

PUBLIC TRANSPORT AND FUTURE

LETTERS PATENT OF NOBILITY OF ROPE TRANSPORTS

INTRODUCTION

If you ask to any of our fellow citizens to list the techniques that can be used for public transports, you will surely get bus and train, probably the tram, may be trolleybus and some devices as the MATRA system known as VAL, a French translation of **Light Automatic Vehicles**. But unless you are particularly lucky, nobody will quote the rope transports (**RT**). And yet, as we are going to check it, rope transports offer all the characteristics of a very good public transport, and actually they are used as such in all ski resorts. In Switzerland and Austria, rope transports are used very often as public transports. But in France, and namely in a steeply environment, no one think about it, even though we have one of the world biggest manufacturer of rope transports. Exactly the opposite of what Swiss do: they run (excluding ski resorts) a total passengers flow of one million persons/hour!

We believe it is necessary to ask ourselves what we are expecting from a good public transport. The answer is made up of four points : regarding the law, the investment, the running cost, the energy consumption and the attraction for users. And then we will look at various situations where they seem to be inviting. We propose here to point out the rope transport characteristics versus other modes. We present underneath the results. The way we got them is presented at the end of our text.

LAW REQUIREMENTS

The text underneath reminds the requirements of the French **Loi d'Orientation des Transports Intérieurs**¹ (LOTI, 30/12/1982), as rewritten in February 2005 :

The inland transport system must comply with the users needs at the best economical, social and environmental conditions for the community. It contributes to the [...], economical and social development and to a long term and well balanced town and country planning.

These needs must be satisfied regarding an earth friendly development, green house effect reduction, risks, sound and pollution

Price and environment requirements are quoted explicitly (particularly sound nuisances and green house effect gases). Let us start by considering costs problems. The results presented in the next table are justified in annex I (in French).

¹ **Orientation Law for Inland Transports**

COST, A FUNDAMENTAL CONSIDERATION

at the best economical, social and environmental conditions for the community says the french LOTI :

MODE	COST	+	-
AUTO	15,4 M€ (two lanes, véhicules included)	Independance, comfort	Pollutions, investment , traffic jams and accidents
BUS	16,5 M€ (bus and reserved lanes, two directions)	Fluidity, disabled access	slowness, uncomfot noise
TRAM	22 M€(rails & vehicles)	quiet, clean, frequent	Investment and slope limitation
CABLE CAR	10 M€(rails & vehicles)	Fluidity, silence, clean	Investment Waiting time (2 vehicles only)
GONDOLAS	3,5-5M€ (all included)	Fluid, quiet, clean, comfortable and very frequent	Visual interference (id for roads)

Cost calculation elements are given in appendix I

ENERGY EFFICIENCY²

These needs must be satisfied regarding an earth friendly development, green house effect reduction, risks, sound and pollution says the LOTI

Our environnement is surely dammaging each day more. This must be our main worry today. Transports are definitely the worst danger for the Earth. The question we must first answer : what factors are influent on a mode consumption ? The two most influents are road or rail friction coefficient, and the ratio of transpored mass to total mmoving mass. To understand that just try to fancy what driving on ice is! And also ask if that would be clever to transport a flower with a heavy truck! A good way to analyse the energy efficiency of a transport mode is thus to consider the ratio of two factors : first factor is the ratio of transported mass to total

² This is defined in annexe II

moving mass, and the second factor is the friction coefficient for the transport mode. Then we get the energy efficiency as the ratio of the first value to the second. The energy efficiency turns out to be:

	Bus	Coach	Tram	Cable
Mass ratio	50%	30%	21%	40%
Friction	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.12-0.2	0.03
Energy efficiency	83-166	50-100	105-175	1333

These results can easily be understood: Rope transport is the only transport mode that does not have to carry in each vehicle an engine, a gear box, brakes etc... As energy consumption is proportional to moving mass, rope transport is fairly cheaper. The other reason is due to the necessary car road holding and braking ability. So the friction coefficient is fairly lower for rope transport. This also explains the low cost of installation and maintenance.

PASSENGERS REQUIREMENTS

To get a used transport system wants us to consider as a priority the users needs.

REQUIREMENT	COMMENTARY	QUALITY ³
No waiting time and schedule respect .	Only a few seconds between two gondolas. Who can do better?	++
Reduced transport time	Warranted commercial speed : 21.6km/h	=
Transport liability	Nearly no accident for passengers	=
Paced movement	No time table to memorize	+
A wide time allot	Up to 24 hours a day if necessary	=
A good information	Same as other modes	=
Stops easy to find	As for tram, line is visible	=
Comfort whilst waiting (efficient protection against bad weather or excessive sun)	No waiting is necessary. But a meeting point can easily be installed. Stations offer this possibility	++
Transport comfort	Gondolas heating is possible, and it is easier to read in a gondola than in a tram	++
Safety feeling (lightened stops easy to maintain, and attack alarms possible)	Staff presence warranty these points much better than in a tram	++
Safe transport	Rope transports record an average of 15 wounded persons (more than 6 days hospital) for 700 millions passengers/year	+
Transport continuity	Just as for other modes : depends on the general transport scheme	=
Reduced cost	TC only need a few people to run	++
Integrated pricing	This is a political decision	=
Environment friendly	By far the best Quality/price ratio	++

Each user can weight these criterions for him, but all criterions are there.

³The quality column refers to the tram situation = means that RT and tram are equivalent.

COMPLEMENTARY COMMENTS

Some people criticize rope transports, saying that they are a visual perturbation of the scenery. This is a short argument : people living under the aerial tramway in Grenoble never asked it to be removed: This perturbation seems to be just a fantasy and has nothing to do with reality. Rope transport is not noisy and does not pollute. What would they say about a road that one can see hear smell, and that also pollutes? Further more, aerial tramway does not fan the dust which coats a road, so enhancing allergies and asthma. It is thus even safer than a tram. Another point should draw the reader's attention: On the former route example: the rope transport will last 5minutes, when the car will take 10 minutes.

Finally, when bikes access is sometimes uneasy, it is very easy in a gondola, as in this case, flow rate and high frequency will get rid of all jams. It must also be emphasized that the rope transport is ideal when connections are required. This last point is vital nowadays because working and living areas are generally disconnected.

To summarize, a rope transport has the following characteristics:

- ❑ The cheapest transport system among motorized modes, at the exception of electrically aided bikes, which is not a collective transport
- ❑ Installation only requires short and small perturbation of the general traffic.
- ❑ Simplified administrative procedures
- ❑ A reliability up to than 99.8%
- ❑ The smallest energy consumption
- ❑ The smallest annual maintenance costs : from .3 to .5% of the investment
- ❑ Financial charges much smaller than for other modes
- ❑ The smaller salary charges
- ❑ No waiting time, comfort and silence
- ❑ A human welcome in the stations, with however a small number of employees
- ❑ Anti cheating watching very easy
- ❑ The safest and the most pleasant transport mode for users.
- ❑ A large area for green activities under it
- ❑ The greenest of all collective motorized transports.

THE BEST TC USES

RT are an excellent complement to an existing transport net. They do not demand any waiting time, they can be inserted in a transport system without time penalty for users. They can even be used by cyclists. They are convenient for disabled people.

Among the main uses that can be considered :

- Pedestrians/cyclists links between two river sides, or across a valley liable to flooding.
- Links avoiding concrete or steel heavy construction⁴
- Passing a bridge over a motorway or a railway too saturated to allow a safe crossing or a bus link.
- Villages links in mountains or steep environment (Swiss has a global capacity of 1 million p/hour of rope transport to access mountain villages.)
- Link from a city downhill in the valley to ski resorts⁵
- Links between two transport sites (ex : railway station to airport)⁶.

⁴ Pedestrian/cycles bridges turn out to be more expensive than Rope Transports for links longer than 100m.

⁵ The link between Brides les Bains and Méribel in the Alps (2,6km) has boosted local life and economy in Brides, without affecting Méribel. Bourg d'Oisans could also benefit from the Huez ski resort.

⁶ For example, Gondolas between Crolles and Brignoud (near Grenoble) under study

- Crossing an agriculture area that should not be cut
- Transport service to an industrial area situated at less than 5 km from a railway station.

CONCLUSION

As it was shown, rope transports are among the best public transports, if not the best. Running with electricity, they contribute to our energy independence. Furthermore, and this point is usually masked by other considerations, we should look at health considerations. A recent study was published by the AFSSE, a French governmental organization that studies population health. This report shows that, related to Grenoble population, the cost of lung diseases due to car pollution reaches 35 M€/year. This example is a strong indication for the use of non polluting transports in cities. Last but not least: even if clean, vehicles stuck to ground will continue to raise dust in air, which is not the case for rope transports.

This document clearly shows that rope transport should be considered for all public transport projects. This does not mean that it is always the best transport mode. But at least should it be considered each time.

Finally, being easy to put and dismantle rope transports can be used as a temporary solution waiting for another solution.

Rédacteur : P.JAUSSAUD

Writer : P.JAUSSAUD

Date : 24/07/2007

:

ANNEXE I

APPROCHE DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET FONCTIONNEMENT

Automobile

Les coûts de création d'une route dépendent de la zone d'implantation. Ainsi, ceux de la route de Laffrey sont sans aucun doute supérieurs aux coûts d'une voirie dans la vallée de l'Isère. Mais retenons le prix de base d'une file généralement admis : 15 M€ du km pour deux voies.

Le calcul porte sur un débit de 3600 personnes/h, le maximum permis par une file de voiture circulant à 60km/h. Les véhicules correspondent à des véhicules avec 4 passagers (en réalité 1,3 passager/voiture en moyenne), au prix moyen de 12000 euros (type clio 7CV). Pour ce débit, et avec ces véhicules, il faut 1minute/km de parcours, et il faut lancer $3600/4=900$ véhicules par heure/sens, et donc 15 véhicules/mn/sens. L'investissement pour nos conditions est donc de $15*12000$ soit 180000€/km/sens

Ainsi route +investissement = 7,68M€ par sens de parcours. Pour les deux sens on doit donc investir 15,36 M€/km.

L'estimation des coûts de fonctionnement automobile est une source de discussion sans fin. Doit-on prendre les chiffres donnés par les revues automobiles ou le chiffre accepté par les services fiscaux (0,364 €/km)? La générosité proverbiale des services fiscaux nous conduit à prendre à minima ce chiffre. Pour le débit considéré, et 60km/h de vitesse moyenne, on parcourt 1km en une minute, pendant laquelle il faut lancer au total $2*15=30$ véhicules, et sur une heure ce sont 1800 véhicules qui vont parcourir 1km, pour un coût horaire de 655€.

Bus

Le même calcul que ci-dessus appliqué à un réseau de bus de 60 personnes conduit à 16.5 M€/km.

Les coûts d'exploitation de bus péri/interurbains sont estimés à 4 ou 5 €/km, contre 3€/km en urbain. A 30 km/h de vitesse, sur 1km on a deux bus en circulation, soit un coût au km de 9€ pour 2 minutes, ou 270€/heure par sens de circulation, soit 540€/km/heure tous sens confondus

Tram

Nous avons utilisé le prix prévu pour la ligne de tram Grenoble Moirans : 480M€ pour 22 km., soit 21,8 M€/km (installation complète). Pour mémoire, le Tramway des Maréchaux à Paris coûte 313M€ pour 7.9km, soit 39M€/km. Mais ce chiffre inclut des travaux de voirie annexes.).

La consommation est plus difficile à cerner. La puissance des matériels de dernière génération est de 618KW en régime permanent. La vitesse moyenne du tram est de l'ordre de 20km/h, prenons 30 km/h en milieu péri-urbain. Les rames ont une capacité pleine de 200 personnes (300 en saturation). Pour un débit de 3600 p/h, il faut 12 rames de 300 personnes/sens ou 18 rames de 200 personnes à l'heure/sens. Partons sur 24 rames consommant sur 1km chacune $618*2/60$ KWH=20.6 KWH. La consommation/personne en terrain plat à 0.07 kwh. Ce chiffre très bas est peu vraisemblable : il suppose en effet que l'énergie au démarrage est entièrement récupérée, ce qui n'est jamais le cas. On en récupère au mieux 60%. Par ailleurs n'oublions pas que le calcul est fait en terrain plat. Si on rajoute la contribution de montée pour une masse totale de 78 Tonnes, environ 12 KWH, on arrive à 32KWH pour nos 300 passagers, soit 0.10 KWH/ passager. Pour se comparer au calcul fait sur une pente de 5.4%

sur 10 km, il faut multiplier ce résultat par 10 : 1KWH/passager, soit plus du double de la télécabine.

On note que le rapport entre les chiffres en côte et à plat ($0.1/0.07=1.42$) est un peu inférieur au rapport puissance crête/puissance nominale du moteur du CITADIS ($1080/618=1.74$), ce qui est souhaitable pour se garder une marge de puissance suffisante pour redémarrer en côte. L'intérêt de cette ultime vérification est de confirmer la pertinence de l'analyse faite ci-dessus.

Funiculaire

Nous avons pris pour base les funiculaires de Val d'Isère, de Tignes, des Arcs et des Deux Alpes. Ces prix ont été réactualisés en euros 2005 en appliquant l'indice de construction fourni par l'INSEE (de 1989 à 2005 +41%).

APPAREIL	FUNIVAL (1987 : +44%)	TIGNES (1989 :+41%)	LES ARCS (1989 +41%)	LES DEUX ALPES(1990+34%)
COUT REACTUALISE	21.5M€	42 M€	27.5 M€	NC
LONGUEUR	2.2 km	2.5km	3km	
PRIX/KM	9.77 M€/km	16 M€/km	9.16M€/km	

Les appareils des deux Alpes et de Tignes sont entièrement en tunnel, et sont donc plus chers que les deux autres. Ajoutons que le prix de celui de Tignes est soigneusement gardé secret, et que nous n'en avons eu qu'une estimation.

TRANSPORTS PAR CÂBLE

Plusieurs devis de deux constructeurs ont été utilisés : Devis POMA et DOPPELMAYR pour le premier tronçon TC Gières Uriage de la Télécabine Gières Chamrousse confirmée par le devis POMA de la liaison Brignoud Crolles

APPAREIL	COUT	LONGUEUR	COUT/KM
GIERES URIAGE	20 M€	5.9 km	3,4M€
BRIGNOUD CROLLES	4,5M€	1,2km	3,75 M€

Remarquons la différence de longueur des appareils. Comme il faut deux gares quelquesoit la longueur des lignes, une ligne longue est forcément moins chère au km qu'une ligne courte.

ANNEXE II

MODE DE CALCUL DES CONSOMMATIONS

Le présent document a pour but de comparer les consommations énergétiques par passager pour divers modes en terrain accidenté. Les modes retenus sont les suivants :

- Marche
- Automobile (une clio 7CV) ,
- Autocar 60 places
- Tram (lorsque les données sont disponibles)
- Télécabine 8 places 3600p/h

Donnée de base, fournies par l'ALE : 4l Gasoil=6l essence=46.4 kwh

Consommations de carburant

- Bus urbain : 35 l/100 km, et on a 70l/100 km en montée, mais très peu en descente. La moyenne reste donc de l'ordre de 35l/100km.
- Clio 7CV en montagne : 7.5l/100 km

Puissance du moteur de la télécabine en régime permanent : 921 Kw

La consommation dépend bien sûr de la configuration du terrain (pente, dénivelée..). Pour rester concret, nous avons pris un terrain moyen autour de Grenoble, et nous avons calculé la moyenne pondérée des pentes vers Chamrousse, St Nizier et le Sappey, dont les caractéristiques sont les suivantes :

Liaison	Distance	Dénivelée	Pente moyenne
G Chamrousse	28km	1429m	5.1%
G Sappey	11.5km	835m	7.26%
G St Nizier	19.1 km	960m	4.7%

La pente moyenne pondérée autour de Grenoble est donc de 5.4%. Nous travaillerons donc sur un itinéraire de 10km s'élevant de 540m

FACTEURS INTRINSEQUES DE CONSOMMATION

Deux catégories de facteurs influent sur la consommation : les facteurs intrinsèques, caractéristiques du mode de transport, et les facteurs extrinsèques, dépendant de l'utilisation.

Parmi les facteurs intrinsèques, la masse en mouvement est le plus important. En effet :

- L'énergie cinétique et l'énergie potentielle sont proportionnelles à la masse, ainsi que les frottements au sol. Et l'énergie des systèmes routiers n'est pas récupérée au freinage.
- La pénétration dans l'air l'est aussi en première approximation, du fait que les longueurs et largeurs des véhicules individuels changent peu, et la masse est in fine proportionnelle à la hauteur, qui intervient directement dans le calcul du coefficient de pénétration dans l'air. Par ailleurs, cette hypothèse est peu contraignante car l'effet de pénétration dans l'air est relativement moins important en montagne que sur autoroute du fait que la vitesse en montagne est plus faible.

La consommation par personne transportée dépend du rapport masse transportée/masse totale, que l'on rappelle ci-dessous. Ce rapport ne suffit pas à expliquer les consommations relatives, qui dépendent aussi des frottements, qu'il faut ramener à une force/passager. Or

pour des raisons de sécurité au freinage, les frottements doivent être importants pour les systèmes au sol, alors qu'au contraire on les minimise pour les transports par câble.

Un bon indicateur de tendance d'**efficacité énergétique** est donné par la quantité (rapport des masses / coefficient de frottement). Le tableau comparatif est présenté ci-dessous. Les coefficients de frottement sont tirés du **formulaire technique de mécanique générale de Jaques Muller**, à l'exception du coefficient pour les TC, qui est une valeur bien connue des spécialistes (0.028-0.030).

	Automobile	Bus	Autocar	Tram	Câble
Rapport	27%	50%	30%	21%	40%
Frottement	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.12-0.2	0.03
efficacité	45-90	83-166	50-100	105-175	1333

Soulignons qu'il ne faut pas demander à un indicateur d'efficacité énergétique autre chose qu'une indication de tendance. Néanmoins il est important de la connaître et d'en vérifier la cohérence avec d'autres approches.

CONSOMMATION EN MONTEE

Comparons les consommations pour monter nos 540m pour plusieurs cas. Le trajet d'une télécabine est linéaire. Admettons une pente moyenne du profil en long de 30% et **négligeons le fait que plus de 60% de l'énergie peut être récupérée à la descente.**

Dans ces conditions, les besoins énergétiques sont de :

CAS	CONSOMMATION (KJ/KWH)	Consommation / passager
Personne seule à pied	0.12 KWh	0.12 KWh renouvelables
Transport par câble (TC 8 places, montée seule,	2.24 KWh	0.28 KWh
TRAMWAY CITADIS (300 passagers)	32KWH	1 KWH
Bus + Chauffeur+ 60 passagers 35l/100km, 20kmAR	81.2 Kwh	1.35 KWh
Auto +4 passagers	17.3 KWh	4.7 KWh
Auto + conducteur seul (Clio 7CV ESSENCE) 8.5l /100km	13.1 KWh	13.1 KWh

On voit que la consommation varie de 1 à 30 pour les modes motorisés, et de 3 à 1 dans le cas d'un bus par rapport à une télécabine 8 places.

On note au passage la cohérence du classement par efficacité énergétique avec le tableau ci-dessus, les deux classements étant obtenus de manière indépendante.

Si l'énergie est récupérée à la descente dans le cas d'une télécabine, les résultats sont encore plus nets.

On note que l'avantage TRAM/BUS n'est pas aussi important que l'on pourrait le penser en raison d'un rapport masse transportée/ masse totale défavorable.
Le détail de ces coûts pour le tramway est donné en annexe II.

ANNEXE III

LE COUT DES PASSERELLES PIETONS CYCLES REALISEES CES DERNIERES ANNEES.

Passerelle	type	Longueur	Largeur	lieu	coût
SNCF	P	10	2	TREGUEUX	110 K€
SEINE	P/C	125	4	PARIS	6,8M€
ARVE	P/C/POLICE	88	8,1	GENEVE	5M€
RONDEAU	P/C			METRO	5 M€
LOIRE	P/C	150	6	NANTES	5,6M€
SEINE/SOLFERINO	P/C	106	11	PARIS	13,7 M€
SEINE/TOLBIAC	P/C	190/304	12	PARIS	21 M€

Selon un spécialiste des ouvrages d'art, leur prix est proportionnel au carré de la portée. Et à leur largeur. De plus il ne faut pas oublier dans le chiffrage les couvertures et protections anti-chute diverses. Enfin il est illusoire de penser qu'il n'y a pas d'entretien sur ces ouvrages. Les dégradations y sont constantes.

Pour ce qui concerne l'utilisation des passerelles par les piétons, il nous semble qu'une passerelle de 100m est très acceptable pour les piétons. Par contre une passerelle d'un km dans un noman's land est dissuasive pour des raisons de (sentiment de) sécurité.

ANNEXE IV

Liste des appareils urbains ou peri-urbains les plus connus

On objecte parfois que « personne n'utilise cette technique, et qu'il y a bien une raison à cela ». Cette remarque n'est pas fondée. D'abord les appareils installés dans les zones urbanisées ne sont pas rares. Ensuite, lorsqu'on les a installés avec une vocation de transport collectif intégrés dans un réseau, le succès est toujours au rendez-vous. Nous avons listé une partie des appareils en service ou en projet ci-dessous.

Existants :

FRANCE

Venosc : liaison avec les Deux Alpes

Funiculaires de Lyon, Evian, Pau, Nice et Bourg St Maurice

TéléCabine de Brides les Bains : liaison avec Meribel

TéléCabine de la Bastille de Grenoble : liaison centre ville environnement

Télécabine de Palavas (petit appareil de liaison entre deux rives d'un canal)

EUROPE

Gèce: Santorin liaison Port-Ville

TéléCabine d'OSIMO (Italie) : liaison centre ville quartier collinaire de la ville

TéléCabine de CESANA (Italie) : liaison centre ville-station voisine

Télécabine de Verbier (liaison CFF-Station)

3 téléphériques de BETTMERALP (Suisse) avec gare intermodale Rail/Route TPH comme suit :

- ❑ Un téléphérique Gare intermodale/Betten/BettmerAlp en 2 tronçons
- ❑ Un téléphérique direct gare/BettmerAlp

Téléphérique de FIESCH, à quelques km des précédents

Ces quatre téléphériques transportent les matériaux de construction, et le camion benne à ordures.

Télécabine de Sonnenkopf (Wald am Arlberg, Autriche) : accès à la station de Dalaas depuis l'autoroute de l'Arlberg.

Un projet est en cours d'études dans les Pyrénées occidentales Espagnoles.

AUTRES PAYS

Columbie: TéléCabine de Medellin : rabattement sur le métro. Cette télécabine ne peut pas être considérée comme un exemple d'intégration architecturale au sens européen du terme.

Mais force est de constater qu'elle est plébiscitée quotidiennement par les habitants de Medellin avec un million de passagers par mois.

New York: téléphérique d'East River Island

En cours de réflexion en France:

Passerelle câble de Crolles à Brignoud, décision à venir

Liaison Montrond gare de Givors-Ville

Téléphérique d'Issy Les Moulineaux en cours d'étude

TC de Rodez en cours de réflexion

TC de Grasse (liaison ville-gare SNCF, la ligne Cannes Grasse ayant été réouverte récemment)

TC de Bourg d'Oisans