

Prénom - NOM :

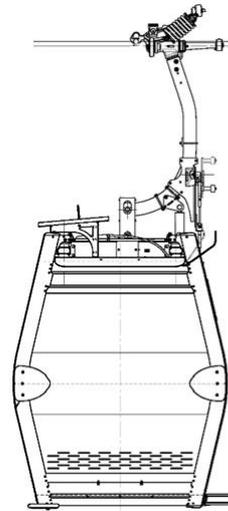
TRAMWAY AÉRIEN DE RIO DE JANEIRO

COÛT DE L'ÉNERGIE, IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SERVICE RENDU

Objectifs : vérifier que le choix du tramway aérien répond aux critères essentiels pour le choix d'un mode de transport citadin : coût de l'énergie, impact environnemental et service rendu, critères dictés par le développement durable.

Mise en situation

Rio de Janeiro est une mégapole brésilienne de plus de 6 millions d'habitants admirée pour sa beauté, ses plages et connue pour son carnaval. Son implantation géographique est telle que la majeure partie de la ville est située sur une multitude de collines et de dépressions formant un paysage escarpé où la circulation urbaine est rapidement devenue un problème.



Plus de 20% de la population habite dans les favelas. Ces habitations constituées d'un amalgame de matériaux de récupération sont concentrées sur les pentes escarpées des collines.

Le déplacement dans ces quartiers ne peut se faire qu'à pied, par cyclomoteur ou par mini van et aucun vrai réseau de transport urbain n'a pu voir le jour du fait de la configuration du terrain.

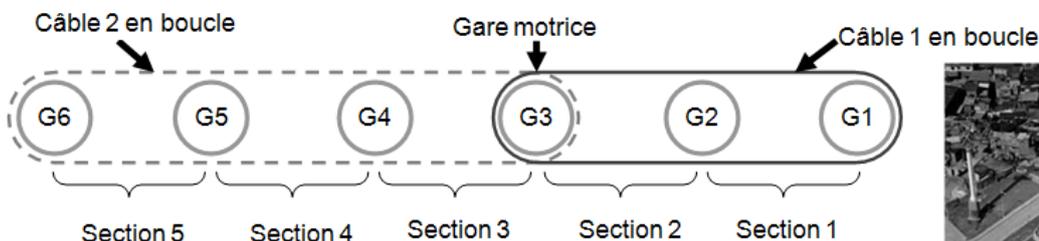
C'est dans cet environnement que l'état de Rio a confié au groupe français Poma la réalisation d'un tramway aérien dans le quartier d'Alemão au nord de la ville.

Implantation des gares

Ce tramway aérien est composé de télécabines circulant sur deux câbles reliant six gares entre elles. La gare G3 (Baiana) est la gare motrice. Elle entraîne deux boucles de câbles de part et d'autre, une boucle pour les gares G1 à G3 et une boucle pour les gares G3 à G6.



Interconnexion avec le réseau ferroviaire



Baiana : gare motrice G3

Description générale :

5 sections interconnectées desservant 6 gares

Dénivelé : 121 m

Capacité par cabine : 10 passagers

Nombre total de cabines : 152

Nombre de cabines en mouvement : 117

Longueur : 3456 m

Vitesse nominale : 5 m·s⁻¹

Débit maxi : 3000 passagers/heure dans chaque sens

Durée du parcours total (de G1 à G6) : environ 17 min

Le transport à visage durable

L'entreprise *Poma* implantée à *Voreppe* près de *Grenoble* est un des leaders mondiaux du transport par câble. Son expérience de plus de 60 ans dans les remontées mécaniques en station de sports d'hiver lui a permis de se lancer depuis quelques années dans le transport urbain. Cette réalisation de tramway aérien à *Rio de Janeiro* fait suite à plusieurs installations déjà en fonctionnement à *Medellin (Colombie)*, *Taipei (Taiwan)*, *Tianmenshan (Chine)* et le célèbre *Roosevelt Island* au cœur de *Manhattan* à *New York*.

Q1 / A l'aide de l'extrait du dossier de presse, **CITER** et **CLASSER** dans le tableau du document réponse DR1, les arguments qui montrent que ce tramway aérien de *Rio* s'inscrit dans une démarche de développement durable.

Les cabines en service à *Rio* sont du type « *Diamond TC10* ». Le constructeur n'a pas développé un nouveau type de cabine mais a utilisé un modèle déjà en service sur de nombreux sites à travers le monde entier.

Q2 / **JUSTIFIER** et **ARGUMENTER** ce choix du constructeur du point de vue de la compétitivité.

Calcul du débit maximum de passagers

L'objectif de cette partie est de vérifier le nombre maximum de passagers transportés en une heure.

La poulie motrice 3 est située dans la gare G3, elle entraîne deux boucles de câbles de part et d'autre de la gare. En fonctionnement normal, les cabines acheminent les passagers à une vitesse linéaire de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La poulie motrice doit donc entraîner les câbles à cette même vitesse ($v_{c/sol} = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Le système de gestion de la gare motrice assure un débit régulier de cabines. Il impose la distance entre deux cabines : $D_c = 59 \text{ m}$.

Nombre maximum de personnes par cabine : $K_p = 10$

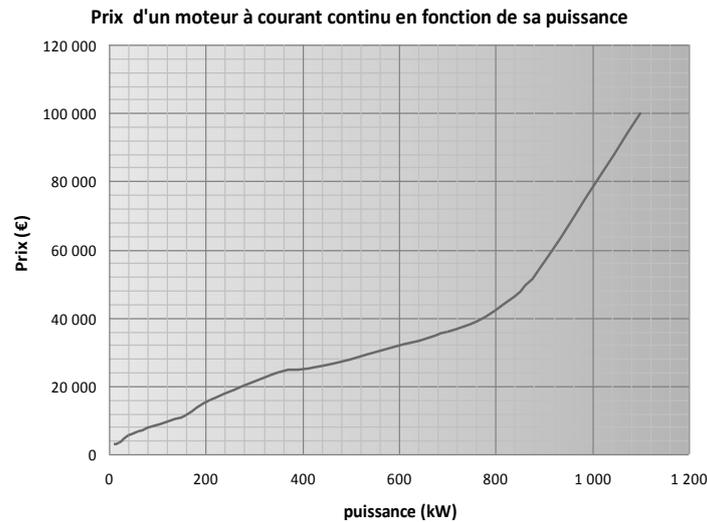
Longueur de la ligne du tramway aérien (entre G1 et G6) : $L = 3456 \text{ m}$.

Q3 / **CALCULER** le débit de passagers « Q_p » (nombre de passagers arrivant dans une gare pendant une heure). **COMPARER** le résultat à la valeur annoncée par le constructeur et **CONCLURE**.

Choix économique lié à la motorisation

A la gare motrice G3, les deux câbles en boucle sont entraînés par un ensemble de deux moteurs montés en tandem.

Q4 / D'après la courbe ci-après, **JUSTIFIER** le choix de la motorisation si la puissance motrice nécessaire est supérieure à 800 kW.



Calcul de l'énergie absorbée en une année par le téléphérique

L'objectif de cette partie est de déterminer l'énergie consommée par ce tramway aérien sur une année afin de la comparer avec l'énergie qu'utiliserait un autre mode de transport de personnes.

Q5 / En fonction de l'histogramme donné en DT2, **COMPLÉTER** la colonne du *temps de fonctionnement sur l'année* dans le tableau du document réponse DR2 (seulement pour les taux du débit de passagers de 100% et 30%, les autres ne sont pas étudiés).

Q6 / CALCULER le nombre de passagers transportés pendant l'année. Pour ce calcul on considérera que le débit maximum (montée+descente) de passagers est de 6000 passagers par heure. **COMPLÉTER** la colonne du *nombre de passagers transportés en un an* dans le tableau du document réponse DR2 (seulement pour les taux du débit de passagers de 100% et 30%).

Q7 / CALCULER la puissance absorbée selon les taux de débit de passagers. Pour ce calcul on considérera que la puissance absorbée par l'ensemble de l'installation est de 1300 kW pour le débit maximum de passagers. **COMPLÉTER** la colonne de la *puissance absorbée* dans le tableau du document réponse DR2 (seulement pour le taux du débit de passagers de 30%).

Q8 / CALCULER l'énergie absorbée pendant l'année en prenant en compte les taux de débit de passagers. **COMPLÉTER** la colonne de l'*énergie* dans le tableau du document réponse DR2 (seulement pour les taux du débit de passagers de 30% et 100%).

Comparatif avec des mini vans

Le moyen de transport initialement utilisé dans les quartiers desservis par le tramway aérien est le mini van. L'énergie totale consommée sur une année par ce mode de transport et pour un même nombre de passagers est de 5100 GWh.

Q9 / COMPARER ces deux modes de transports.

Q10 / RÉDIGER une conclusion argumentée sur le respect des objectifs de départ, **SE SERVIR** des réponses aux questions précédentes.

DOCUMENT RÉPONSE DR1

Piliers du D.D.	Arguments du dossier de presse
Ecologique	
Social	
Economique	

DOCUMENT RÉPONSE DR2

	Q5 /	Q6 /	Q7 /	Q8 /
Taux du débit de passagers (%)	Temps de fonctionnement sur l'année (h)	Nombre de passagers transportés en un an	Puissance absorbée (kW)	Energie (MWh)
100			1 300	
80	Partie non étudiée			
60				
30				
Total		7 300	32 850 000	8 626

DT1 - EXTRAIT DU DOSSIER DE PRESSE

Une première mondiale pour POMA à Rio de Janeiro

Rio de Janeiro est la ville du Carnaval et de la diversité culturelle. C'est dans cette mégapole de 6 millions d'habitants que le groupe POMA, leader des transports par câble, a imaginé et construit un équipement unique au monde par sa complexité et son excellence technique. Au-delà des innovations mises en œuvre, c'est aussi la plus longue télécabine urbaine (3,4 km), reliant Alemão (quartiers nord de Rio) au centre de la ville. Après Medellin, Taipei et New York, c'est à Rio de Janeiro que POMA a réalisé une solution de transport à très faible émission de CO₂, rapide, efficace et fiable.

Le tramway aérien de Rio s'inscrit dans la réflexion sur le développement durable dans les transports urbains. Le choix de la technologie de tramway aérien POMA est idéal car c'est le mode de transport le moins impactant écologiquement. Le ratio émissions polluantes / nombre de passagers transportés est le meilleur qui soit. Avec le transport aérien par câble, Rio de Janeiro a fait le pari d'une solution d'avenir.

Avant, les 300 000 habitants des quartiers du Complexo do Alemão étaient quasi enclavés en raison d'un relief en collines et d'une densité tels qu'un vrai réseau de déplacement terrestre n'a jamais pu s'y développer. La solution des airs proposée par le tramway aérien de POMA offre ainsi la réponse la plus adaptée à cette problématique.

Caractéristiques techniques

Le tramway aérien de Rio se caractérise par un tracé audacieux et technique présentant des angles jusqu'à 80° dans chaque gare pour desservir au plus près les foyers d'habitation tout en ayant un trajet direct de gare en gare. C'est aussi un impact réduit au sol qui se limite aux gares et pylônes. Il n'y a pas de tranchée ni de séparation comme le nécessiterait la route ou le rail. Le transport par câble possède un niveau de fiabilité et de disponibilité maximum, proche de 100 %.

Localisation et contexte socio-économique du Complexo do Alemão

Le Complexo do Alemão est un ensemble de quartiers implantés sur les collines du nord de Rio de Janeiro. Ce site urbain, très dense, présente un relief accidenté pour lequel le transport par câble s'impose tout naturellement comme la meilleure solution en termes de mobilité urbaine.

La connexion au réseau ferroviaire périurbain s'avérait difficile, un vrai problème pour les habitants d'une mégapole comme Rio de Janeiro. Désormais il est possible de traverser les quartiers d'Alemão pour se rendre à la gare intermodale Bonsucesso en seulement 17 minutes, contre plus d'une à deux heures auparavant. Face à ces enjeux de mobilité, la réponse de POMA est d'apporter une solution technologique innovante et efficace pour désenclaver cette partie nord de la ville. Ce tramway aérien est la pierre angulaire d'un développement urbain et social, avec des gares abritant des espaces de service public (bureau des activités culturelles, bibliothèque, services administratifs des cartes grises et permis

de conduire, services bancaires, bureau d'assistance sociale et juridique). La décoration de ces bâtiments a été réalisée par des artistes brésiliens comme Romero Britto, Eduardo Kobra, Edmar Moreira...

Solution déjà éprouvée avec succès dans d'autres grandes villes, le transport aérien par câble fait vivre une véritable révolution à Rio de Janeiro, une ville résolument tournée vers l'avenir.

DT2 – HISTOGRAMME PUISSANCE-DEBIT / TEMPS

