Le transport par câble:
INTRODUCTION ET ÉTUDE

Société de transport de Laval (STL) – Laval (Québec)

Creative Urban Projects
Été 2011

METROCABLE DE MEDELLÍN

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE IV

1.0 INTRODUCTION 1
- 1.1 ORIGINES DU PROJET 2
- 1.2 SOURCES EXPLOITÉES 3
- 1.3 HISTOIRE DU TRANSPORT PAR CÂBLE 4
- 1.4 FRISE CHRONOLOGIQUE DU TRANSPORT PAR CÂBLE 6
- 1.5 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU CÂBLE 8

2.0 TECHNOLOGIES PAR CÂBLE 9
- 2.1 INSTALLATION MONOCÂBLE DÉBRAYABLE (MDG) 10
- 2.2 INSTALLATION BICÂBLE DÉBRAYABLE (BDG) 11
- 2.3 INSTALLATION TRICÂBLE DÉBRAYABLE (3S) 12
- 2.4 FUNITEL 13
- 2.5 TRAMWAY AÉRIEN 14
- 2.6 TÉLÉPULSÉ (CABINES GROUPÉES) 15

3.0 MEILLEURES PRATIQUES - GÉNÉRALITÉS 16
- 3.1 CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE 17
- 3.2 FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN 21

4.0 SYSTÈMES DE TRANSPORT PAR CÂBLE EN SERVICE 26
- 4.1 LA LIGNE K DU METROCABLE DE MEDELLÍN, COLOMBIE 28
- 4.2 LA LIGNE J DU METROCABLE DE MEDELLÍN, COLOMBIE 30
- 4.3 LE METROCABLE DE CARACAS, VENEZUELA 32
- 4.4 LE TELEFÉRICO DO ALEMÃO 34
- 4.5 RIO DE JANEIRO, BRÉSIL 34
- 4.6 LA TÉLÉCABINE DE CONSTANTINE, ALGÉRIE 36
- 4.7 LA TÉLÉCABINE DE TLEMCEN, ALGÉRIE 38
- 4.8 LA TÉLÉCABINE DE SKIKDA, ALGÉRIE 40
- 4.9 ROOSEVELT ISLAND TRAM, NEW YORK, É.U. 42
- 4.10 LE TRAMWAY AÉRIEN DE PORTLAND, É.-U 44
- 4.11 LA LIGNE L DU METROCABLE – CABLE ARVI, MEDELLIN, COLOMBIE 46
- 4.12 LE RHEINSEILBAHN DE COBLENCE, ALLEMAGNE 48
- 4.13 LE TELEFÉRICO WARAIRAREPANO DE CARACAS, VENEZUELA 50
- 4.14 LE NGONG PING 360 DE HONG KONG, CHINE 52
- 4.15 LE TÉLÉPHÉRIQUE DE SINGAPOUR, SINGAPOUR 54
- 4.16 LE FUNIVIA DEL RENON DE BOLZANO, ITALIE 56
- 4.17 LE TÉLÉPHÉRIQUE SUR LA TAMISE, À LONDRES 58
- 4.18 VILLES ENVISAGEANT LE TRANSPORT PAR CÂBLE 59
- 4.19 DONNÉES TECHNIQUES PAR SYSTÈME 60
  - 4.19.1 EXPLICATION DE CERTAINES DONNÉES 62
  - 4.19.2 AUTRES VARIABLES 64

5.0 DERNIERS POINTS À GARDER À L'ESPRIT 69

RÉFÉRENCES 70

RÉFÉRENCES PHOTOGRAPHIQUES 72

Le transport par câble:
INTRODUCTION ET ÉTUDE

Société de transport de Laval (STL) - Laval (Québec)

SOMMAIRE

Qu'est-ce que le transport par câble?

Le transport par câble est une technologie de transport qui permet de déplacer les personnes dans des véhicules non motorisés (des cabines) propulsés par câble. Cette technologie peut être divisée en deux catégories, à savoir les systèmes de déplacement de personnes au sol et les systèmes téléportés.

La présente étude portera principalement sur les systèmes de transport par câble téléportés. Traditionnellement connue pour son utilisation dans les centres de ski et à des fins récréatives, cette technologie fait une entrée remarquée dans l'environnement urbain. En effet, un nombre grandissant de sociétés de transport – tant publiques que privées – sur la scène internationale ont recours à cette technologie, qui vient s'harmoniser avec leurs réseaux de transport en commun.

À la lumière des dizaines de villes qui planifient, explorent et construisent des systèmes de transport par câble, il apparaît évident que cette technologie passera d'un statut autrefois d'exception à une solution viable dans le marché du transport urbain en plein essor.

L'HISTOIRE DE LA TECHNOLOGIE PAR CÂBLE

Le câble est utilisé aux fins de transport depuis des milliers d'années, comme en témoignent les écrits historiques. Au gré de l'évolution de la technologie, le câble a vu son rôle changer. Tout d'abord principalement utilisé à des fins militaires et industrielles, il en est venu à occuper une place dominante sur le marché des loisirs et des centres de ski. Aujourd'hui, le câble entreprend un changement de cap important et entre dans une nouvelle ère, celle de la ville.

250 AV. J.-C.

Des gravures trouvées dans des grottes anciennes en Chine illustrent que le câble est l'une des plus vieilles technologies de transport du monde

1536

Des croquis montrent l'utilisation du câble pour transporter l'or en Amérique du Sud

1616

Un dessin datant de l'époque médiévale reproduit le système par câble utilisé pour traverser les cours d'eau

1834

Invention du câble en acier en Allemagne

1872

Invention de la pince débrayable en Autriche

1882

Inauguration du tramway à traction par câble de San Francisco, en Californie; le tramway à traction par câble de Chicago fait ses preuves sur terrain plat et par temps froid

1930

La Schauinslandbahn, à Fribourg, en Allemagne, est l'un des premiers téléportés débrayables

1936

Premier centre de ski en Amérique du Nord à s'équiper d'un télésiège à Sun Valley, Idaho

1976

Premier trajet inaugural du Roosevelt Island Tramway à New York

2004

2008

Premier STC intégré au réseau de transport urbain à Medellín, Colombie; deuxième ligne mise en service en 2008

1998

Télécabine sur terrain plat construite pour l'exposition universelle de Lisbonne, Portugal

2010

Premières cabines « de conception urbaine », spécialement conçues pour le transport urbain, dans le système de transport par câble de Coblence

USAGE LOCAL ET PONCTUEL

À l'origine, la technologie du transport par câble se résumait principalement à des outils ou instruments ruraux et improvisés qui servaient notamment à traverser les cours d'eau et à déplacer du matériel.

USAGE INDUSTRIEL

La période industrielle a été le théâtre de plusieurs avancées importantes de la technologie du câble, au nombre desquelles l'invention du câble en acier et de la première pince monocâble.

USAGE RÉCRÉATIF

Réputé pour son efficacité pour gravir les montagnes et atteindre des destinations difficiles d'accès, le câble a été adopté par l'industrie touristique et les centres de ski partout dans le monde.

USAGE URBAIN

Dans les années 70 et 80, le câble était perçu par une poignée d'ingénieurs de transport visionnaires comme l'une des solutions de rechange aux véhicules autopropulsés. De nos jours, grâce à de nombreuses percées dans la technologie du câble, celle-ci trouve enfin la reconnaissance qui lui est due dans le marché urbain.

2011

Rio de Janeiro inaugure une ligne de six stations qui survole le quartier Complexo do Alemão

TECHNOLOGIES DU TRANSPORT PAR CÂBLE

Il existe à l'heure actuelle six principales technologies de transport par câble téléporté:

	MDG installation monocâble débrayable	BDG installation bicâble débrayable	3S Installation tricâble débrayable	FUNITEL	TRAM AÉRIEN	TÉLÉPULSÉ cabines groupées

Les caractéristiques de ces systèmes diffèrent selon la technologie employée:

VITESSE MAXIMALE	~22 km/h	~27 km/h	27+ km/h	~27 km/h	~45 km/h	~22 km/h
CAPACITÉ MAXIMALE *personnes par heure et par direction*	Jusqu'à 4 000 pphpd	Jusqu'à 4 000 pphpd	6 000 - 8 000 pphpd	4 000 - 5 000 pphpd	Jusqu'à 2 000 pphpd	Jusqu'à 2 000 pphpd
VITESSE MAXIMALE DE VENT POUR L'EXPLOITATION	Jusqu'à 70 km/h	Jusqu'à 70 km/h	100+ km/h	100+ km/h	80+ km/h	Jusqu'à 70 km/h
COÛT DES IMMOBILISATIONS *comparativement à d'autres technologies par câble*	Faible	Faible à moyen	Élevé	Moyen	Moyen à élevé	Faible
PINCE	Pince débrayable				Pince fixe	

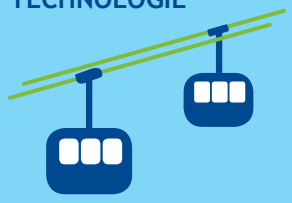
Les technologies de transport par câble avec pince débrayable signifient que les cabines peuvent être détachées physiquement du câble, ce qui permet un mouvement continu des cabines en marche et des vitesses réduites à chaque station. Cette caractéristique permet également l'installation de stations intermédiaires et de stations de virage.

La pince fixe nécessite un arrêt complet du système pour immobiliser une cabine, ce qui limite la capacité et empêche l'installation de stations intermédiaires et de stations de virage.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Non seulement la technologie du transport par câble offre plusieurs avantages incontestables pour les passagers et les sociétés de transport en commun, mais elle est en outre bénéfique pour l'environnement. Bien conçues, les solutions de transport par câble peuvent offrir des services équivalents, voire supérieurs, aux solutions traditionnelles, cela sans compter qu'elles sont abordables et peuvent être adaptées aux environnements urbains les plus complexes.

TECHNOLOGIE



- \+ TECHNOLOGIE ÉPROUVÉE, plus de 20 000 systèmes installés dans le monde dans une gamme d'environnements, milieux et conditions
- \+ FONCTIONNEMENT DOUX et silencieux : absence d'émanation de diesel, de crissement de freins ou de pneus, de grondement comme dans le métro, etc.
- \+ POSSIBILITÉ DE LE COMBINER avec d'autres modes de transport

- \- Il existe un risque que les résidants qui habitent sous les lignes de transport par câble ressentent un sentiment d'intrusion dans leur intimité
- \- Il n'est pas aisé de prolonger une ligne de transport par câble; il faut concevoir et prévoir à l'avance
- \- Une mauvaise compréhension de cette technologie par l'assureur pourrait donner lieu à des primes d'assurance élevées

PASSAGERS

- \+ DÉLAI D'ATTENTE INFÉRIEUR À UNE MINUTE
- \+ Aucun horaire
- \+ Antécédents de SÉCURITÉ excellents comparativement à d'autres modes de transport de raccordement

- \- Une minorité d'usagers peuvent être acrophobes
- \- Certains passagers ne supportent pas les lieux confinés

TEMPS ET ARGENT

- \+ Coûts de fonctionnement et d'entretien FAIBLES comparativement au système léger sur rail (SLR) et au métro
- \+ DÉLAIS D'INSTALLATION COURTS - peut être opérationnel un an après le début des travaux
- \+ COÛTS D'INVESTISSEMENT FAIBLES, par comparaison à d'autres technologies de raccordement

- \- Les vitesses de déplacement moyennes sont inférieures à celles des services rapides par bus (SRB) et des SLR bénéficiant d'une priorité de passage, mais sont compensées par le temps d'attente bref entre chaque départ

ENVIRONNEMENT

- \+ FAIBLE CONSOMMATION D'ÉNERGIE
- \+ Aucune émission de carbone
- \+ ENCOMBREMENT MINIMAL, peu de modifications aux constructions existantes et à la circulation

- \- Les travaux peuvent nécessiter un déboisement ou un défrichage, mais un reboisement ou une repousse naturelle ont souvent lieu après les travaux
- \- Le niveau de pollution est fonction de la source d'énergie utilisée

SYSTÈMES DE TRANSPORT PAR CÂBLE URBAINS D'ENVERGURE DANS LE MONDE

De nos jours, on compte de nombreux exemples de systèmes de transport par câble utilisés dans un environnement urbain. Si la totalité d'entre eux dessert une ville, ils se distinguent toutefois au chapitre de leur intégration dans le réseau de transport en commun et de l'achalandage visé.

Medellín, Colombie
Metrocable – Lignes K et J

Systèmes pleinement intégrés

La ligne K du Metrocable de Medellín a été le premier véritable système de transport par câble pleinement intégré et destiné au navettage du monde. En raison de son succès immédiat, la Ville a ajouté deux nouvelles lignes et plusieurs nouvelles lignes sont en cours de planification.

Caracas, Venezuela
Metrocable

Systèmes pleinement intégrés

S'inspirant du Metrocable de Medellín, le projet Metrocable de Caracas a été lancé en 2010. Fait digne de mention, il s'agit du premier système de transport par câble connu qui comprend deux stations de virage de 90 degrés dans une même ligne continue.

Rio de Janeiro, Brésil
Teleférico do Alemão

Systèmes pleinement intégrés

Inauguré à l'été 2011, il s'agit du premier système de transport par câble pleinement intégré de Rio. Construit pour desservir la banlieue Complexo do Alemão, le système relie des milliers de résidants à la ligne de train de banlieue située à proximité qui mène au centre-ville et à ses alentours.

New York, États-Unis
Roosevelt Island Tram

Systèmes pleinement intégrés

Le Roosevelt Island Tram a été construit en 1976. Il s'agissait à l'origine d'une solution provisoire destinée aux résidants de l'île qui avaient besoin d'un accès à Manhattan. Malgré la ligne de métro qui a rejoint l'île en 1990, le Tram est demeuré un moyen de transport populaire auprès des résidants. Il a finalement été pleinement intégré au réseau de transport en commun de New York au milieu des années 2000 et a subi dernièrement une révision complète, à l'issue de laquelle il a été modernisé et reconstruit.

Systèmes pleinement intégrés

Télécabines, Algérie
Constantine, Skikda, Tlemcen

Jusqu'à tout récemment, l'Algérie était aux prises avec une guerre civile qui l'a paralysée pendant une décennie. Depuis 2002 cependant, le pays a procédé à des réformes progressives de son cadre social et physique, en plus de construire trois lignes de transport urbain par câble à l'échelle nationale.

Systèmes partiellement intégrés

Portland, États-Unis
Portland Aerial Tram

Portland est la deuxième ville des États-Unis à avoir construit une ligne de transport par câble urbaine. Cette ligne s'imposait en raison du développement et de l'essor continus de l'Oregon Health and Science University (OHSU), située sur Marquam Hill, laquelle n'était pas desservie par le réseau de transport en commun. Aujourd'hui, sa tour unique et ses cabines en forme de bulle lisse font la réputation de la ligne de transport par câble – tout comme son dépassement de coûts de l'ordre de près de 400 %.

Systèmes récréatifs

Coblence, Allemagne
Rheinseilbahn

Les deux stations du Rheinseilbahn ont un profil élancé et occupent une superficie au sol très petite; leurs piliers de soutien ayant une largeur inférieure à celle de trois personnes se tenant côte à côte. Ces stations démontrent que les systèmes de transport par câble peuvent être construits dans des zones où l'espace au sol est limité. Ce système est également le premier à avoir utilisé des cabines « de concept urbain », conçues de manière à donner l'apparence et l'impression d'un système de transport en commun.

Systèmes récréatifs

Bolzano, Italie
Funiva del Renon

Dans la lignée de son héritage italien nordique, les stations du Funivia del Renon sont sans doute les stations à cabines urbaines les plus stylisées à ce jour, puisqu'elles se fondent au décor. Bien que de taille relativement petite, les stations du Funivia del Renon se marient parfaitement au tissu urbain, un témoignage que l'infrastructure du transport par câble n'enlève rien au cachet de l'environnement urbain.

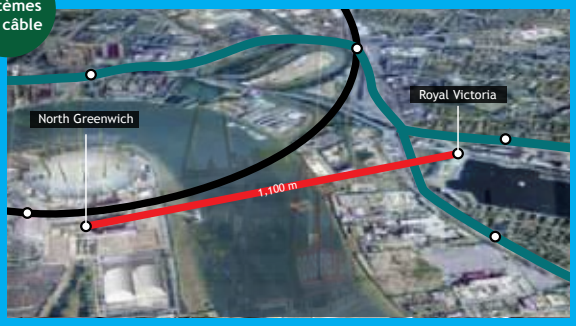
Systèmes récréatifs

Singapour
Singapore Cable Car

Ce système fait œuvre de pionnier sur plusieurs points : il s'agit de la première ligne de transport par câble dotée d'une station intermédiaire construite à même un gratte-ciel déjà existant; et il s'agit du premier système de transport par câble qui traverse un port de premier plan.

Futurs systèmes par câble

Londres, Royaume-Uni
Thames Cable Car



Le téléphérique sur la Tamise – un système de cabines d'un parcours de 1 km – est en cours de construction à Londres, en Angleterre. Le système, dont l'inauguration est prévue à temps pour les Jeux olympiques de 2012, aura pour principale fonction de relier deux sites olympiques importants, l'O2 et l'ExCeL Centre, et d'offrir une capacité de transport additionnelle pour traverser la Tamise.

METROCABLE DE CARACAS

1.0 INTRODUCTION

L'homme a presque toujours cherché à combiner des roues, des poulies, des cordes et des câbles pour transporter des marchandises et pour se déplacer. C'est une technique simple, éprouvée et efficace, qui existe depuis des milliers d'années.

Depuis un siècle environ, l'idée du transport par câble, simple au départ, a été considérablement améliorée. Elle a pris un tour plus formel et a profité de nombreuses innovations, à tel point que les systèmes de transport par câble (STC) sont aujourd'hui des systèmes de haute technologie adoptés quasiment dans le monde entier.

Cette omniprésence et cette popularité restent cependant largement confinées aux sites industriels et récréatifs, comme les centres de ski. Le câble peut prétendre à une plus grande place dans le paysage urbain. Sauf quelques percées du tramway à traction par câble dans les villes américaines à la fin du 19e siècle (celui de San Francisco est l'un des tout derniers encore en service), le transport par câble, et notamment les systèmes de transport par cabines suspendues, a rarement été considéré comme un moyen réaliste et efficace de se déplacer en ville.

Malgré des avancées techniques continues et un rapport performance/coût qui devraient les propulser au premier plan du marché du transport urbain, les téléportés n'ont jamais été populaires auprès des urbanistes, des décideurs et des politiciens. Des recherches menées par Bondada et Newmann à la fin des années 80 ont montré que la majorité des intervenants du secteur de la planification des transports croient, à tort, que le téléporté est un système dangereux, dispendieux, lent, et difficile à installer et à mettre en œuvre. Tout indique pourtant le contraire. Les quelques urbanistes cités par Bondada et Newmann qui possèdent des connaissances sur les téléportés et qui ont l'expérience de cette technologie se sont tous déclarés favorables à son adoption en tant que mode de transport en commun.

Cela dit, il faut avouer que les mentalités changent depuis une dizaine d'années.

Ces sept dernières années, plusieurs villes ont découvert les avantages de la technologie du STC, qu'elles ont totalement intégrée à leur réseau de transport. Des recherches indépendantes sont désormais effectuées sur le sujet, et de plus en plus de villes envisagent d'incorporer le téléporté à leur réseau de transport en commun.

1.1 ORIGINES DU PROJET

Au cours de l'été 2011, la Société de transport de Laval (STL) a demandé à Creative Urban Projects (CUP) de mener des recherches et de réunir des informations sur les technologies de systèmes de transport par câble (STC) ou téléportés. CUP n'a pas reçu pour instruction d'axer spécifiquement ses recherches sur la ville de Laval ou sur la STL. Le présent rapport a donc été rédigé dans un esprit d'étude et d'information.
La STL a commandé ce rapport au cours de l'été de 2011 pour obtenir les renseignements suivants :

- Description et caractéristiques performance/coût des principales technologies de STC.
- Meilleures pratiques de mise en œuvre de tels systèmes du point de vue :
    - de la conception et de la mise en route
    - du fonctionnement et de l'exploitation du système
- Fiches d'information sur les principaux STC en service dans le monde et analyse performance/coût de chacun d'eux.

On peut distinguer deux techniques de transport par câble : les systèmes de traction par câble terrestres et les systèmes de traction par câble suspendus, type téléporté. La STL n'a demandé des informations que sur les systèmes de téléportés. Le présent rapport ne fait donc état d'aucune recherche sur les systèmes de transport par câble terrestres.

On utilise indifféremment les termes « système de transport par câble », « STC » ou « téléporté ».

1.2 SOURCES EXPLOITÉES

Les spécialistes, urbanistes et décideurs ne se sont jamais intéressés de près aux systèmes de transport par câble; on manque donc cruellement de sources fiables et indépendantes sur le sujet. Les recherches sur les STC portent généralement davantage sur les aspects techniques que sur l'application de tels systèmes aux réseaux de transport urbain.

Depuis quatre ans, CUP (auteur de la présente étude) développe une base de données sur les systèmes de transport par câble urbains dans le monde, en utilisant des méthodes de recherches primaires et secondaires. Une grande partie de ces recherches est issue de visites sur place, extraite de documents techniques sur les principaux systèmes de transport par câble, et repose sur des entretiens avec les constructeurs et/ou les exploitants de ces systèmes.

Le fruit de ces recherches peut être consulté en ligne sur notre portail d'information sur le transport par câble, The Gondola Project (www.gondolaproject.com).

Nous avons également exploité les sources d'information suivantes :

- Recueil de travaux des congrès de l'Organisation internationale des transports à câbles (OITAF).
- Documentation des fabricants, lorsqu'ils en produisent et si elle est fiable.
- Rapports et documents commandés par des gouvernements.
- Entrevues directes avec les exploitants et les fabricants qui connaissent les caractéristiques techniques des systèmes. Ces entrevues ont été réalisées par courrier électronique aux mois d'août et de septembre 2011.
- Articles de journaux et de forums.

Lorsque les sources ci-dessus n'ont pas permis de collecter les données souhaitées, nous avons analysé diverses ressources en ligne et fait preuve de jugement pour déterminer la validité des informations recueillies. Nous n'avons toutefois pas toujours été en mesure de résoudre certaines discordances entre les sources.

1.3 HISTOIRE DU TRANSPORT PAR CÂBLE

Le transport par câble existe depuis des milliers d'années. Des documents d'histoire montrent qu'il s'agit de l'une des formes de transport les plus anciennes. Afin de mieux comprendre son rôle, on peut diviser l'histoire du transport par câble en quatre périodes bien distinctes : d'un usage local et ponctuel, le câble s'est développé à l'ère industrielle, avant de susciter l'intérêt des sites récréatifs puis de s'installer dans le paysage urbain. Ces périodes sont inégales, mais se caractérisent par un changement de cap brutal dans l'utilisation ou dans la technologie du câble.

Les grands progrès technologiques entraînent souvent de nouvelles applications. Par exemple, l'invention du câble en acier et l'industrialisation de cette technologie ont permis de passer d'un usage local ponctuel à un usage industriel. L'application du câble à des fins récréatives se caractérise par une adoption massive de cette technologie pour la prise en charge des skieurs. Enfin, l'application urbaine de cette technologie vient, en quelque sorte, d'une redécouverte assez récente du câble et de ses applications possibles à des méthodes de transport efficientes et efficaces. À l'exception du passage d'un usage ponctuel et local du câble à un usage industriel, les autres périodes se chevauchent.

Au fil du temps, on a considérablement amélioré le câble à divers chapitres : vitesse de déplacement, sécurité, possibilité d'arrêts intermédiaires (tronçons), rentabilité, capacité et confort.

LES SYSTÈMES À PINCES 3S D'AUJOURD'HUI SONT BIEN LOIN DES PREMIERS SYSTÈMES À CORDES ET À POULIES.

USAGE LOCAL ET PONCTUEL: La première illustration d'un système de déplacement par câble remonte à 250 ans av J.-C. en Chine. Le système était principalement utilisé dans les régions rurales et fabriqué en fonction des besoins rencontrés. Il permettait de franchir des rivières et de transporter du matériel.

USAGE INDUSTRIEL: À l'ère industrielle, les minerais, pierres et autres matières étaient transportés par des systèmes de câble.

L'invention du câble en acier en 1834 a ouvert la voie à des innovations considérables, notamment en 1856 avec l'invention du premier monocâble, en 1861 avec le premier spécimen connu de bicâble et en 1867 avec la première ligne de monocâble en boucle.

La première grande avancée dans les systèmes de transport de personnes par câble a été réalisée avec l'invention des funiculaires et des tramways à traction par câble.

USAGE RÉCRÉATIF: Dès que les villes nord-américaines ont adopté le tramway électrique, la technologie par câble a été abandonnée dans la plupart des zones urbaines. Les systèmes de transport par câble se sont alors développés dans les zones rurales. Assez puissant pour permettre d'atteindre les sommets montagneux et les lieux difficiles d'accès, le câble fut adopté dans les sites touristiques et les centres de ski dans le monde entier. La plupart des techniques modernes que l'on admire encore aujourd'hui ont été mises au point et éprouvées durant cette période.

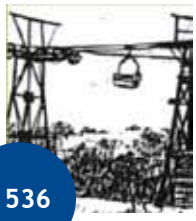
USAGE URBAIN: Dans les années 70 et 80, le transport par câble était perçu par une poignée d'ingénieurs en transport comme une solution de substitution de l'automobile rentable et abordable. À la fin des années 90, de nouvelles technologies furent mises au point, plus rapides, plus stables par grand vent et avec une capacité d'accueil accrue. Plus la technologie progresse, plus elle gagne en popularité.

1.4 FRISE CHRONOLOGIQUE DU TRANSPORT PAR CÂBLE

Les grandes avancées de la technologie par câble au fil du temps

250 AV. J.-C.

Premières représentations du câble comme moyen de transport en Chine



1536

Blondin pour le transport de l'or en Amérique du Sud

1834

Invention du câble en acier en Allemagne

1882

Mise en service du fameux tramway à traction par câble de San Francisco

MOYEN -ÂGE

Harlieb illustre le transport par monocâble

1616

Le Croate Faustus Verantius conçoit un blondin pour le franchissement des rivières

1872

L'autrichien Th. Orbach invente la pince de cabine débrayable

1882

Le tramway à traction par câble de Chicago fait ses preuves sur terrain plat et par temps froid; il restera en service jusqu'en 1906

1930

Le Shauinslandbahn, à Fribourg, en Allemagne, est l'un des premiers téléportés débrayables

1976

Inauguration du téléphérique de Roosevelt Island, New York

2004 2008

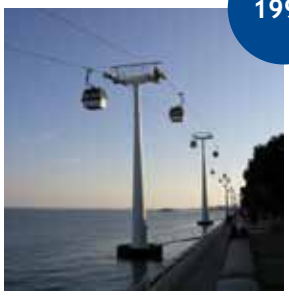
Premier STC intégré au réseau de transport urbain à Medellín, Colombie; deuxième ligne mise en service en 2008

2010

Premières cabines « de conception urbaine », spécialement conçues pour le transport urbain, dans le système de transport par câble de Coblence

1936

Premier centre de ski en Amérique du Nord à s'équiper d'un télésiège à Sun Valley, Idaho



1998

Télécabine sur terrain plat construite pour l'exposition universelle de Lisbonne, Portugal

2010

Premier virage à 90 degrés dans deux stations de la télécabine de Caracas, Venezuela

2011

Rio de Janeiro inaugure une ligne de six stations qui survole le quartier Complexo do Alemão. Au même moment, la construction du premier système de transport par câble de Londres démarre en vue des Jeux olympiques de 2012

1.5 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU CÂBLE

La technologie du STC présente de nombreux avantages pour les passagers, les réseaux de transport urbain et l'environnement. Mis en œuvre intelligemment, les STC peuvent être financièrement abordables et s'adapter à divers types d'environnements urbains complexes. Cette technologie présente toutefois quelques inconvénients:

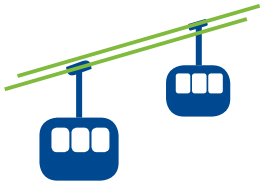
	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
TECHNOLOGIE 	• Technologie éprouvée : plus de 20 000 systèmes dans le monde, sur toutes sortes de sites et de reliefs • Fonctionnement silencieux : absence d'émanations, de crissements de freins ou de pneus, de grondement comme le métro, etc. • Capacité d'intégration à d'autres modes de transport • La surveillance et le contrôle aisé des billets permettent d'éviter le resquillage	• Les résidants qui vivent sous le STC peuvent avoir un sentiment d'intrusion dans leur intimité • Une ligne de STC n'est pas facile à rallonger • Les primes d'assurance peuvent être très élevées (c'est le cas uniquement pour le téléphérique de Roosevelt Island)
PASSAGERS	• Temps d'attente inférieurs à une minute • Pas d'horaires • Mode de transport confortable et vue panoramique • Fiabilité maximale, fonctionnement en droit de passage exclusif • Degré de sécurité très élevé; accidents mortels extrêmement rares	• Une minorité d'usagers peuvent être acrophobes • Certains usagers ne supportent pas les lieux confinés
TEMPS ET RENTABILITÉ	• Faibles coûts d'exploitation et d'entretien par rapport au SLR et au métro • Construction rapide; mise en service possible en un an • Faibles coûts d'investissement par rapport aux autres technologies de raccordement • Peu de personnel nécessaire pour l'exploitation du système • Aptitude à franchir les rivières et les obstacles naturels à un coût raisonnable	• Les vitesses de déplacement moyennes sont inférieures à celles des SRB et des SLR, mais sont compensées par le temps d'attente bref entre chaque départ
ENVIRONNEMENT	• Faible consommation d'énergie • Émission de CO_2 nulle • Système électrique • Encombrement minimal, peu de modifications aux constructions existantes et à la circulation	• Les travaux peuvent nécessiter un déboisement ou un défrichage, mais un reboisement ou une repousse naturelle ont souvent lieu après les travaux • Le niveau de pollution est fonction de la source d'énergie utilisée

Tableau 1.5 - Avantages et inconvénients

2.0 TECHNOLOGIES PAR CÂBLE

Il existe six technologies par câble majeures exploitées en zone urbaine dans le monde. Les caractéristiques de ces systèmes, telles que la vitesse, le coût et le débit, les diffèrent les uns des autres. Certaines variables, comme le nombre de câbles et le type d'infrastructure, interviennent dans les caractéristiques du système telles que la portée couverte, l'existence de courbes et la tenue aux vents. L'une des principales différences est le mode de fixation des cabines au câble, qui en fait un système débrayable ou non.

Installation monocâble débrayable (MDG)
Installation bicâble débrayable (BDG)
Installation tricâble débrayable (3S)
Funitel

LA PINCE DÉBRAYABLE a plusieurs avantages : elle permet de désaccoupler les cabines du câble aux stations; de freiner les cabines au départ et à l'arrivée sans perturber la fluidité du déplacement; et d'ouvrir des tronçons et des stations-virages.

Tramway aérien
Télépulsé (cabines groupées)

LA PINCE FIXE ne permet pas de désolidariser la cabine du câble. Lorsqu'une cabine ralentit ou s'arrête en station, l'intégralité du système doit également pouvoir ralentir ou s'arrêter. Cette solution limite énormément les capacités opérationnelles du STC. Avec un système à pince fixe, il est possible d'ouvrir un tronçon, mais uniquement à mi-parcours exact de la ligne. Les systèmes à pince fixe permettent d'atteindre des vitesses plus élevées, mais les temps d'attente sont plus longs et le débit moins important.

2.1 INSTALLATION MONOCÂBLE DÉBRAYABLE (MDG)

INSTALLATION MONOCÂBLE DE MAOKONG

DONNÉES TECHNIQUES

Nombre de câbles : 1
Type (pince) : débrayable
Vitesse maximale : ~ 22 km/h
Débit : jusqu'à 4 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 15 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : ~ 70 km/h
Coût relatif : faible

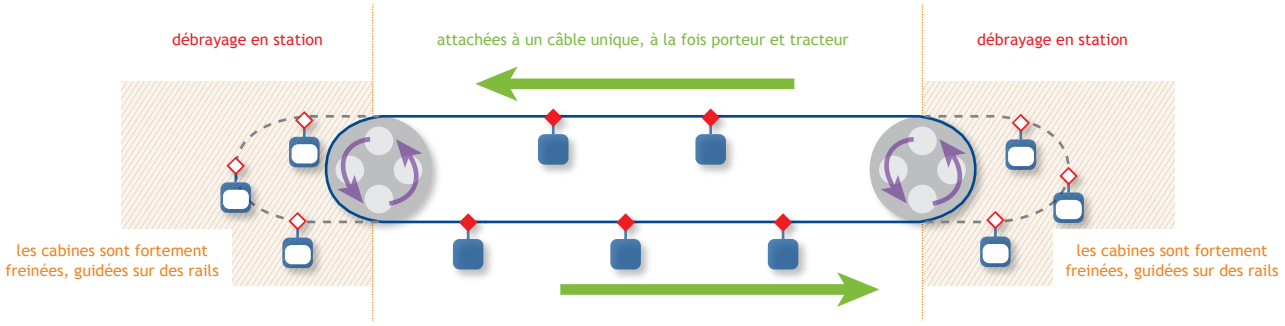
TECHNOLOGIE

L'installation monocâble débrayable (MDG) est le STC le plus élémentaire qui existe aujourd'hui. Les cabines, qui peuvent accueillir de 4 à 15 passagers, sont disposées sur un câble unique à la fois porteur et tracteur. Comparée à d'autres technologies, celle-ci est très économique, mais la vitesse est moins élevée et les cabines sont moins stables par vent fort. Ce système est le plus courant en zone urbaine, car il est rapide à construire, il est très fiable et il ne nécessite pas d'investissements considérables.

APPLICATION

L'installation monocâble débrayable (MDG) est adaptée à l'usage urbain.

Dans les grandes villes, elle permet de rallier rapidement les réseaux interurbains, tels que les lignes de métro ou autres réseaux ferrés. Toutefois, dans les villes plus petites, elle peut servir de réseau de transport principal (c'est le cas dans plusieurs villes algériennes).



2.2 INSTALLATION BICÂBLE DÉBRAYABLE (BDG)

DONNÉES TECHNIQUES

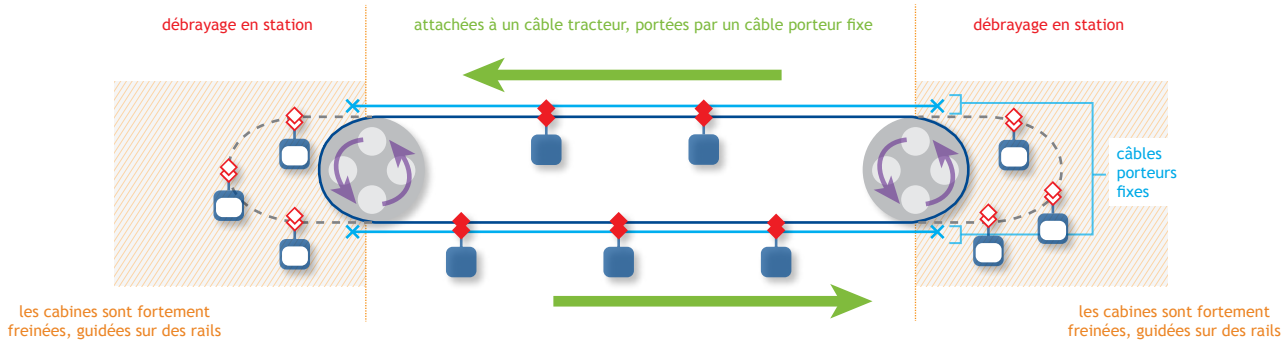
Nombre de câbles : 2
Type (pince) : débrayable
Vitesse maximale : ~ 27 km/h
Débit : jusqu'à 4 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 17 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : ~ 70 km/h
Coût relatif : faible - moyen

TECHNOLOGIE

Comme leur nom l'indique, les installations bicâbles fonctionnent à l'aide de câbles différents : un câble porteur, qui est fixe, et un câble tracteur, qui est mobile. Hormis cette différence sur le nombre de câbles, l'installation bicâble débrayable est similaire à l'installation monocâble débrayable et apporte peu, voire aucun avantage sur le plan de la taille des cabines, du débit et de la vitesse. Les coûts supplémentaires qu'entraînent le montage d'un second câble et la complexité du système ont rendu l'installation bicâble débrayable presque obsolète.

APPLICATION

À l'origine, on optait pour une installation bicâble de ce type lorsqu'il était nécessaire d'installer un système plus rapide que le système monocâble, avec l'avantage qu'il coûte moins cher que le tricâble (3S), même s'il n'a pas le même débit. Plusieurs installations bicâbles débrayables sont encore en service, mais les progrès accomplis dans les systèmes monocâbles et tricâbles débrayables rendent l'installation bicâble plutôt inutile. Y compris au chapitre de la vitesse maximale de vent pour l'exploitation, la différence entre l'installation monocâble débrayable (MDG) et l'installation bicâble débrayable (BDG), auparavant considérable, est aujourd'hui quasi nulle.



2.3 INSTALLATION TRICÂBLE DÉBRAYABLE (3S)

DONNÉES TECHNIQUES

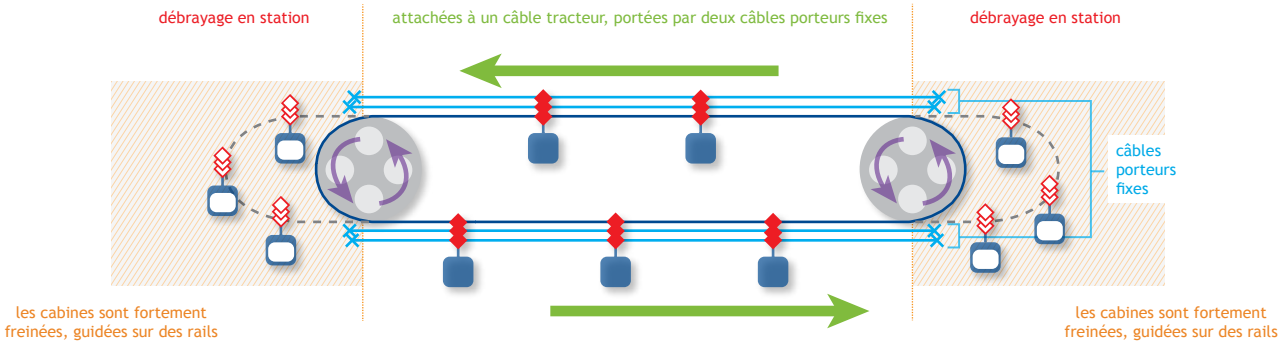
Nombre de câbles : 3
Type (pince) : débrayable
Vitesse maximale : 27+ km/h
Débit : 6 000 - 8 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 38 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : 100+ km/h
Coût relatif : élevé

TECHNOLOGIE

L'installation tricâble ou 3S, de son nom allemand Drei Seil, est le système débrayable le plus moderne du marché. Il comporte deux câbles porteurs et un câble tracteur. Il est très rapide, a une très bonne tenue au vent et peut couvrir de très grandes distances. Son débit est également intéressant en raison de la taille des cabines et des vitesses atteintes. Le 3S est le premier système équipé de cabines « de conception urbaine », qui ont l'apparence de véritables véhicules de transport en commun.

APPLICATION

Les STC 3S s'inscrivent parfaitement dans le paysage urbain, notamment en raison de leur vitesse et de leur débit élevés, et de leur excellente tenue au vent. Le 3S peut atteindre un débit de 8 000 pphpd; il peut donc servir de ligne d'acheminement vers les autres réseaux de transport et, même si ce n'est encore le cas nulle part dans le monde, il pourrait théoriquement fonctionner comme ligne de transport en commun principale.



2.4 FUNITEL

NGONG PING 360

TECHNOLOGIE

Le funitel se distingue par le fait que la cabine est suspendue par deux attaches à un seul câble (à la fois porteur et tracteur) en double boucle. Les cabines sont fixées au câble par deux bras courts au lieu d'un unique bras long. Les portées entre pylônes sont plus courtes que dans le cas du 3S, mais le principe des deux attaches permet d'atteindre des vitesses élevées et assure une bonne tenue au vent. Les cabines sont de taille similaire à celles du 3S, mais elles semblent plus compactes et plus robustes.

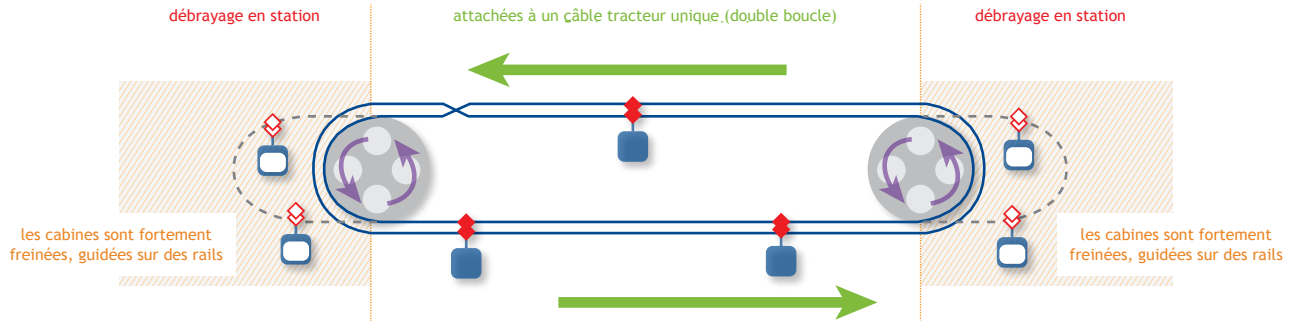
DONNÉES TECHNIQUES

Nombre de câbles : 1 (double boucle)
Type (pince) : débrayable
Vitesse maximale : ~ 27 km/h
Débit : 4 000 - 5 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 24 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : 100+ km/h
Coût relatif : moyen

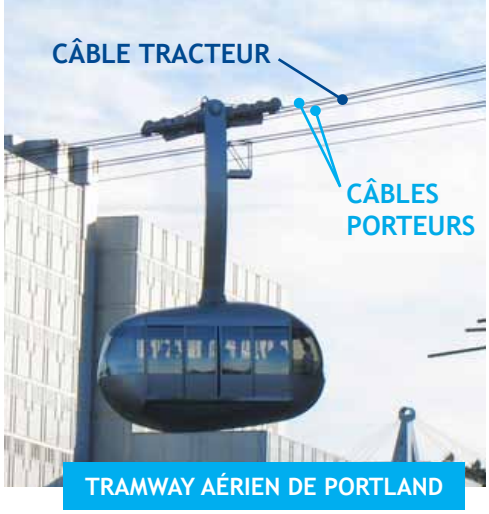
APPLICATION

Il n'existe à l'heure actuelle aucun funitel urbain. Théoriquement, il fonctionnerait en ville comme une installation monocâble débrayable (MDG), mais avec une bien meilleure tenue au vent et un débit plus important. Il nécessite cependant des investissements plus élevés, des stations plus grandes et un encombrement plus conséquent.

Moins onéreux qu'une installation 3S, le principe de la double boucle est cependant généralement le plus gourmand en coûts de fonctionnement et d'entretien de tous les systèmes de transport par câble.



2.5 TRAMWAY AÉRIEN



TRAMWAY AÉRIEN DE PORTLAND

TECHNOLOGIE

Le tramway aérien est généralement constitué de deux grandes cabines fixées à un ou deux câbles porteurs. Les cabines, dont la capacité peut atteindre 200 passagers, fonctionnent en va-et-vient entre deux terminaux. Malgré une technologie de pointe, les virages sont impossibles, et les tronçons sont rares. Deux configurations sont possibles : soit chaque véhicule est attaché à un côté de la boucle formée par un seul câble tracteur, soit chaque véhicule est attaché à la boucle de son câble tracteur. L'avantage de cette seconde configuration est qu'en cas d'arrêt de l'un des véhicules pour réparation ou entretien, le second peut rester en exploitation.

Étant donné qu'il n'y a que deux véhicules, le débit du système dépend énormément de la longueur de la ligne et des délais d'attente/d'embarquement. Même si des chiffres théoriques de plus de 2 000 pphpd sont avancés, ils n'ont jamais été observés.

DONNÉES TECHNIQUES

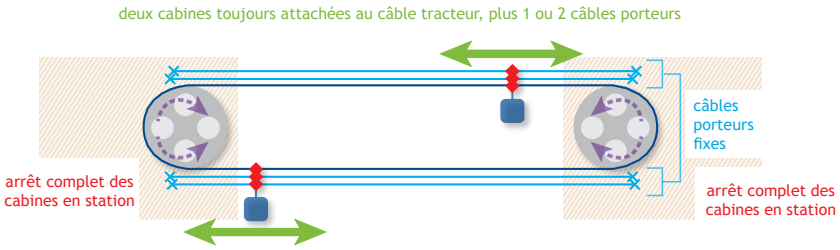
Nombre de câbles : 3 (dont 2 câbles porteurs)
Type (pince) : fixe (non débrayable)
Vitesse maximale : ~ 45 km/h
Débit : jusqu'à 2 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 200 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : 80+ km/h
Coût relatif : moyen-élevé

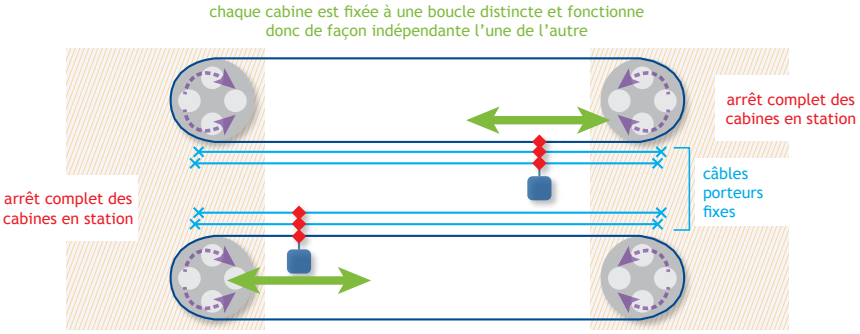
APPLICATION

Le tramway aérien est un système qui convient bien aux environnements urbains si :

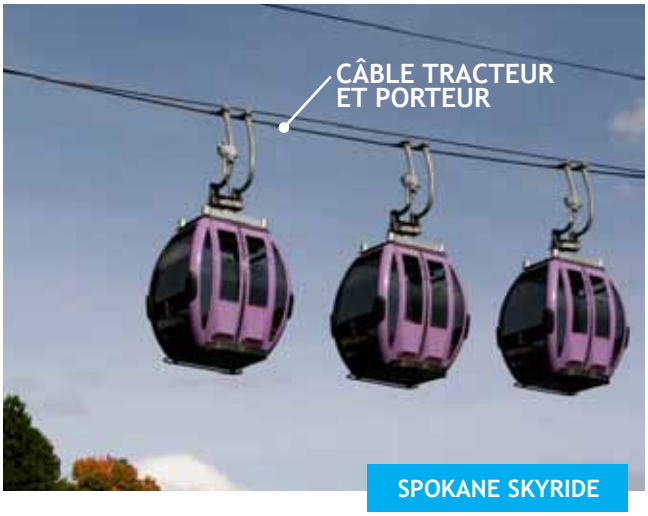
- le respect de l'intimité et la pollution visuelle sont des préoccupations prépondérantes (nombre réduit de véhicules passant au-dessus des quartiers résidentiels),
- on juge acceptables des temps d'attente importants
- le trajet ne comporte pas de virage, et
- on ne prévoit pas un achalandage extrêmement important.

Bien conçu, un téléporté de ce type peut devenir l'« emblème » d'une ville.





2.6 TÉLÉPULSÉ (CABINES GROUPÉES)



DONNÉES TECHNIQUES

Nombre de câbles : 1
Type (pince) : fixe (non débrayable)
Vitesse maximale : ~ 22 km/h
Débit : jusqu'à 2 000 pphpd
Capacité des cabines : jusqu'à 10 passagers
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation : jusqu'à 70 km/h
Coût relatif : faible

TECHNOLOGIE

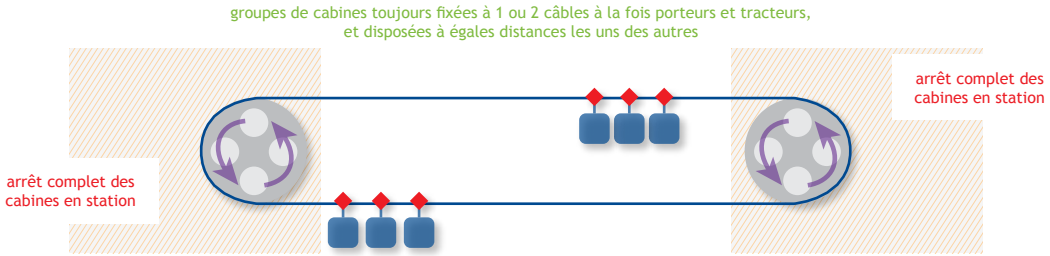
Les cabines du télépulsé sont similaires à celles des installations monocâbles et bicâbles (MDG et BDG), mais elles sont dotées d'une pince fixe et « groupées » et non espacées à distance égale sur le câble. Ainsi, chaque fois qu'un train de cabines arrive en station, l'intégralité du système doit ralentir ou s'arrêter pour permettre l'embarquement ou le débarquement des passagers.

Comme le tramway aérien, il est difficile de prévoir des tronçons avec ce système, à moins que les groupes de cabines soient également répartis entre les tronçons. Le télépulsé a connu son heure de gloire du milieu à la fin du siècle dernier. Son manque de souplesse et son faible débit en font un STC mal adapté au contexte urbain.

APPLICATION

Le télépulsé est rarement utilisé dans un environnement urbain, sauf dans des sites très spécialisés nécessitant un faible débit. Il est relativement bon marché et donc idéal comme moyen de transport pour compte propre. Les systèmes en service sont généralement anciens, car on n'en installe rarement (voire plus) de nos jours.

Le télépulsé n'est pas indiqué comme mode de transport en commun, sauf dans des situations très particulières.



3.0 MEILLEURES PRATIQUES - GÉNÉRALITÉS

À première vue, la première étape de planification d'un STC peut poser de nombreux défis, aussi distincts que divers. La section suivante, qui expose quelques pratiques exemplaires, a pour objet de formuler quelques recommandations et conseils élémentaires sur la conception, la mise en œuvre et la mise en route d'un STC. Elle ne prétend pas être exhaustive, mais doit plutôt être considérée comme le point de départ d'un dialogue efficace entre décideurs, qui peut les orienter dans leurs stratégies de planification et de mise en œuvre.

TELEFÉRICO DO ALEMÃO, BRÉSIL

3.1 CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

1. Comprendre les différences entre les diverses technologies et opter pour la plus adaptée à la situation.

Chaque STC a son propre rapport performance/coût. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Il n'y pas de solution idéale. À chaque situation et à chaque environnement correspond une technologie leur étant mieux adaptée qu'une autre.

Avant toute évaluation, la STL doit parfaitement comprendre le rapport performance/coût de chaque technologie, puis l'examiner en regard de ses propres besoins. Ceux-ci doivent englober divers facteurs tels que la vitesse de vent en exploitation, la capacité et le débit nécessaires, les temps d'attente, la vitesse de déplacement, la dimension des stations, la taille des pylônes et les coûts de fonctionnement et d'entretien.

2. Exploiter la littérature existante avec précaution.

Partant du principe que la STL va lancer un programme de travail sur les STC, il est certain que des études de planification, des analyses et des recherches vont rapidement être menées sur le sujet. Les études de planification, comme le présent rapport, reposent normalement sur une quantité considérable de documents tiers revus par des pairs.

Malheureusement, à la rédaction de ce rapport, peu de documentation existe ou est accessible sur le sujet. Par ailleurs, il est presque impossible d'obtenir des comptes rendus directs et personnels sur des STC en service. La littérature existante vient plutôt de trois sources de littérature grise : documentation commerciale des fabricants, recueil des travaux de l'Organisation internationale des transports à câbles (OITAF) et documents de recherches commandés par des gouvernements.

Toutes ces sources doivent être utilisées avec précaution. Il faut garder un œil sceptique sur les deux premières, pour des raisons évidentes de partialité. Quant aux documents de recherches destinés aux gouvernements, il faut les consulter avec prudence, car ils peuvent comporter des erreurs et des omissions. Étant donné la complexité et la confusion qui peuvent entourer les technologies de STC, les auteurs de tels documents - même s'ils sont bien intentionnés - commettent souvent des erreurs.

Par exemple, le document intitulé *Hercules Aerial Tram Study* réunit tellement d'information sur le rapport performance/coût de la technologie du tramway aérien et des cabines que l'on peut finir par mettre en doute la validité de l'étude et de ses conclusions.

Cela étant dit, on dispose de plus en plus de comptes rendus sur les STC mis en œuvre dans le monde. Le problème du défaut de littérature sur le sujet se résout donc petit à petit. De manière générale, plus les recherches sont récentes, plus elles sont documentées et crédibles. Dans la mesure du possible, la STL devrait essayer de se fonder sur les recherches les plus récentes qu'elle trouvera pour étudier son projet de STC.

3. Communiquer auprès du grand public et le mobiliser le plus tôt possible dans le processus.

Si le principe ci-dessus s'applique à toute initiative liée aux transports en commun, il s'applique d'autant plus en matière de technologie par câble. La quantité d'information erronée qui circule sur le sujet, conjugué à l'aspect relativement unique de cette technologie, peut créer une forte résistance du public, des dirigeants politiques et des administrations à une telle initiative.

Cette résistance peut être atténuée tôt, en partie, par la mobilisation des parties prenantes tôt dans le processus et par des recherches claires, précises et fiables. Des études de cas décrivant les lieux où des STC ont été installés et les raisons qui en ont fait des initiatives concluantes constituent des outils efficaces, qui permettent aux parties prenantes de bien comprendre qu'il ne s'agit pas d'une idée nouvelle et que ces systèmes se multiplient ailleurs dans le monde.

Les personnes qui travaillent sur ce type de projet doivent s'attendre à devoir faire face au scepticisme du grand public et se préparer à devoir répondre à de nombreuses questions sur la viabilité de cette technologie. Comme mentionné plus haut, permettre aux parties prenantes de comprendre parfaitement cette technologie et d'accéder aux recherches menées sur le sujet sera essentiel.

4. Donner la priorité aux préoccupations concernant le respect de la vie privée dans les zones résidentielles.

L'équation qui consiste à allier un système de téléporté urbain et une zone résidentielle est complexe et difficile à résoudre. En Amérique du Nord, l'existence d'un téléporté urbain susceptible d'empiéter sur l'intimité des citoyens dans les zones résidentielles est susceptible de se heurter à l'opposition locale.

Dans la mesure du possible, les concepteurs du système doivent éviter de pénétrer dans la sphère privée. Cela ne signifie pas qu'un téléporté urbain et un quartier résidentiel sont incompatibles, mais si le bénéficiaire principal d'une ligne de téléporté est une zone résidentielle: la trajectoire de la ligne, la hauteur, le style et l'emplacement des pylônes, la visibilité, le couvert forestier et les critères de sélection sont tous des éléments à prendre en compte dès le début du processus.

Il est vrai qu'on ne se soucie généralement de tels critères qu'ultérieurement dans la planification d'un réseau, bien après les études préliminaires, les études de faisabilité et les études de cas.

Toutefois, étant donné que la conception du système exercera un impact direct sur la réaction du public, les entrepreneurs du projet ont intérêt à envisager tous ces points dès le début du processus.

Dans les sites à usage principalement commercial, récréatif, institutionnel ou industriel, ces préoccupations quant à la conception interviennent généralement plus tard dans le processus.

5. Des avancées progressives plutôt que des pas de géant.

À l'instar de la plupart des autres types de transport public, la technologie du STC est orientée et supervisée par des organismes de réglementation internationaux, nationaux et régionaux. Ces organismes établissent les vitesses, les techniques d'évacuation, les capacités et débits, etc. des lignes de téléportés. Ils approuvent également l'utilisation de technologies nouvelles et les progrès apportés aux technologies existantes.

Ces organismes ont toujours préféré favoriser les avancées technologiques progressives que les grandes avancées par à-coups. Ce qui, de l'extérieur, peut sembler poser un problème technique, peut se réduire, en fait, à un obstacle bureaucratique.

Par conséquent, il est utile, dans la planification d'une ligne de STC, de bien saisir le cadre réglementaire et les directives officielles susceptibles de venir contrecarrer un projet. De plus, si un projet de ligne affiche un rapport performance-coût qui dépasse les normes, les urbanistes de la STL devraient s'attacher à veiller à ce que les mesures de performance soient justifiées par des avancées progressives par rapport à la norme, afin de raccourcir les délais réglementaires et les délais d'approbation.

Si les attentes technologiques sont très supérieures aux normes, il est possible que les fabricants hésitent à prendre part au projet. Il est donc essentiel de consulter les fabricants tôt dans le processus, de manière à connaître leur capacité à mettre un concept donné en œuvre.

6. Faire preuve de créativité dans le paysage urbain.

Comme le démontre la présente étude, la technologie de transport par câble est incroyablement flexible.

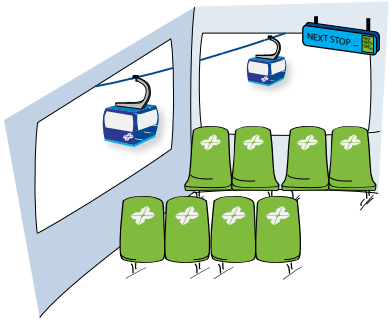
Plus elle progresse, plus des configurations et des conceptions variées et uniques en leur genre voient le jour dans le monde entier. Il existe aujourd'hui des stations de téléphérique souterraines, dans des gratte-ciels ou intégrées aux complexes de magasinage. Toutes les solutions, toutes les conceptions et tous les agencements sont envisageables.

3.2 FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN

1. Il s'agit d'un mode de transport. Envisagez-le comme tel.

Pour qu'un STC s'intègre à un réseau de transport urbain, il doit lui ressembler et avoir une réelle utilité.

Idées et initiatives à envisager :

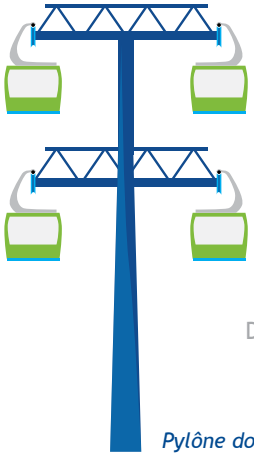


- Personnaliser le système, afin que les couleurs, les logos, etc. soient identiques aux autres véhicules du réseau de transport de la ville.
- Installer des sièges semblables à ceux que l'on trouve dans les transports en commun et non dans les télésièges.
- Annoncer les arrêts et afficher l'itinéraire et les cartes du réseau dans les véhicules et les stations.
- Veiller à l'accessibilité du système par tous.

2. Anticipez l'achalandage.

On sait qu'un STC bien conçu attire davantage d'usagers que la quantité prévue au moment des études. Lorsqu'une ligne est victime de son succès, il arrive que les temps d'attente s'allongent et que les niveaux de service se dégradent.

Si la STL décide de creuser le projet d'un STC, elle doit prévoir la possibilité d'accroître la capacité du système dans l'avenir. Trois solutions sont alors possibles dans cet objectif :



- Construire des lignes supplémentaires à proximité de la ligne surchargée pour augmenter la couverture et le débit.
- Concevoir le système de manière à ce qu'il soit possible d'ouvrir une seconde ligne superposée dans l'avenir (c'est-à-dire deux lignes sur un même pylône).
- Ouvrir le système à un débit inférieur au débit maximal possible, afin de pouvoir ajouter des véhicules ultérieurement.

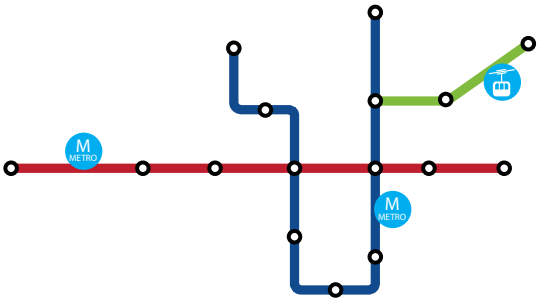
De ces trois options, la dernière est la plus rentable et la plus simple à mettre en œuvre.

Pylône double-tête à deux balanciers

3. Intégration totale pour assurer un achalandage élevé.

Généralement, les systèmes de téléportés urbains sont plus efficaces lorsqu'ils sont totalement intégrés au réseau de transport existant, à la fois du point de vue des correspondances possibles que du tarif. Il faut en premier lieu répondre aux besoins des navetteurs et non des touristes. En Europe et en Asie, les téléportés urbains qui s'adressent aux touristes remportent de vifs succès, mais ce n'est généralement pas le cas en Amérique du Nord.

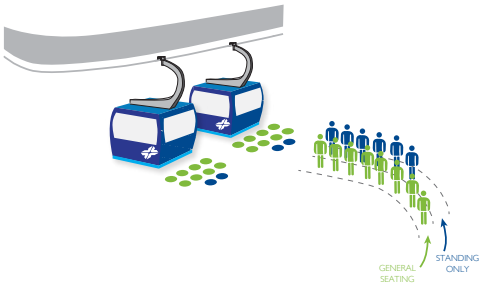
Les téléportés conçus dans un but touristique en Amérique du Nord ont généralement du mal à équilibrer leur budget. Mieux vaut éviter ce type de démarche. En revanche, les touristes emprunteront un système de téléporté dédié au transport en commun pour son côté novateur. Il est, de plus, possible d'optimiser les recettes en faisant payer aux touristes un tarif plus élevé que celui acquitté par les résidants.



4. Choix stratégique de l'emplacement des stations.

L'emplacement des stations doit être au plus pratique pour les usagers. Il est essentiel de les construire dans des zones de forte densité et dans les grands couloirs de circulation. Les stations doivent être ouvertes dans des lieux stratégiques, qui permettent une correspondance facile avec d'autres modes de transport urbain. Cela permet d'éviter les engorgements, de réduire les temps d'attente et de raccourcir les files d'attente.

5. Stratégies intelligentes de files d'attente et procédures d'embarquement efficaces.



Pour optimiser le débit, les véhicules doivent être remplis. À l'instar du métro où une signalétique peut indiquer où attendre la prochaine rame, dans une station de téléporté, des indications au sol peuvent indiquer où attendre la prochaine cabine.

Par exemple, si le STC est équipé de cabines spéciales, type première classe, il est possible de constituer deux files d'attente afin que les passagers d'une cabine en particulier attendent au premier rang de la file. Cette organisation est efficace pendant les heures de pointe pour distinguer les usagers qui souhaitent voyager debout afin qu'ils complètent les cabines une fois les places assises occupées.

6. Entretien préventif.

Les systèmes de transport par câble urbains s'usent plus rapidement que les téléportés alpins ou touristiques, pour trois raisons principales :

- ils sont en service toute l'année;
- ils transportent bien plus de passagers que les téléportés de montagne ou de villégiature;
- ils comptabilisent plus d'heures de fonctionnement par jour qu'un téléphérique de montagne. Un téléporté de montagne fonctionne 8 à 10 heures par jour (de 8 h à 18 h environ), et un téléporté urbain doit être en service jusqu'à 20 h par jour (de 6 h à 2 h environ).

Ces trois facteurs nécessitent chaque jour un niveau élevé d'entretien préventif du système de téléporté urbain. Généralement, les sociétés de transport font travailler le personnel de la machinerie et de l'entretien pendant les heures d'exploitation. Ces employés assument souvent de doubles fonctions d'opérateurs et parfois même de préposés aux stations.

Cette façon de procéder augmente les coûts annuels de fonctionnement et d'entretien, mais elle permet d'assurer des niveaux de service fiables et réduit les interruptions de service dues aux fermetures pour l'entretien annuel du système.

Dans les pays en développement, il est fréquent que les préposés à la billetterie soient également chargés du fonctionnement des stations, mais cette solution est inutile.

7. Fenêtres stratégiques d'entretien.

Au-delà de l'entretien préventif quotidien, un STC doit faire l'objet d'un entretien annuel pour rester en bon état.

Traditionnellement, sur les systèmes récréatifs, cet entretien annuel est effectué à l'intersaison, à l'automne ou au printemps, où peu d'excursions ont lieu. Il dure environ un mois. En ville, il est évidemment impensable d'envisager un entretien annuel de cette durée.

Les sociétés réduisent donc cette période à moins d'une semaine et la planifient durant les périodes de moindre achalandage. Par exemple, la ligne K du Metrocable de Medellín est en entretien annuel durant la semaine sainte, période sacrée en Colombie. La Semaine sainte a été choisie parce qu'en raison de la place prédominante qu'elle occupe dans la vie du pays, très catholique, c'est le moment de l'année où l'on compte le moins de navetteurs. Les dérangements sont donc minimes.

Par ailleurs, en procédant à l'entretien annuel au même moment chaque année (et en faisant connaître ces dates), la société de transport peut prévoir les interruptions de service. Elle peut donc planifier des services d'autobus afin de réduire les désagréments pour les usagers.

8. Fonds de réserve affecté à l'entretien.

Tout au long du cycle de vie d'un STC, des remplacements et des réparations des diverses pièces électromécaniques devront être effectués. De plus, au bout d'une quinzaine d'années, il faudra procéder à une révision générale majeure du système. Cette révision générale dure de 1 à 4 mois, selon la nature des opérations à effectuer. Vu le type de technologie, il est difficile de prévoir avec exactitude le moment où cette révision générale devra être effectuée.

Par conséquent, il est conseillé aux sociétés de transport de constituer un fonds de réserve à même le budget annuel de fonctionnement et d'entretien du STC. Dans ce fonds de réserve, les fonds réservés au coût de la révision générale produisent des intérêts durant toute la durée de vie du système et permettent de faire face aux éventuels coûts imprévus de pièces de rechange et de réparations.

En définitive, ce sont l'environnement socioéconomique, la complexité du système et sa résistance qui déterminent le montant à prévoir dans le Fonds de réserve.

4.0 SYSTÈMES DE TRANSPORT PAR CÂBLE EN SERVICE

On peut citer de nombreux exemples de systèmes de transport par câble en service dans le monde. Certains sont totalement intégrés au réseau de transport en commun urbain existant, y compris au plan de la carte tarifaire. Dans d'autres cas, les usagers doivent s'acquitter d'un droit en sus. D'autres systèmes visent directement le marché local/touristique.

Pour cette étude, on peut diviser les différents STC en trois catégories : systèmes totalement intégrés, systèmes partiellement intégrés et systèmes récréatifs. Un bref exposé des systèmes en développement est également joint.

Les systèmes décrits ci-après sont :

La ligne K du Metrocable de Medellín
La ligne J du Metrocable de Medellín
Le Metrocable de Caracas
Le Teleférico do Alemão à Rio de Janeiro
La télécabine de Constantine en Algérie
La télécabine de Tlemcen en Algérie
La télécabine de Skikda en Algérie
Le Roosevelt Island Tram de New York

SYSTÈMES TOTALEMENT INTÉGRÉS.

Soit ces systèmes sont matériellement intégrés aux réseaux de transport locaux et font partie de la même zone tarifaire que ces derniers, soit ils constituent, dans la ville, le principal réseau de transport.

Le tramway aérien de Portland
La ligne L du Metrocable de Medellín

SYSTÈMES PARTIELLEMENT INTÉGRÉS.

Ces systèmes sont matériellement intégrés au réseau de transport local, mais ne font pas partie de la même zone tarifaire.

Le Rheinseilbahn de Coblence
Le Teleférico Warairarepano de Caracas
Le Ngong Ping 360 de Hong Kong
Le téléphérique de Singapour
Le Funivia del Renon de Bolzano

SYSTÈMES RÉCRÉATIFS.

Ces systèmes sont incorporés à la ville, mais sont essentiellement utilisés par les touristes.

Le téléphérique sur la Tamise, à Londres

SYSTÈMES EN DÉVELOPPEMENT.

Ce STC est actuellement en construction. Il couvrira une large zone urbaine.

Burnaby, Canada
Calgary, Canada
La Mecque, Arabie Saoudite

VILLES ENVISAGEANT LA CONSTRUCTION D'UN STC

Villes aux étapes préliminaires d'une analyse des possibilités d'installation d'un STC.

4.1 LA LIGNE K DU METROCABLE DE MEDELLÍN, COLOMBIE

Système totalement intégré

LOCALISATION

Medellín est la deuxième ville de Colombie avec une population de 2,2 millions d'habitants. Elle se situe dans la vallée d'Aburra, à environ 1500 m au-dessus du niveau de la mer. Au début des années 60, Medellín a enregistré une forte croissance urbaine imprévue, qui a débordé sur la chaîne de montagnes longeant la ville. Des milliers de personnes ont en effet, à cette période, quitté les régions rurales pour s'installer en ville, pour des raisons principalement économiques.

Afin de relier et d'intégrer à la ville ces quartiers difficiles d'accès, la ville de Medellín a proposé une initiative sans précédent dans son plan de développement municipal de 1993. À l'issue de nombreuses études et analyses approfondies, la première ligne de transport par câble a été inaugurée en 2004.

La ligne K dessert les communautés de Santo Domingo, Popular et Santa Cruz.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 2 km

Année : 2004

Stations : 4

Vitesse maximale : 18 km

Vitesse moyenne : 12 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 10 personnes

Cabines en service : 90

Durée du trajet en minutes : 7

Débit : 3000 pphpd

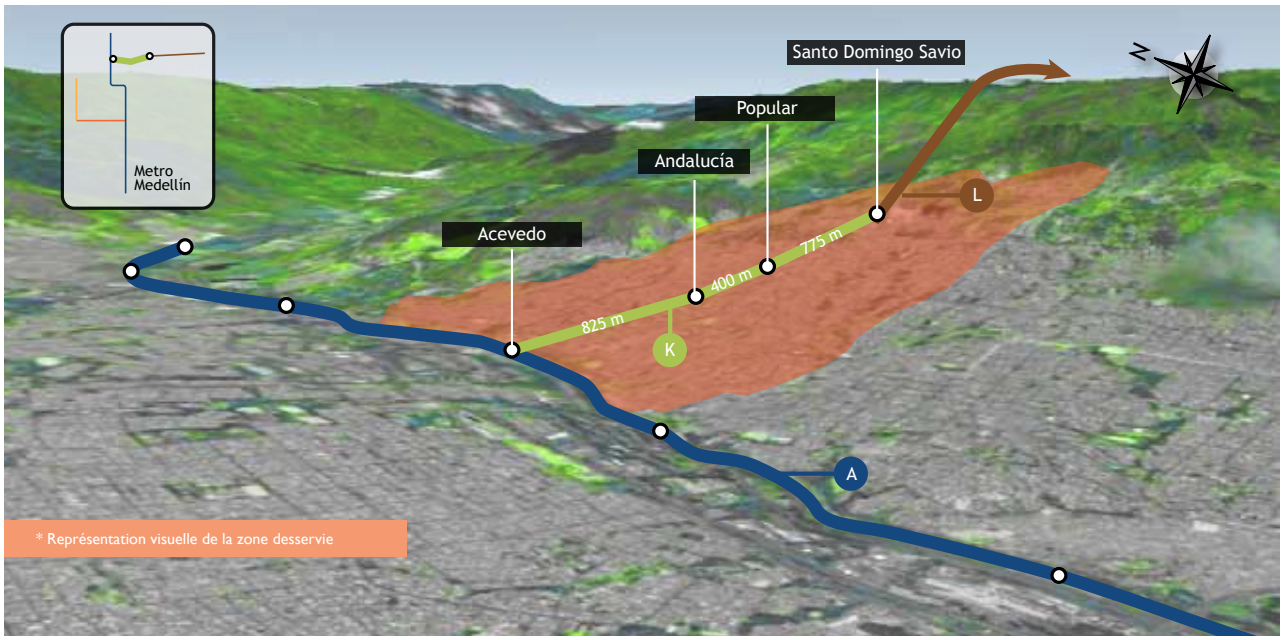
Achalandage annuel : 14 000 000

Coût de mise en œuvre : 26 000 000 $ US

Coût/km : 13 000 000 $ US

Prix du trajet : ~1 $ US

Fonctionnement : 19 heures/jour



STATION ANDALUCIA

STATION SANTO DOMINGO SAVIO

LIAISONS PIÉTONNIÈRES PRATIQUES

ARCHITECTURE DES STATIONS

Les stations du Metrocable de Medellín ont réussi le pari d'allier la fonctionnalité à l'esthétisme. Le système est un mode de transport efficace dans lequel les usagers ont confiance et dont la communauté est fière.

Les stations sont efficacement reliées au plateau piétonnier, ce qui améliore considérablement l'accès et le flux des passagers. De vastes espaces publics autour des stations favorisent la fluidité de la circulation du débit.

Des stations de correspondance plus grandes servent également d'espaces communautaires. Par exemple, on trouve, dans la station d'Acevedo, des laboratoires informatiques et des bibliothèques ouverts au public.

INTÉGRATION

La ligne K est totalement intégrée au réseau ferré aérien, tant au niveau des liaisons et des correspondances de trajets que de la zone tarifaire. Les correspondances entre modes de transport sont rapides, simples et pratiques, car la station du MDG surplombe la gare.

La ligne K permet de relier la ligne L et de se rendre au parc Arvi (voir section 4.10).

COULOIR PIÉTONNIER VERS LA LIGNE L

DÉCOR URBAIN ORIGINAL

4.2 LA LIGNE J DU METROCABLE DE MEDELLÍN, COLOMBIE

Système totalement intégré

LOCALISATION

Le succès remporté par la ligne K, première ligne de STC de Medellín, a directement influencé la mise en œuvre de la ligne J, inaugurée en 2008. Contrairement à la ligne K, qui dessert des quartiers existants et déjà bien établis, la ligne J dessert des communautés qui sont aujourd'hui en développement et en forte expansion. Autrement dit, la ligne J a été construite dans un esprit de « planification pour l'avenir », tandis que la ligne K visait à répondre à un besoin immédiat d'agrandissement des réseaux existants.

La ligne du STC se situe dans le district de San Javier, qui comprend les quartiers de Vallejuelos et La Aurora. À l'instar de la ligne K, la ligne J a remplacé les trajets en autobus privés, inefficaces et jamais à l'heure.

Remarque : la ligne K est la plus fréquentée des deux lignes. Les recherches de Rubiano indiquent pourtant que le nombre d'employés affectés à ligne J s'élève à 134, contre 74 pour la ligne K.

Il s'agit probablement d'une erreur de transcription, mais, sans indication le confirmant, ils sont à prendre tels quels.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 2,6 km

Année : 2008

Stations : 4

Vitesse maximale : 18 km

Vitesse moyenne : 16 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 10 personnes

Cabines en service : 119

Durée du trajet en minutes : 10

Débit : 3000 pphpd

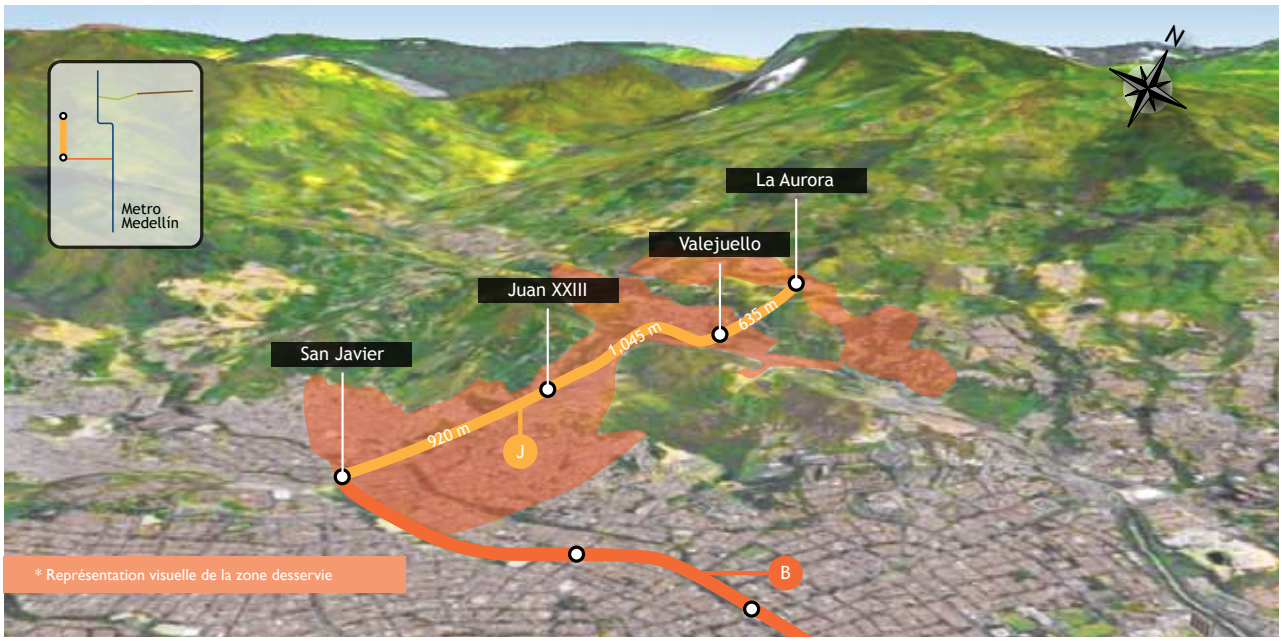
Achalandage annuel : 7 700 000

Coût de mise en œuvre : 50 000 000 $ US

Coût/km : 19 200 000 $ US

Prix du trajet : ~1 $ US

Fonctionnement : 19 heures/jour



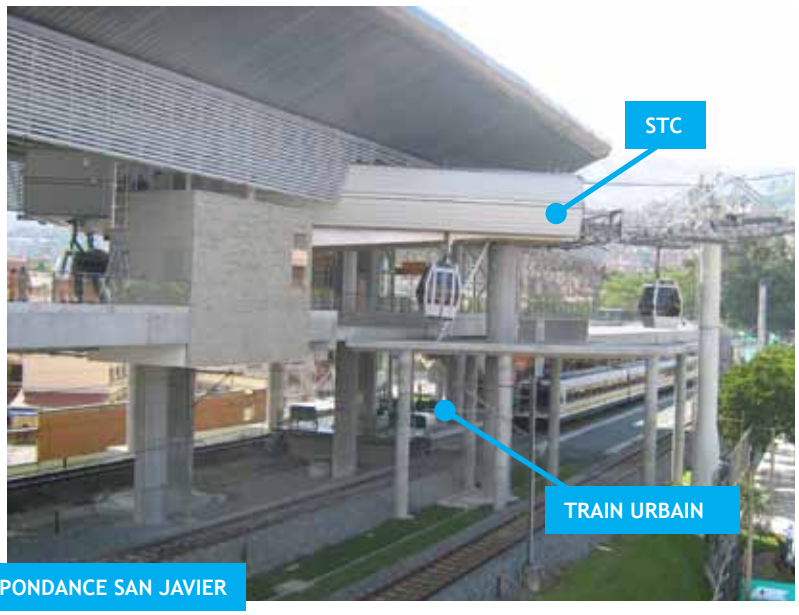
ARCHITECTURE DES STATIONS

Tel qu'indiqué dans la section sur la ligne K du Metrocable de Medellín, les stations du Metrocable sont bien conçues, visuellement attractives et pratiques. Elles sont entourées d'espaces publics et font la fierté des communautés environnantes. Les stations sont faciles d'accès et judicieusement reliées au réseau de métro de Medellín.

ART MURAL URBAIN

INTÉGRATION

La ligne J est totalement intégrée au réseau ferré, tant au niveau des liaisons et des correspondances que de la zone tarifaire. Les correspondances entre les deux sont rapides, simples et pratiques, car la station de télécabine surplombe la gare.



TERMINAL DE CORRESPONDANCE SAN JAVIER

4.3 LE METROCABLE DE CARACAS, VENEZUELA

Système totalement intégré

LOCALISATION

Inspiré du Metrocable de Medellín, le projet de Metrocable de Caracas a été lancé au milieu des années 2000. Après deux ans de planification et d'études, le Metrocable de Caracas a ouvert en 2010.

La ville espérait insuffler le même élan de redéveloppement social qu'à Medellín et réintégrer les populations défavorisées en appliquant les mêmes principes d'organisation sociale. Le quartier de San Agustin fut choisi pour servir de premier site d'essai. À San Agustin, comme dans beaucoup de quartiers défavorisés, les bâtiments sont construits dans le désordre, sans véritable plan d'aménagement urbain. Il n'y pas de routes, mais uniquement de petites allées. Cette organisation urbaine nuisait à tout espoir de mettre en œuvre des réseaux de transport urbain conventionnels, tels qu'autobus et trains.

Les premières recherches tendent à indiquer que le système n'atteint pas les niveaux de fréquentation projetés. Cela est probablement dû à une méconnaissance des comportements locaux et à un mauvais choix d'implantation des stations.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 1,8 km

Année : 2010

Stations : 5

Vitesse maximale : 18 km

Vitesse moyenne : 12 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 10 personnes

Cabines en service : données non disponibles

Durée du trajet en minutes : 9

Débit : 3000 pphpd

Achalandage annuel : 1 000 000

Coût de mise en œuvre : 318 000 000 $ US

Coût/km : 177 000 000 $ US

Prix du trajet : ~0,25 $ US

Fonctionnement : 15 heures/jour

* Représentation visuelle de la zone desservie

ARCHITECTURE DES STATIONS

L'idée de départ était de faire des stations du Metrocable de Caracas de grands centres communautaires dotés de gymnases, cliniques et centres d'éducation. Cependant, au moment où nous rédigeons ce rapport, il n'est pas établi que ces commodités sociales soient pleinement opérationnelles, ni même si elles le seront jamais.

Les stations sont situées dans des zones difficiles d'accès. Elles sont isolées des installations environnantes, ce qui rend d'autant plus mauvaises les jonctions piétonnières, déjà médiocres.

Les correspondances difficiles, le défaut d'assurer les services prévus et le manque d'espaces publics expliquent sans doute en partie pourquoi la fréquentation est inférieure de 20 % aux projections initiales.

INTÉGRATION

Le Metrocable est totalement relié au réseau de métro de la ville et constitue une solution économique par rapport aux autres modes de transport.

DE GRANDES STATIONS MAIS DES JONCTIONS PIÉTONNIÈRES MAL CONÇUES

STATION PARQUE CENTRAL

4.4 LE TELEFÉRICO DO ALEMÃO
4.5 RIO DE JANEIRO, BRÉSIL

Système totalement intégré

LOCALISATION

Rio de Janeiro est la deuxième ville du Brésil et compte une population de 6 millions d'habitants. La topographie accidentée de la ville limite la mobilité et le relief divise la ville.

Comme à Caracas et à Medellín, une grande partie des habitants de Rio vivent dans des communautés informelles, défavorisées, accrochées aux collines, habituellement appelées morros (versants) ou favelas. Les recherches indiquent qu'entre 20 et 40 % des 14 millions d'habitants que compte le Grand Rio vivaient dans ces communautés informelles en 2004.

Le Complexo do Alemão, l'une des plus grandes favelas de Rio, qui compte plus de 85 000 résidants, n'est pas une favela au sens strict, mais un regroupement de communautés de favelas plus petites. Conformément au plan d'aménagement de la ville, cette zone possède désormais un téléporté totalement intégré à six stations. Étant donné que le système en est encore aux phases d'essais, on ne dispose pas encore de données fiables sur son fonctionnement. Il faudrait approfondir la question.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 3,5 km

Année : 2011

Stations : 6

Vitesse maximale : 18 km

Vitesse moyenne : 13 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 10 personnes

Cabines en service : 152

Durée du trajet en minutes : 16

Débit : 3000 pphpd

Achalandage annuel : données non disponibles (ouverture récente)

Coût de mise en œuvre : 133 000 000 $ US

Coût/km : 38 000 000 $ US

Prix du trajet : ~1 $ US

Fonctionnement : 17 heures/jour

ARCHITECTURE DES STATIONS

Les stations du MDG de Rio sont de taille similaire à celles de Caracas. Elles sont vastes et équipées d'espaces qui pourraient servir à des fins communautaires dans l'avenir.

Si tel est le cas, ce système pourrait bien dépasser son rôle de simple réseau de transport.

INTÉGRATION

Avant l'ouverture de la ligne du STC, à part la marche, de nombreux résidants devaient emprunter des modes de transport informels, tels que la moto ou le taxi. Le MDG permet de rallier directement la ligne de train de banlieue, Saracuruna Supervia Line, et réduit considérablement les temps de trajet.

4.6 LA TÉLÉCABINE DE CONSTANTINE, ALGÉRIE

Système totalement intégré

LOCALISATION

Jusqu'à récemment, l'Algérie était encore aux prises avec une guerre civile qui a duré dix ans. Depuis 2002, des réformes ont progressivement été mises en œuvre dans l'environnement social et les infrastructures du pays. Constantine, ville de 500 000 habitants, est considérée comme la capitale de l'est du pays. Elle est située sur un plateau, à 640 m au-dessus du niveau de la mer, sur les bords d'un oued, le Rhumel.

Depuis la fin de la guerre, la circulation routière s'est intensifiée, et les rues de la ville sont saturées. Pour désengorger les nombreux ponts et les nombreuses routes de la ville, un STC simple, composé de trois stations, a été construit.

Depuis sa mise en service en 2008, ce téléporté constitue une nouvelle solution de transport efficace et rentable pour une grande partie des 100 000 personnes qui vivent dans le nord de Constantine. La ligne relie deux quartiers à l'un des plus grands employeurs de la ville : l'hôpital universitaire de Ben Badis. Les usagers parcourent désormais en sept minutes un trajet qu'il faut 45 minutes à parcourir en auto. Étant donné le côté pittoresque de la région et le panorama magnifique dont on bénéficie du téléporté, la ligne attire également les touristes.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 1,5 km

Année : 2008

Stations : 3

Vitesse maximale : 22 km

Vitesse moyenne : 14 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 15 personnes

Cabines en service : 33

Durée du trajet en minutes : 7

Débit : 2000 pphpd

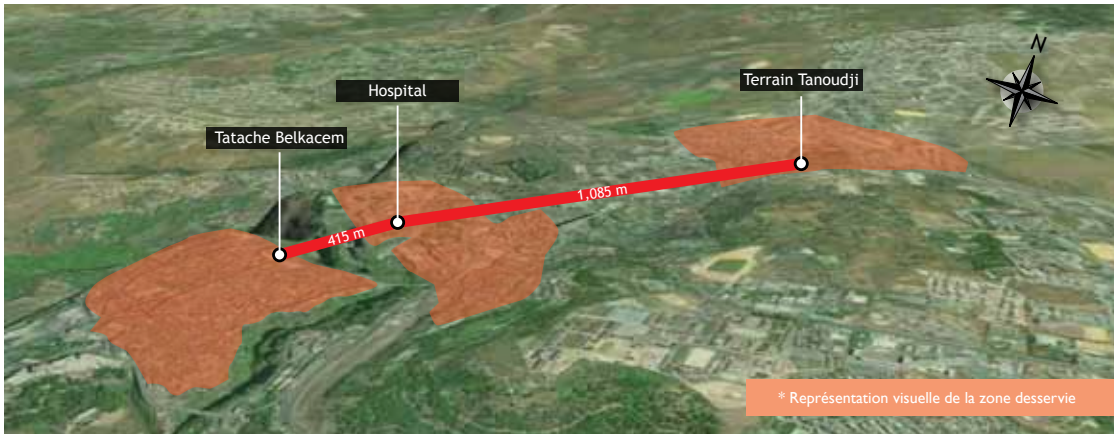
Achalandage annuel : 2 500 000

Coût de mise en œuvre : 14 000 000 $ US

Coût/km : 9 300 000 $ US

Prix du trajet : ~0,25 $ US

Fonctionnement : 17 heures/jour



STATION TATCHE BELKACEM : SIMPLE ET FONCTIONNELLE

LE LIEU D'IMPLANTATION STRATÉGIQUE DES PYLÔNES CAUSE PEU DE PERTURBATIONS

SURVOL DES GORGES DU RHUMEL

ARCHITECTURE DES STATIONS

L'architecture de ce STC algérien varie d'une station à l'autre.

La station qui dessert l'hôpital de Constantine est bâtie dans un esprit moderne, avec des dômes vitrés de style simple, mais contemporain.

D'autres stations, comme la station Tatache Belkacem (ci-dessus), sont conçues dans un esprit plus utilitaire. Elles s'insèrent bien dans le quartier environnant, car elles sont construites avec des matériaux locaux, tels que des pierres blanchies à la chaux et de la brique. L'infrastructure porteuse du câble ressort souvent du bâtiment en saillie afin de réduire la dimension de la station.

Toutes les stations affichent une taille modeste et un faible encombrement, sans que cela ne représente un obstacle à l'achalandage projeté. Leur rôle se limite au rôle de station. Elles n'abritent pas tout l'éventail de services sociaux généralement prévus dans les STC sud-américains.

UNE VILLE DE PONTS

Bâtie sur un promontoire rocheux fendu par les gorges du Rhumel, la ville porte le surnom de « ville de ponts ». Constantine a toujours comporté des ponts et des viaducs. Avec l'ouverture du premier téléporté moderne de la ville, elle reste fidèle à sa tradition de ville qui enjambe les gorges du Rhumel.

4.7 LA TÉLÉCABINE DE TLEMCEN, ALGÉRIE

Système totalement intégré

LOCALISATION

Tlemcen est située au nord-ouest de l'Algérie. Sa population s'élève à 140 000 habitants. La ville est bâtie sur une crête de calcaire à 800 m au-dessus du niveau de la mer et domine les plaines de Safsaf et de Tafna. Construite en 2009, la télécabine de Tlemcen affiche un rapport performance/coût presque identique à celui de Constantine.

Le système est installé sur l'axe nord-sud et relie le jardin public (Grand Bassin) au nord, au plateau de Lalla Setti au sud, sur lequel a été ouvert un parc de détente et de loisirs, où l'on peut pratiquer toutes sortes d'activités. Il comporte notamment un parc animalier et un hôtel.

Vu l'aspect touristique de l'installation, on peut avancer que le système n'est pas totalement intégré, mais plutôt récréatif. Cependant, étant donné qu'il est emprunté par un grand nombre de citadins en plus des touristes, il nous a semblé plus judicieux de le classer parmi les systèmes totalement intégrés.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 1,6 km

Année : 2009

Stations : 3

Vitesse maximale : 22 km

Vitesse moyenne : 14 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 15 personnes

Cabines en service : 17

Durée du trajet en minutes : 7

Débit : 1000 pphpd

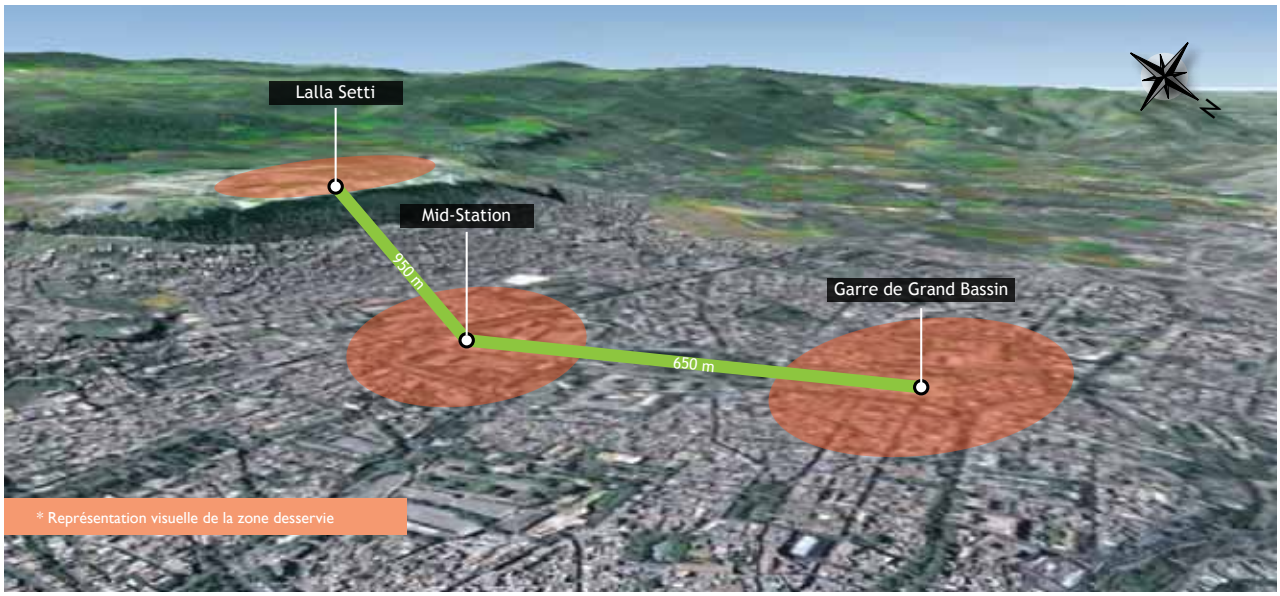
Achalandage annuel : données non disponibles

Coût de mise en œuvre : 14 700 000 $ US

Coût/km : 9 200 000 $ US

Prix du trajet : ~0,25 $ US

Fonctionnement : 17 heures/jour



ARCHITECTURE DES STATIONS

Les stations de Tlemcen sont très originales comparées aux autres STC algériens décrits dans le présent rapport. Leur style architectural traditionnel attire particulièrement l'attention. Elles ont toutes été dessinées et construites par des architectes et des entrepreneurs locaux. Vu la nature récréative du téléporté, une attention particulière a été accordée à la conception des stations, afin qu'elles revêtent un intérêt touristique.

STYLE TRADITIONNEL DU TERMINAL DE LALLA SETTI

ARRIVÉE À LALLA SETTI

4.8 LA TÉLÉCABINE DE SKIKDA, ALGÉRIE

Système totalement intégré

LOCALISATION

Skikda est une ville de 225 000 habitants, située au nord-est de l'Algérie, à 98 m au-dessus du niveau de la mer.

Comme ceux de Tlemcen et de Constantine, le STC de Skikda compte trois stations. Avec une longueur de près de deux kilomètres, il s'agit de la ligne de téléporté urbain la plus longue d'Algérie. Son utilité première est de donner aux résidants des communautés de Bouyala et de Bouabaz un accès facile à la station de transport urbain Mohammed Boudiaf, dans le centre-ville, et aux quartiers commerciaux environnants.

Vu la densité de l'occupation des sols de la ville, les méandres de rues, l'étroitesse des routes et la topographie, la mise en œuvre de solutions de transport traditionnelles, telles que l'autobus et le train, était trop onéreuse et trop complexe à réaliser. Bouyala et Bouabaz étant toutes deux situées sur des versants, le STC était une solution de transport évidente et directe.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 1,9 km

Année : 2009

Stations : 3

Vitesse maximale : 22 km

Vitesse moyenne : 14 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 15 personnes

Cabines en service : 22

Durée du trajet en minutes : 8

Débit : 1 200 pphpd

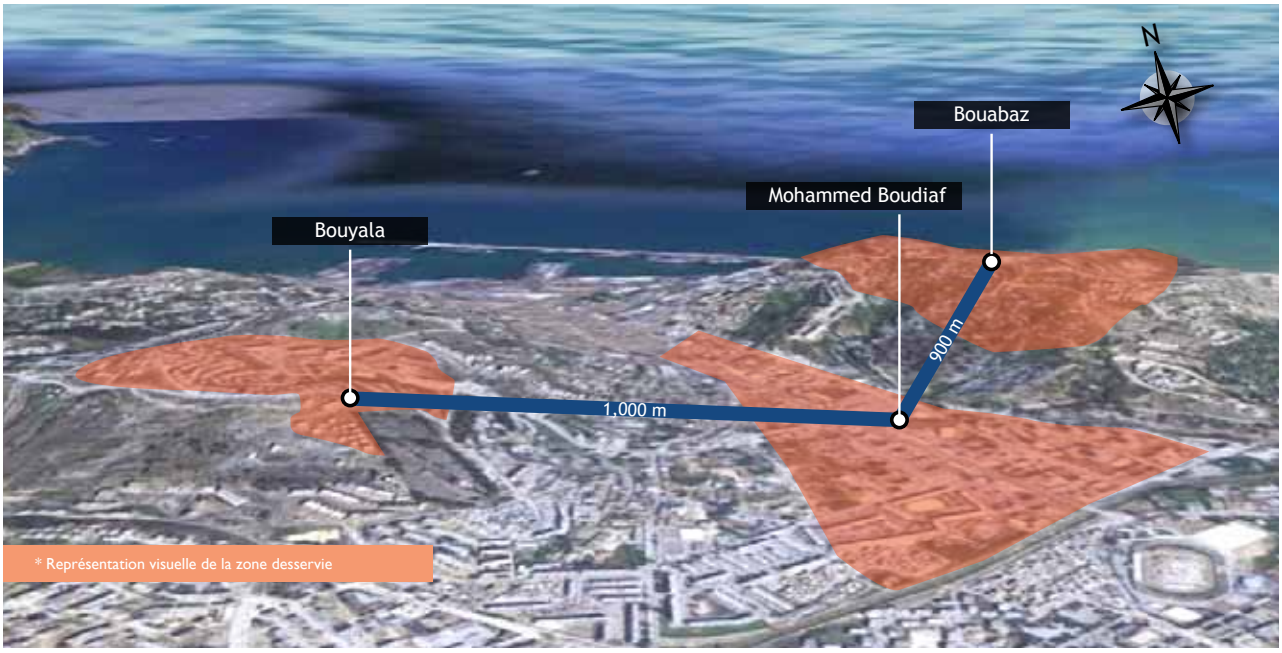
Achalandage annuel : données non disponibles

Coût de mise en œuvre : 16 200 000 $ US

Coût/km : 8 500 000 $ US

Prix du trajet : ~0,25 $ US

Fonctionnement : 17 heures/jour



* Représentation visuelle de la zone desservie

ARCHITECTURE DES STATIONS

Le MDG de Skikda a un débit moyen. Les stations présentent donc toutes un encombrement minimal. Les gares et la station-virage sont de taille modeste et de conception simple. Les bâtiments sont revêtus, à l'extérieur, d'une enveloppe métallique, de verre réfléchissant et d'éléments bleus. Ce thème est repris dans l'intégralité du réseau.

STATION-VIRAGE MOHAMMED BOUDIAF

MUSIQUE À BORD

Pour répondre à la demande des usagers locaux, l'annonce publique qui était diffusée à bord a été repensée. Les navetteurs ont maintenant le plaisir d'entendre une musique de fond à bord de la cabine. Une fois mis en œuvre, ce simple geste a suffi à rendre plus agréable le trajet de milliers de passagers quotidiens.

4.9 ROOSEVELT ISLAND TRAM, NEW YORK, É.U.

Système totalement intégré

LOCALISATION

Roosevelt Island est une île étroite située au milieu de l'East River, à New York. Elle se trouve entre Manhattan (à l'ouest) et le Queens (à l'est). Elle compte une population de 14 000 habitants.

Le premier téléporté de Roosevelt Island fut construit en 1976, à titre de solution temporaire permettant aux résidants de l'île de rejoindre Manhattan. Ce mode de transport est devenu si pratique et indispensable pour les navetteurs que lorsque la ligne de métro a été ouverte sur l'île en 1990, le « Tram » est tout de même resté en service.

Après 34 années de fonctionnement sans histoire, ce téléporté a connu une panne mécanique en 2006. Le système avait épuisé sa durée de vie opérationnelle. Il a donc été entièrement reconstruit en 2010 (à l'exception des pylônes).

Le système a été modifié et a rouvert sous forme de tramway aérien double-voie.

La vitesse de transport a considérablement augmenté, de même que le débit, et le système est dorénavant en service 24 h sur 24.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : tramway aérien double-voie (non débrayable)

Longueur : 1 km

Année : 1976, reconstruit en 2010

Stations : 2

Vitesse maximale : 27 km

Vitesse moyenne : 20 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 109 personnes

Cabines en service : 2

Durée du trajet en minutes : 3

Débit : au moins 1000 pphpd

Achalandage annuel : 1 500 000

Coût de mise en œuvre : 25 000 000 $ US

Coût/km : 25 000 000 $ US

Prix du trajet : 2,25 $ US

Fonctionnement : 22 heures/jour

ARCHITECTURE DES STATIONS

Ce système avait été ouvert, au départ, pour une durée temporaire. Les stations et l'architecture reflètent bien ce côté « dépannage ». Les stations sont épurées et pratiques, simplement construites dans l'optique de franchir une rivière sans superflu. Les terminaux sont des structures ouvertes qui exposent les passagers aux éléments extérieurs.

Toutefois, dans le cadre des travaux de modernisation du téléphérique, les deux terminaux vont être refaits et améliorés. Celui de Manhattan sera doté d'un toit en verre, et celui de Roosevelt Island sera revêtu d'un toit vert. Les aires d'attente vont être refaites et couvertes pour protéger les usagers du mauvais temps.

INTÉGRATION

Depuis 2005, la ligne du tramway aérien est totalement intégrée au réseau de métro de New York. Le terminal est situé à une courte distance de marche de la station de métro Lexington/59th Avenue.

TERMINAL DE MANHATTAN, CONSTRUIT DANS UN ESPRIT PUREMENT UTILITAIRE

4.10 LE TRAMWAY AÉRIEN DE PORTLAND, PORTLAND, É.-U

Système partiellement intégré

LOCALISATION

Portland est une ville dotée de l'un des systèmes de transport les plus réputés en Amérique du Nord. Elle est également la deuxième ville américaine à avoir construit une ligne de transport par câble urbaine. Celle-ci s'imposait principalement en raison du développement et de l'essor continus de l'Oregon Health and Science University (OHSU). Située sur Marquam Hill, l'université est l'un des plus importants employeurs de la ville, comptant 21 000 employés. À l'heure actuelle, les passagers qui empruntent le téléphérique au lieu de prendre leur voiture économisent approximativement dix minutes.

Le système jouit d'une bonne réputation en raison de la conception unique de sa tour et de ses cabines. Ce caractère unique a cependant entraîné un dépassement de coûts de l'ordre de près de 400 %.

Par ailleurs, le tracé survole un quartier résidentiel, ce qui avait suscité un tollé et la consternation chez les résidants à l'époque et a également contribué au dépassement des coûts et aux retards dans la réalisation des travaux.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Tramway aérien

Longueur : 1 km

Année : 2007

Stations : 2

Vitesse maximale : 35 km/h

Vitesse moyenne : 20 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 78 personnes

Cabines en service : 2

Durée du trajet en minutes : 3

Débit : 980 pphpd

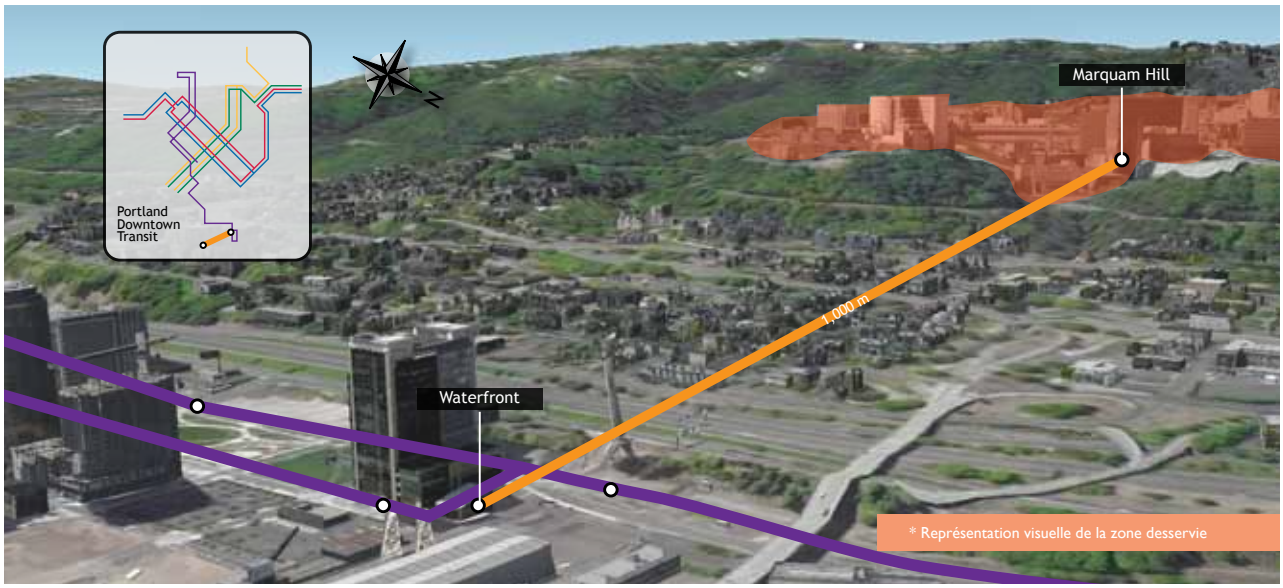
Achalandage annuel : 1 350 000

Coût de mise en œuvre : 57 000 000 $ US

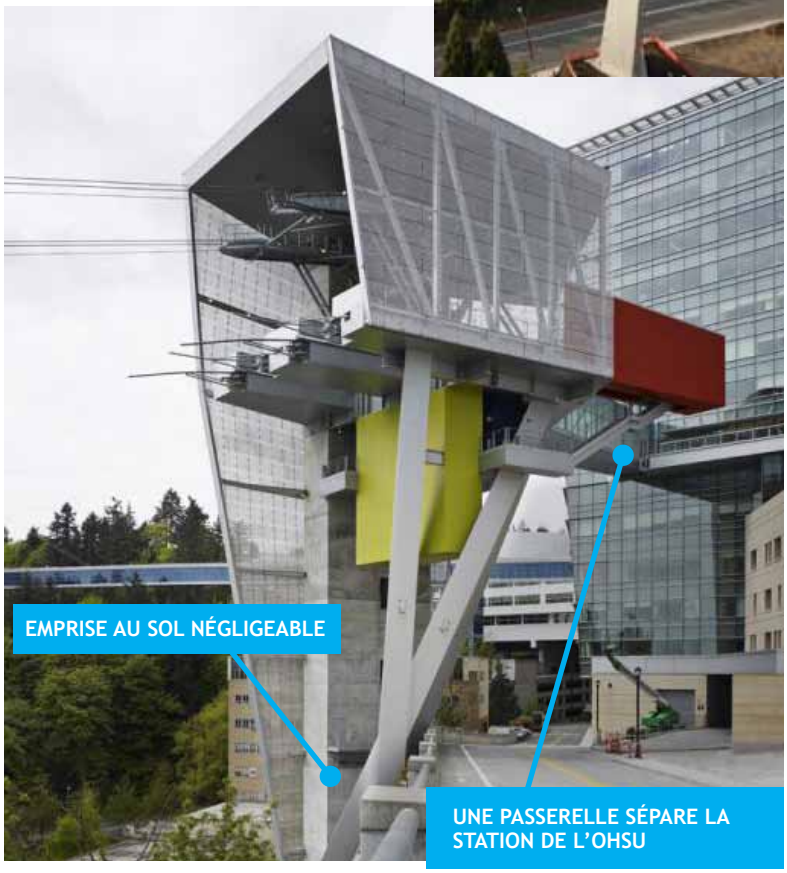
Coût/km : 57 000 000 $ US

Prix du billet : 4,00 $ US

Fonctionnement : 16 heures/jour



* Représentation visuelle de la zone desservie



ARCHITECTURE DES STATIONS

Le tramway aérien de Portland survole différents secteurs de la ville, notamment le district historique, de nombreuses routes résidentielles et huit voies d'autoroute. Afin d'obtenir l'approbation et la confiance de la population, la tour, les cabines et les stations ont été conçues et construites dans un style contemporain et épuré unique.

Les terminaux sont deux structures ouvertes, recouvertes d'aluminium léger. Le concept dans son ensemble visait à donner au téléphérique l'image d'un système de véhicule tracté par câble de haute qualité et sans précédent dégageant une élégance architecturale remarquable. Si Portland avait opté pour une « tour de style pylône à treillis traditionnel », le commissaire de la ville Adams était d'avis que le résultat aurait eu l'air « d'un remonte-pente affreux d'un centre de ski de second ordre […], une carte postale disgracieuse qui aurait perduré pendant 100 ans » [Traduction].

En raison de préoccupations géologiques, l'OHSU a insisté pour que le terminal situé en haut de Marquam Hill soit séparé des bâtiments de l'université. Par conséquent, même si le terminal et l'université communiquent directement, ils se trouvent à une certaine distance l'un de l'autre. Cette caractéristique de la conception a grandement contribué à faire hausser les coûts.

INTÉGRATION

Le téléphérique n'est que partiellement intégré au système de transport local. Si les étudiants et les employés de l'OHSU peuvent l'emprunter gratuitement, les autres passagers doivent cependant débourser la somme de 4 $ US pour un aller-retour.

4.11 LA LIGNE L DU METROCABLE – CABLE ARVI, MEDELLIN, COLOMBIE

Système partiellement intégré

LOCALISATION

La troisième ligne du STC de Medellín, la ligne L – Cable Arvi, relie les résidants au Parque Arvi, un sanctuaire naturel d'une superficie de 1 700 hectares. Situé dans les montagnes aux abords de la ville, le parc était auparavant réservé à l'élite plus fortunée de la ville.

Cette ligne s'inscrit dans le cadre des nouveaux programmes et principes sociaux mis de l'avant par le gouvernement de Medellín, qui tente d'instaurer une plus grande égalité au sein de la population et d'accroître l'accès du grand public aux loisirs.

Constatant l'attrait accru que suscite cette ligne chez les touristes locaux plutôt que chez les navetteurs, les autorités publiques ont jugé non nécessaire de l'intégrer au réseau de métro de la ville au chapitre de la zone tarifaire. La ligne L est toutefois facilement accessible grâce à une courte passerelle piétonnière à la station Santo Domingo de la ligne K du Metrocable.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 4,8 km

Année : 2010

Stations : 4

Vitesse maximale : 22 km/h

Vitesse moyenne : 21 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 10 personnes

Cabines en service : 27

Durée du trajet en minutes : 14

Débit : 600 pphpd

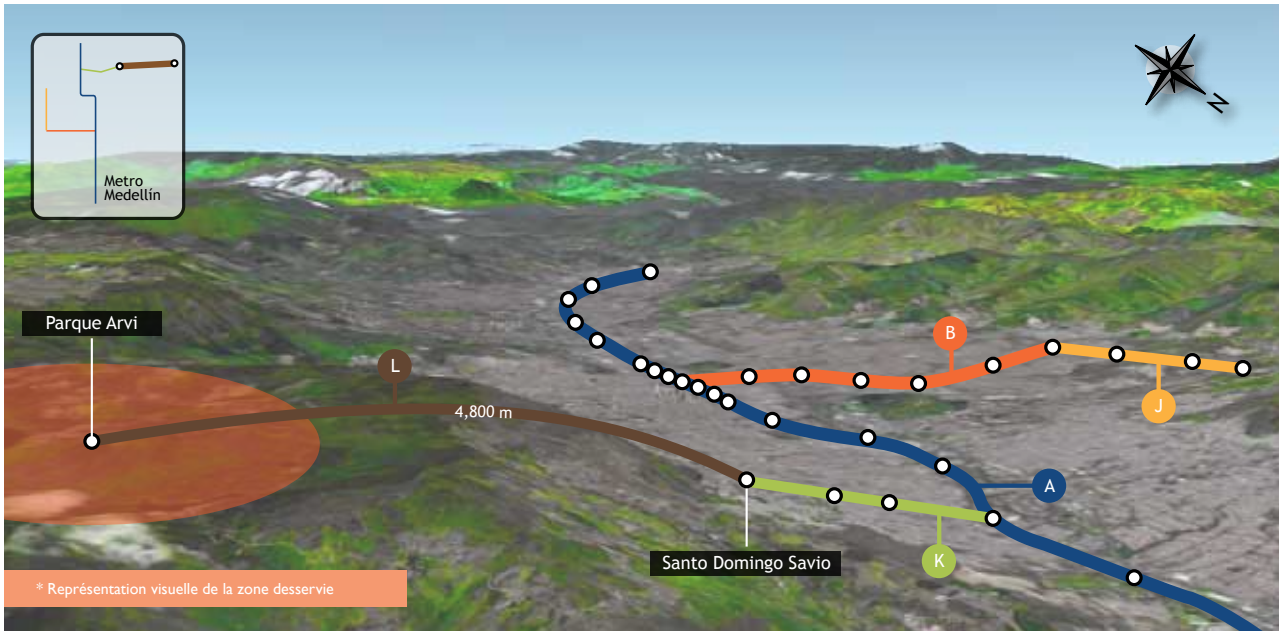
Achalandage annuel : Données non disponibles

Coût de mise en œuvre : 25 000 000 $ US

Coût/km : 5 200 000 $ US

Prix du billet : ~1,50 $ US

Fonctionnement : 9 heures/jour



MARCHÉ À LA STATION PARQUE ARVI

UN BÂTIMENT DE BOIS ENVELOPPE L'INFRASTRUCTURE DU CÂBLE

PASSERELLE SURÉLEVÉE COMMUNICANTE

ARCHITECTURE DES STATIONS

L'architecture en bois empreinte d'élégance de la station Parque Arvi du Metrocable se fond dans la nature environnante. L'infrastructure du système de traction par câble (c.-à-d.., le tambour, les commandes, les moteurs) est entièrement séparée de l'architecture de la station. Autrement dit, la station fait figure de cadre en bois ou de coque extérieure qui enveloppe l'infrastructure de traction par câble.

Cette flexibilité permet aux décideurs de personnaliser tous les aspects de la conception d'une station, pour autant qu'ils comprennent que, bien que l'architecture et l'infrastructure influent l'une sur l'autre, elles sont deux éléments distincts. Si l'infrastructure est normalisée, l'architecture peut toutefois être presque entièrement (et localement) personnalisée.

INTÉGRATION

La ligne L est facilement accessible grâce à une courte passerelle piétonnière à la station Santo Domingo de la ligne K du Metrocable.

Bien que destinée aux résidants au départ, la vocation plus touristique et récréative qu'a prise la ligne a incité les autorités publiques à appliquer un tarif pour son utilisation.

4.12 LE RHEINSEILBAHN DE COBLENCE, ALLEMAGNE

Système touristique

LOCALISATION

Coblence est une petite ville située le long du Rhin en Allemagne. Au moment de rédiger ces lignes (en 2011), Coblence accueille le Bundesgartenshau (BUGA), la foire horticulture bisannuelle d'Allemagne. Dans le cadre de celle-ci, alors que des événements sont prévus en plusieurs endroits dans la ville et que plus de deux millions de visiteurs sont attendus, le transport devient un aspect essentiel du succès de l'événement. Deux solutions avaient été envisagées – le bus navette et le téléporté. Finalement, c'est cette option qui a été retenue pour son attrait unique auprès des touristes, ses avantages pour l'environnement, le parcours direct au-dessus du fleuve, la petite superficie au sol de ses tours et ses capacités à transporter un grand nombre de passagers. Le téléphérique relie le centre-ville de Coblence et la montagne de la forteresse d'Ehrenbreitstein en survolant le fleuve.

Bien que le système, inauguré en 2010, constituait une solution temporaire pour la foire, des pourparlers sont en cours pour prolonger son utilisation jusqu'en 2015.

Le Rheinseilbahn de Coblence ne fonctionne pas à pleine vitesse pour laisser aux passagers le temps d'admirer la beauté et les attraits de la région environnante. Au nombre des caractéristiques particulières, mentionnons ses cabines au plancher de verre et sa « conception urbaine », la première du genre dans le monde.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation tricâble débrayable (3S)

Longueur : 0,9 km

Année : 2010

Stations : 2

Vitesse maximale : 25 km/h

Vitesse moyenne : 13 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 35 personnes

Cabines en service : 18

Durée du trajet en minutes : 4

Débit : 3 800 pphpd

Achalandage annuel : Données non disponibles (système construit en vue d'un événement)

Coût de mise en œuvre : 17 900 000 $ US

Coût/km : 20 100 000 $ US

Prix du billet : ~12,00 $ US

Fonctionnement : 8-10 heures/jour

ARCHITECTURE DES STATIONS

Les deux stations du Rheinseilbahn ont un profil élancé et occupent une superficie au sol très petite, leurs piliers de soutien ayant une largeur inférieure à celle de trois personnes se tenant côte à côte. Ces stations démontrent que les systèmes de transport par câble peuvent être construits dans des zones où l'espace au sol est limité. Ce système est également le premier à avoir utilisé des cabines « de conception urbaine », conçues de manière à donner l'apparence et l'impression d'un système de transport en commun.

Du point de vue de la conception, l'architecture de la station se fond gracieusement dans l'environnement urbain. En effet, l'auvent de la station est composé d'un tissu blanc léger et pratiquement transparent surmontant un cadre en bois solide. Cela dit, le fait de juxtaposer cette conception contemporaine légère à d'imposantes tours métalliques peut être perçu comme un plaisir pour les yeux ou, à l'inverse, comme un choix mal avisé.

Il convient de noter que le niveau de bruit autour de la station constitue certes un problème, mais qu'il est dû à la nature temporaire du système. En outre, il manque des installations d'entretien et d'entreposage. Dans l'éventualité où le STC devenait un atout permanent de la ville de Coblence, il reste à déterminer ce qu'il faudra faire pour résoudre ces deux problèmes.

INTÉGRATION

Comme le téléporté est un système touristique destiné aux visiteurs de la foire BUGA, il n'est pas intégré au réseau de transport en commun de la ville, ce qui signifie qu'il faut débourser le tarif demandé pour l'utiliser.

CABINES DE CONCEPTION URBAINE

Le système de Coblence est la première ligne à utiliser une cabine de « conception urbaine ». Que ce soit leurs sièges d'une couleur verte éclatante, leur aménagement intérieur, leur signalisation ou leurs barres, ces véhicules sont conçus de manière à donner l'apparence et l'impression d'un système de transport en commun.

AUVENT DE CONCEPTION LÉGÈRE

STATION DE COBLENCE

CABINES DE CONCEPTION URBAINE

4.13 LE TELEFÉRICO WARAIRAREPANO DE CARACAS, VENEZUELA

Système touristique

LOCALISATION

Le Teleférico Warairarepano, qui relie Caracas au sommet du mont Avila, a récemment été rouvert au public après une révision complète. Construit en 1952, le téléphérique transportait les résidants et les visiteurs jusqu'à l'Hôtel Humbolt - un hôtel luxueux situé en altitude à proximité de la ville. Malheureusement, des dissensions politiques et économiques à l'échelle nationale ont fait en sorte que l'hôtel tout comme le téléphérique ont été négligés, au point de devoir fermer en 1977. Après plusieurs tentatives infructueuses, le téléphérique a finalement été reconstruit en 2000 par Inversora Tourist Caracas dans le cadre d'un projet de revitalisation d'envergure.

Le mont Avila se trouve sur le territoire du parc national Avila, situé à la lisière nord de Caracas et qui sépare la ville de l'océan. Ressource importante pour la ville et ses résidants, cette région a obtenu le statut de parc en 1958.

À l'heure actuelle, le Teleférico Warairarepano relie Caracas au sommet du mont Avila, mais des plans viennent tout juste d'être signés pour continuer son parcours par-dessus la montagne jusqu'à la ville côtière de Macuto. On estime que cinq millions de personnes par année - tant des navetteurs que des touristes - pourraient tirer profit de cette prolongation prévue pour 2012.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 3,5 km

Année : 2000 (construction initiale en 1976)

Stations : 2

Vitesse maximale : 22 km/h

Vitesse moyenne : 14 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 8 personnes

Cabines en service : 87

Durée du trajet en minutes : 15

Débit : 1 920 pphpd

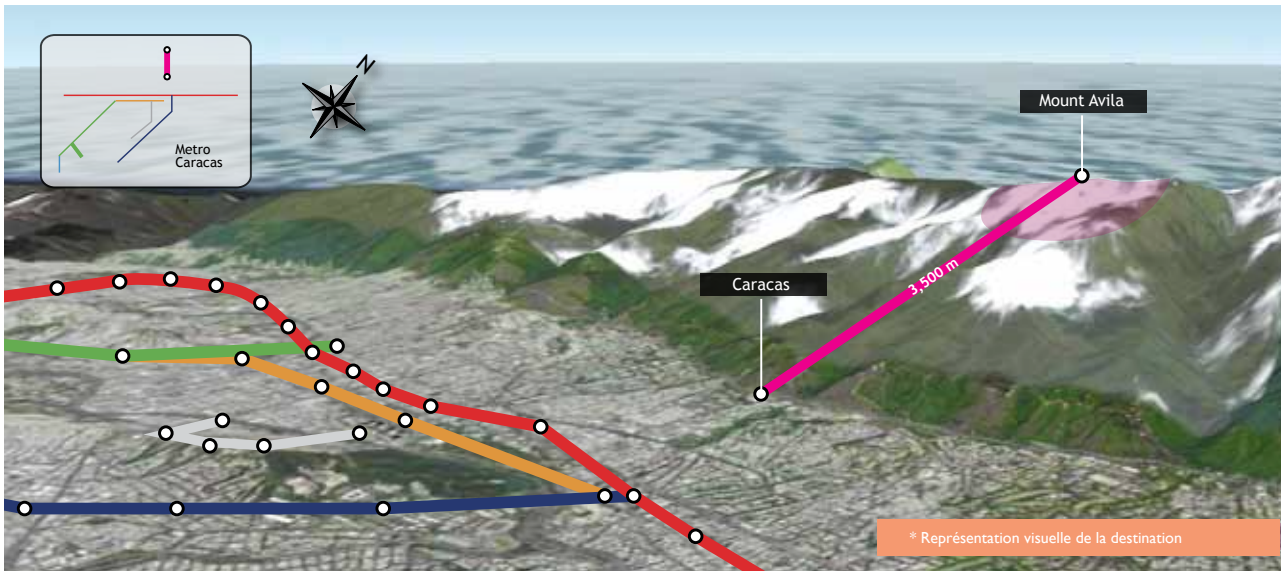
Achalandage annuel : Données non disponibles

Coût de mise en œuvre : 45 000 000 $ US

Coût/km : 12 900 000 $ US

Prix du billet : ~8,25 $ US

Fonctionnement : 9-11 heures/jour



TERMINAL MOUNT AVILA

TERMINAL DE CARACAS

ARCHITECTURE DES STATIONS

À l'instar de l'architecture des stations de la ligne L de Medellín, celle de la station du mont Avila du Teleférico Waraorarepano est séparée de l'infrastructure en tant que telle. Un dôme ondulé blanc recouvre les moteurs du câble et les tambours et offre une protection efficace, notamment contre les mauvaises conditions météorologiques.

INTÉGRATION

Le Teleférico Warairarepano est indépendant du réseau de transport en commun de la ville, ce qui signifie qu'il faut débourser le tarif demandé pour l'emprunter.

La station qui se trouve au centre-ville n'est pas reliée à une ligne de métro, mais est desservie par un autobus de ville.

4.14 LE NGONG PING 360 DE HONG KONG, CHINE

Système touristique

LOCALISATION

Le Ngong Ping 360 est situé sur l'île de Lantau, à Hong Kong. Le système a été construit dans le cadre d'un projet touristique de grande envergure dont l'objectif consistait à accroître l'accès à l'île et à ses attraits. La construction a commencé en 2004 sous l'appellation « Tung Chung Cable Car Project ». Le système a été rebaptisé en 2005 et a finalement été inauguré en 2006.

En raison de l'environnement géographique unique, le Ngong Ping 360 survole une gamme de points d'intérêt populaires, comme le plateau de Ngong Ping, l'aéroport international de Hong Kong, la vallée de Tung Chung et la mer de Chine méridionale. La balade se termine au village de Ngong Ping, où se trouve l'International Cable Car Gallery, qui expose des répliques de cabines utilisées partout dans le monde. On y trouve également de nombreuses boutiques et de nombreux restaurants.

Le Ngong Ping 360 a également été l'un des premiers systèmes à utiliser des cabines au plancher de verre. Les passagers de ces « cabines de cristal » doivent cependant débourser un tarif majoré.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation bicâble débrayable (BDG)

Longueur : 5,7 km

Année : 2006

Stations : 2

Vitesse maximale : 25 km/h

Vitesse moyenne : 14 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 17 personnes

Cabines en service : 112

Durée du trajet en minutes : 25

Débit : 3 500 pphpd

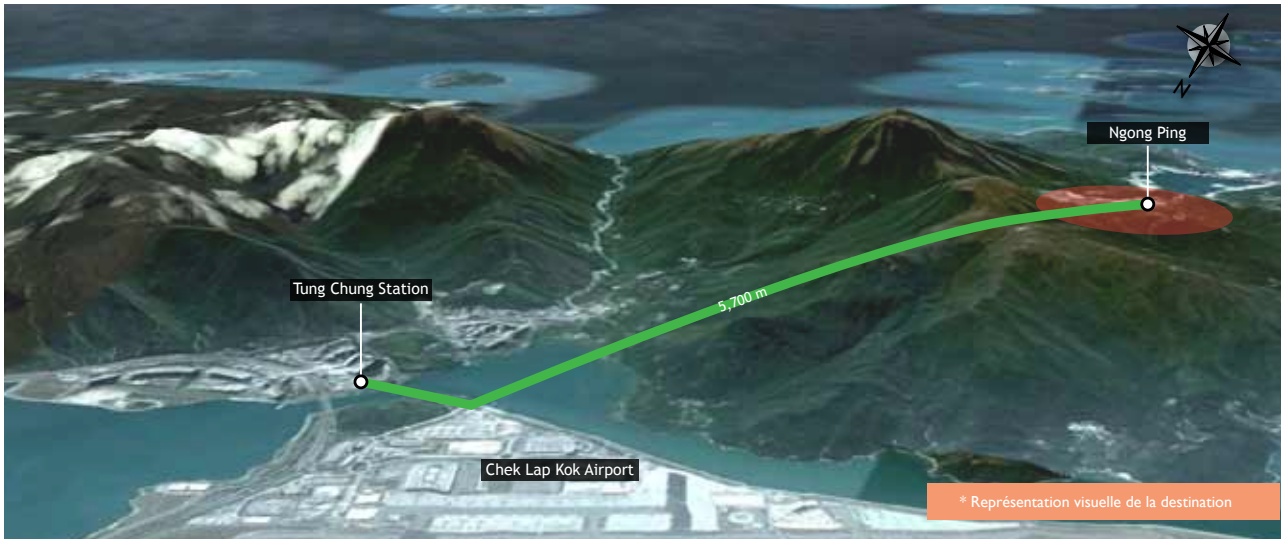
Achalandage annuel : 1 480 000

Coût de mise en œuvre : 128 700 000 $ US

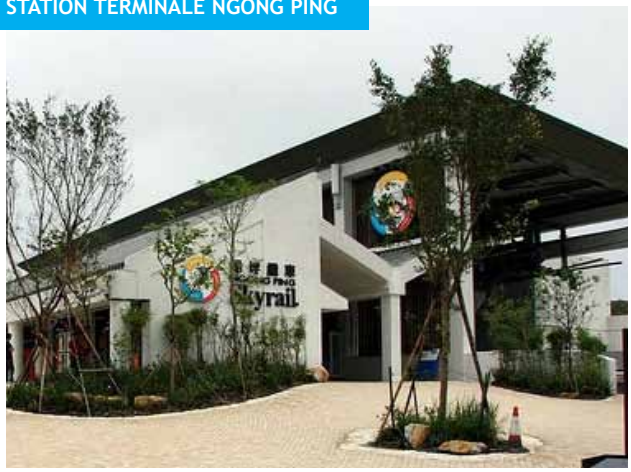
Coût/km : 22 600 000 $ US

Prix du billet : Entre ~10 $ US et 22 $ US

Fonctionnement : 8 heures/jour



STATION TERMINALE NGONG PING



FILES D'ATTENTE À LA STATION TUNG CHUNG

ARCHITECTURE DES STATIONS

Le système est composé de deux stations terminales, où l'espace est amplement suffisant pour faire la file, ainsi que de deux stations de virage, où les passagers ont le choix d'embarquer ou de débarquer.

Le bâtiment du terminal Tung Chung est coiffé de plusieurs toits à un seul versant. Un escalier mécanique et une passerelle relient les passagers du téléphérique à la station de MTR Tung Chung, au stationnement des autocars, et aux correspondances d'autobus et de taxis.

L'architecture du terminal Ngong Ping, tout comme celle du village de Ngong Ping, est fidèle à l'architecture chinoise traditionnelle.

INTÉGRATION

La station du téléporté est facile d'accès, au terme d'une courte marche depuis le terminus du réseau MTR de la ville. Il convient toutefois de noter que le STC est indépendant du réseau de transport en commun de la ville et qu'il faut débourser le tarif demandé pour l'emprunter.

L'UNE DES DEUX STATIONS DE VIRAGE

4.15 LE TÉLÉPHÉRIQUE DE SINGAPOUR, SINGAPOUR

Système touristique

LOCALISATION

Singapour est une cité-État hautement urbanisée composée de 63 îles et qui compte une population de cinq millions d'habitants. Le téléphérique de Singapour a été construit en 1974 pour relier le mont Faber, sur l'île principale, à l'île de Sentosa, une ancienne base militaire convertie en centre de villégiature d'envergure. L'île accueillant cinq millions de visiteurs chaque année, la principale utilité du téléporté consiste à offrir aux touristes une traversée plus agréable et plus pittoresque vers l'île de Sentosa.

Ce système fait œuvre de pionnier sur plusieurs points : il s'agit de la première ligne de transport par câble dotée d'une station intermédiaire construite à même un gratte-ciel déjà existant; et il s'agit du premier système de transport par câble qui traverse un port de premier plan.

Après quatre décennies de service, le système a fait l'objet d'une révision complète en 2009, à la suite de laquelle il est passé d'un système BDG à un système MDG.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation monocâble débrayable (MDG)

Longueur : 1,7 km

Année : 1974 (reconstruit en 2010)

Stations : 3

Vitesse maximale : 18 km/h

Vitesse moyenne : 9 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 8 personnes

Cabines en service : 67

Durée du trajet en minutes : 12

Débit : 2 000 pphpd

Achalandage annuel : 900 000

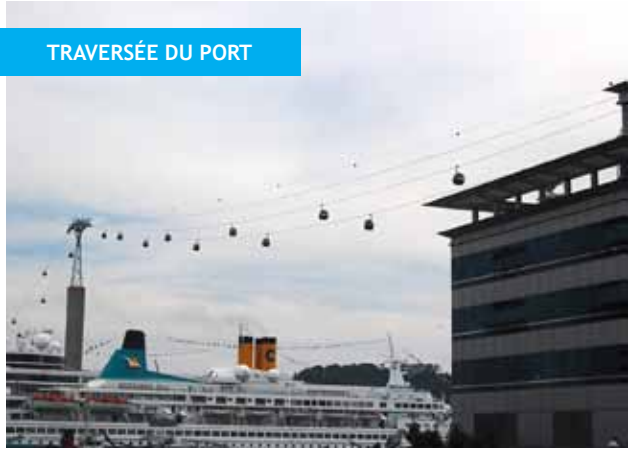
Coût de mise en œuvre : 14 700 000 $ US

Coût/km : 8 600 000 $ US

Prix du billet : ~21,50 $ US

Fonctionnement : 14,5 heures/jour

* Représentation visuelle de la destination



TRAVERSÉE DU PORT

ARCHITECTURE DES STATIONS

La station intermédiaire du téléphérique de Singapour se trouve dans ce qui était à l'origine uniquement un immeuble à bureaux. Ce n'est qu'après la construction que les étages supérieurs ont été convertis pour accueillir la station du téléphérique. Cette prouesse architecturale représente une avancée importante pour la conception de futurs systèmes téléportés urbains et témoigne de la flexibilité de cette technologie, laquelle permet une adaptation à l'environnement urbain existant.

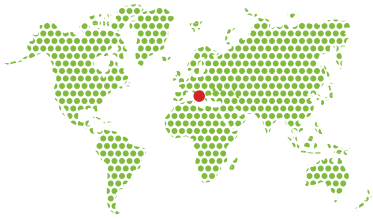
INTÉGRATION

Le téléphérique de Singapour est un système touristique et, à ce titre, les usagers doivent acquitter le droit d'entrée. Cela dit, la station Keppel Harbour est facilement accessible en effectuant un court transfert depuis la station Harbourfront du réseau MRT (Mass Rapid Transit).

STATION INTERMÉDIAIRE DANS UN IMMEUBLE

4.16 LE FUNIVIA DEL RENON DE BOLZANO, ITALIE

Système touristique



LOCALISATION

Bolzano est une petite ville de 100 000 habitants située dans le nord de l'Italie. Dès 1966, une ligne de transport par câble a été construite pour relier le centre-ville de Bolzano au petit village de Renon (Rittner en Allemand), situé sur le plateau du même nom.

Après une révision mineure en 1986 et 40 années de service, le téléporté avait besoin d'être revu en profondeur. En 2007, le conseil municipal a décidé de moderniser le système dans son ensemble et de le convertir en une installation tricâble débrayable (3S).

À vocation principalement touristique, le système, en plus d'offrir aux passagers des panoramas à couper le souffle, est un moyen de navettage incontournable pour les villageois qui vivent au sommet du plateau et qui veulent se rendre à Bolzano.

Ce système est décevant si l'on considère qu'il utilise une technologie 3S, mais offre un débit inférieur à 600 pphpd, ce qui est peut-être dû au fait que l'on procède à un arrêt complet des cabines une fois celles-ci en station. Une recherche technique plus approfondie sur ce système s'impose.

DONNÉES TECHNIQUES

Technologie : Installation tricâble débrayable (3S)

Longueur : 4,5 km

Année : 2009

Stations : 2

Vitesse maximale : 25 km/h

Vitesse moyenne : 23 km/h
(excluant les ralentissements aux terminaux)

Capacité des cabines : 35 personnes

Cabines en service : 8

Durée du trajet en minutes : 12

Débit : 550 pphpd

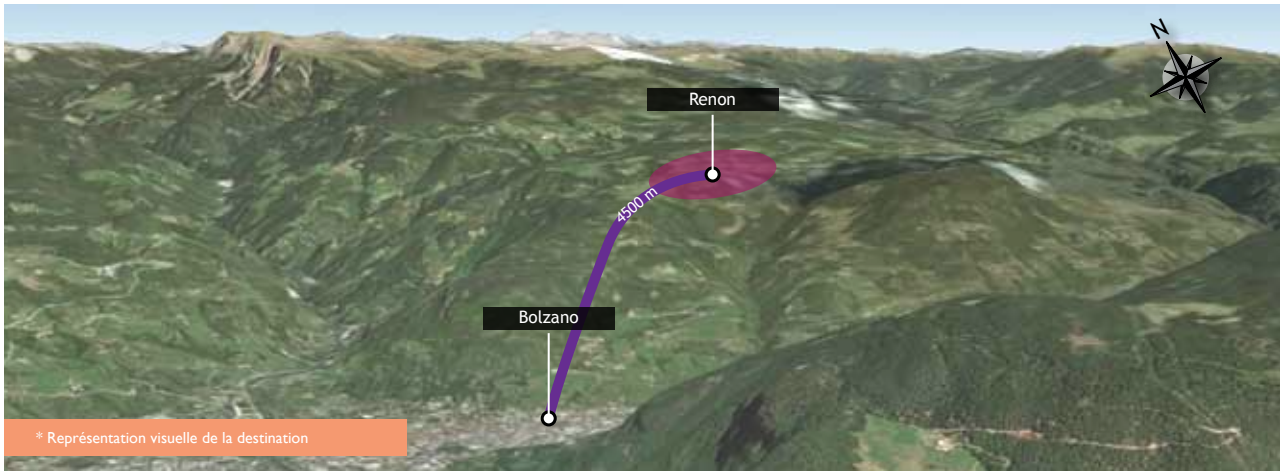
Achalandage annuel : Données non disponibles

Coût de mise en œuvre : 22 300 000 $ US

Coût/km : 5 000 000 $ US

Prix du billet : ~5,00 $ US

Fonctionnement : 14 heures/jour



* Représentation visuelle de la destination

ARCHITECTURE DES STATIONS

Dans la lignée de son héritage italien nordique, les stations du Funivia del Renon sont sans doute les stations à cabines urbaines les plus stylisées à ce jour, puisqu'elles se fondent au décor.

La station de style contemporain moderne de Bolzano est à la fois élégante et bien déguisée. Alliant cuivre et grandes baies vitrées, la station ne laisse pas deviner sa raison d'être de la rue. Le terminal est situé dans la partie supérieure d'un petit centre commercial, au coin d'une intersection achalandée, dans un secteur urbain dense. Un supermarché, un café et un parc de vélos se partagent le même bâtiment.

Dans l'ensemble, la station est un témoignage que l'infrastructure du transport par câble n'enlève rien au cachet de l'environnement urbain.

INTÉGRATION

Le Funivia del Renon ne fait pas partie du réseau de transport en commun, puisqu'il est principalement destiné aux touristes.

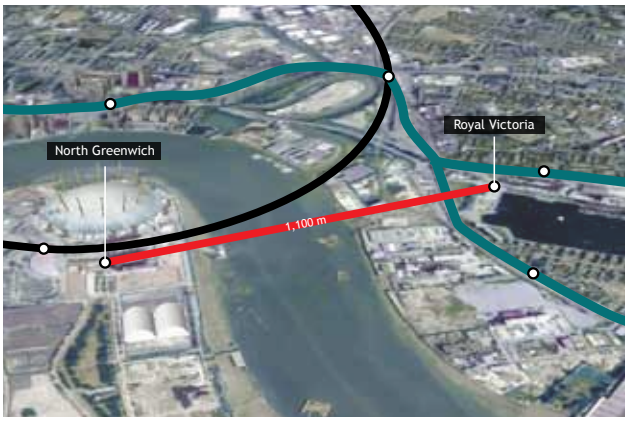
4.17 LE TÉLÉPHÉRIQUE SUR LA TAMISE, À LONDRES

Système touristique

LOCALISATION

Le téléphérique sur la Tamise – un système de cabines d'un parcours de 1 km – est en cours de construction à Londres, en Angleterre. Il aura pour principale fonction de relier deux sites olympiques importants, l'O2 et l'Excel Centre, et d'offrir une capacité de transport additionnelle pour traverser la Tamise.

Les travaux de construction ont commencé en août 2011, l'inauguration étant prévue à temps pour les Jeux olympiques de Londres en 2012.



INTÉGRATION

Les deux terminaux ne partageront pas l'infrastructure des stations ferroviaires situées à proximité, mais seront à une distance de marche de la station DLR Royal Victoria et de la station de métro North Greenwich. Au moment d'écrire ces lignes, il n'était toujours pas décidé si le tarif du téléporté serait compris dans le tarif du réseau de transport en commun.

ARCHITECTURE DES STATIONS

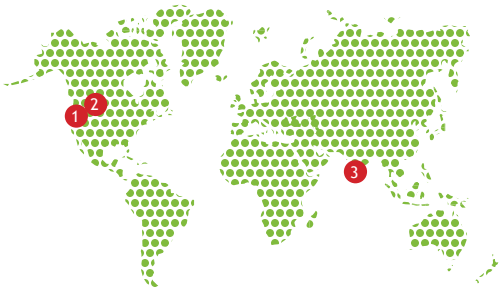
Le téléphérique sur la Tamise, projet proposé dans le contexte des Jeux olympiques, sera conçu de manière à doter la ville d'une pièce d'architecture symbolique et hautement reconnaissable. Au lieu d'avoir recours à des composantes utilitaires standards typiques des télésièges, ce système de transport par câble sera construit avec des composantes des plus personnalisées.

Tout d'abord, les stations seront construites à l'aide de panneaux translucides et transparents, permettant aux passagers de voir toutes les composantes mécaniques d'un système de transport par câble.

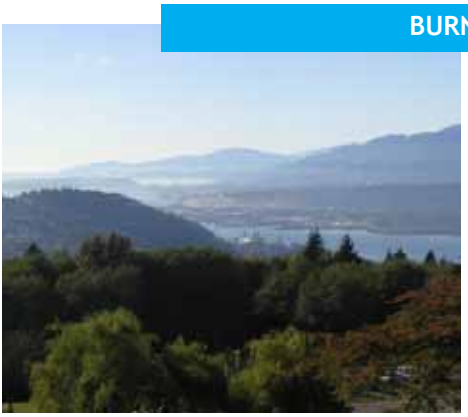
Une gamme de scénarios d'éclairage sont en cours d'élaboration pour illuminer les cabines et les tours pendant la nuit, afin d'embellir l'apparence globale du système et d'ajouter à l'expérience des passagers.

4.18 VILLES ENVISAGEANT LE TRANSPORT PAR CÂBLE

1. Burnaby
2. Calgary
3. La Mecque



BURNABY, CANADA



La société de transport public du Grand Vancouver, Translink, examine actuellement la possibilité de relier l'Université Simon Fraser et la ligne Millennium de son Skytrain au moyen d'une ligne de transport par câble. La principale raison à l'origine de ce système serait de fournir un mode de transport efficace et durable sur le plan environnemental aux 23 000 citoyens qui habitent, travaillent ou étudient sur la montagne Burnaby.

La ligne d'autobus actuelle est congestionnée aux heures de pointe et n'est pas fiable pendant les mois d'hiver. À titre comparatif, un système de transport par câble ne serait pas captif des conditions météorologiques et pourrait fonctionner toute l'année, en toute efficacité. En outre, l'élimination de la ligne d'autobus et la diminution du nombre de véhicules sur les routes devraient permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 1 870 tonnes par année.

CALGARY, CANADA

Calgary est une ville canadienne de près de un million de résidants qui s'étend sur une vaste plaine dorée située à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer. Des rapports indiquent que la ville vient d'entreprendre les travaux préliminaires pour analyser les avantages d'un STC qui résoudrait « un problème du dernier kilomètre » pour nombre de navetteurs du secteur entourant le Foothills Hospital. À l'heure actuelle, les passagers qui optent pour le système léger sur rail (SLR) doivent composer avec des transferts qui traînent en longueur en raison de la ligne d'autobus inefficace qui emprunte des artères suburbaines curvilignes.

Une ligne STC pourrait réduire le temps d'attente et de transfert, améliorer la fiabilité et susciter un intérêt renouvelé pour le transport en commun.

LA MECQUE, ARABIE SAOUDITE

La Mecque est la plus importante ville sainte dans la culture islamique. Chaque année, la ville d'un peu moins de deux millions d'habitants accueille plus de 13 millions de pèlerins, dont au moins sept millions arrivent en même temps pour le Hajj.

Sur l'avis du gouvernement saoudien, qui souhaite réduire de façon importante la congestion piétonnière et les embouteillages pendant la cérémonie, la ville étudie une multitude d'options relatives aux transports, y compris un système de transport par câble.

4.19 DONNÉES TECHNIQUES PAR SYSTÈME

Tableau 4.18 - Données techniques par système

	Longueur (km)	Année	Technologie	Nbre de stations	Vitesse max. (km/h)	Vitesse moy. (excluant les terminaux, km/h)	Capacité des cabines	Cabines en opération (nbre max.)	Durée du trajet (en min)	Débit, pphpd (débit max. possible)
Systèmes pleinement intégrés										
Ligne K, Medellín	2,0	2004	MDG	4	18	17	10	90	07:00	3 000
Ligne J, Medellín	2,6	2008	MDG	4	18	16	10	119	10:00	3 000
Metrocable, Caracas	1,8	2010	MDG	5	18	12	10	N/D	09:00	3 000
Teleférico de Alemão	3,5	2011	MDG	6	18	13	10	152	16:00	3 000
Télécabine, Constantine	1,5	2008	MDG	3	22	14	15	33 (40)	07:00	2 000 (2 400)
Télécabine, Tlemcen	1,6	2009	MDG	3	22	14	15	17 (25)	07:00	1 000 (1 500)
Télécabine, Skikda	1,9	2009	MDG	3	22	14	15	22 (37)	08:00	1 200 (2 000)
Roosevelt Is. Tram (reconstruit)	1,0	1976 (rév 2010)	Tramway aérien (double voie)	2	27	20	109	2	03:00	1 000+
Systèmes partiellement intégrés										
Tramway aérien de Portland	1,0	2007	Tramway aérien	2	35	20	78	2	03:00	980
Ligne L, Medellín	4,8	2010	MDG	2	22	21	10	27 (55)	14:00	600 (1 200)
Systèmes récréatifs										
Rheinseilbahn, Coblence	0,9	2010	3S	2	25	13	35	18	04:00	3800
Teleférico Warairarepano	3,5	2000	MDG	2	22	14	8	87	15:00	1920
Ngong Ping 360	5,7	2006	MDG	2	25	14	17	112	25:00	3 500
Téléphérique de Singapour (reconstruit)	1,7	1974 (rév 2010)	BDG	3	18	9	8	67	12:00	2 000 (2 800)
Funivia del Renon, Bolzano	4,5	2009	3S	2	25	23	35	8	12:00	550
Futur STC										
Téléphérique sur la Tamise	1,1	2012***	MDG	2	14 - 22***	13***	10	34 ***	05:00***	2 500***

** Système récemment inauguré, données non disponibles.*

*** Le système a été mis sur pied pour un événement en particulier, les données ne sont donc pas un exemple.*

**** Données prévues.*

Tableau 4.18 - Données techniques par système

Achalandage quotidien	Achalandage annuel	Coût de mise en œuvre en $ US (année) - [électromécanique]	Coût par km en $ US [électromécanique]	Prix du billet en $ US (2011)	Fonctionnement quotidien (heures)	
~40 000	14 000 000	26 000 000 $ (2004) - [N/D]	13 000 000 $ [N/D]	~ 1,00 $	19	**Ligne K, Medellín**
~22 000	7 700 000	50 000 000 $ (2008) - [26 000 000 $]	19 200 000 $ [10 000 000 $]	~ 1,00 $	19	**Ligne J, Medellín**
2 000 - 3 000	~ 1 000 000	318 000 000 $ (2010) - [21 000 000 $]	177 00 000 $ [11 700 000 $]	~ 0,25 $	15	**Metrocable, Caracas**
N/D *	N/D *	133 000 000 $ (2011) - [26 500 000 $]	38 000 000 $ [7 600 000 $]	~ 1,00 $	17	**Teleférico de Alemão**
7 000	2 500 000	14 000 000 $ (2008) - [8 300 000 $]	9 300 000 $ [5 500 000 $]	~ 0,25 $	12	**Télécabine, Constantine**
N/D	N/D	14 700 000 $ (2009) - [9 400 000 $]	9 200 000 $ [5 900 000 $]	~ 0,25 $	17	**Télécabine, Tlemcen**
N/D	N/D	16 200 000 $(2009) - [10 500 000 $]	8 500 000 $ [5 500 000 $]	~ 0,25 $	17	**Télécabine, Skikda**
4 000	1 500 000	25 000 000 $ (2009) - [25 000 000 $]	25 000 000 $ [25 000 000 $]	2,25 $	22	**Roosevelt Is. Tram (reconstruit)**
3 800	1 350 000	57 000 000 $ (2007) - [N/D]	57 000 000 $ [N/D]	4,00 $	16	Tramway aérien de Portland
N/D	N/D	25 000 000 $ (2010) - [N/D]	5 200 000 $ [N/D]	~ 1,50 $	9	Ligne L, Medellín
~ 35 000	N/D **	17 900 000 $ (2010) - [13 200 000 $]	20 100 000 $ [14 800 000 $]	~ 12 00 $	8 - 10	Rheinseilbahn, Coblence
N/D	N/D	45 000 000 $ (2000) - [N/D]	12 900 000 [N/D]	8,25 $	9 - 11	Teleférico Warairarepano
~4 200	1 480 000	128 700 000 $ (2006) [N/D]	22 600 000 $ (2006) [N/D]	~ 10-22 $	8	Ngong Ping 360
2 000 - 4 000	900 000	14 700 000 $ (2010) - [14 700 000 $]	8 600 000 $ [8 600 000 $]	~ 21,50 $	14.5	Téléphérique de Singapour (reconstruit)
N/D	N/D	22 300 000 $ (2009) - [N/D]	5 000 0000 $ [N/D]	~ 5,00 $	14	Funivia del Renon, Bolzano
2 300***	800 000***	81 700 000 $*** - [N/D]	74 100 000 $*** [N/D]	~ 4,00 $***	N/D	Téléphérique sur la Tamise

** Système récemment inauguré, données non disponibles.*

*** Le système a été mis sur pied pour un événement en particulier, les données ne sont donc pas un exemple.*

**** Données prévues.*

4.19.1 EXPLICATION DE CERTAINES DONNÉES

NOMBRE DE STATIONS

Nombre de stations = stations terminales (toujours au nombre de deux) + stations intermédiaires (le cas échéant).

VITESSE MAXIMALE

La vitesse maximale que peut atteindre une technologie de transport par câble.

VITESSE MOYENNE (EXCLUANT LES RALENTISSEMENTS AUX TERMINAUX)

La vitesse moyenne est influencée par une gamme de facteurs, au nombre desquels la technologie, la vocation du système (transport en commun par opposition au transport des touristes), la longueur du parcours et le nombre de stations. La vitesse de fonctionnement qui en résulte illustre le niveau de service nécessaire pour satisfaire à la fois les demandes des passagers et les exigences en matière de sécurité.

Certains systèmes touristiques fonctionneront à une vitesse moindre afin de laisser suffisamment de temps aux passagers pour admirer la vue environnante (par exemple le téléphérique de Singapour). Pour les systèmes au parcours plus long, leur vitesse peut atteindre, voire dépasser, celle des systèmes de transport en commun afin de réduire le plus possible la durée du parcours (par exemple la ligne L de Medellín, le Funivia del Renon).

Il va de soi que les systèmes de transport en commun simples, qui suivent des tracés linéaires courts sans virage ou station intermédiaire, fonctionneront à des vitesses moyennes supérieures à celles des systèmes ayant un parcours plus long ainsi que des virages nombreux et des stations intermédiaires. Plus le nombre de stations est élevé, plus il y a de débrayages de cabines et de vitesses d'approche aux stations intermédiaires, ce qui réduit la vitesse moyenne globale de ces systèmes.

COÛT DE MISE EN ŒUVRE

Le coût de la mise en œuvre – calculé dans la devise du pays – a été converti en dollars US selon les taux de conversion moyens de l'année pendant laquelle le système a été mis en œuvre. Prenons, par exemple, la télécabine de Constantine, construite en 2008. Son coût en dinars algériens a été converti en dollars US en se fondant sur le taux de conversion moyen annuel entre le dollar US et le dinar pour 2008.

COÛT DE LA MISE EN ŒUVRE ET DES COMPOSANTES ÉLECTROMÉCANIQUES

Le coût de mise en œuvre d'un système de transport par câble peut varier considérablement, tout dépendant de la taille des stations et de toutes les commodités additionnelles connexes. En guise d'exemple, le Metrocable de Caracas est doté de stations à l'infrastructure imposante (les stations servent également de centres communautaires), ce qui a donné lieu à des coûts de mise en œuvre beaucoup plus élevés qu'ils ne l'auraient été. À l'inverse, les systèmes dotés de stations à l'infrastructure plus petite et simple engendreront des coûts de mise en œuvre moins élevés.

Règle générale, le coût des composantes électromécaniques est représentatif du coût total de l'infrastructure relative au câble (c.-à.-d. moteur, retour, véhicules, équipement de la ligne, etc.). Les coûts excédentaires sont souvent associés à des facteurs propres à un projet, qui peuvent comprendre les commodités aux stations, la conception architecturale, les travaux d'ingénierie civile et l'expropriation.

En résumé, si les coûts des composantes électromécaniques sont somme toute uniformes, la taille des stations, la vocation des infrastructures et la conception influeront grandement sur le coût de mise en œuvre, d'où l'importance de procéder à une analyse minutieuse des aspects liés à l'architecture et à la conception dès les premières étapes de planification.

Enfin, il convient de garder à l'esprit que les coûts de mise en œuvre ont tout d'abord été calculés dans la devise du pays, pour ensuite être convertis en dollars US selon les taux de conversion moyens de l'année pendant laquelle le système a été mis en œuvre. Si l'on prend, par exemple, le système de Coblence construit en 2010, son coût a été calculé en euros, pour ensuite être converti en dollars US selon le taux de conversion moyen annuel entre le dollar US et l'euro pour 2010.

4.19.2 AUTRES VARIABLES

FIABILITÉ

S'il a été initialement difficile de trouver des sources dignes de confiance témoignant de la fiabilité des systèmes, les recherches et les entrevues réalisées avec des opérateurs de STC urbains d'envergure ont cependant permis de révéler une fiabilité très élevée – entre 99,6 % et 99,9 %. Fait digne de mention, le Roosevelt Island Tram, récemment rénové, affiche un taux de fiabilité de 100 % depuis son inauguration en novembre 2010.

Ces statistiques correspondent aux données non scientifiques qui figurent souvent dans les publications de l'industrie.

COÛTS DE FONCTIONNEMENT ET D'ENTRETIEN

La STL a manifesté un intérêt particulier pour comprendre la nature des coûts de fonctionnement et d'entretien associés aux systèmes téléportés urbains. Sur la foi des recherches effectuées jusqu'à maintenant, les coûts de fonctionnement et d'entretien varient selon le contexte local et la taille du système de transport par câble. Par ailleurs, l'absence d'une définition claire du concept de fonctionnement et d'entretien constitue un obstacle à une analyse plus poussée de ces données. Par exemple, certaines compagnies et sociétés incluent, contrairement à d'autres, les pièces de rechange dans les coûts de fonctionnement et d'entretien. Par conséquent, il sera judicieux d'éviter de généraliser les coûts de F et E et d'effectuer des comparaisons directes à ce chapitre.

Pour ajouter à ce facteur déjà complexe, il a été constaté que les salaires des membres du personnel, de même que leur nombre, dépendent des coutumes et des échelles salariales locales. Ainsi, les salaires élevés, des lignes plus courtes et l'absence de menaces à la sécurité relativement aux systèmes nord-américains signifient généralement une main-d'œuvre moins nombreuse sur place, ce qui n'est pas le cas des systèmes téléportés construits dans des villes en développement, comme Medellín, où l'embauche d'un plus grand nombre d'employés est faisable sur le plan financier et nécessaire pour assurer un niveau de sécurité élevé pour les passagers.

Coûts de fonctionnement et d'entretien*

Système de transport par câble	
Télécabine, Constantine, Algérie	222 000 $
Roosevelt Island Tram, New York, États-Unis	3 397 000 $
Tramway aérien de Portland, Portland, États-Unis	1 700 000 $
Rheinseilbahn, Coblence, Allemagne	956 000 $
Téléphérique de Singapour, Singapour	73 000 $

** Il est difficile de procéder à une analyse approfondie des données relatives aux coûts de Fonctionnement et d'entretien en raison des contraintes de temps importantes, de la barrière linguistique et des définitions attribuées au concept de Fonctionnement et d'entretien. En outre, l'écart important entre les coûts s'est également révélé être un obstacle de taille à une analyse plus poussée des données. Par conséquent, les conclusions et les résultats relativement aux coûts de Fonctionnement et d'entretien ne sont pas concluants.*

Tableau 4.18.2a – Coûts de fonctionnement et d'entretien

Cela étant dit, les recherches tendent à indiquer qu'en général une station comprend entre deux et six employés ayant des responsabilités variées, allant de préposés et d'assistants à mécaniciens et superviseurs.

Dans l'ensemble, les coûts de fonctionnement et d'entretien dépendent beaucoup de la taille du système, de la longueur du parcours, de la conception architecturale, des frais de génie civil et de l'environnement local. En cas de besoin, il est recommandé d'analyser ce sujet plus en profondeur pour des études à venir.

PERSONNEL

Comme il a été expliqué précédemment, un système de transport par câble emploie généralement entre deux et six employés par station. Selon le nombre de stations, les heures d'ouverture et l'achalandage, chaque système nécessitera deux ou trois équipes de travail par jour, ce qui donne un nombre total d'employés se situant entre cinq et seize.

Il a été difficile de recueillir des données précises au sujet du personnel, en raison des contraintes de temps et des différences dans la définition de « personnel ». Par exemple, le personnel de conciergerie n'est pas toujours pris en considération dans le nombre total d'employés, selon le point de vue de la direction locale. Par conséquent, le nombre total d'employés dépend des données techniques du système, des corps de métiers figurant dans la définition de « personnel » et de divers autres facteurs locaux.

Système de transport par câble	Nombre d'employés au total	Nombre d'employés par quart, par station
Ligne K, Medellín	74	-
Ligne J, Medellín	134	-
Teleférico do Alemão	70	-
Télécabine, Constantine	65	-
Roosevelt Island Tram	25	2-3
Tramway aérien de Portland	13	2-3
Rheinseilbahn, Coblence	-	2-3
Téléphérique de Singapour	30	4-6
Burnaby (projet prévu)	13*	2-3

Tableau 4.18.2b - Personnel ** Données prévues*

LONGÉVITÉ DU SYSTÈME

En général, la majorité des composantes d'un système de transport par câble est conçue pour durer entre 20 et 30 ans, une période qui peut s'étendre jusqu'à 50 ans pour d'autres composantes de l'infrastructure et les fondations des stations. L'entretien et le remplacement des pièces dépendent des heures totales d'exploitation. À titre d'exemple, la ligne K du Metrocable de Medellín – où l'achalandage est très élevé – a dû être remplacée après sept ans de service en raison des longues heures de fonctionnement chaque jour. À l'inverse, à Portland, on s'attend à remplacer le câble après 12 à 16 ans de fonctionnement.

L'entretien préventif est l'un des facteurs les plus importants, si l'on veut maximiser la sécurité et l'efficacité opérationnelle et minimiser les interruptions de service coûteuses. Il est d'autant plus important dans le cas des systèmes de transport par câble urbains, lesquels peuvent fonctionner 355 jours par année, ce qui laisse aussi peu qu'une dizaine de jours par an pour effectuer des procédures d'entretien d'envergure.

TAILLE DES STATIONS

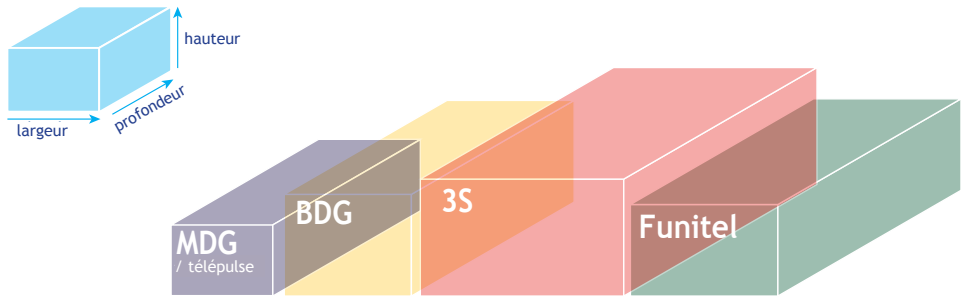
La taille des stations les plus petites varie selon la technologie. Ainsi, les stations du MDG et du télépulsé sont les plus petites en raison de la simplicité de leur système et de leurs capacités relativement inférieures. Pour la technologie BDG, la station la plus petite est légèrement plus grande que celle du MDG, ce qui est principalement dû au câble porteur fixe supplémentaire. La station du Funitel doit être plus profonde en raison de la mécanique de sa cabine, dont la pince est plus large. La station du 3S la plus petite est la plus grande en raison des composantes mécaniques et matérielles supplémentaires nécessaires pour offrir la vitesse, la capacité et la stabilité accrues qui vont de pair avec ce système.

Les mesures ci-dessous correspondent à la taille des stations les plus petites constatées pour chacune des technologies. En réalité, la taille des stations dépendra de nombreux facteurs, notamment le débit de la ligne, la règlementation locale, la stratégie de mise en file d'attente, les installations d'entretien, l'architecture de la station et la conception dans son ensemble.

Technologie	Largeur (en m)	Profondeur (en m)	Hauteur (en m)
MDG/Télépulsé	29	10	7
BDG	32	12,5	10
3S	38	20	11,5
Funitel	36	14,5	9
Tramway aérien	N.D.	N.D.	N.D.

Tableau 4.18.2c - Taille des stations

COMPARAISON DE LA TAILLE DES STATIONS LES PLUS PETITES

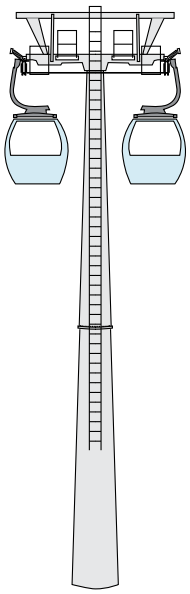


TAILLE DES TOURS

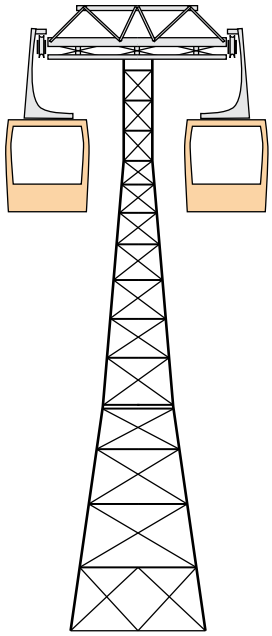
La taille des tours et des emprises au sol varie selon la technologie choisie, la capacité du système et la distance entre les tours.

Les systèmes plus légers, comme le MDG, ont habituellement des tours cylindriques plus petites. À l'opposé, les systèmes plus imposants, comme le 3S, nécessitent des tours de style pylône à treillis. En général, plus les tours sont imposantes, plus elles peuvent être distancées l'une de l'autre, et plus la capacité du système est élevée.

De nouvelles avancées technologiques dans l'industrie du câble offrent désormais une plus grande diversité dans la conception des tours. En d'autres mots, les tours ne sont plus seulement limitées à une vocation utilitaire; elles peuvent être personnalisées. Cette nouvelle flexibilité, en plus d'être avantageuse sur les plans artistique et architectural, ajoute un cachet distinctif au tissu urbain d'une ville. Ce genre de préoccupations sur le plan de la conception, si elles génèrent des coûts additionnels dans un premier temps, peuvent cependant contribuer à une meilleure perception et acceptation par la population. Il importe toutefois, comme il a été mentionné précédemment, de prévoir ces éléments conceptuels dès les premières étapes du projet.



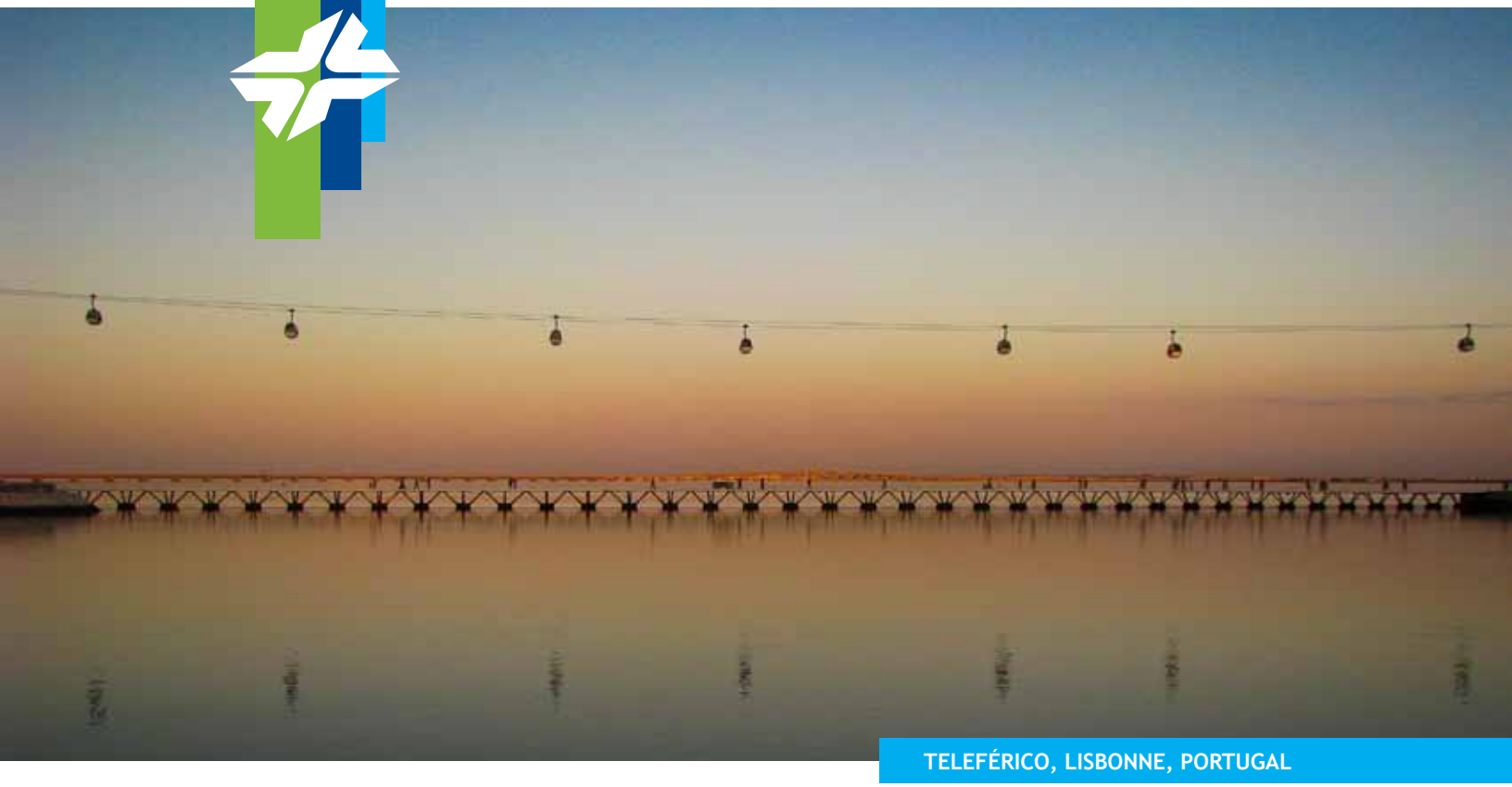
TOUR DE BASE D'UN SYSTÈME MDG



PYLÔNE À TREILLIS DE BASE

Technologie	Distance entre les tours (en m)	Type de tour	Emprises au sol
MDG/Télépulsé	100-300	Cylindre en acier	Diamètre de 0,6 à 1,5 m
BDG	Jusqu'à 1 500	Cylindre en acier	Diamètre de 2 à 3 m
3S	Jusqu'à 3 000	Pylône à treillis en acier	25 m^2
Funitel	500-1 000	Steel Cylinder	Diamètre de 2 à 3 m
Tramway aérien	Données non disponibles	Données non disponibles	Données non disponibles

Tableau 4.18.2d - Tours



TELEFÉRICO, LISBONNE, PORTUGAL

5.0 DERNIERS POINTS À GARDER À L'ESPRIT

La technologie du transport par câble offre de nombreux avantages incontestables pour le marché du transport en commun. Cela dit, il n'est pas facile de mettre en œuvre cette technologie en raison de la rareté des systèmes de ce genre pouvant servir de modèles par comparaison à d'autres modes de transport plus standards. Pour ces raisons, il est impératif de garder à l'esprit les points suivants au moment d'envisager un projet de transport par câble :

- Des communications claires et franches avec la population et les parties intéressées, dès les premières étapes du processus, devraient permettre de répondre aux questions et aux préoccupations.
- Il est recommandé d'avoir recours à des schémas conceptuels tôt dans le processus; les parties intéressées et la population ayant de la difficulté à « se faire une image » de ce qu'aura l'air la technologie une fois installée.
- L'architecture des stations et l'infrastructure du système de câble ne sont pas interdépendantes. S'il est vrai que plusieurs stations sont imposantes, cela ne signifie pas qu'elles doivent l'être pour autant.
- La gamme de possibilités offerte par les systèmes de transport par câble permet de laisser libre cours à la créativité, pour peu que l'on respecte un ensemble de limites. Lorsque l'on explore les différentes façons dont cette technologie a été – et peut être – mise en œuvre, nous nous retrouvons devant une multitude de possibilités qui n'ont encore jamais été explorées.
- À l'inverse de l'uniformité qui semble caractériser d'autres technologies de transport courantes, les technologies du transport par câble varient beaucoup l'une de l'autre. En outre, les avantages relatifs au ratio performance/coût sont uniques à chaque système. Il importe d'appliquer la bonne technologie à la bonne situation.
- Lorsque la situation le permet, des consultations avec l'industrie et des experts dès les premières étapes du projet peuvent se révéler très utiles pour définir les besoins et trouver des solutions, ce qui accélère la prise de décisions et minimise le risque d'erreurs..

Bonne chance, amusez-vous et soyez créatifs!

RÉFÉRENCES

LIGNE K, MEDELLÍN - PAGE 28

Cañón-Rubiano, L. (1er septembre 2010). *Transport and Social Exclusion in Medellín. Potential, Opportunities and Challenges*. http://www.ucl.ac.uk/dpu/metrocables/dissemination/Canon-Rubiano_2010_Medellin_metrocable_MSc_dissertation.pdf

Mécanismes de développement propre. (2006). Calculs des MDP de Medellín. Medellín : ONU.

Metro de Medellín. (2011). Metrocable. http://www.metrodemedellin.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=61%E2%8C%A9=es

POMA. (2009). Medellín, Colombia. TC 10 Metro Cable: http://www.poma.net/en/project/index/view/id/5

Tupper, B. (2009). Proposed Burnaby Mountain Gondola Transit Project. Vancouver : UniverCity.

LIGNE J, MEDELLÍN - PAGE 30

Cañón-Rubiano, L. (1er septembre 2010). *Transport and Social Exclusion in Medellín. Potential, Opportunities and Challenges*. http://www.ucl.ac.uk/dpu/metrocables/dissemination/Canon-Rubiano_2010_Medellin_metrocable_MSc_dissertation.pdf

Metro de Medellin. (2011). Metrocable. http://www.metrodemedellin.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=61%E2%8C%A9=es

METROCABLE, CARACAS - PAGE 32

AVN. (20 janvier 2011). *Metrocable mejoró calidad de vida de habitantes de San Agustín*. Patria Grande : http://www.patriagrande.com.ve/temas/venezuela/metrocable-mejoro-calidad-devida-de-habitantes-de-san-agustin/

Dale, S. (23 mars 2010). *Medellín/Caracas, Part 6. The Gondola Project* : http://gondolaproject.com/2010/03/23/medellincaracaspart-6/

Gobierno Bolivariano de Venezuela. (25 mai 2011). *Metrocable de San Agustín inicia cobro de pasaje*. Gobierno Bolivariano de Venezuela : http://www.minci.gob.ve/a_r_r/1/205081/metrocable_de_san.html

Pumar-Paez, E. (29 juillet 2011). *El Metrocable de San Agustín*. Analitica : http://www.analitica.com/va/sociedad/articulos/1888075.asp

TELEFÉRICO DO ALEMÃO - PAGE 34

Gomide, R. (2011, August 8). *'Inaugurado', teleférico do Alemão só funcionará plenamente em novembro*. Ultimo Segundo : http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/rj/inaugurado+Teleférico+do+Alemão+so+funcionara+plenamente+em+novembro/n1597120553132.html

Governo do Rio de Janeiro. (2011, July 7). *Teleférico do Alemão terá passagem gratuita no primeiro mês de operação*. Retrieved from Governo do Rio de Janeiro: http://www.faetec.rj.gov.br/dad/index.php?option=com_content&view=article&id=1104:Teleférico-do-Alemão-tera-passagem-gratuita-no-primeiro-mes-de-operacao&catid=7:noticias&Itemid=1

Maraesch, P. (12 juillet 2011). *Gondola in Complexo do Alemão Favelas*. The Rio Times : http://riotimesonline.com/brazil-news/front-page/gondola-in-complexo-do-Alemão-favelas/#

TÉLÉCABINE, CONSTANTINE - PAGE 36

Garaventa. (2011). Algerian Télécabines. (S. Dale, intervieweur)

TLEMCEN TÉLÉCABINE - PAGE 38

Garaventa. (2011). Algerian Télécabines. (S. Dale, intervieweur)

SKIKDA TÉLÉCABINE - PAGE 40

Garaventa. (2011). Algerian Télécabines. (S. Dale, intervieweur)

ROOSEVELT ISLAND TRAM - PAGE 42

Poma-Leitner. (2011). Roosevelt Island Tram. (S. Dale, intervieweur)

Roosevelt Island Operating Corporation . (novembre 2010). The Roosevelt Island Tram. RIOC : www.rioc.com/pdf/Tram_backgrounder11.24.10.pdf

TRAMWAY AÉRIEN DE PORTLAND - PAGE 44

Doppelmayr. (2011). Portland Aerial Tram. (S. Dale, intervieweur)

Portland Aerial Tram. (2007). *The Portland Aerial Tram is Now Open to the Public*. Portland Aerial Tram : http://www.portlandtram.org/news_item/Tram_Now_Open.htm

LIGNE L, MEDELLÍN - PAGE 46

Metro de Medellín. (2011). *Cable Arvi*. Retrieved from Metro de Medellín: http://www.metrodemedellin.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=101&lang=es

Metro de Medellín. (2011). *Informate sobre la linea turistica del Metro*. Retrieved from Cable Arvi - Linea L: http://www.metrodemedellin.gov.co/images/RAUL/plegable%20arvi.pdf

RHEINSEILBAHN, COBLENCE - PAGE 48

Bundesgartenschau 2011. (2011). *Daten und Fakten zur BUGA-Seilbahn*. Bundesgartenschau 2011 : http://www.buga2011.de/web/de/gartenschau/seilbahn_buga_koblenz/daten_fakten/daten_fakten.php

Doppelmayr. (2011). Koblenz Rheinseilbahn. (S. Dale, intervieweur)

TELEFÉRICO WARAIRAREPANO - PAGE 50

Gobierno Bolivariano de Venezuela. (2010). *Teleférico Warairarepano*. Gobierno Bolivariano de Venezuela: http://www.ventel.gob.ve/#nogo3

NGONG PING 360 - PAGE 52

Batchelor, J., & Suresh, T. (2008). *Ngong Ping 360*. Arup Journal : http://www.arup.com/_assets/_download/F133777C-19BB-316E-40FDE79920CFBA7A.pdf

Legislative Council of Hong Kong. (22 février 2010). *Background brief on operation of Ngong Ping 360 ropeway*. Réunion du groupe d'expert sur le développement économique tenue le 22 février 2010 : http://www.legco.gov.hk/yr09-10/english/panels/edev/papers/edev0222cb1-1146-5-e.pdf

MTR Corporation. (12 août 2010). *2010 Interim Results*. MTR : 202.66.146.82/listco/hk/mtr/interim/2010/pre.pdf

Ngong Ping 360. (2009). *The NP360 Experience*. NP360 : http://www.np360.com.hk/html/eng/np360_exp/cablecar_index.html

TÉLÉPHÉRIQUE DE SINGAPOUR - PAGE 54

Mount-Faber. (2011). Singapore Cable Car. (S. Dale, intervieweur)

FUNIVIA DEL RENON - PAGE 56

Ritten Renon. (2011). Rittner Seilbahn. Retrieved from Ritten Renon: http://www.ritten.com/de/ritten-erleben/rittner-seilbahn/

TÉLÉPHÉRIQUE DE LA TAMISE - PAGE 58

Smale, K. (8 août 2011). *Pillars have been built for Thames cable car project to connect Greenwich to Newham*. News Shopper : http://www.newsshopper.co.uk/news/lewgreen/9183501.Construction_of_Thames_cable_car_underway/?ref=rss

Transport for London. (2011). *London Cable Car Transportation Assessment*. Londres.

Walte, R. (18 avril 2011). *Wilkinson Eyre's Thames cable car to start on site this summer*. Architect's Journal : http://www.architectsjournal.co.uk/news/daily-news/wilkinson-eyres-thamescable-car-to-start-on-site-this-summer/8602638. Article

RÉFÉRENCES PHOTOGRAPHIQUES

La totalité des cartes est l'œuvre de Creative Urban Projects (CUP) à partir d'images tirées de Google Earth, sauf indication contraire.

La mention « Image de CUP » désigne une photo prise par Creative Urban Projects.

Page couverture - Image de CUP (sauf) :

COIN SUPÉRIEUR GAUCHE - Utilisation équitable. http://mohammedgadiri.blogspot.com/2009/03/images-du-telepherique-de-tlemcen.html

Page ii - Image de CUP

Page iv

VOIR LES RÉFÉRENCES DE LA PAGE COUVERTURE

Page v - voir les références des pages 6 et 7

Page vi

Photo prise par l'usager de Flickr pacgov, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/pacgov/5974151055

Page viii - Image de CUP (sauf) :

RIO DE JANEIRO - Photo prise par l'usager de Flickr pacgov, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/pacgov/5958210978

NEW YORK - Photo prise par l'usager de Flickr alamagordo, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/alamagordo/5419141102/

Page ix - Image de CUP (sauf) :

ALGÉRIE - Image tirée du site Gondolaproject.com, fournie par Doppelmayr. http://gondolaproject.com/2010/07/06/algerian-gondolas/#more-2488

PORTLAND - Photo prise par l'usager de Flickr neighborhoods.org, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/neighborhoods/2971112940

Page x - Image de CUP

Page 4

Image de Hoffman, k. (2006). Recent Developments in Cable – Drawn Urban Transport Systems. Tous droits réservés. Utilisation équitable.

Page 5 - Image de CUP (sauf) :

INDUSTRIEL - Photo prise par l'usager de Flickr arvidr, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/arru/4635446262

Page 6

250 av. J.-C. - voir les références pour la page 4

MOYEN-ÂGE - Image de Hoffman, k. (2006). Recent Developmentsin Cable – Drawn Urban Transport Systems. Tous droits réservés. Utilisation équitable

1536 - Image de l'industrie. http://www.mypage.tsn.cc/phreadra/kandos_history.html

1616 -Image de Löhr (n.d.). Adams Simulation For Ropeway Technology. Tous droits réservés. Utilisation équitable.

1834 - Photo prise par l'usager de Flickr ricepeter, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/ricepeter/444358597/

1872 - Image de McLellan, R.M. (1988). Recent Innovations In Gondola Lifts and DMC Lifts. Tous droits réservés. Utilisation équitable.

1882 SAN FRANCISCO - Photo prise par l'usager de Flickr naquah, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/naquah/4436082126/

Page 7 - Image de CUP (sauf) :

1930 - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Schauinslandbahn_Wendeschleife.jpg

1936 - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.allposters.com/-sp/Ski-Lift-Sun-Valley-Idaho-Posters_i6082208_.htm

1976 - Photo prise par l'usager de Flickr Doug Letterman, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/dougletterman/2172773073/

Page 7 (continué)

1998 - Photo prise par l'usager de Flickr frmorais, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/frmorais/2417003864

Page 9

DÉBRAYABLE - Photo prise par l'usager de Flickr endless autumn, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/30113005@N05/4800474912

FIXE - Photo prise par l'usager de Flickr Jasper180969, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/jason_selby/1392229229/

Page 10

Photo prise par l'usager de Flickr Lin1000.tw, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/lin1000/1004773313/

Page 11

Photo prise par l'usager de Flickr Sue Waters, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/suewaters/5026120378

Page 12

Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Buga_2011_Koblenz_-_Rheinseilbahn_07-2010.jpg

Page 13

Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hakone_ropeway_05.jpg

Page 14

Photo prise par l'usager de Flickr Dane Brian, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/danebrian/4030568801

Page 15

Photo prise par l'usager de Flickr toosuto, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/joshuasmith/2111971103

Page 16

Photo prise par l'usager de Flickr pacgov, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/pacgov/5998407269

Page 26

COMPLET - **Image de CUP**

PARTIEL - Photo prise par l'usager de Flickr neighborhoods.org, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/neighborhoods/2971112940

Page 27

RÉCRÉATIF - **Image de CUP**

FUTUR - Capture d'écran à partir d'une vidéo, Adresse : http://www.youtube.com/watch?v=McA4OinOoK8

VILLES ENVISAGEANT LE STC - Photo prise par l'usager de Flickr Kevin Saff, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/kevinsaff/96942341

Page 29 - Image de CUP (sauf) :

EN HAUT À DROITE - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Estacion_Santo_Domingo_Savio-Metro_de_Medellin.JPG

Page 31 - Image de CUP (sauf) :

EN BAS À DROITE - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Metro_de_Medellin-Estaci%C3%B3n_San_Javier(2).JPG

EN BAS À GAUCHE - Image tirée de Google Streetview

Page 33 - Image de CUP (sauf) :

EN BAS À DROITE - Photo prise par l'usager de Flickr Rogermar Martin. Utilisation équitable. http://www.flickr.com/photos/roge-mar/5632017894

Page 35

TOUTES LES PHOTOS ont été prises par l'usager de Flickr pacgov, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/pacgov/5974117431, au www.flickr.com/photos/pacgov/5958210978 et au www.flickr.com/photos/pacgov/5974033283

Page 37

EN HAUT À GAUCHE - tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.panoramio.com/photo/15692853?source=wapi&referrer=kh.google.com

EN HAUT À DROITE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.flickr.com/photos/chaouki/2721463717/

BAS - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.panoramio.com/photo/15692853?source=wapi&referrer=kh.google.com

Page 39

EN HAUT À GAUCHE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://mohammedgadiri.blogspot.com/2009/03/images-du-telepherique-detlemcen.html

EN HAUT À DROITE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://gondolaproject.

com/2010/07/06/algerian-gondolas/#more-2488

EN BAS À GAUCHE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. Photo prise par l'usager de Flickr mailingdz, http://www.flickr.com/photos/boudghene/5627432354/

EN BAS À DROITE- Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.doppelmayr.com/index.php?id=2188&L=0

Page 41

HAUT - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://gondolaproject.com/wpcontent/uploads/2010/07/Skikda-2.jpg

BAS - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.doppelmayr.com/de/daten/daten-fuer-garaventa/referenzen/gondelbahnen/15-mgd-skikda.html

Page 43

EN HAUT À GAUCHE - Photo prise par l'usager de Flickr nyer82, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/nyer82/5950323046/

EN HAUT À DROITE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://www.bridgeandtunnelclub.com/bigmap/manhattan/ues/tramwayplaza/0159thst-secondavesw.jpg

BAS - Photo prise par l'usager de Flickr Alamagordo, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/alamagordo/5419141102/

Page 45

EN HAUT À GAUCHE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. http://image.architonic.com/imgArc/project-1/4/5200830/agps-aerial-tram-02.jpg

EN HAUT À DROITE - Tous droits réservés. Utilisation équitable. Http://i96.photobucket.com/albums/l177/dougall5505/DSC_0022.jpg

BAS - Photo prise par l'usager de Flickr neighborhoods.org, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. www.flickr.com/photos/neighborhoods/2971112940

Page 47 - Image de CUP (sauf) :

BAS - Photo prise par l'usager de Flickr medea_material, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/medea_material/4480152131/

Page 49 - Image de CUP (sauf) :

HAUT - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:20110507_koblenz106.JPG

Page 51

EN HAUT À GAUCHE - Photo prise par l'usager de Flickr Jesus C, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/jesusc/2783037012/

MILIEU, À GAUCHE - Photo prise par l'usager de Flickr jdelcidr, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/blogviajes/4457022773/

EN BAS À GAUCHE - Photo prise par l'usager de Flickr Jesus C, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/jesusc/2783036408

EN BAS A DROITE - Photo prise par l'usager de Flickr jdelcidr, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/blogviajes/4457799648

Page 53

GAUCHE - Photo prise par l'usager de Flickr wZa HK, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. Adresse : http://www.flickr.com/photos/wza/162905042/

EN HAUT À DROITE - Photo prise par l'usager de Flickr Photo Captor, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/myphotoalbum/3223845743

MILIEU, À DROITE - Photo prise par l'usager de Flickr Mr Wabo, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/oxborrow/1355873584

EN BAS À DROITE - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Airport_angle_station.jpg

Page 55 - Image de CUP

Page 57 - Image de CUP (sauf) :

EN BAS À DROITE - Photo utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:A90523cabinaRenonAaa.jpg&filetimestamp=20100704151215

Page 58

Capture d'écran tirée d'une vidéo. http://www.youtube.com/watch?v=McA4OinOoK8

Page 59

BURNABY - Photo prise par l'usager de Flickr Marcin Chady, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/marcinchady/253067738

CALGARY - Photo prise par l'usager de Flickr Kevin Saff, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/kevinsaff/96942341

LA MECQUE - Photo prise par l'usager de Flickr Al Jazeera English, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/aljazeeraenglish/5185658322

Page 68

Photo prise par l'usager de Flickr wHaTEvEr-, utilisée en vertu de la licence Creative Commons. http://www.flickr.com/photos/whatever-/4522838437