

ETUDES DE FAISABILITE POUR LE SCHEMA DIRECTEUR OPERATIONNEL DES DEPLACEMENTS METROPOLITAINS (SDODM)

LOT 2 : LIAISON MERIGNAC AEROPORT – GARE SAINT JEAN – ETUDE D’UNE LIAISON PAR CABLE ENTRE QUATRE CHEMINS ET L’AEROPORT



SYSTRA

ETUDES DE FAISABILITE POUR LE SCHEMA DIRECTEUR OPERATIONNEL DES DEPLACEMENTS METROPOLITAINS (SDODM)

LOT 2 : LIAISON MERIGNAC AEROPORT – GARE SAINT JEAN – ETUDE D'UNE
LIAISON PAR CABLE ENTRE QUATRE CHEMINS ET L'AEROPORT

FICHE D'IDENTIFICATION

Maître d'ouvrage	Communauté Urbaine de Bordeaux
Projet	Etudes de faisabilité pour le Schéma Directeur Opérationnel des Déplacements Métropolitains (SDODM)
Phase d'étude	Lot 2 : Liaison Mérignac Aéroport – Gare Saint Jean – Etude d'une liaison par câble entre Quatre Chemins et l'aéroport
Nature du document	Rapport d'étude
Date	23/12/2013
Nom du fichier	131223_SDODM_Lot2_transport par cable_Ed3 .docx
Référence	B348/SC/FRA/298-13
Nombre de pages	55

APPROBATION

Version	Nom	Date	Visa	Modifications
1	Auteurs	Hedi ELLAFI Stéphanie AUBERT Isabelle PEGARD		20/06/2013
	Vérificateur	Gildas LE CLOIREC		04/07/2013
	Approbateur	Yannick OLIVIER		05/07/2013
2	Auteurs	Stéphanie AUBERT Hedi ELLAFI Mélicha LECERF Isabelle PEGARD		09/10/2013
	Vérificateur	Gildas LE CLOIREC		10/10/2013
	Approbateur	Yannick OLIVIER		13/11/2013

Auteurs	Stéphanie AUBERT	
	Hedi ELLAFI	
	Mélissa LECERF	23/12/2013
	Isabelle PEGARD	
Vérificateur	Timothée COLLARD	
	Gildas LE CLOIREC	23/12/2013
	Yannick OLIVIER	23/12/2013

TABLE DES MATIERES

1.	PREAMBULE	7
2.	PANORAMA DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE	9
2.1	UNE TERMINOLOGIE SPECIFIQUE	9
2.1.1	REMONTEE MECANIQUE	9
2.1.2	TRANSPORT PAR CABLE	9
2.1.3	TELEPHERIQUE	9
2.1.4	TELECABINE	10
2.2	CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE	11
2.2.1	DIFFERENTES TECHNOLOGIES SUIVANT LE NOMBRE ET LA FONCTION DES CABLES	11
2.2.2	LES SYSTEMES EXISTANTS	12
2.2.3	QUEL SYSTEME DE TRANSPORT PAR CABLE AERIEN POUR QUEL USAGE ?	14
2.2.4	UN NIVEAU DE SERVICE COMPARABLE A CELUI DE CERTAINS MODES DE TRANSPORTS COLLECTIFS DITS « LOURDS »	15
2.2.5	LE COUT DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE	17
2.2.6	LES GABARITS ET LES PROFILS DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE	19
2.4	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE	20
3.	CADRE REGLEMENTAIRE	21
3.1	UN SECTEUR TRES REGLEMENTE EN FRANCE	21
3.2	DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES INFLUANT SUR L'INSERTION DES TRANSPORTS PAR CABLE	22
3.2.1	REGLEMENTATION RELATIVE A L'IMPLANTATION DES INSTALLATIONS	22
3.2.2	REGLEMENTATION RELATIVE A LA SECURITE DES USAGERS	26
4.	QUEL SYSTEME DE TRANSPORT PAR CABLE AERIEN POUR LA DESSERTE DE L'AEROPORT DE BORDEAUX-MERIGNAC ?	28
4.1	LE CONTEXTE URBAIN	28
4.1.1	ENVIRONNEMENT DU PROJET	28
4.1.2	LES CONTRAINTES DE FRANCHISSEMENT	29
4.1.3	RAPPEL GENERAL SUR LES SERVITUDES	30
4.1.4	LES SERVITUDES DE L'AEROPORT DE BORDEAUX MERIGNAC	33
4.1.5	SERVITUDES DE METEO FRANCE	34
4.2	L'INSERTION URBAINE A QUATRE CHEMINS ET A L'AEROPORT	38
4.2.1	PRINCIPES RETENUS POUR L'INSERTION	38
4.2.2	LES ITINERAIRES ENVISAGES	38
4.2.3	STATION D'ECHANGE AVEC LE TRAMWAY	42
4.3	LES PREVISIONS DE FREQUENTATION	44
4.4	LE CHOIX DE LA TECHNOLOGIE	44
4.5	COUTS	45

4.5.1	IMPACT DU NOMBRE DE STATIONS SUR LES COUTS	45
4.5.2	COUT DU PROJET	45
4.6	SYNTHESE ET PRECONISATION	46
4.7	BILAN SOCIO-ECONOMIQUE	46
	BILAN SOCIO-ECONOMIQUE EN COURS D'ACTUALISATION	46
		47
		49
		50
		52
		53
7.1	EXEMPLES DE SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CABLE DANS LE MONDE	53
7.2	LES CONSTITUANTS D'UNE TELECABINE	55

SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1. Téléphérique de Portland - États-Unis	7
Illustration 2. Téléphérique de Roosevelt Island à New-York – Etats Unis	10
Illustration 3.: Télécabine de Vin Pearl à Nha Trang – Vietnam	10
Illustration 4.: Les six principales technologies de transport par câble aérien	11
Illustration 5.: Télécabine monocâble de Saragosse - Espagne	11
Illustration 6.: Télécabine bicâble de Hong Kong	12
Illustration 7.: Télécabine tricâble 3S de Coblenz – Allemagne	12
Illustration 8. Capacité théorique maximale de différents systèmes de transport collectif urbains – Intervalle 3 min., 4 pers./m ² pour les bus et tramway (Source Certu, constructeurs)	16
Illustration 9. Vitesse maximale en ligne et vitesse commerciale de station en station des systèmes de transport par câble existants – Source constructeurs, exploitants	16
Illustration 10. Intervalle de passage en station des cabines des systèmes de transport par câble existants – Source constructeurs, exploitants	17
Illustration 11. Environnement urbain aux abords de la zone d'activité et aéroport - source Google Earth	28
Illustration 12. Environnement urbain aux abords de la station de tramway- source Google Earth	28
Illustration 13. Vues sur la rocade - source Google Earth	29
Illustration 14. Plan des servitudes de l'aéroport de Bordeaux Mérignac, Source : DGAC - SNIA Pôle de Bordeaux	33
Illustration 15. : Plan des servitudes PT2 annexé au décret du 28 avril 1995, Source : DDTM 33	36
Illustration 16. Contraintes identifiées sur le secteur d'étude	37
Illustration 17. Exemple de station intégrée	42
Illustration 18. Représentation des tracés étudiés	43
Illustration 19. Exemples de systèmes pleinement intégrés, partiellement intégrés ou récréatifs	54
Illustration 20. : Les Constituants d'une télécabine	55

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1. Comparaison des principales caractéristiques des différents systèmes de transport par câble – Source CETE de Lyon	15
Tableau 2. Tableau comparatif des coûts des systèmes – Source Certu, CETE de Lyon, constructeurs	18
Tableau 3. Tableau comparatif des gabarits et profils de l'infrastructure – Source Certu, CETE de Lyon	19
Tableau 4. : Hauteurs maximales de survol des installations de transport par câble	24
Tableau 5. : Vitesses maximales en ligne autorisées – Source STRMTG	26
Tableau 6. Tableau comparatif des coûts d'investissements	45
Tableau 7. Tableau comparatif des coûts d'investissements lot 2 SDODM	51
Tableau 8.	51
Tableau 9. Données techniques par système	54

1. PREAMBULE

Les systèmes de transport par câble restent perçus essentiellement comme **des systèmes réservés au transport des skieurs des stations de sports d'hiver**. De fait, ils font partie intégrante du paysage montagneux français.

En milieu urbain, d'autres modes de transport participent à l'identité de la ville par une intégration et une acceptation réussie, comme le **tramway**. Le transport par câble a **potentiellement des atouts similaires** en répondant en plus à des **problématiques de franchissement ou de relief** auxquelles ne peuvent répondre les TC conventionnels.

Ces systèmes répondent aussi aux **problématiques de coupure urbaine ou de dénivelé** : Ils peuvent être implantés au sol (ascenseur incliné, funiculaire) ou être téléportés (téléphérique, télécabine), leurs permettant ainsi de s'adapter aux contraintes comme aux enjeux du territoire.

Aujourd'hui, les systèmes de transport par câble sont **quasiment absents du paysage des transports collectifs urbains et périurbains en France**. L'utilisation des transports par câble est pourtant possible en milieu urbain. Plusieurs agglomérations étrangères (Medellín, Caracas, Rio de Janeiro, New York, Alger, Barcelone,...) disposent même de télécabines et de téléphériques **entièrement intégrés dans leur réseau de transport collectif**.

Certaines réalisations ont prouvé que les transports par câble peuvent être pertinents dans le champ des transports urbains, dans des contextes marqués chacun par ses spécificités propres.

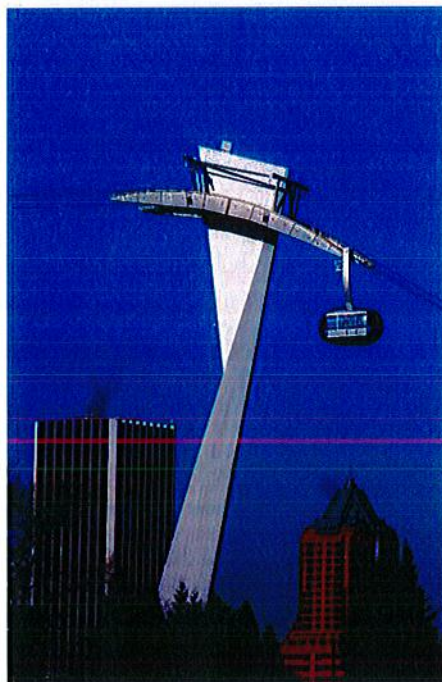


Illustration 1. Téléphérique de Portland - États-Unis

Par ailleurs, un certain nombre de collectivités territoriales françaises, en métropole ou dans les départements d'outre-mer, se sont engagées dans l'étude de projets concrets. Les démarches récemment lancées ont pour objectif d'évaluer les potentialités et contraintes de services des systèmes à câble en tant que maillon d'un réseau existant de transports collectifs urbains ou périurbains.

A ce titre, dans le cadre du lot 2 du SDODM, la Communauté Urbaine de Bordeaux s'interroge sur l'opportunité de mise en place d'un système de transport par câble **entre la station Quatre Chemins et l'aéroport de Bordeaux-Mérignac**.

La première partie du présent rapport a une vocation pédagogique en ce sens où elle passe en revue les différents systèmes de transport par câble existant et leur cadre réglementaire.

Dans un second temps, l'application au cas bordelais détermine le système qui serait le mieux adapté à la problématique et met en évidence les contraintes d'insertion liées à la liaison entre Quatre Chemins et l'aéroport.

2. PANORAMA DES SYSTEMES DE TRANSPORT PAR CÂBLE

2.1 Une terminologie spécifique

Le domaine des transports par câble recourt à une terminologie spécifique. Toutefois, les acceptions liées au vocabulaire sont variables selon le contexte (usage populaire, réglementaire, industriel, etc.). Quelques précisions préalables s'imposent donc sur cet aspect pour limiter les confusions.

2.1.1 Remontée mécanique

Au sens de la réglementation française, sont appelés « **remontées mécaniques** » tous les appareils de transport public de personnes par chemin de fer funiculaire ou à crémaillère, par téléphérique, par téléskis ou par tout autre engin utilisant des câbles porteurs ou tracteurs (*article L342-7 du Code du tourisme*).

Ce terme est **principalement associé aux équipements des stations de montagne**. Il comprend des types d'installations inutilisables en transport collectif urbain, comme les télésièges ou les téléskis.

2.1.2 Transport par câble

L'expression « **transport par câble** » désigne tout système de transport dans lequel des véhicules sont mus par l'intermédiaire d'un câble d'acier.

Le transport par câble comprend différentes catégories de systèmes comme les téléphériques et les télécabines. Les télésièges et les téléskis, n'étant pas appropriés à un usage de transport collectif urbain (TCU), ne seront pas évoqués dans la suite du document.

Les transports par câble regroupent également d'autres systèmes **circulant au sol**, non étudiés dans ce document, comme les funiculaires et les ascenseurs inclinés.

Par abus de langage, dans la suite du document, l'expression « transport par câble » pourra être utilisée à la place de « transport par câble aérien ».

2.1.3 Téléphérique

Au sens de la réglementation française, un téléphérique est une installation « **dans laquelle les passagers sont transportés dans des véhicules suspendus à un ou plusieurs câbles** ».

Ce vocabulaire officiel s'oppose à l'acception plus répandue dans le public, qui identifie généralement les téléphériques comme des installations équipées de un ou deux véhicules circulant en aller-retour entre deux points.



Illustration 2. Téléphérique de Roosevelt Island à New-York – Etats Unis

Dans ce document, le terme « téléphérique » désignera toute installation à câble équipée de un ou deux véhicules fermés de moyenne et grande capacité circulant en aller-retour sur le même chemin de câbles.

2.1.4 Télécabine

La notion de télécabine est absente de la réglementation française.



Illustration 3. : Télécabine de Vin Pearl à Nha Trang – Vietnam

Dans ce document, le terme « télécabine » désignera toute installation à câble équipée de plusieurs véhicules fermés de faible ou moyenne capacité circulant en mouvement unidirectionnel (sur une boucle).

2.2 Caractéristiques des systèmes de transport par câble

2.2.1 Différentes technologies suivant le nombre et la fonction des câbles

Les câbles des installations de transport par câble peuvent assurer différentes fonctions :

- **Câble porteur** : assure uniquement la sustentation du véhicule
- **Câble tracteur** : assure uniquement le mouvement du véhicule
- **Câble porteur – tracteur** : assure sustentation et mouvement du véhicule

Plusieurs combinaisons sont possibles, ce qui nous donne à l'heure actuelle six principales technologies de transport par câble aérien.

Monocâble	Bicâble (2S)	Tricâble (3S)	Funitel (Double monocâble)	Tram aérien	Télépulsé (cabines groupées)
1 câble porteur-tracteur	1 câble porteur 1 câble tracteur	2 câbles porteur 1 câble tracteur	2 câbles porteurs-tracteurs		
					

Illustration 4. : Les six principales technologies de transport par câble aérien

On parle de **système monocâble** lorsqu'un seul câble est chargé de tracter et de porter les cabines (exemples : Medellin, Caracas). Ce type de technologie impose l'emploi de petites cabines (capacité généralement inférieure à **16 places**) et des portées entre les pylônes plus limitées (portées maximales : **150 à 300 m**) que pour les technologies bi câble ou tri câble.

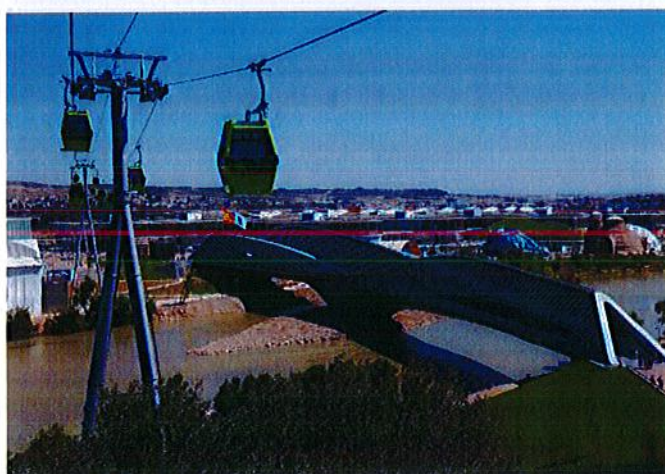


Illustration 5. : Télécabine monocâble de Saragosse - Espagne

On parle de **système bicâble ou tricâble** lorsqu'un câble tracte les cabines et qu'un ou deux autres assurent leur sustentation (exemple : Coblençe). Ce type de système permet des portées plus importantes (jusqu'à plusieurs km) et l'utilisation de cabines de plus grande dimension.



Illustration 6. : Télécabine bicâble de Hong Kong

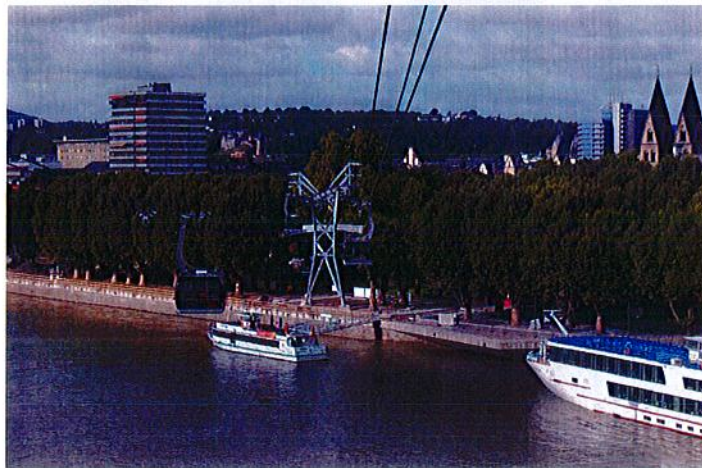


Illustration 7. : Télécabine tricâble 3S de Coblençe – Allemagne

2.2.2 Les systèmes existants

Le transport par câble constitue un mode de transport qui regroupe plusieurs technologies. On recense aujourd'hui 6 technologies de transport par câble majeures exploitées en zone urbaine dans le monde.

Les installations **monocâble débrayable** : système de télécabines disposant d'un seul câble à la fois tracteur et porteur, circulant sur une boucle de façon continue ;

Les installations **bicâble débrayable** : système de télécabines disposant d'un câble porteur et d'un câble tracteur, circulant sur une boucle de façon continue ;

Les installation **tricâble débrayable** : système de télécabines disposant de deux câbles porteurs et d'un câble tracteur, circulant sur une boucle de façon continue ;

Le **funitel** (ou système double monocâble) : système de télécabines disposant de deux câbles à la fois porteurs et tracteurs, circulant sur une boucle de façon continue ;

Le **tram aérien** : système de téléphérique constitué d'un ou deux véhicules circulant en aller-retour entre deux points sur un ou deux câbles porteurs ;

Le **télépulsé**, constitué de cabines groupées : système de télécabines regroupant plusieurs cabines circulant en aller-retour entre deux points. Les cabines sont similaires à celles utilisées dans les installations monocâbles et bicâbles mais dotées d'une pince fixe.

Les principales caractéristiques de ces technologies sont résumées dans le tableau ci-dessous.

	installation monocâble débrayable	installation bicâble débrayable	installation tricâble débrayable	funitel	tram aérien	Télépulsé (cabine groupées)
						
Vitesse maximale	~22km/h	~27km/h	27km/h	~27km/h	~45km/h	~22km/h
Capacité maximale (pphpd)	4 000	4 000	6 000 – 8 000	4 000 - 5 000	2 000	2 000
Vitesse maximale de vent pour l'exploitation	70 km/h	70 km/h	100 km/h	100 km/h	80 km/h	70 km/h
Coût des immobilisations (Se référer chap2.2.4 du présent document pour des éléments de comparaison)	Faible	Faible à moyen	Elevé	Moyen	Moyen à élevé	Faible
Pince	Pince débrayable – possibilité d'implanter des stations intermédiaires et des stations en virage				Pince fixe	

Le système de pince est une caractéristique forte puisqu'il influence directement l'exploitation du système de transport. Les technologies de transport par câble avec pince débrayable permettent de détacher les cabines du câble tracteur en station. Ce dispositif offre alors la possibilité d'avoir des vitesses réduites dans les stations tout en préservant un mouvement continu des cabines en marche. Au contraire, les systèmes à pince fixe oblige à un arrêt complet du système quand une cabine arrive en station. Cette caractéristique implique une limitation de la capacité du mode.

De plus, les systèmes à pince débrayable permettent également de développer des stations intermédiaires et des stations en virage. Compte tenu du linéaire d'étude, de l'implantation de

stations intermédiaires techniques ou voyageurs (dont il conviendrait de préserver la possibilité pour ces dernières), les systèmes tram aérien ou télépulsé ne nous apparaissent pas adéquats.

Les installations de type tricâble offrent des cabines plus importantes, et ainsi plus confortables, et des vitesses plus grandes que le système monocâble, son débit est ainsi supérieur. Ses capacités de franchissement sont meilleures grâce à des portées plus importantes. (3000m au lieu de 300m pour le monocâble).

Les possibilités d'arrêt en station sont plus grandes pour le système tricâble puisque ce dernier offre cette opportunité quel que soit le débit. Le système monocâble ne peut produire cet avantage qu'en-dessous d'un débit de 2 000 pphpd (personnes par heure par direction), répondant largement au besoin.

2.2.3 Quel système de transport par câble aérien pour quel usage ?

Le domaine des transports par câble regroupe sous une même appellation une grande variété de systèmes, chacun ayant ses caractéristiques propres.

Le choix d'un système de transport par câble ne peut être fait indépendamment de l'environnement urbain ou périurbain dans lequel il va s'insérer. Les relations qui s'établissent entre un système de transport collectif et son environnement sont multiples et interdépendantes. Il n'est donc pas possible de déterminer a priori le type de système de transport par câble avant d'avoir réalisé une analyse fine du contexte, et notamment des conditions d'insertion qui sont déterminantes.

Globalement, les différents paramètres à prendre en compte pourraient être a minima (ordre non hiérarchique) :

- capacité/demande ;
- coûts d'investissement et d'exploitation ;
- insertion urbaine des pylônes et des stations ;
- conditions de survol des bâtiments (en référence à la réglementation) ;
- adaptation du système aux conditions climatiques locales (vitesse du vent par exemple) ;
- adaptation du système aux conditions géographiques (déclivité par exemple) sur l'itinéraire ;
- impacts environnementaux (bruit au niveau des stations, des supports, consommation énergétique notamment) ;
- insertion dans le réseau de transport urbain ;
- conditions de gestion de l'intermodalité ;
- accessibilité des PMR ;
- ...

Type de système	Capacité (voy/h/sens)	Vitesse commerciale	Durée de vie des matériels	Portée maximale	
Télécabine monocâble	3200	18 à 22 km/h	25 à 30 ans	150 à 300 m	
Télécabine bi ou tricâble	4000 / 4500	21 à 24 km/h	25 à 30 ans	1,5 à 3 km	
Téléphérique	2000	18-35 km/h	30 à 40 ans	3 km	
Type de système	Coûts d'investissement (hors matériel roulant)	Coût d'un véhicule	Consommation énergétique	Coût d'exploitation par véh.km	
Télécabine monocâble	De l'ordre de 5 à 10 M€/km*	30 k€ (8 places)	Données non consolidées		
Télécabine bi ou tricâble	De l'ordre de 8 à 15 M€/km*	0,3 M€ (35 places)	Données non consolidées		
Téléphérique	Entre 8 et 20 M€/km*	0,3 à 1 M€ (40 à 200 places)	Données non consolidées		
Type de système	Emprise en alignement droit	Emprise en courbe	Rayon minimal acceptable	Emprise au sol des stations	Pente maximale admissible
Télécabine monocâble	23 à 24 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité) 50 x 10 m (station intermédiaire)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives
Télécabine bi ou tricâble	24 à 30 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité) 50 x 10 m (station intermédiaire)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives
Téléphérique	24 à 30 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives

Tableau 1. Comparaison des principales caractéristiques des différents systèmes de transport par câble – Source CETE de Lyon

2.2.4 Un niveau de service comparable à celui de certains modes de transports collectifs dits « lourds »

Sur de nombreux aspects, les transports par câble atteignent des performances relativement élevées, comparables à des systèmes à haut niveau de service comme les tramways ou les BHNS.

2.2.4.1 Capacité d'un système

La capacité théorique maximale d'un système de transport par câble dépend de :

- la capacité unitaire des cabines
- la fréquence de passage des cabines en station, en fonction de :
 - la vitesse du câble porteur
 - l'espacement entre cabines

Un des atouts de ces systèmes est de **circuler en site propre intégral**, indépendamment des contraintes de circulation auxquelles peuvent être soumis les modes de transport de surface. Cette caractéristique garantit la **régularité des temps de parcours** tout au long de la journée et donc le **débit des installations**.

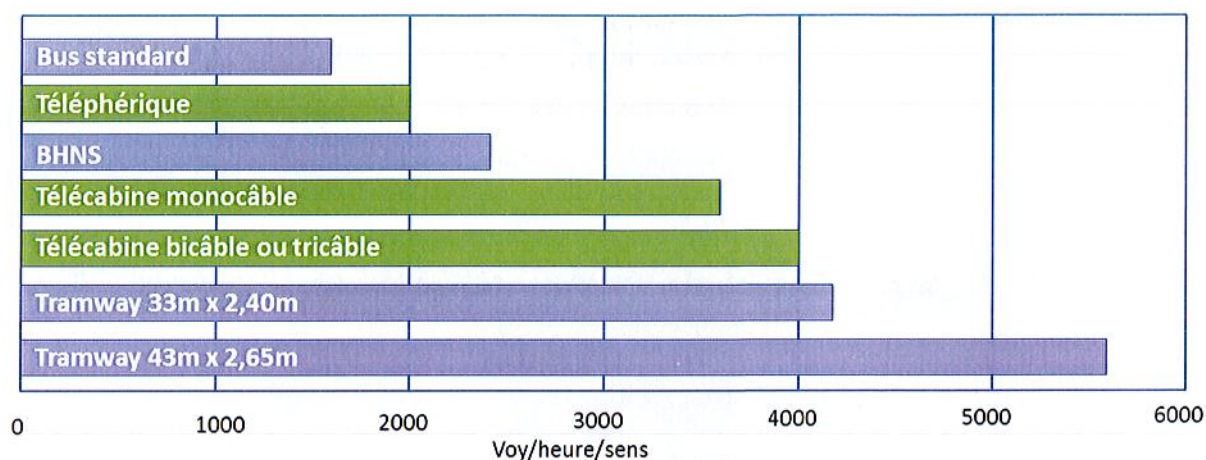


Illustration 8. Capacité théorique maximale de différents systèmes de transport collectif urbains – Intervalle 3 min., 4 pers./m² pour les bus et tramway (Source Certu, constructeurs)

Les capacités théoriques maximales des différents systèmes de transport par câble sont supérieures à celles des bus en condition standard d'exploitation, comparables à des modes de transports urbains performants comme le BHNS ou proches de celles du tramway de 33 m.

2.2.4.2 La vitesse commerciale

La vitesse commerciale des transports par câble dépend principalement :

- de la vitesse en ligne (vitesse maximale fixée par la réglementation) ;
- des décélérations / accélérations au niveau des stations (arrêt en station, ou vitesse réduite : 0,1 m/s, jusqu'à 0,5 m/s) ;
- du nombre de stations intermédiaires ;
- des interstations.

Les vitesses commerciales des installations en service dans le monde varient globalement de **10 à 24 km/h** en heure de pointe.

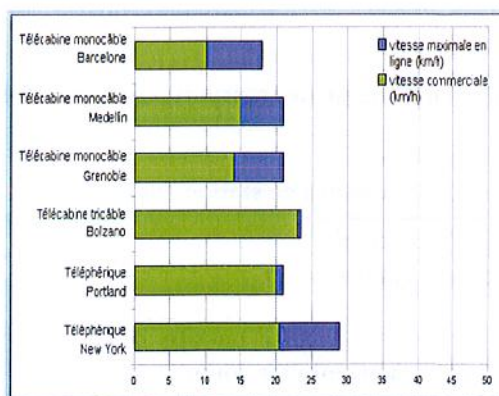


Illustration 9. Vitesse maximale en ligne et vitesse commerciale de station en station des systèmes de transport par câble existants – Source constructeurs, exploitants

Ces vitesses sont compétitives en milieu urbain, notamment en cas de franchissement d'obstacles. Elles peuvent être plus ou moins affectées par les options d'exploitation adoptées, notamment pour bien séparer les flux de passagers entrants et sortants ou prendre en compte les problématiques d'accessibilité

2.2.4.3 Fréquence de passage des cabines

Elle varie fortement d'un système à l'autre, d'une dizaine de secondes à une quinzaine de minutes. Dans le cas des télécabines, les cabines peuvent se présenter de façon quasi-continue en station. C'est le cas à Medellín, avec un départ toutes les **12 secondes** en heure de pointe.

La fréquence est moindre dans le cas des téléphériques, circulant en aller-retour sur un seul et même chemin de câbles. A New-York, le téléphérique de Roosevelt Island part toutes les **8 minutes** en heure de pointe et toutes les **15 minutes** en heures creuses.

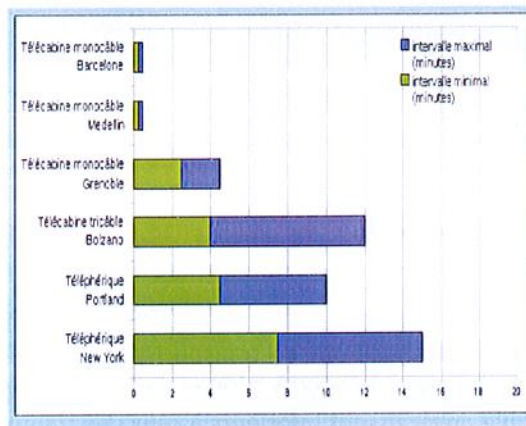


Illustration 10. Intervalle de passage en station des cabines des systèmes de transport par câble existants – Source constructeurs, exploitants

2.2.5 Le coût des systèmes de transport par câble

La structure des coûts d'investissement des transports par câble n'est pas comparable à celle des autres systèmes de TCSP. **En effet, les coûts des transports par câble sont davantage liés au nombre et à la configuration des stations qu'à la longueur de l'installation.** Contrairement aux autres systèmes de TCSP comme le BHNS ou le tramway, le **coût d'investissement par kilomètre d'infrastructure** n'est pas l'indicateur le plus pertinent. Les ratios indiqués dans le tableau ci-dessous, issus de données d'installations à câble de montagne, sont donc à utiliser avec précaution.

Type de système	Coût d'un véhicule	Investissement par km de ligne (hors matériel roulant)	Durée de vie des matériels	Coût d'exploitation par véh.km
Bus	300 k€ (90 places)	0,1 M€ /km	10 à 15 ans	3 à 4€ /km
BHNS (bus articulé)	0,3 à 0,9 M€ (120 places)	2 à 10 M€ /km	15 à 30 ans	3,5 à 5€ /km
Translohr STE4	2,5 M€ (210 places)	10 à 15 M€ /km	25 à 30 ans	5 à 7€ /km
Tramway 33 x 2,40 m	1,5 à 2,5 M€ (220 places)	13 à 22 M€ /km	30 à 40 ans	6 à 7€ /km
Tramway 43 x 2,65 m	2 à 3 M€ (300 places)	13 à 22 M€ /km	30 à 40 ans	6 à 9€ /km
Télécabine monocâble	30 k€ (8 places)	De l'ordre de 5 à 10 M€ /km*	25 à 30 ans	
Télécabine bi ou tricâble	0,3 M€ (35 places)	De l'ordre de 8 à 15 M€ /km*	25 à 30 ans	
Téléphérique	0,3 à 1 M€ (40 à 200 places)	Entre 8 et 20 M€ /km*	30 à 40 ans	

Tableau comparatif des coûts des systèmes – Sources Certu, CETE de Lyon, DSF, constructeurs

Coûts en € HT 2010

* Les coûts s'entendent pour des installations d'une longueur de 1 à 2 km sans station intermédiaire. Les coûts d'investissement ne prennent pas en compte les surcoûts éventuels liés à l'insertion urbaine, au travail architectural spécifique sur les stations et les pylônes, sur le design des véhicules...

Tableau 2. Tableau comparatif des coûts des systèmes – Source Certu, CETE de Lyon, constructeurs

Toutefois, dans le cas particulier d'installations de transport par câble de conception « classique » composées d'un tronçon d'une longueur de 1000 à 2000 m, les coûts d'investissement des différents systèmes de transport par câble **apparaissent inférieurs** à ceux des tramways, et correspondent à la limite haute de ceux des BHNS.

Cependant, la **diversité actuelle des systèmes de transports à câble** fait partie des éléments pénalisants de leur mise en œuvre. Elle implique la **complexité des études amont**, la **non-standardisation des systèmes proposés**, et donc un **surcoût certain des coûts d'investissements, voire d'exploitation**.

2.2.6 Les gabarits et les profils des systèmes de transport par câble

L'insertion des transports par câble doit législativement prendre en compte la réglementation en matière de sécurité ainsi que les contraintes liées à l'emprise des stations et aux trajets rectilignes entre deux stations. Ces systèmes offrent des perspectives dans les franchissements d'obstacles et de dénivelés.

Type de système	Emprise en alignement droit	Emprise en courbe	Rayon minimal acceptable	Emprise au sol des stations	Pente maximale admissible
Bus	6,5 à 7 m	10 à 12 m	11 à 12 m	12 x 10,5 m (quais en vis-à-vis)	13 % ³⁴
BHNS non guidé (bus articulé)	6,7 à 7,3 m	9 à 11 m	12 m	20 x 11 m (quais en vis-à-vis)	13 %
BHNS guidé (bus articulé)	6,7 à 7,3 m	9 à 11 m	25 m	20 x 11 m (quais en vis-à-vis)	13 %
Translohr STE4	5,4 m	6,7 à 7 m	10,5 m*	40 x 7,5 m (quai central)	13 %
Tramway 33 x 2,40 m	5,6 à 5,8 m	7 à 7,5 m	25 m*	40 x 10 m (quai central) 40 x 11 (quais latéraux)	6 à 10 % ³⁵
Tramway 43 x 2,65 m	6,1 à 6,3 m	7,5 à 8 m	25 m*	50 x 8,5 m (quai central)	6 à 10 %
Télécabine monocâble	23 à 24 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité) 50 x 10 m (station intermédiaire)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives
Télécabine bi ou tricâble	24 à 30 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité) 50 x 10 m (station intermédiaire)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives
Téléphérique	24 à 30 m (y compris distances latérales de sécurité) **	Tracé rectiligne	Tracé rectiligne	25 x 10 m (station d'extrémité)	60 % en général > à 100 % avec dispositions constructives

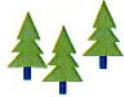
Tableau comparatif des gabarits et profils de l'infrastructure – Sources Certu, CETE de Lyon

* De préférence > à 30 ou 40 m pour limiter les pertes de vitesse, le bruit et les usures.

** Les valeurs indiquées correspondent à l'espace qui doit être dépourvu d'obstacle à hauteur de passage des cabines.

Tableau 3. Tableau comparatif des gabarits et profils de l'infrastructure – Source Certu, CETE de Lyon

2.4 Avantages et inconvénients des systèmes de transport par câble

	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 résidents 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 CO₂ 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

- **STC** : Systèmes de Transport par Câble
- **SLR** : Système Léger sur Rails
- **SRB** : Système rapide par bus

3. CADRE REGLEMENTAIRE

3.1 Un secteur très réglementé en France

La réglementation française régissant la conception, la sécurité et l'exploitation des installations de transport par câble est partagée entre le **code du tourisme** et le **code des transports**.

Dans le cas d'installations assurant des services de transport public urbains ou périurbains, seule s'applique la réglementation issue du code des transports, et notamment le **décret n°2003-425 du 9 mai 2003** relatif à la sécurité des transports publics guidés (dit **décret STPG**). La réglementation est identique que l'on soit ou non à l'intérieur d'un périmètre de transports urbains.

Quelle autorité organisatrice spécifique pour les transports par câble ?

Comme pour les autres modes de transports collectifs, l'autorité organisatrice compétente pour réaliser et exploiter une desserte par un transport par câble dépendra de la nature de la desserte assurée, et notamment du fait que l'installation dessert ou non un périmètre des transports urbains (PTU).

L'AOTU sera l'autorité compétente dans le cas d'une desserte interne à un PTU. Le Département ou la Région seront compétents dans le cas d'une desserte hors de tout PTU.

Dans le cas d'une desserte entre plusieurs PTU ou entre un PTU et un secteur hors PTU, l'autorité compétente pourra être l'AOTU, le Département ou la Région, selon un conventionnement à établir entre les différentes institutions.

En France, les exigences techniques réglementaires sont définies par l'**arrêté du 7 août 2009** modifié par l'**arrêté du 20 mai 2010** relatif à la conception, à la réalisation, à la modification, à l'exploitation et à la maintenance des téléphériques.

Cet arrêté est accompagné de plusieurs guides techniques rédigés sous la direction du **STRMTG (Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés)** :

- Le **guide RM1**, «relatif à l'exploitation et la maintenance des téléphériques» (et des télécabines) ;
- Le **guide RM2**, «relatif à la conception générale et la modification des téléphériques» (et des télécabines).

Les exigences de sécurité prévues par l'arrêté sont présumées satisfaites dès lors que les dispositions prévues par les guides RM1 et RM2 sont respectées.

Néanmoins, il est possible de déroger aux dispositions techniques prévues dans ces guides sous réserve de satisfaire aux exigences de sécurité pour les usagers, personnels et tiers. Cette justification du respect des exigences de sécurité peut par exemple se fonder sur un retour d'expérience constitué à partir d'un parc d'installations, de constituants de sécurité ou sous-systèmes comparables à celui concerné, situés dans un pays de l'Union européenne.

3.2 Des contraintes réglementaires influant sur l'insertion des transports par câble

3.2.1 Réglementation relative à l'implantation des installations

L'article 7.I de l'arrêté du 7 août 2009 précise que tout téléphérique ou télécabine « est conçu de manière à garantir la libre circulation des véhicules et de leurs passagers en évitant, par la mise en place de distances de sécurité, tout heurt avec les infrastructures de l'installation ou son environnement. »

○ Le gabarit libre des téléphériques et des télécabines

Le gabarit libre d'un téléphérique ou d'une télécabine est un volume défini en ajoutant des distances de sécurité à l'espace enveloppe du téléphérique ou de la télécabine. Ce gabarit libre ne doit pas interférer avec :

- L'infrastructure du téléphérique ou de la télécabine ;
- Son environnement immédiat (bâtiment, ligne électrique, gabarit routier...).

L'espace enveloppe est déterminé en prenant en compte les déviations latérales et verticales des câbles, les oscillations transversales et longitudinales des véhicules et la zone résultant du profil physique des véhicules, de la zone des mains, des pieds, des skis et des autres équipements qu'il est prévu de transporter.

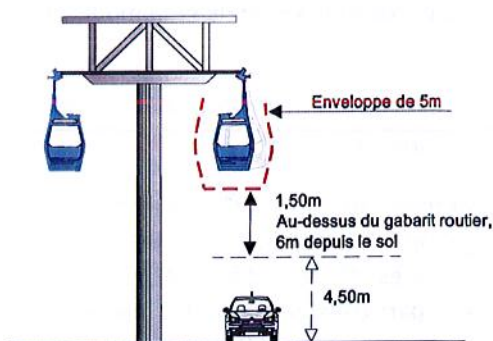
Cet espace varie en fonction des installations, mais il est de l'ordre de quelques mètres autour du câble porteur.

Les **déviations et oscillations** dépendent aussi du vent et de la charge utile des véhicules.

Des **distances de sécurité** sont à prendre en compte, horizontalement et verticalement, entre l'espace enveloppe du téléphérique et les obstacles fixes. Elles sont de **4 m**, sauf lorsqu'il s'agit d'éléments dont la position relative est maîtrisée par l'exploitant. Dans ce cas particulier, la distance de sécurité est ramenée à **1,50 m**.

Dans les zones où les obstacles mobiles sont susceptibles d'interférer avec le téléphérique ou la télécabine, la distance de sécurité verticale par rapport au gabarit maximum des véhicules est de **1,50 m**.

Cette disposition concerne notamment les survols des axes routiers, en prenant en compte les gabarits routiers autorisés sur les axes en question.



○ La protection des installations et des personnes en cas d'incendie

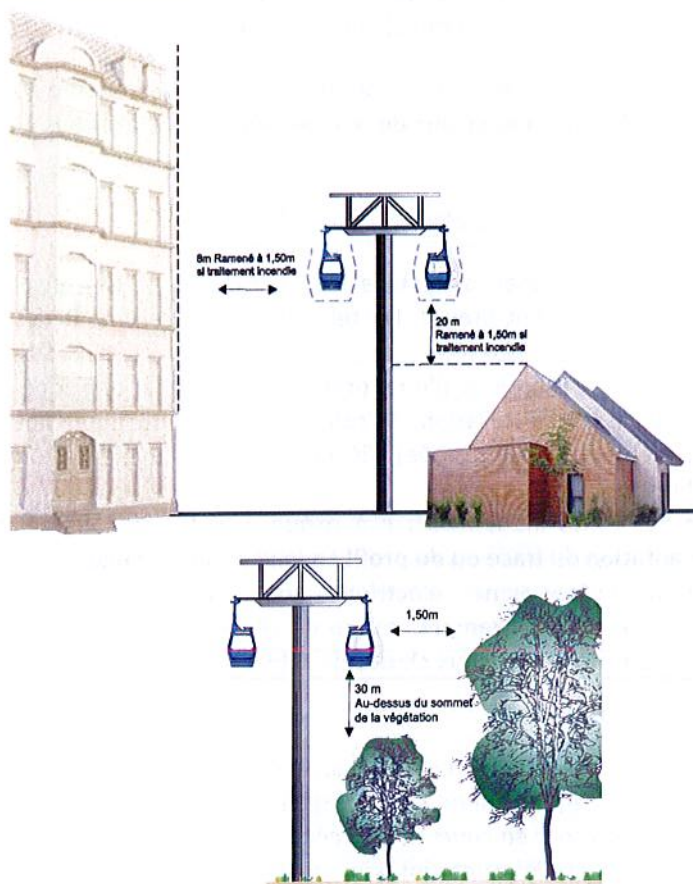
Tout bâtiment existant survolé susceptible de présenter un risque d'incendie doit être pris en compte en respectant les distances de sécurité suivantes :

- Verticalement : **20 m** ;
- Horizontalement : **8 m**.

Ces valeurs peuvent être diminuées à la condition que toutes les dispositions aient été prises pour qu'un incendie du bâtiment survolé ne puisse mettre en péril les usagers du téléphérique ou de la télécabine. Les nouvelles valeurs proposées sont soumises à l'accord des services de contrôle.

En cas de survol d'un espace boisé, deux cas de figure sont à considérer :

- **Survol à une hauteur supérieure à 30 m** par rapport au sommet de la végétation : dans ce cas, pas de contrainte spécifique vis-à-vis du téléphérique ;
- **Survol à moins de 30 m du sommet** de la végétation : le survol de l'espace boisé est possible, à la condition que le sol situé à la verticale du téléphérique soit libre de tout boisement en respectant des distances de sécurité de **1,50 m** de part et d'autre de l'installation.



○ Les hauteurs de survol

L'arrêté du 7 août 2009 pose également une exigence liée à la gêne potentielle induite par la sensation de vide. Elle est ainsi exprimée dans le guide RM2 :

Type de système	Hauteur maximale de survol	Dérogations
Téléphérique	Aucune	
Télécabine double monocâble Télécabine bicâble Télécabine tricâble	Aucune	
Télécabine monocâble	30 m	• 60 m dans le cas de franchissements des courtes dépressions • Sans limitation s'il y a au maximum cinq véhicules sur toute la longueur de chaque brin de câble simultanément concernés par le franchissement de courtes dépressions

Tableau 4. : Hauteurs maximales de survol des installations de transport par câble

Les courtes dépressions (creux topographiques) sont définies comme les dépressions du niveau de survol par rapport à la référence de **30 m** dont la longueur totalisée sur le parcours est :

- **Inférieure à 225 m** pour les installations d'une longueur inférieure à **1500 m** ;
- **Inférieure à 15 % de la longueur de la ligne** pour les installations d'une longueur supérieure à **1500 m**.

Ces mesures réglementaires appellent quelques commentaires :

- les cabines peuvent s'approcher davantage des bâtiments si des dispositifs efficaces de protection contre l'incendie sont prévus. De tels dispositifs présentent des coûts non évalués dans ce document ;
- dans la traversée d'un parc arboré ou d'une forêt, il faut défricher une zone s'étendant de **1,5 à 2 m** de part et d'autre de l'installation. Si cela est interdit ou impossible pour des raisons pratiques ou réglementaires (zone classée), l'installation doit survoler la zone à **30 m** au-dessus de la cime des arbres ;
- en milieu urbain, les zones industrielles « à risque » et les couloirs aériens peuvent aussi nécessiter une adaptation du tracé ou du profil en long d'une installation ;
- le passage à proximité des lignes électriques est envisageable en respectant certaines dispositions constructives (par exemple, nappe de câbles protégeant l'installation contre les risques liés aux courants induits ou aux chutes de câbles).

○ Quels impacts pour les riverains ?

Peu de projets de câble en milieu urbain ont été réalisés en France et il existe donc peu de retour sur la perception des riverains quant au survol de leur habitation par un système par câble. Au niveau réglementaire, des évolutions sont en cours pour faciliter l'insertion du câble en milieu urbain et les adaptations se font en fonction des contraintes rencontrées par les différents projets. Il est donc

nécessaire d'impliquer en amont (dès la conception) le STRMTG et le GART (groupe de travail) afin que les points durs réglementaires soient négociés au cas par cas.

Le phénomène est connu chez les anglosaxons sous le nom de Nimby « Not In My BackYard ».

Les conseils principaux sont :

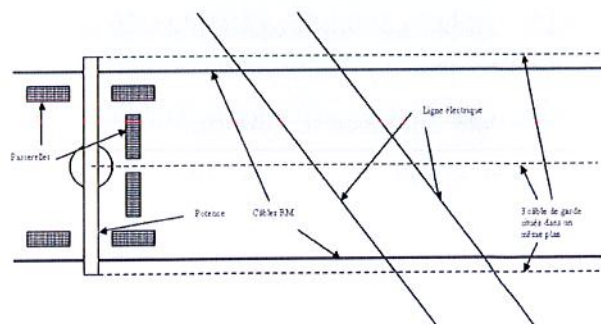
- D'éviter au maximum, dans la mesure du possible, les survols d'espaces résidentiels : trouver un arbitrage entre coûts et acceptabilité
- Dans le cas où le survol est inévitable, quelques aménagements peuvent être mis en œuvre :
 - Eviter d'équiper les cabines avec des verres transparents sur le plancher,
 - Mettre en place des persiennes aux fenêtres pour empêcher les voyageurs de regarder vers le bas,
 - Plus high-tech : équiper les fenêtres d'un film occultant pouvant flouter la vue au passage au droit des résidences,
 - En dernier ressort, proposer le rachat des propriétés survolées,
 - etc

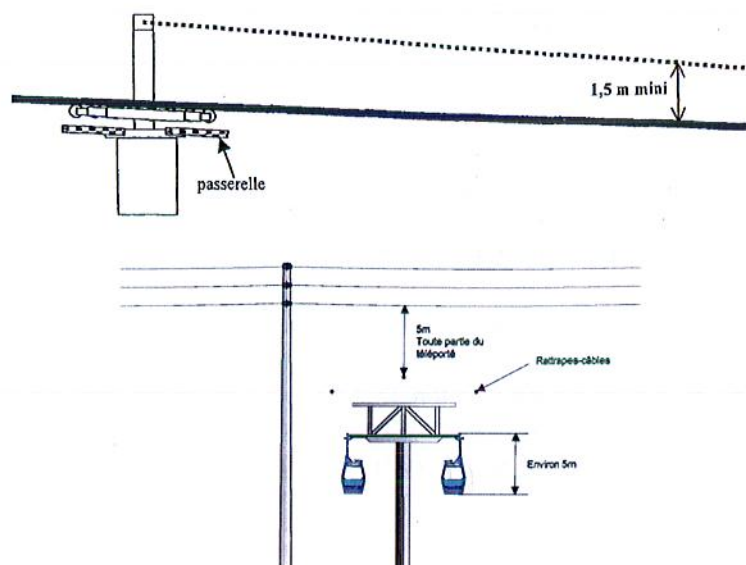
3.2.1.1 Croisement d'un téléphérique avec une ligne électrique

En cas de croisement d'un téléphérique avec une ligne électrique, on respectera les prescriptions de l'arrêté ministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Sur le croisement d'un téléphérique avec une ligne électrique haute tension ou très haute tension, **des dispositifs particuliers devront être mis en œuvre** pour protéger le personnel amené à intervenir sur les pylônes contre les effets induits du champ électrique de la ligne haute tension ou très haute tension. Il convient à cet effet de mettre en place au-dessous de la ligne électrique une nappe de 3 câbles raccordée à la terre et isolée de la remontée mécanique et de ses structures. L'Union Technique de l'Électricité et de la Communication a publié dans un fascicule référencé UTEC C 18-510 – annexe IV des prescriptions à cet effet.

Les schémas ci-après précisent les distances de sécurité qu'il convient de respecter en considérant que les câbles de la nappe (appelés aussi **câbles de garde**) sont à une **tension inférieure ou égale à 50 kV**.





3.2.1.2 Proximité de l'aéroport

La proximité de l'aéroport génère des servitudes liées aux cônes d'envol, aux contraintes aéronautiques ainsi qu'aux stations météo présentes sur le site. Le cas particulier de l'aéroport Bordeaux Mérignac est détaillé dans le paragraphe 4.1.3

3.2.2 Règlementation relative à la sécurité des usagers

○ Vitesse en ligne

La vitesse maximale en ligne réglementaire pour les différents systèmes est définie à l'article 9 de l'arrêté du 7 août 2009. Elle varie suivant le type de système.

Type de système	Vitesse maximale en ligne réglementaire
Téléphérique bicâble à va-et-vient	12,5 m/s (45 km/h) ¹²
Télécabine tricâble	7,5 m/s (27,5 km/h)
Télécabine bicâble	7,5 m/s (27,5 km/h)
Télécabine double monocâble	8 m/s (28,8 km/h)
Télécabine monocâble	6 m/s (21,6 km/h)

Tableau 5. : Vitesses maximales en ligne autorisées – Source STRMTG

○ Vitesse en station

La vitesse de marche maximale d'un téléphérique ou d'une télécabine comportant uniquement des véhicules fermés ne peut excéder **0,5 m/s (1,8 km/h)** lors de l'embarquement et du débarquement des usagers.

○ Accompagnement des véhicules

Selon la capacité des véhicules, la présence d'un agent d'exploitation à l'intérieur du véhicule est exigée. Cet **accompagnement est obligatoire** lorsque les véhicules ont une **capacité supérieure à quarante personnes** (rappel : uniquement pour les systèmes à câble aériens).

Principales contraintes techniques d'insertion des transports par câbles en milieu urbain et périurbain

- Un tracé constitué de sections droites, chaque changement de direction nécessitant l'aménagement d'une station intermédiaire (technique ou voyageurs).
- Des installations en service de longueurs de quelques kilomètres en général : un constat à relier à des considérations économiques et fonctionnelles, davantage que techniques.
- Peu de stations intermédiaires, généralement deux, trois dans les installations existantes.
- Une réglementation technique induisant des contraintes d'insertion, notamment vis-à-vis des bâtiments riverains.
- Des conditions de survol du bâti en milieu urbain réglementées strictement par la loi.

4. QUEL SYSTEME DE TRANSPORT PAR CABLE AERIEN POUR LA DESSERTE DE L'AEROPORT DE BORDEAUX-MERIGNAC ?

Comme évoqué précédemment, différents paramètres sont à prendre en compte afin d'identifier le matériel qui serait le plus approprié à la liaison entre la station Quatre Chemins et l'aéroport.

Si le critère capacité/demande ne semble pas le plus contraignant, les conditions de survol de la rocade ou de la ligne à haute tension ainsi que les contraintes liées au respect des servitudes à l'approche de l'aéroport interviennent directement sur le choix de la technologie.

Il est à noter qu'en termes d'insertion, seules les stations situées aux deux extrémités sont traitées.

4.1 Le contexte urbain

4.1.1 Environnement du projet

Le projet s'inscrit dans un environnement à dominante de zone d'activité et commerciale à proximité de la zone aéroportuaire, notons la présence de délaissés importants de part et d'autre des axes routiers.



Illustration 11. Environnement urbain aux abords de la zone d'activité et aéroport - source Google Earth

Le secteur de la station de tramway présente un environnement d'habitat pavillonnaire avec quelques ensembles d'habitats collectifs. Hormis quelques immeubles de hauteur plus importante, en particulier le parking silo à proximité de la station de tramway, le gabarit des constructions est généralement de l'ordre de 10m.

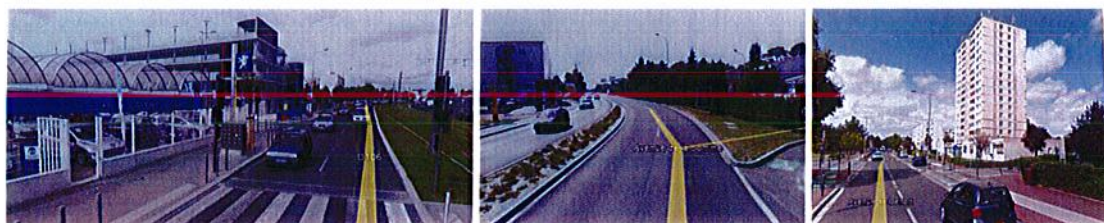


Illustration 12. Environnement urbain aux abords de la station de tramway- source Google Earth

4.1.2 Les contraintes de franchissement

Les contraintes fortes pouvant impacter l'insertion du projet ont été recensées. Une limitation du survol des habitations a été recherchée. Les espaces libres, boisés, végétalisés ont été privilégiés pour l'implantation du projet. Le tracé de la ligne intersecte néanmoins deux infrastructures importantes consécutivement.

4.1.2.1 Rcade routière

Le projet de liaison franchit la rocade routière. Une distance de sécurité verticale par rapport au gabarit maximum des véhicules de 1.50m doit être respectée. La hauteur maximale des véhicules circulant étant de 4.5m, une distance de 6m depuis le sol doit donc être respectée.



Illustration 13. Vues sur la rocade - source Google Earth

4.1.2.2 Ligne haute tension

La deuxième contrainte est constituée par la ligne à très haute tension 225Kv Pessac Bruges.

Dans un premier temps, un passage sous les fils a été envisagé. Les différentes informations recensées montrent que l'espace libre sous le fil le plus bas est de 10m.

Le gabarit enveloppe d'une cabine (5m environ) ajouté à la distance de sécurité à respecter par rapport au câble d'une ligne HT (5m) ainsi que la proximité de la rocade et de ses échangeurs qui nécessite un dégagement de 6m, ne permet pas d'envisager à ce stade des études un passage sous la ligne.

Un survol de la ligne HT doit donc être étudié. Comme précisé précédemment dans le paragraphe traitant les hauteurs de survol, le projet doit être implanté à moins de 30m d'altimétrie (limite de hauteur d'un système monocâble hors dépression/creux topographique). L'altitude du fil le plus haut étant à 12,50m, il reste 17,50m de dégagement permettant le passage de la cabine.

4.1.3 Rappel général sur les servitudes

4.1.3.1 L'annexe du PLU

Le linéaire d'étude intersecte de nombreuses servitudes, notamment liées à la présence de l'aéroport. Elles sont identifiées dans l'annexe du PLU (description, liste et planche 33) et résumées ci-après.

Liste des servitudes	Planche 32	Planche 33	Contraintes et impacts sur le projet
A1 : Servitude relatives à la protection des bois et forêts soumis au régime forestier	x		Restrictions concernant des installations et/ou constructions spécifiques (four à chaux, chantier ou magasin pour faire le commerce du bois, atelier à façonner le bois...) ➤ Ne sont pas applicables au présent projet.
A5 : Servitude pour la pose de canalisations publiques d'eau (potable) et d'assainissement (eaux usées ou pluviales)		x	S'abstenir de tout acte pouvant nuire au bon fonctionnement, à l'entretien et à la conservation de l'ouvrage. Identification et autorisation avant travaux. ➤ Servitude à prendre en compte dans le choix d'implantation des pylônes.
AC1 : Servitude de protection des monuments historiques		x	Constructions possibles si autorisation spéciale (accord de l'ABF) ➤ Consultation des services de l'état lors de la conception du projet
AS1 : Servitude résultant de l'instauration de périmètres de protection des eaux destinées à la consommation humaine et des eaux minérales		x	<u>Dans périmètre de protection immédiate :</u> - interdiction de toutes activités autres que celles prévues par l'acte DUP <u>Dans périmètre de protection rapprochée :</u> - interdiction ou réglementation des activités susceptibles de polluer l'eau <u>Dans périmètre de protection éloignée,</u> - réglementation possibles des installations et activités susceptibles de polluer l'eau ➤ Il faut consulter l'acte instituant la servitude pour avoir la liste des activités réglementées et interdites et sous quelles conditions les constructions ou activités sont autorisées. (à demander auprès de l'Agence Régionale de la Santé)
AR3 : servitude concernant les magasins et établissements servant à la conservation, à la manipulation ou à la fabrication des poudres et explosifs de l'armée et de la marine	x		<u>Dispositions communes à toute les zones :</u> Interdiction de stockage de matières combustibles (clôtures en bois, plantations...) <u>Dans le polygone d'isolement :</u> Obligation de demander une autorisation préalable au ministre des armées pour toute construction ou PC avec accord du ministre. <u>Dans la 1ère zone :</u> Interdiction de planter des arbres de haute tige, d'établir des conduites de gaz ou de liquides inflammables ou dépôts de bois, fourrage ou matière combustibles... <u>Dans la deuxième zone :</u> Interdiction d'usines ou établissements pourvus de foyers avec ou sans cheminée d'appel. ➤ Projet non concerné par la servitude
EL7 : Servitude d'alignement.		x	Respecter les servitudes d'alignement reportées au PLU; Interdiction de construire sur la partie frappée d'alignement ➤ Projet non concerné par la servitude

Liste des servitudes	Planche 32	Planche 33	Contraintes et impacts sur le projet
I1 : servitude concernant les hydrocarbures	x		Obligation de s'abstenir de nuire au bon fonctionnement, à l'entretien, à la conservation de l'ouvrage. Interdiction de plantation d'arbres ou arbustes dans la bande des 5 mètres ordinaire ou celle des 20 mètres maximum en zone forestière. Obligation de se renseigner sur l'implantation des ouvrages avant tout travaux. Interdiction d'effectuer des constructions durables dans la bande des 5 mètres ordinaire ou celle des 20 mètres maximum en zone forestière. ➤ Projet non concerné par la servitude
I3 : servitude relative à l'établissement et à l'exploitation des canalisations de transport de gaz	x	x	Obligation de se renseigner sur l'implantation des ouvrages avant tout travaux. Interdiction de construction, de plantation d'arbres dans la bande de servitude sans l'accord de GdF. La largeur de la bande de servitudes varie suivant les ouvrages Elle est généralement comprise entre 4 et 10 mètres. ➤ Servitude à prendre en compte dans le choix d'implantation des pylônes.
I4 : servitude relative à l'établissement des canalisations électriques		x	respecter les distances fixées par l'arrêté interministériel du 2 avril 1992 pour la réalisation d'ouvrage et toute construction. Obligation d'information préalable des exploitants de tout projet de construction à proximité des ouvrages existants ➤ Le franchissement de la ligne HT par le projet impacte l'altimétrie du projet. L'espace libre de l'ordre de 10m et la proximité de l'échangeur de la rocade routière ne permettent pas d'envisager un passage du câble sous la ligne (contrainte réglementaire de protection de la ligne et gabarit enveloppe de la cabine) à ce stade. Un survol de la ligne est à prévoir.
PM1 : servitude résultant des plans d'exposition aux risques majeurs	x		En fonction de la zone concernée, la limitation au droit d'utiliser le sol peut aller de l'obligation de mettre en œuvre certaines mesures jusqu'à l'interdiction totale. ➤ Consultez le règlement du PPRM pour savoir les activités interdites ou réglementées en fonction du zonage : - zone de danger : interdiction de toute construction - zone de précaution : réglementation des activités qui pourraient aggraver le risque
PT1 : Servitude relative aux transmissions radioélectriques concernant la protection des centres de réception contre les perturbations électromagnétiques.	x	x	<u>Dans zone de protection et de garde :</u> - Interdiction de produire ou propager des perturbations dans la même gamme d'ondes radioélectriques reçues par le centre et dont les appareils présentent un degré de gravité supérieur à la valeur compatible avec l'exploitation du centre. <u>Dans zone de garde :</u> Interdiction de mettre en service du matériel susceptible de perturber les réceptions radioélectriques du centre <u>Possibilité de mettre en service des installations sous certaines conditions :</u> - Autorisation spécifique nécessaire (du ministre dont les services exploitent ou contrôlent le centre) et mise en conformité des installations pour éviter les perturbations

Liste des servitudes	Planche 32	Planche 33	Contraintes et impacts sur le projet
PT2 : Servitude relative aux transmissions radioélectriques concernant la protection contre les obstacles des centres d'émission et de réception exploités par l'Etat.	x	x	<u>Dans la zone primaire (ZP sur les plans) :</u> - interdiction de créer des excavations artificielles, de créer tout ouvrage métallique fixe ou mobile ayant pour conséquence de perturber le fonctionnement du centre (pour les stations aéronautique et les centres radiogoniométriques) - Limitation de la hauteur des obstacles (CF décret propre à chaque centre) <u>Dans la zone secondaire (ZS):</u> - Limitation de la hauteur des obstacles (CF décret propre à chaque centre) <u>Dans zone spéciale de dégagement (SD) :</u> Interdiction de créer des constructions ou obstacle (limitation minimum de hauteur = 25 mètres, donc autorisation des constructions jusqu'à 25 mètres et au-delà limite fixée par le décret propre à chaque centre) ➤ Détails ci-dessous
T5 : Servitude aéronautique instituée pour la protection de la circulation aérienne, servitude de dégagement.	x	x	Interdiction de créer des obstacles fixes (permanents ou non permanents), susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne. PC possible si conforme aux dispositions du plan de dégagement ou aux mesures de sauvegarde. (Cf cote de hauteur sur le plan des servitudes) Possibilité d'établir des plantations, remblais et obstacles de toute nature (non soumis à PC) à condition d'obtenir l'autorisation de l'ingénieur en chef des services des bases aériennes compétent. ➤ Détails ci-dessous

4.1.3.2 Les gestionnaires identifiés

Afin d'identifier les servitudes applicables au projet de desserte de l'aéroport Bordeaux Mérignac par un transport en commun par câble, l'ensemble des gestionnaires identifiés dans le PLU ont été contactés à savoir :

- France Télécom ;
- La Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Gironde, compétent pour les servitudes concernant la station Météo France et les servitudes de la circonscription militaire de Défense de Bordeaux ;
- Le service national d'ingénierie aéroportuaire de Direction Générale de l'Aviation Civile basé à Bordeaux, compétent pour les servitudes de l'aéroport.

Après analyse des données recensées, les servitudes contraignantes pour le projet de transport par câble sont les suivantes :

- Les servitudes de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac ;
- Les servitudes des installations de Météo France.

4.1.4 Les Servitudes de l'aéroport de Bordeaux Mérignac

Les contraintes à prendre en compte pour le projet relèvent de la servitude aéronautique instituée pour la protection de la circulation aérienne, servitude de dégagement (T5).

4.1.4.1 Rappel des contraintes attachées à la servitude T5

L'objectif de la servitude T5 est de garantir l'absence d'obstacles sur les trajectoires utilisées par les aéronefs pour atterrir et décoller. La servitude de dégagement engendre donc une interdiction de créer des obstacles fixes (permanents ou non permanents), susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne.

4.1.4.2 Les contraintes identifiées pour le projet

Des cotes de hauteur sont imposées sur le plan des servitudes de l'aéroport (Décret du 26 avril 1991 approuvant le plan des servitudes aéronautiques de l'aérodrome de Bordeaux-Mérignac). Par courrier du 25 septembre, la DGAC – SNIA a indiqué les contraintes de hauteur à respecter (Cf. Illustration 14).

Le projet se situe en majeure partie dans la zone de dégagement dont la hauteur maximale des constructions est limitée à 94 m NGF. Néanmoins, les obstacles filiformes (notamment les câbles transporteur,...) du fait de leur visibilité réduite doivent respecter des limites de hauteur plus contraignantes que des constructions massives (bâtiments) aisément visibles par les pilotes.

A ce titre, l'ensemble du projet est donc contraint par l'altitude maximale de 84 m NGF (soit 94 m – 10m) à l'exception de :

- La station relais des Quatre Chemins qui est sous l'altitude de 100 m NGF soit une altitude autorisée de 90 m NGF ;
- La station d'arrivée sur l'aéroport qui est contrainte par une altitude de 76 m NGF (cette contrainte est liée aux servitudes radioélectriques contre les obstacles).

A noter, la hauteur libre disponible à l'aplomb du terrain se calcule en déduisant de l'altitude de la surface de dégagement matérialisée sur le PSA, l'altitude du sol au point considéré, à laquelle il conviendra de retirer 10 m pour obstacle filiforme. Il sera conseillé de réaliser un relevé topographique pour faciliter le calcul de cette hauteur libre.

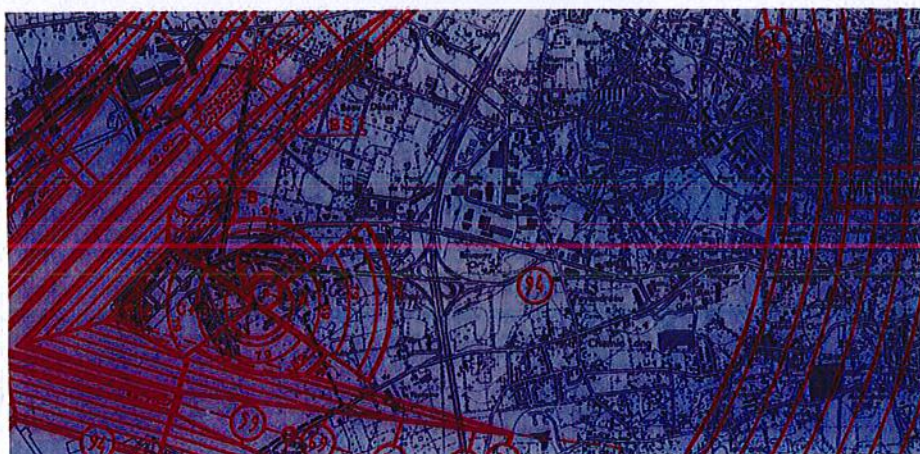


Illustration 14. Plan des servitudes de l'aéroport de Bordeaux Mérignac, Source : DGAC - SNIA Pôle de Bordeaux

4.1.5 Servitudes de Météo France

Les contraintes identifiées pour les équipements de Météo France présent dans la zone d'étude relèvent des servitudes relatives aux transmissions radioélectriques concernant la protection contre les obstacles des centres d'émission et de réception exploités par l'Etat (PT2).

4.1.5.1 Rappel des contraintes attachées à la servitude PT2

L'objectif de la servitude est de garantir l'absence d'obstacles pouvant perturber les contacts entre l'aérodrome et les aéronefs. Il est donc interdit de créer des excavations artificielles, de créer tout ouvrage métallique fixe ou mobile ayant pour conséquence de perturber le fonctionnement du centre (pour les stations aéronautique et les centres radiogoniométriques) (Art. 34 du code des postes et communications électroniques). Ces servitudes imposent des restrictions d'utilisation du sol et des limitations de hauteurs.

4.1.5.2 Le contraintes identifiées pour le projet

Le projet est concerné par la servitude PT2. Le décret du 28 avril 1995 fixe l'étendue des zones et les servitudes de protection contre les obstacles applicables au voisinage de Bordeaux-Mérignac (Gironde). Le plan et le mémoire explicatif annexés au décret déterminent les limites des zones de dégagement instituées autour du centre de Bordeaux-Mérignac (Gironde). Ces documents ont été fournis en version numérisée par la DDTM 33 par mail du 19 juillet 2013.

Sont définies une zone primaire de dégagement et une zone secondaire de dégagement (Cf. Illustration 15).

La zone primaire illustrée en rouge sur l'illustration 15 fixe les restrictions d'utilisation du sol dans un rayon de 400 mètres autour de la base antenne du radar (point A sur l'illustration 15), à savoir :

- Les obstacles métalliques, les lignes électriques et téléphoniques sont interdits ;
- Les obstacles d'une autre nature ne devront pas excéder la cote de 71,54 NGF.

La zone secondaire représentée par des cercles concentriques noirs autour de la base antenne du radar (point A sur l'illustration 15), définit les limites de hauteur à respecter dans un rayon de 2000 mètres.

Les obstacles de toute nature, fixes ou mobiles, les lignes électriques ou téléphoniques ne devront pas excéder la cote de 71,54 NGF.

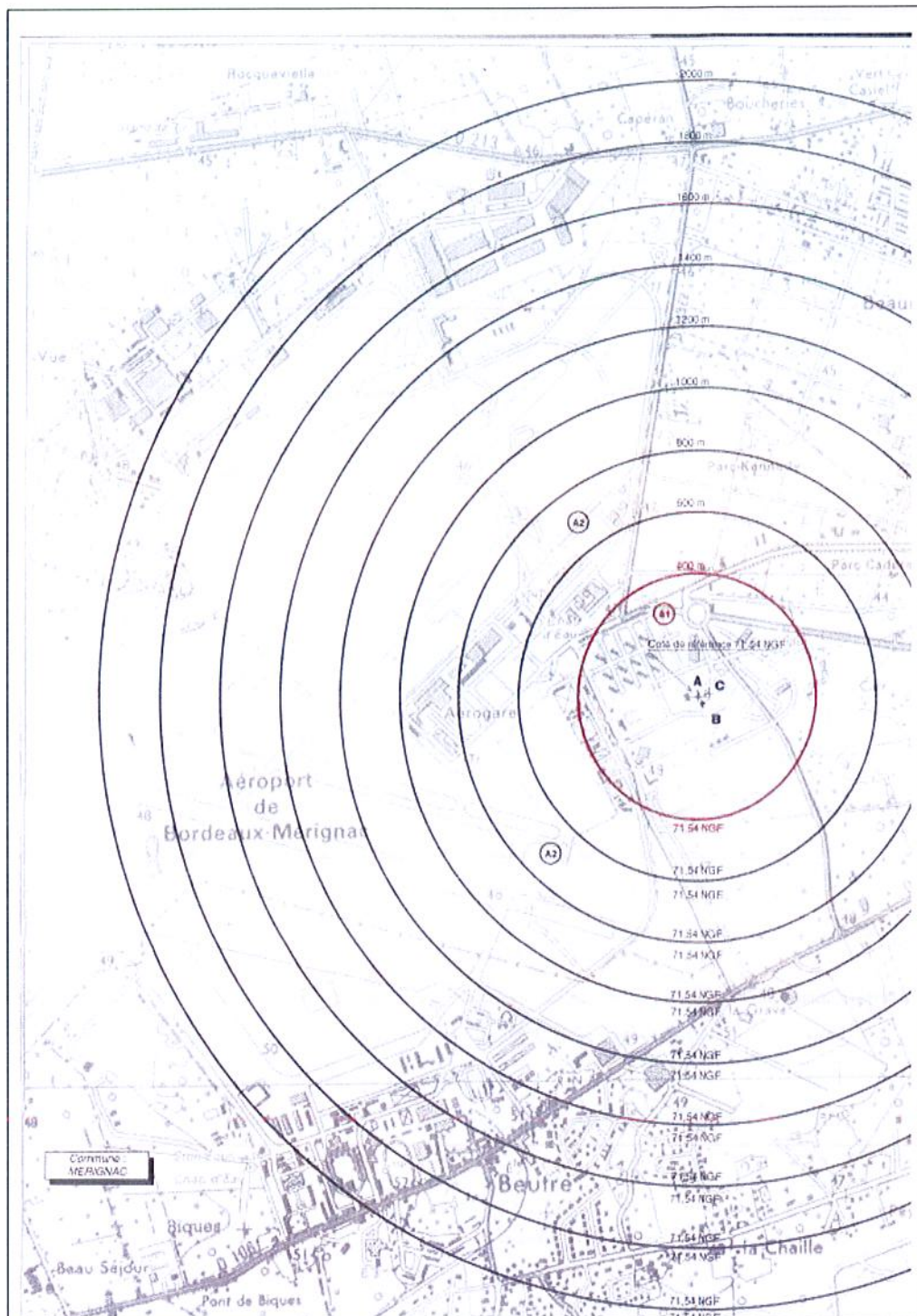
Conséquences pour le projet

Aucun pylône métallique ne peut être implanté dans la zone primaire de dégagement c'est à dire dans un rayon de 400 mètres autour de la base antenne du radar de Météo France (point A sur la Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Dans la zone secondaire de dégagement qui s'étend jusqu'au giratoire entre l'Avenue René Cassin et l'avenue John Fitzgerald Kennedy, l'ensemble des équipements ne devront pas excéder 71,54 m NGF, y compris la station d'arrivée à l'aéroport.

Le reste du projet du giratoire jusqu'à la Station « Quatre Chemins » devra respecter une hauteur maximale de 84 m NGF. La station « Quatre Chemins » bénéficie d'une hauteur maximum de 90 m NGF.

A noter également qu'une concertation avec les services de l'Etat devra être organisée afin d'affiner cette analyse lorsque les caractéristiques du projet seront plus précises. Ces services sont compétents pour valider certaines composantes du projet (dimensionnement de certains dispositifs sécuritaires comme le balisage notamment ...)



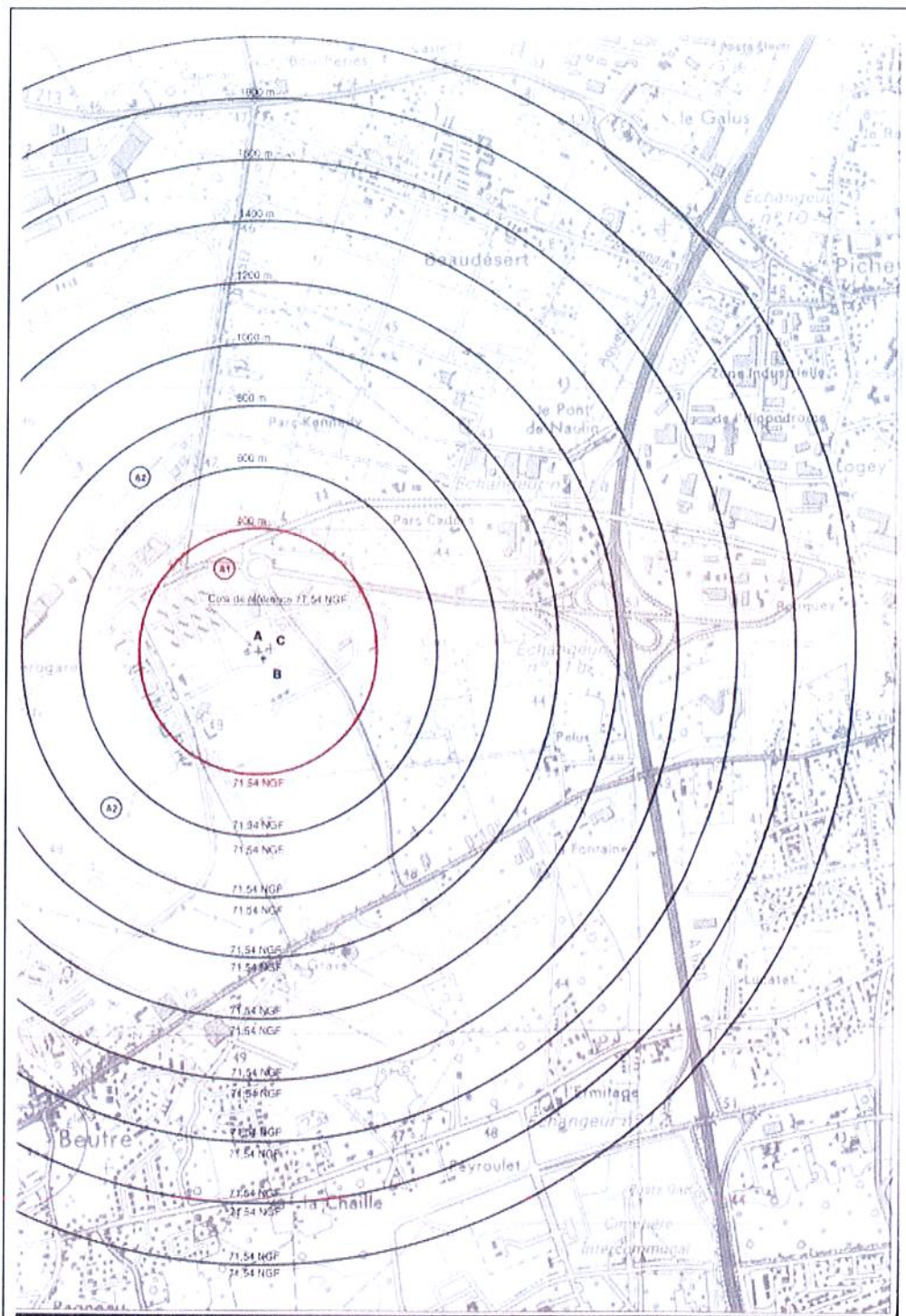


Illustration 15. : Plan des servitudes PT2 annexé au décret du 28 avril 1995, Source : DDTM 33

Le plan ci-après présente les contraintes identifiées sur le périmètre d'étude.



Illustration 16. Contraintes identifiées sur le secteur d'étude

4.2 L'insertion urbaine à Quatre Chemins et à l'aéroport

4.2.1 Principes retenus pour l'insertion

Rappelons que le tracé par un système de câble aérien entre deux stations est nécessairement en ligne droite, les virages ne pouvant s'effectuer qu'en station (technique ou voyageurs). L'insertion est ainsi délicate avec le besoin de trouver de longs linéaires rectilignes sans contrainte. Comme évoqué précédemment, le survol de bâtiments a été évité dans la mesure du possible, le survol des délaissés et bas-côtés, voiries, espaces végétalisés ont été privilégiés.

Trois itinéraires sont proposés dans la suite de l'étude, correspondant à deux familles de tracés en fonction du lieu de franchissement de la rocade.

Les tracés rouge et vert franchissent la rocade au niveau de l'échangeur 11, le tracé bleu la franchissant via l'avenue JF Kennedy.

Si le tracé bleu peut suivre de part en part la voirie, la zone primaire non accessible à proximité de l'aéroport ne permet pas de proposer une trajectoire optimisée pour les tracés rouge et vert générant par conséquent des survols de bâtiments d'activités.

4.2.2 Les itinéraires envisagés

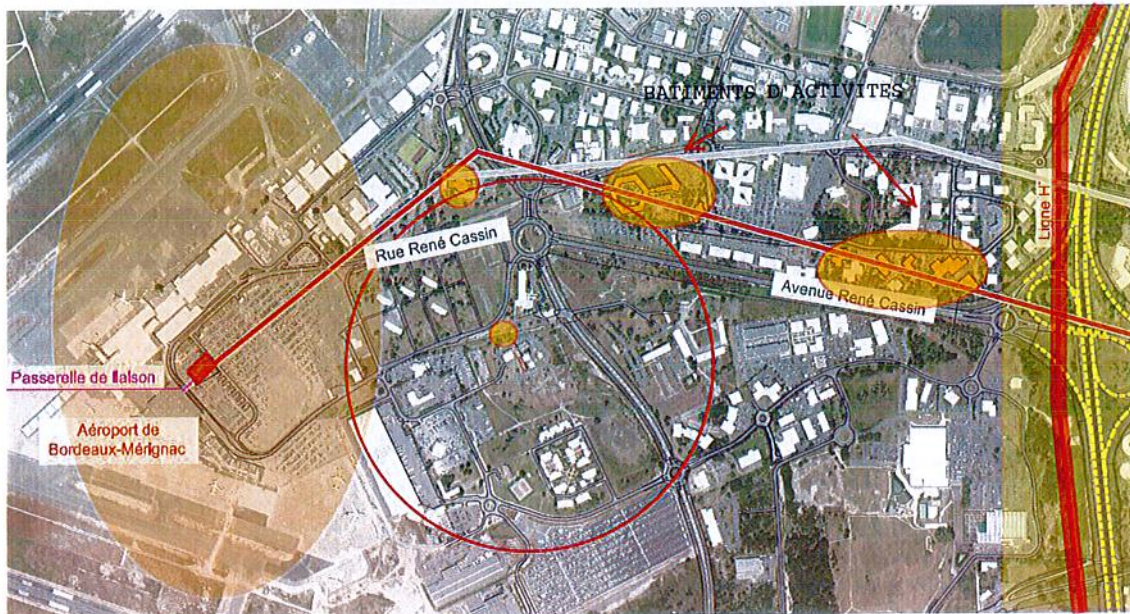
Le tracé des trois itinéraires est présenté sur le plan qui se trouve page suivante.

Itinéraire 1 (en rouge) :

D'une longueur d'environ 4700m, cet itinéraire possède une station voyageurs au niveau de la station « Quatre Chemins » sur la ligne du tramway A, survole la zone commerciale puis passe la rocade par l'échangeur de l'avenue René Cassin.



Sa trajectoire se poursuit en survolant la zone de l'aéroport, évite la zone primaire pour dévier ensuite vers la station terminus à la hauteur de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac.



Sur cette option, 4 stations techniques sont nécessaires pour la mise en place du système.

Il est à noter que le linéaire survole une vingtaine de constructions de différents types tels que :

- des maison d'habitations,
- des bâtiments commerciaux,
- des bâtiments industriels.

Parmi ces constructions, la plus haute est l'immeuble de l'entreprise « LaSer » qui comporte 4 étages.

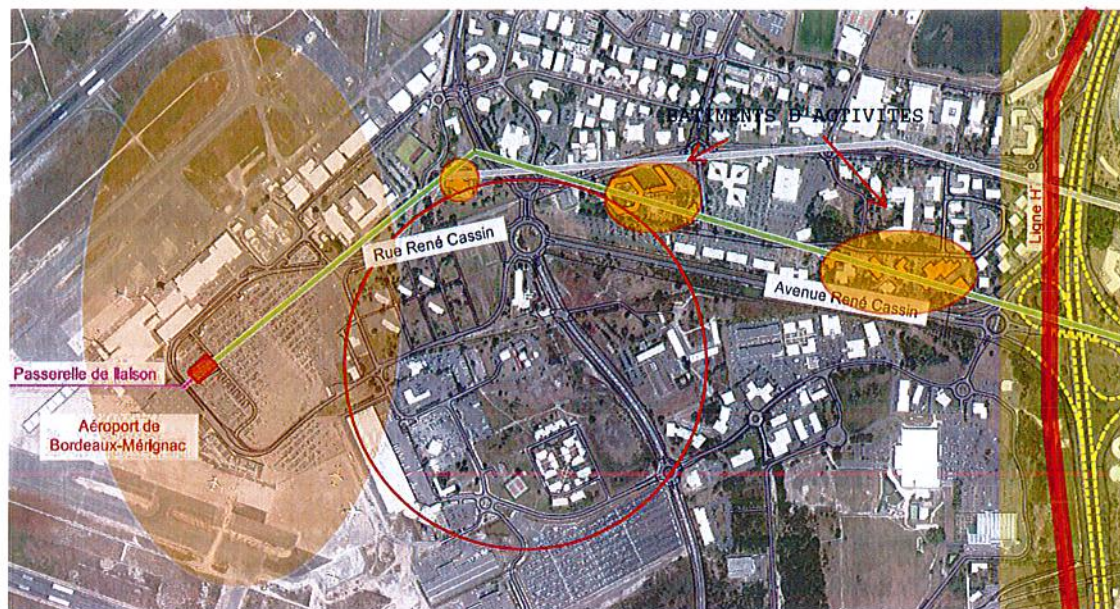


Itinéraire 2 (en vert) :

D'une longueur d'environ 4690m, cette troisième solution survole les mêmes zones que l'itinéraire 1 mais de façon plus rectiligne sur la partie située avant le franchissement de la rocade.



Cette partie plus directe permet en effet de n'avoir que 2 stations techniques sur l'ensemble de son itinéraire mais celui-ci survole une trentaine de bâtiments aussi bien d'habitations que commerciaux et industriels.



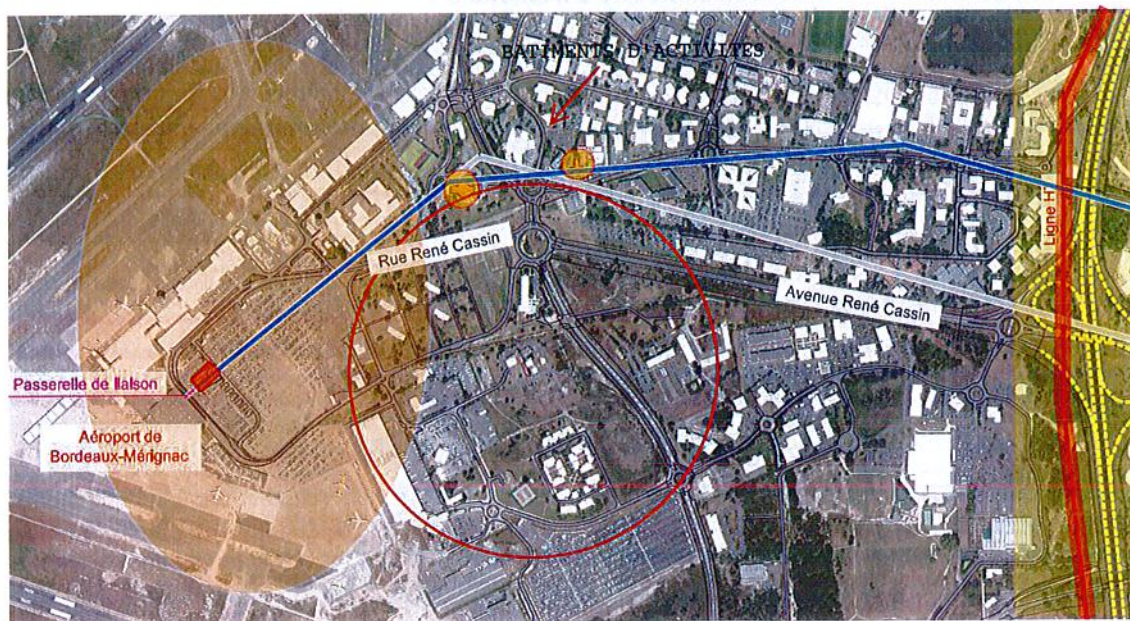
Au niveau de la station Quatre Chemins, il est possible de positionner la station soit au-dessus de la station tramway actuelle ; soit au niveau du concessionnaire.

Itinéraire 3 (en bleu) :

D'une longueur d'environ 4550m, le tracé de cette deuxième solution débute au droit du parking relais de la station « 4 chemins », traverse l'avenue de la Somme et continue en parallèle de celle-ci pour franchir la rocade via l'avenue John Fitzgerald Kennedy.



Arrivée au bout de cette avenue, le tracé contourne la zone primaire pour dévier ensuite vers la station terminus de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac.



Cette solution demande de mettre en place 4 stations techniques et ne survole que 2 bâtiments :

- Un bâtiment industriel,
- Un bâtiment hôtelier.

La station d'échanges avec la station « Quatre Chemins » est située au niveau du P+R ; soit directement sur le toit du parking mais, dans ce cas, l'accès piétons est plus contraint et il conviendra de vérifier la résistance de l'ouvrage P+R, soit au droit du parking devant un immeuble d'habitation.

4.2.3 Station d'échange avec le tramway

Comme évoqué précédemment, différentes possibilités d'organisation de la station d'échanges avec le tramway peuvent être envisagées :



- Soit directement sur le toit du P+R,
- Soit au droit du P+R devant un immeuble d'habitation,
- Soit au-dessus de la station tramway actuelle, comme décrit ci-dessous.

La station d'échanges avec le tramway peut-être pensée en utilisant la même emprise que la station actuelle ; c'est-à-dire en créant un niveau supérieur ; dit « station intégrée ». (cette station « spéciale » demande une étude spécifique).

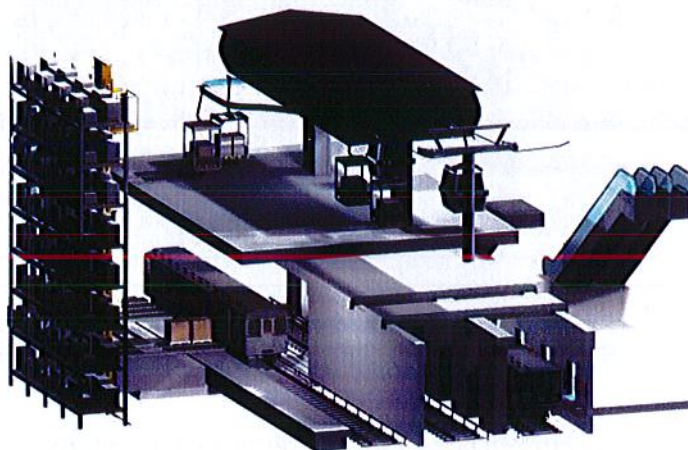


Illustration 17. Exemple de station intégrée



Illustration 18. Représentation des tracés étudiés

4.3 Les prévisions de fréquentation

En termes de modélisation, certains des différents tests réalisés dans le cadre du scénario A du lot 2 des études de faisabilité du SDODM simulent une correspondance entre la ligne A du tramway et le système de transport menant à l'aéroport. Ces deux scénarios ont été testés pour le mode BHNS ou le mode BSPI.

Par analogie dans la chaîne de déplacements d'un utilisateur, on peut donc estimer que les résultats obtenus par la simulation d'une correspondance à Quatre Chemins en provenance et en direction de l'aéroport sont identiques quel que soit le mode simulé (BHNS, BSPI ou transport par câble).

Ainsi les résultats à prendre en compte sont les suivants :

- Fréquentation 2025 entre Aéroport et Quatre Chemins : 2000 montants par jour deux sens confondus,
- Tronçon le plus chargé à l'heure de pointe du soir en 2025 : 150.

4.4 Le choix de la technologie

Au regard des trafics en jeu et de la configuration du site, une installation monocâble débrayable répondrait au besoin pour les motifs suivants :

- Le système monocâble offre des pylônes et des stations de taille réduite par rapport au tricâble. L'emprise au sol du système monocâble est ainsi moindre, permettant des coûts d'investissement plus faibles que les autres technologies.
- Les solutions bicâbles et tricâbles apparaissent surdimensionnées générant un coût beaucoup plus important.

Notons toutefois que le système monocâble nécessite la mise en mouvement de nombreuses pièces comparé au tricâble, notamment au passage de chaque pylône, provoquant des nuisances sonores plus importantes et des coûts de maintenance plus élevés.

Les temps de trajets sont légèrement supérieurs pour une solution monocâble (13 minutes au lieu de 11).

4.5 Coûts

4.5.1 Impact du nombre de stations sur les coûts

Comme évoqué dans le paragraphe 4.2.2, les différents tracés étudiés nécessitent un certain nombre de stations intermédiaires qui peuvent être soit voyageurs, soit technique.

Le coût du projet est généralement lié au nombre de stations intermédiaires : plus il y aura de stations intermédiaires plus le coût sera élevé. Les trois tracés étudiés ont eu pour principal but d'optimiser ce nombre de stations et par voie de conséquence de minimiser le coût.

Il est également important de noter que le coût d'une station voyageurs est supérieur au coût d'une station technique.

4.5.2 Coût du projet

Les coûts proposés ci-dessous en première approche incluent les stations, la ligne, les véhicules, le génie civil, les équipements et les aménagements techniques des stations (hors plus-value architecturale).

Les travaux de voirie et réseaux, réaménagement dans le périmètre du parking de l'aéroport et le foncier ne sont pas pris en compte.

De même, les coûts ne prennent pas en compte les traitements incendies à réaliser sur les immeubles survolés (habitations et locaux commerciaux) permettant la résistance à la propagation verticale du feu ou a minima la mise en place de système de surveillance permettant d'identifier le départ de feu.

Ainsi un surcoût est à envisager en fonction du nombre de bâtiments survolés. En première approche, le nombre de bâtiments impactés par une telle mesure est de :

- 21 pour l'itinéraire rouge,
- 28 pour l'itinéraire vert,
- 2 pour l'itinéraire bleu.

Pour chacun des tracés étudiés, une variante avec une station voyageurs intermédiaire a été chiffrée.

	Stations intermédiaires		Coûts	Impact coût traitement incendie des immeubles survolés
	Techniques	Voyageurs	M€	
Itinéraire rouge	4	0	51,6	Moyen
	3	1	57,9	
Itinéraire vert	2	0	39,7	Fort
	1	1	46,1	
Itinéraire bleu	4	0	51,3	Faible
	3	1	57,7	

Tableau 6. Tableau comparatif des coûts d'investissements

Les différents coûts (hors traitement incendie des immeubles survolés) présentés ci-dessus varient entre :

- un peu moins de 40M€ pour un tracé direct sans station intermédiaire voyageurs,
- 58M€ pour un tracé légèrement plus long, plus tortueux et avec une station intermédiaire voyageurs,
- soit entre 8.4 M€/km et 12.7M€/km.

4.6 Synthèse et préconisation

Deux critères semblent prépondérants dans le choix du tracé final : **le nombre de bâtiments survolés et le coût.**

Les contraintes observées pour la réalisation des trois tracés étudiés mettent en avant un fort impact lié à la présence de la station météo générant une adaptation du tracé des variantes sud. Cet ajustement a de fortes conséquences puisqu'il impose des survols de bâtiments au-delà de la rocade en ne permettant pas une implantation le long de l'avenue René Cassin.

D'une façon plus générale, la minimisation des survols de bâtiments et des vis-à-vis (proximité cabine/habitat) semble préférable dans ce type de projet. C'est pourquoi l'itinéraire bleu est, à notre sens, préférable.

Le critère coût va également dans le sens de l'itinéraire nord. Même si les coûts totaux sont à l'avantage de l'itinéraire vert, le fort impact des coûts de traitement des habitations dans le but d'éviter la propagation des incendies rend ce tracé onéreux.

Les coûts des itinéraires rouge et bleu sont proches mais le coût de l'itinéraire bleu sera moins sujet à variation que le tracé rouge compte tenu du nombre peu important d'habitations survolées.

Enfin, dans le cadre du tracé bleu, une station intermédiaire voyageurs ne semble pas intéressante compte tenu des lieux envisagés pour l'implantation des stations techniques.

Ainsi, nous préconisons le **tracé nord en système monocâble sans station intermédiaire voyageurs.**

4.7 Bilan socio-économique

BILAN SOCIO-ECONOMIQUE EN COURS D'ACTUALISATION

BILAN SOCIO-ECONOMIQUE EN COURS D'ACTUALISATION

BILAN SOCIO-ECONOMIQUE EN COURS D'ACTUALISATION

BILAN SOCIO-ECONOMIQUE EN COURS D'ACTUALISATION

5. COMPARAISON AVEC LES AUTRES SOLUTIONS ENVISAGEES

Différents critères permettent de comparer la solution câble aux autres solutions proposées dans le cadre du lot 2 du SDODM :

- **Qualité de l'offre** : L'intervalle de passage entre deux cabines est estimé à 3 minutes, ce qui est très attractif comparé aux intervalles de passage de la Lianes 1, d'un éventuel BHNS à 10 min ou d'un prolongement de tramway à 20 min.
- **Intermodalité** : la rupture de charge imposée par la correspondance entre le mode tramway et le mode câble est identique à celle que l'on observe dans le cas d'une liaison en BHNS ou en BSPI entre Quatre Chemins et l'aéroport. Cependant, compte tenu de l'intervalle proposé, le temps moyen d'attente est théoriquement inférieur dans le cas du câble (théoriquement car si plus de 10 personnes attendent la cabine en station, il sera nécessaire d'attendre la cabine suivante pour pouvoir embarquer).
- **Temps de trajet** : il est estimé à 13 minutes entre Quatre Chemins et Aéroport pour une valeur voisine de 11 minutes en tramway ou en BHNS.
- **Attractivité** : le câble ne permet pas une desserte aussi fine qu'un mode au sol. Il est opportun d'allier les contraintes liées à la réalisation de l'infrastructure (station voyageurs en cohérence avec les changements de direction). Il n'est donc pas toujours aisé de placer les stations à l'endroit où leur attractivité serait maximale.
Dans le cas présent, le peu de cabines nécessaires à l'exploitation pourrait générer un sentiment d'un câble vide .
- **Insertion** : Par définition, l'insertion du câble ne se fait pas sur un linéaire continu, les zones d'insertion les plus contraintes étant celles des stations (techniques ou voyageurs) nécessitant une emprise au sol de 25*10m pour les stations aux extrémités et de 50*10m pour les stations dites intermédiaires. D'autres emprises sont à réserver pour les pylônes.
Contrairement au tramway ou au BHNS, la réalisation d'une liaison en câble ne nécessite pas la réorganisation de l'ensemble des circulations et ne génère que très rarement un aménagement du linéaire traité. Ainsi, la démarche visant la diminution de la capacité des voies routières dans le but de favoriser un report modal lors de l'insertion d'une infrastructure de transport en site propre au sol n'a pas lieu d'être dans le cas d'un projet de transport par câble.
Reste enfin le sentiment d'intrusion que peuvent ressentir les résidents habitant à proximité d'un système de transport par câble.
- **Evolutivité** : le système peut être évolutif en ce sens où l'on peut rajouter des cabines supplémentaires si la demande croît fortement ou si le taux de disponibilité à un moment donné (lors de l'arrivée d'un tramway à la station Quatre Chemins par exemple pour la desserte de l'aéroport) s'avère insuffisant. Par contre, prolonger une infrastructure existante dans le but d'aller desservir d'autres pôles est difficile.
- **Coûts** : les coûts estimés dans le cadre du lot 2 du SDODM pour l'ensemble des modes envisagés sont les suivants :

	Coûts d'investissements avec matériel roulant	Coûts d'investissements avec matériel roulant / km
Tramway	105.0 M€	22.3 M€/km
BHNS	52.7 M€	10.3 M€/km
BSPI	32.5 M€	6.4 M€/km
Câble	51.3 M€	11.2 M€/km

Tableau 7. Tableau comparatif des coûts d'investissements lot 2 SDODM

Ainsi, en termes de coûts, la solution BSPI reste la moins onéreuse. Cependant, la solution « câble » devient compétitive quand on la compare à la solution BHNS, les coûts étant assez proches.

6. CONCLUSION

Les transports par câble apparaissent comme une véritable solution de transport de personnes des territoires aux conditions géographiques particulières telles que dénivelées importantes, traversées de fleuves ou coupures urbaines majeures.

Pour les pouvoirs publics, l'enjeu principal consiste à apporter une réponse viable aux besoins de mobilité des forces démographiques et économiques déjà existantes sur les dits territoires.

En ce sens, en fonction des ambitions politiques, les transports par câble peuvent être pleinement ou partiellement intégrés au réseau de transport existant et insérés dans leur environnement immédiat.

Dans le cadre du projet bordelais, ce n'est pas le contexte géographique qui est le plus pénalisant, mais le fait d'amener une telle infrastructure à l'aéroport génère de fortes contraintes d'insertion.

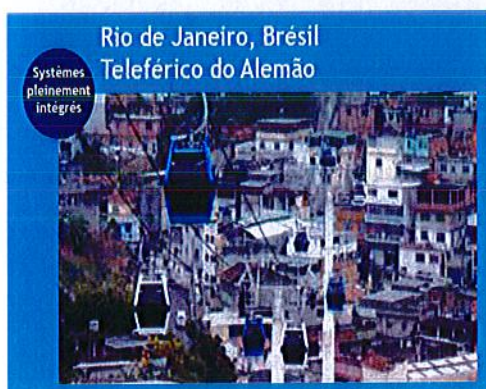
De même, comme dans le cas du BHNS ou du BSPI, le câble nécessite une correspondance à Quatre Chemins et par conséquent une rupture de charge pouvant être préjudiciable à l'utilisation des transports collectifs sur cette liaison.

En termes de coûts et de rentabilité socio-économique, le projet câble se situe au même niveau que le projet de liaison entre Quatre Chemins et l'aéroport en BHNS, à savoir un projet supérieur à 50 millions d'euros et non rentable économiquement parlant.

7. ANNEXES

7.1 Exemples de systèmes de transport par câble dans le monde

On compte actuellement 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.



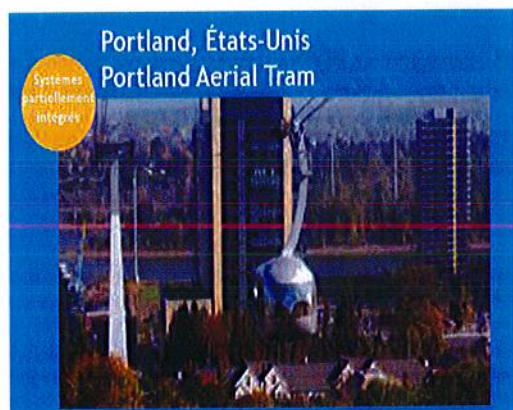
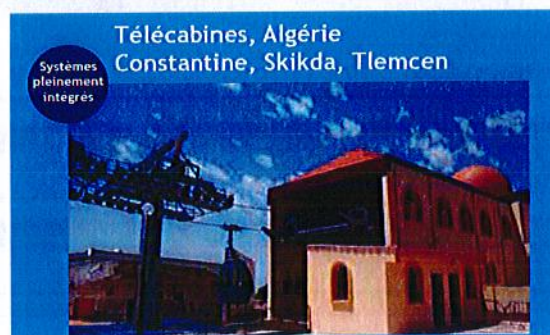
Le téléporté de Rio est la plus longue télécabine urbaine, à travers le monde, reliant Alemão au centre de la ville de Rio.

Ce sont près de 300 000 habitants des quartiers d'Alemão qui effectuent en 17 minutes, contre plus d'une heure auparavant, le trajet qui les sépare de la gare intermodale Bonsucesso, leur offrant ainsi, à tous, l'accès à une véritable mobilité urbaine.

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.

Avec ce système composé de trois stations, les usagers parcourent désormais en sept minutes, un trajet qu'il faut 45 minutes à parcourir en auto.



Le tramway aérien de Portland a été conçu pour assurer essentiellement des déplacements domicile – travail et domicile – université. Néanmoins, son itinéraire permet aux voyageurs de survoler différents secteurs de la ville, notamment le district historique, de nombreuses routes résidentielles et huit voies d'autoroute.

Le téléphérique n'est que relativement intégré au système de transport local. Le choix du design et les caractéristiques techniques de ces équipements ont explosé le coût de sa réalisation (~ près de 400%). Les étudiants et les employés de l'université OHSU peuvent l'emprunter gratuitement.

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.



Illustration 19. Exemples de systèmes pleinement intégrés, partiellement intégrés ou récréatifs

	Longueur (km)	Année	Technologie	Nbre de stations	Vitesse max. (km/h)	Vitesse moy. (excluant les terminaux, km/h)	Capacité des cabines (nbre max.)	Cabines en opération (nbre max.)	Durée du trajet (en min)	Débit, pphpt (débit max. possible)
Systèmes pleinement intégrés										
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)
Systèmes partiellement intégrés										
Tramway aérien de Portland	1,0	2007	Tramway aérien	2	35	20	78	2	03:00	980
Systèmes récréatifs										
Rheinseilbahn, Coblence	0,9	2010	35	2	25	13	35	18	04:00	3800

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)	
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
3 800	1 350 000	57 000 000 \$ (2007) - [N/D]	57 000 000 \$ [N/D]	4,00 \$	16	Tramway aérien de Portland
- 35 000	N/D **	17 900 000 \$ (2010) - [13 200 000 \$]	20 100 000 \$ [14 800 000 \$]	- 12 00 \$	8 - 10	Rheinseilbahn, Coblence

Tableau 9. Données techniques par système

7.2 Les constituants d'une télécabine

- **Cabine** : constituant d'une installation de transport à câble destiné à recevoir et transporter les passagers.
- **Chariot** : constituant d'un véhicule de télécabine ou de téléphérique comportant un bâti et des galets, supportant le reste du véhicule et roulant sur le ou les câbles porteurs.
- **Véhicule** : ensemble cabine + chariot.
- **Pince ou attache** : élément du chariot assurant la liaison entre le véhicule et le câble tracteur.
- **Suspente** : constituant d'un véhicule assurant la liaison entre la cabine et le chariot.
- **Station** : ensemble de bâtiments et de structures comprenant les installations techniques, les aires d'embarquement/débarquement ainsi que, s'il y a lieu, des zones d'accueil et d'abri.
- **Hauteur de survol** : distance entre la surface du plancher des véhicules fermés et la surface du terrain.
- **Installation** : système complet implanté dans son site, comprenant le génie civil et les sous-systèmes (*extrait de la directive 2000/9/CE du 20 mars 2000*).
- **Portée** : distance entre deux appuis du câble.

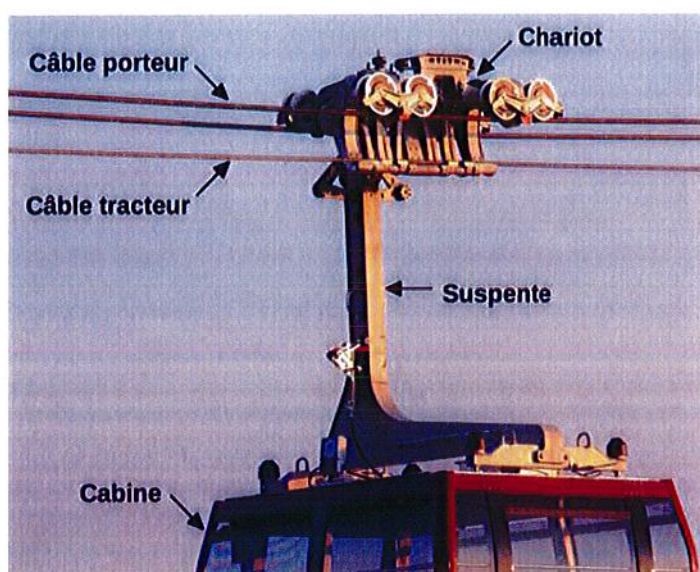


Illustration 20. : Les Constituants d'une télécabine

