au
- Lapierre-Grimard, & Maxime. (2014). La mobilité urbaine dans le Grand Montréal : analyse de l'intermodalité à travers son corollaire, le pôle d'échanges intermodaux.
- Luginger, L. (2016). Success Factors of Integrated Multimodal Mobility Services.
- Mairie de Paris, SNCF, AREP, & Wilmotte & Associés. (2015). Transforming Paris-Nord Station 2015-2023.
- McKinsey & Company. (2018). Elements of success: Urban transportation systems of 24 global citie.
- Mendoza Rodríguez, A. (2012). Analisic de las Estaciones del Metro de Madrid Segun la Distribucion Horaria de los Viaieros.
- Metrolinx, 2011. Mobility hub guidelines for the Greater Toronto and Hamilton Area.
- Michaud, C., 2019. Méthode de diagnostic du niveau d'équité d'un réseau de transport collectif. Polytechnique Montréal, Montréal.
- Monzón, A., Hernández, S., & di Ciommo, F. (2016). Efficient Urban Interchanges: The City-HUB Model. Transportation Research Procedia, 14, pp 1124-1133. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.183
- Morency, C., Milord, B., Deschaintres, É., Narrainen, A., 2020. Shared Mobility: International Scan on Mobility Strategies. Transport Canada.
- NSW Government. (2018). Upgrade of the Epping to Chatswood line. www.sydneymetro.info
- OCDE. (2016). INTERMODAL CONNECTIVITY FOR DESTINATIONS.
- OECD, 2020. Cities in the World A New Perspective on Urbanisation.
- Peters, K. (2009). Riga International Airport The Air Traffic Hub of the Baltic Region. International Airport Review, 13(3), pp 42-43. https://trid.trb.org/view/890718
- Pitsiava-Latinopoulou, M., & Iordanopoulos, P. (2012). Intermodal Passengers Terminals: Design Standards for Better Level of Service. Procedia Social and Behavioral Sciences, 48, pp 3297-3306. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1295

- Richer, C., & Vuidel, G. (2013). L'intensité nodale, une évaluation de la performance de l'intermodalité dans les pôles d'échanges L'intensité nodale, une évaluation de la performance de l'intermodalité dans les pôles d'échanges. Application à la gare de Besançon-Viotte Cyprien Richer (1) et Gilles Vuidel (2) 6. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00798567
- Richer, C., Bentayou, G., & Depigny, B. (2018). Les pôles d'échanges, de la gestion de l'intermodalité aux nouveaux enjeux pour l'espace public. Transports, Infrastructures & Mobilité, 507, 18–24.
- Richer, C., Rabaud, M., & Lannoy, A. (2015). L'intermodalité au quotidien. Un panorama de la mobilité intermodale en France. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01386613
- Richer, C., Vuidel, G., 2013. L'intensité nodale, une évaluation de la performance de l'intermodalité dans les pôles d'échanges L'intensité nodale, une évaluation de la performance de l'intermodalité dans les pôles d'échanges. Application à la gare de Besançon-Viotte Cyprien Richer (1) et Gilles Vuidel (2) 6.
- Rigo, N., Hekkenberg, R., Hadahzi, D., Ndiaye, A., Simongati, G., Hargitai, C., Lundoluka, F., Halet, F., 2007. Integrated Indicator for the sustainable assessment of intermodal chains; Application to the transport of cargos from Frankfurt am Main (Germany) to Sofia (Bulgaria). European Inland Waterway Navigation Conference.
- RTD, 2019. RTD Mobility Hub Guidelines.
- Šemanjski, I., Mandžuka, S., & Gautama, S. (2018). Smart mobility. Proceedings Elmar International Symposium Electronics in Marine, 2018-September, 63–66.
- SNCF. (2017). Grand Projet Paris Gare du Nord 2024.
- SNCF. (2018). The Gare du Nord Will Triple in Size by 2024.
- Sochor, J., Arby, H., Karlsson, M., Sarasini, S., 2017. A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals.
- The South East of Scotland Transport Partnership. (2020). Mobility Hubs: A Strategic Study for the South East of Scotland. https://share-north.eu
- Thibault, M.-O. (2017). Types de mobilité associés aux points de jonction : cas des enquêtes originedestination de la grande région de Montréal . https://publications.polymtl.ca/2692/1/2017_MarcOlivierThibault.pdf
- TransLink (2019). Identifying Best Practices for Mobility Hubs, Prepared for TransLink by Saki Aono (UBC Sustainability Scholar), 72 p. https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/Sustainability%20Scholars/2018_Sustainability_Scholars/Reports/2018-71%20Identifying%20Best%20Practices%20for%20Mobility%20Hubs_Aono.pdf
- TransLink, 2019. Identifying Best Practices for Mobility Hubs.
- Transport Infrastructure. (2005). Chatswood Transport Interchange Contract Summary.
- United States Department of Transportation, & Federal Railroad Administration. (2020). Washington Union Station Expansion Project.
- Wang, D., Cao, X., 2017. Impacts of the built environment on activity-travel behavior: Are there differences between public and private housing residents in Hong Kong? Transp. Res. Part Policy Pract. 103, 25–35. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.018
- WB, 2021. World Bank Country and Lending Groups. URL https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups (accessed 10.29.21).
- Wu, H., Levinson, D., Sarkar, S., 2019. How transit scaling shapes cities. Nat. Sustain. 2, 1142-1148.
- Xu, G., Zhang, R., Xu, S. X., Kou, X., & Qiu, X. (2021). Personalized Multimodal Travel Service Design for sustainable intercity transport. Journal of Cleaner Production, 308.
- Yatskiv, I. (Jackiva), & Budilovich, E. (2017). A Comprehensive Analysis of the Planned Multimodal Public Transportation HUB. Transportation Research Procedia, 24, pp 50-57.
- Yin, R., 2009. Case Study Research: Design and Methods, Fourth Edition. ed. Sage Publications.

6 Annexe A: Définitions

Cette section présente, dans leur intégralité et leur langue d'origine, les définitions répertoriées lors de la revue de la littérature scientifique et grise.

- An interchange node can be defined as a place where two or more means of transportation interconnect.
- 3. L'intermodalité relie les éléments de l'infrastructure et des véhicules.
- 4. Les interactions intentionnelles sont effectuées par des acteurs où d'autres éléments sont l'objet de leur intention de faire une action (par exemple un passager a l'intention d'utiliser un vélo entre la station de métro et son travail).
- 5. Les interactions normatives représentent des règles pour faire fonctionner un élément technique ou un acteur, p. Ex. un transporteur public oblige les passagers à avoir des billets valables.
- 6. La mobilité urbaine est un système complexe où les utilisateurs jouent un rôle important en définissant sa dynamique et en intervenant dans sa performance
- 7. The SCs (smart cities) is a terminology given to urban areas that use information and communications technologies (ICTs), to support various domains and municipal services, e.g., in governance to create a collaborative process for city management, in mobility to provide personalized and on-demand mobility services, and an environment to solve pollution issues.
- 8. IoT (Internet of Things) refers to the interconnection of heterogeneous objects or things on the Internet, capable of collecting and exchanging data.
- 9. Interoperability: easy integration of any system/data into the platform, no matter the data format.
- 10. We conceive multimodal smart mobility as a customized and on-demand service provided to users to solve their mobility needs effectively and efficiently.
- 11. We mean connectivity of transport services (transfers, terminals and scheduling), of information and payment systems (information and communication technology (ICT) usage and combined ticketing) and of origins and destinations (network design).
- A set of measures coordinated to improve the efficiency and environmental sustainability of cities
- 13. La mobilité est une notion relative à la capacité de déplacer une chose, un bien, une personne d'un endroit à un autre et cela en un certain temps et avec certains moyens.
- 14. The concept of Smart Product-Service System (SPSS) provides opportunities to address these challenges, which is a novel systematic design methodology. SPSS uses Smart and Connected Products (SCPs) to provide continuously improved services based on the usage data of SCPs.
- 15. It is also known as an important facilitator of integrated transport system Mobility as a Service (MaaS), which refers to the system that efficiently integrates different modes of transport and provides joint channel for travelers to plan, book, and pay for multiple types of mobility services.
- 16. The intercity public transport system can be divided into two parts: intercity part and innercity part. The intercity part contains various direct transport links between two different cities while the innercity part mainly refers to the transfer links between different intercity links within a city.
- 17. In general, multimodal intercity transport is a complex system that involves multiple transport modes, routes, and schedules, which may have diverse properties on travel time, fare rate, reliability, comfortable level, etc.
- 18. Travel time refers to the total time spend from departure at the origin station to arrive at the destination station. It mainly consists of two parts, the transport time spend in each link and the time waiting at the station and leaving the station.
- 19. The cost refers to the sum of ticket fees along the entire multimodal transport.
- 20. Reliability is an important indicator for the uncertainties of travel time. In literature, it is usually measured by the possibility of on-time services, or the variance of travel time.

- 21. The comfort level refers to the subject feeling of travellers on the transport process and environment.
- 22. The convenience level is closely related to the number of transfer times along the whole trip.
- 23. A software functionality for mobility, provided in a machine-readable form.
- 24. An entity that owns, administrates, and exposes eMobility services.
- 25. A MaaS operator provides to its users eMobility and transit services of other operators as its own.
- 26. Users of a MaaS operator can transparently use services of other federated operators.
- 27. It considers a broad spectrum of factors that ease the accessibility of the interchange nodes, ranging from the embedment of the universal design principles in the hub's space configuration to the presence of different transit access points and to the quality and quantity of nearby pedestrian paths and cycle lanes.
- 28. The universal design principle applied in transportation is aimed at creating accessible and inclusive infrastructures, providing the same opportunities to all, avoiding discrimination in access, and ensuring social integration
- 29. High levels of pedestrian accessibility should be present not only within the transport hubs, but also in their urban surroundings, linking the different transport access points together and with the city pedestrian network.
- 30. Finally, it worth also mentioning wayfinding as a complementary key factor to the general layout of the interchange space, that reduces the need of signing by giving indications about the networks and the spaces of the interchange, based on the cognitive attitudes of the users to interpret them.
- 31. Planning the interchange in our study refers to a policy approach based on integrating different urban and transport policies and planning oriented to boost an efficient modal interchange.
- 32. Intermodality is a policy and planning principle that aims to provide a passenger using different modes of transport in a combined trip chain with a seamless journey.
- 33. Design ("street network characteristics in the area").
- 34. Smart cities are concerned with new consideration towards environment, such as new ways for consuming and producing clean energies through mobility, oriented with new uses of information, but also better interconnection of networks, including transport means and infrastructure.
- 35. Smart computing refers to a new generation of integrated hardware, software, and network technologies that provide IT systems with real-time awareness of the real world and advanced analytics to help people make more intelligent decisions about alternatives and actions that will optimize business processes and business balance sheet results.
- 36. Intermodal city hubs are specific infrastructures that can combine these concepts by enhancing the mobility fluidity, the use of connected tools, and develop urban new neighbourhoods within the combination of transport and urbanism policies seeking conviviality and trying to enhance urban amenities for their citizens.
- 37. By Smart Mobility we mean ICT supported and integrated transport and logistics systems.
- 38. Transport infrastructures are also seen as a means to contribute to smarter a city and provide its inhabitant with a better quality of life
- 39. Intermodal transport interchanges are specific infrastructures enabling this smart mobility.
- 40. An interchange is an area whose purpose is to minimize the inevitable sensation of having to change from one mode of transportation to an-other, and efficiently using the inevitable waiting time.
- 41. The social link represents the necessity to deploy inclusive mobility where persons with special needs could access the transport modes at a fair price.
- 42. The co-ordination of modes is related to the involvement of different stakeholders in a common governance framework to plan interchange practices and urban space with an urban sustainable scope.
- 43. The term Mobility as a Service (MaaS) stands for buying mobility services based on consumer needs instead of buying the means of mobility.

- 44. Ticket & Payment integration: when one smart card or ticket can be used to access all the modes taking part in the service and one account is charged for the use of those services.
- 45. Mobility package: when customers can pre-pay for a specific amount (in time or distance) of a combination of mobility services.
- 46. ICT integration: when there is a single application or online interface that can be used to access information about the modes.
- 47. Sécurité et sûreté : la sécurité (protection contre des crimes) et la sûreté (protection contre les blessures occasionnées lors du déplacement dans le réseau) sont deux facteurs intimement liés qui ont une incidence importante sur le processus décisionnel des individus en matière de déplacement.
- 48. L'information et la signalétique sont indispensables dans un pôle d'échanges puisqu'ils permettent aux usagers de s'orienter et de circuler à la fois dans l'établissement que dans le r 'seau de transport en tant que tel.
- 49. Un déplacement intermodal signifie un déplacement soit avec correspondance (entre même modes) ou en effectuant un report modal (entre différents modes).
- Thus, mobility only describes the need of spatial change without any statement about the modal choice.
- 51. According to Böhler (2010) mobility offers present location-based services that provide for people's mobility, offered by local public transportation companies, companies that operate on behalf of public authorities, private bus companies, taxi companies or car rental companies
- 52. In this context the term Sharing economy is used and defined as the collaborative consumption built on the activities of sharing, exchanging and rental of human or physical resources.
- 53. Multimodality describes the general usage of several modes of transport ("multi modi") in a defined period of time, usually a seven day week.
- 54. By contrast, monomodality describes the use of only one mode and often is associated with the motorized individual transport.
- 55. It can be described as a combination of different means of transport during a single journey. Intermodality therefore requires a transfer from one to another means of transport.
- 56. Mobility stations are multimodal connection points, with their scope exceeding the usual bimodal connections (such as Park&Ride or Bike&Ride) and combing, for example, car sharing, bike sharing, public transportation, as well as the parking of private bicycles and cars in several combinations.
- 57. The concept of Intermodality, as part of sustainable mobility, refers to the door-to-door transfer of people or goods by using several means of transport, including walking or cycling.
- 58. "Safety" deals with protection of passengers against weather conditions, separation of passengers' moves and the maneuvering of transport modes and security measures for every individual.
- 59. Interchanges are intermodal facilities established at connection points of different transport modes of a collective urban transport network (or in many cases connection points between different routes of the same mode).
- 60. On street facilities are various public transport stops that serve different routes of bus or tram networks or transfers between different modes.
- 61. Park and Ride stations are facilities that provide adequate parking mainly at urban transport terminals.
- 62. Dans les travaux de recherche, l'intermodalité est un concept qui renvoie à la « possibilité de passer d'un mode de transport à un autre ».
- 63. Si la monomodalité peut être facilement délimitée par l'usage d'un seul mode de transport au cours d'un déplacement, la multimodalité est parfois comprise comme l'usage de deux modes au moins utilisés au cours d'un seul et même déplacement.
- 64. Ces mesures du « coût » de la rupture de charge, analysées à travers les perceptions subjectives des usagers, attirent l'attention sur le côté généralement éprouvant et répulsif des correspondances.

- 65. Un « déplacement » correspond à une mobilité pour un motif (ex. domicile-travail) et peut être constitué de plusieurs traiets (ou voyages dans le jargon des transports collectifs).
- 66. Aménager un pôle d'échanges, c'est rechercher une cohérence physique dans des espaces contraints, organiser et faciliter les interactions entre les différents usages; en d'autres termes, il s'agit de créer un lieu intense et intégré qui parle un même « langage ».
- 67. Angelidou defines smart cities as those urban settlements which make a conscious effort to capitalize on the new ICT landscape in a strategic way, seeking to achieve prosperity, effectiveness and competitiveness on multiple socio-economic levels.
- 68. Generally, urban mobility can be defined as the possibility of movement of individuals in urban space in an organized and coherent manner in accordance with their physiological, intellectual and socio-economic needs, and using existing transport, utilities and ICT infrastructure.
- 69. Intelligent transport systems comprehend advanced applications which aim to provide innovative services relating to different modes of transport (e.g. road, rail, public transport, biking etc.) and traffic management.
- 70. Cooperative intelligent transport system can be defined as a combination of technologies, people and organizations which enables communication and coordination required for achieving a common goal of a certain group which performs various activities, for the benefit of all participants.
- 71. Smart mobility is often seen as largely permeated by ICT, used in both backward and forward applications, to support the optimization of traffic fluxes, but also to collect citizens' opinions about livability in cities or quality of local public transport service
- 72. En transport de passagers, l'intermodalité se définit comme «un usage successif de plusieurs modes de transport au cours d'un déplacement, soit un déplacement qui combine au moins deux modes ».
- 73. A location where mobility options are intentionally linked to one another and to amenities to make getting around Portland more convenient, seamless, and enjoyable for the purpose of advancing mobility, climate, and equity goals.

7 Annexe B : Carrefours considérés à des fins d'études de cas

Tableau 7-1 : Carrefours considérés à des fins d'études de cas et critères de sélection

	Туре	[1] Population (milliers)	Lieu	Portée	Services de transports	Littérature et palmarès	[2] Au moins trois documents	[3] Nordicité et [4] statut économique
Centraal Station (Rotterdam, Pays-Bas)	G	1850	С	I, IU, L	T, M, B, C, V, S	5	X	S
Nørreport Station (Copenhague Danemark)	G	1900	С	I, IU, L	T, M, B, A, C, V, S	4, 7		N, S
Gare de Lyon-Part-Dieu (Lyon, France)	G	2105	С	I, IU, L	T, M, B, A, C, V, X, S	4, 7	X	S
Union Station (Washington, États- Unis)	G	9115	U	IU, L	T, M, B, A, X, S	5, 7	X	N, S
King's Cross and St Pancras stations (Londres, Angleterre)	G	12480	С	I, IU, L	T, M, B, A, V, X, S	5, 6, 7, 8	X	S
Gare de Paris-Nord (Paris, France)	G	12920	С	I, IU, L	T, M, B, A, C, V, X, S	5, 8	Х	S
Central Railway Station (Riga, Lettonie)	М	933	С	I, IU, L	T, B, V	1, 2		N, S
Chatswood Station (Sydney, Australie)	М	5310	Р	IU, L	T, M, B, V, S	5	X	S
Moncloa (Madrid, Espagne)	М	6640	С	IU, L	M, B, C, V, S	4, 7	X	S
Gare de Bourg-en- Bresse, (Bourg-en-Bresse, France)	Р	41	U	IU, L	T, B, A, V, X, S	4, 7	X	S
Mjärdevi Center, (Linköping, Suède)	Р	165	Р	L	B, V, A	9		N, S
Mobil.punkte (Brême, Allemagne)	Р	569	U	L	V, A, S	11, 12	Х	N, S
Islington Subway Station (Toronto, Canada)	Р	7370	Р	L	M, B, S	8	X	N, S
La Cisterna (Santiago, Chile)	Р	7515	U	L	M, B	3, 5		

Source : OCDE.stats et compilation des auteurs

Notes: [1] À l'exception de Bourg-en-Bresse et Linköping, la taille de la population correspond à l'aire urbaine fonctionnelle (ou région métropolitaine) selon la définition et les estimations de l'OCDE (OECD, 2020); [2] Au moins trois documents ou sites internet discutant des services, de la gouvernance, du financement ou encore de l'aménagement du carrefour; [4] Selon la classification de la Banque mondiale (WB, 2021) [3] Avec une température minimale moyenne inférieure à zéro au moins deux mois par année et environ une dizaine de jours de neige selon Meteoblue (https://www.meteoblue.com)

Légende: Type de carrefours: grand (G), moyen (M) et petit (P); Lieu: centre-ville (C), aire urbanisée (U), périphérie (P); Portée des services de transport: International (I), Interurbain (IU), Locaux (L); Services de transport: train ou train grande vitesse (T), autocar interurbain (C), métro, tramway ou système de train léger du rail (M), autobus (B), vélopartage ou trottinettes (V), autopartage ou services de location (A) ou taxi (X), stationnement (S); Littérature et palmarès: (1) Peters (2009), (2) Yatskiv & Budilovich (2017), (3) Beroiza et al. (2017) ou (4) Richer et al. (2018): (5) Arcadis (2018), (6) OCDE (2016), (7) Denver DoT&I (2016), (8) McKinsey & Company (2018), (9) ARUP et al. (2019), (10) Bracco et al. (2018) (11) Luginger (2016), (12) The South East of Scotland Transport Partnership (2020); Documentation: au moins 3 documents (X); Autres: Nordicité (N) et statut économique (S).