



Proposition de tracé alternatif du Funiflaine

Dimensionnement du Funiflaine Magland–Les Carroz–Flaine

Résidence Pollux Appt 407
Flaine Forêt
74300 Arâches la Frasse
associationflainoise.fr
info@associationflainoise.fr

Le but de cette analyse est de déterminer les éléments principaux du tracé proposé : cabines, masses, efforts sur les câbles et les pylônes, flèche des câbles, possibilités de virages sur des pylônes qu'on cherche à approfondir (il y a un exemple sur le 3S Penkenbahn de Tux/Mayrhofner). L'exemple présenté est un tronçon Magland-Les Carroz–Flaine avec arrivée sur le parking P1, le plus long, mais les autres tracés sont comparables. Voir chapitre 5.

Table des matières

- 1 - Hypothèses de tracé
- 2 - Caractéristiques de la remontée mécanique
- 3 - Capacité de transport
- 4 - Simulation par éléments finis
- 5 - Résultats (cas du tracé n°13)
- 6 - Dimensionnement des pylônes
- 7 - Analyse du roulement dans les virages sur un pylône, et comparaison avec l'effet du vent
- 8 - Conclusion

Dossier soutenu par l'Association Flainoise, les Amoureux des Carroz, et l'Association des Résidents des Carroz et de La Frasse (ARECAL)

1-Hypothèses de tracé

Ce tracé est divisé en deux tronçons:

- le premier, entre Magland et Les Carroz (Les Feux). Dénivelé 770 m
- le second, entre Les Carroz (Les Feux) et Flaine. Dénivelé 423 m ou 290 m selon l'arrivée, avec un point haut vers 1900 m

Ces deux tronçons sont raccordés par un petit segment horizontal à l'intérieur de la gare des Carroz.

Nous avons analysé 3 tracés alternatifs Magland-Les Carroz-Flaine, et le tableau ci-dessous permet de comparer au tracé actuel.

	Magland (Riand)-Les Carroz-Flaine P3	Magland (Riand)-Les Carroz-Flaine P1 (traverse le Hameau)	Magland (Riand)-Les Carroz-Flaine P1 (passe entre Hameau et Montsoleil)	Projet actuel (pour ce que nous en savons)
Longueur en plan	5100m	5300 m	5300 m	5270 m
Altitude Départ (au sol)	510 m	510 m	510 m	510 m
Altitude Arrivée (au sol)	1703 m (point haut 1900 m)	1570 m (point haut 1900 m)	1570 m (point haut 1900 m)	1570 m
Dénivelé	1193 m	1060 m	1060 m	1060 m
Longueur développée	5435 m	5656 m	5650	5620 m

Des plans ont été tracés, et le relief utilisé dans cette pré étude a été trouvé dans Google Earth et le Géoportail IGN.

Les calculs liés à la tension des câbles sont différents pour les deux tronçons. La tension des câbles est en effet ajustée séparément, le nombre de cabines et la pente ne sont pas les mêmes. Les valeurs retenues pour ces calculs sont :

	Tronçon Magland-Les Carroz	Les Carroz-Flaine jusqu'au point haut de l'Arbaron
Altitude de départ et point haut m	510 m – 1280 m	1280 m – 1915 m
Dénivelé jusqu'au point haut	770 m	635 m
Longueur en plan jusqu'au point haut	1460 m (développée 1687 m)	2410 m (développée 2500 m)
Pente moyenne	53 %s	26 %

2 - Caractéristiques prises en compte pour la remontée mécanique

Cabines

Cabines de 35 personnes (type Sigma comme sur le 3S des Prodains à Avoriaz).

Poids à vide : 3550 kg Charge utile : 2900 kg / cabine (80 kg / passager cf. STRMTG cas de l'hiver). Masse unitaire totale max : 6 050 kg

27 cabines en première phase, capacité de 2000 passagers/h, et dimensionnement de l'infrastructure pour 40 cabines afin de pouvoir accroître la capacité à 3000 passagers/h.

Masse totale maximale de 40 cabines en charge : 242 tonnes.

Câbles

références (source Forum des Remontées Mécaniques) :

3S d'Avoriaz (câbles Fatzer), câble porteur 57 mm charge de rupture 350 000 daN et câble tracteur 45 mm charge de rupture 146 600 daN

3S d'Ischgl. (câbles Fatzer), câble porteur 58 mm, masse 74 t, et câble tracteur 55 mm 85 t (L=3 424 m)

On prend en compte les câbles porteurs du 3S des Prodains car on connaît la résistance mécaniques, et le câble tracteur de Ischgl car la masse des cabines à déplacer est proche de celle du Funiflaine (la ligne du 3S des Prodains est plus courte que celle du Funiflaine).

	Masse kg/m pour 1 câble.	Longueur totale environ	Masse totale en kdaN (tonnes)	Résistance à la rupture	Effort statique maximal pour 1 câble sans prise en compte des phénomènes vibratoires et dynamiques.
Câble porteur 57 mm	20 kg	22,6 km pour 4 câbles	450 kdaN	350 k daN (forum des remontées Mécaniques pour le 3S des Prodains)	111 k daN (coefficient 3,15) pour 2 câbles
Câble tracteur 55 mm	18 kg	11,3 km pour 2 câbles	203 kdaN	220 k daN. Valeur extrapolée du chiffre des Prodains pour un câble de 45 mm	48 k daN (coefficient 4,5)
TOTAL					270 kdaN

On trouve également dans la voie des cavaliers de ligne, Ils évitent que les câbles puissent se frotter ou même s'emmêler. Il réduisent aussi le balancement des câbles. Nous évaluons la masse des cavaliers à 1 tonne.

3 - Capacité de transport

Nous évaluons pour 3 vitesses des cabines et deux tracés (longueurs de câble en développé différentes), le nombre de cabines et l'intervalle entre cabines,

Nous prenons une capacité maximale de 3000 passagers/h. (indiquée dans le document SAEM de 2015), avec des cabines de 35 passagers.

Cela implique 86 passages de cabines/h, une cabine toutes les 42 s dans chaque sens.

Tracé	Riand - Flaine P3	Riand - Flaine P1
Longueur Développée A/R	10 900 m	11 300 m
Pour 3 vitesses des cabines	1-Temps de rotation des cabines, avec une minute de supplément à chaque arrêt., 2- le nombre de cabines de 35 places, nécessaire, 3- la distance moyenne développée entre cabines (m) sur chaque sens, 4- masse moyenne des cabines / m de ligne développée par sens en kg /m	
7,5 m/s	1 693 s / 40,3 cabines / 315 m / 19,2 kg/m	1 747 s / 41,6 cabines / 315 m / 19,2 kg /m
8 m/s	1 602 s / 38,2 cabines / 336 m / 18 kg /m	1 652 s / 39,3 cabines / 336 m / 18 kg /m
8,5 m/s	1 522 s / 36,2 614 cabines / 357 m / 16,9 kg /m	1 569 s / 37,4 cabines / 302 m / 16,9 kg M :

4 - Simulation par éléments finis

Les profils verticaux des câbles porteurs et des câbles tracteurs sont très proches, ils sont mis au même niveau :

- à chaque pylône
- à chaque cabine
- à chaque cavalier de ligne, présent toutes les quelques centaines de mètres. Ce n'est pas leur seul rôle, ils évitent aussi que les câbles puissent se frotter ou même s'emmêler et réduisent aussi le balancement des câbles. Sur le 3S de kitzbühel (2004, c.f. Forum des Remontées Mécaniques), ils sont espacés de 250 m, on prend le même espace..

La ligne est divisée, au plan des efforts, en éléments sur lesquels on combine les forces représentées par des vecteurs :

Les efforts considérés sont :

- la tension des câbles porteurs aval et amont, dans leur axe, à chaque extrémité du segment,
- le poids des câbles porteurs, des câbles tracteurs, et des cabines.
- le poids des cabines et des cavaliers,
- et aux cavaliers et aux cabines, un échange d'efforts verticaux entre câbles porteurs et tracteurs, cavaliers et cabines, les amenant au même niveau.

Forces	Conséquence
- le poids de la cabine est repris :	la part du vecteur Poids dans l'axe du câble tracteur est reprise par ce câble. Le restant est repris par les câbles porteurs.
- le poids du câble tracteur est repris :	Par lui-même et par les câbles porteurs.
- le poids des câbles porteurs est repris :	Par lui-même et par le câble tracteur.

La difficulté est de déterminer la part d'efforts repris par chaque câble. Cela dépend de la tension des deux câbles, et doit être recalculé en continu.

Dans cette évaluation, on procède ainsi :

La simulation ne distingue pas les efforts sur les câbles porteurs et tracteurs, on raisonne en tension globale.

La répartition n'a pas d'incidence sur le profil. En revanche, cela ne permet pas le dimensionnement mécanique des câbles.

La masse des cabines et des cavaliers est ajoutée en valeur moyenne à la masse des câbles.

Masse des câbles pour une ligne de montée ou descente de 5,8 km :

- 2 câbles porteurs : 40 kg/m
- 1 câble tracteur : 18 kg/m
- 20 cabines de 6,050 tonnes par sens, soit 20 kg/m/sens. Une cabine tous les 320m en montée et en descente.
- 20 cavaliers par sens (espacés de 250m) de masse unitaire estimée à 1 tonnes (20t / sens), soit 4 kg/m/sens

Le total est de 82 kg/m.

L'approche est purement statique. Le STRMTG définit les marges de dimensionnement dans ce cas : 3,15 pour les câbles porteurs, et 4,5 pour le câble tracteur.

La tension sur le câble tracteur pour la fonction traction est évaluée ci-après.

Calcul approximatif de la tension sur le câble tracteur pour la seule fonction traction des cabines, et conséquence sur la tension totale.

	Nombre de cabines en moyenne sur chaque tronçon, jusqu'au point haut (la partie descendante ne s'ajoute pas).	Tension du câble tracteur au point haut
Tronçon 1. L = 1460 m (développée 1687 m), Dénivelé 770 m Pente 53 %	En moyenne $1687/300 = 6$ cabines	$6 \times 6050 \times 53 \% = 19,5$ kdaN
Tronçon 2. Jusqu'au point haut L = 2500 m (développé 2600 m), Dénivelé 420 m Pente 16 %	En moyenne $2600/300 = 9$ cabines	$9 \times 6050 \times 26\% = 14,2$ kdaN.

La charge maximale est compatible avec la capacité de 48 kdaN des câbles tracteurs, et on ajustera la tension maximale de ces câbles à 48 kdaN au point haut pour soulager les câbles porteurs. On bénéficiera alors de la capacité totale en statique des câbles de $222 (2 \times 111) + 48 = 270$ kdaN.

On vise donc une tension maximale totale de **270 kdaN/sens** pour l'ensemble des trois câbles de chacun des tronçons.
Le pas de calcul sur les câbles est de 10m.

Tableau de résultats du logiciel, ci-après.

Pour chaque pylône, on obtient :

-la charge verticale et horizontale

-la variation de pente entre amont et aval,

ce qui permet de calculer l'inclinaison optimale du pylône (ainsi que la longueur du sabot pour assurer le confort des passagers, mais nous ne le faisons pas).

Cela permet aussi d'évaluer les efforts transversaux si on fait une courbe sur un pylône, dus à la tension sur les câbles et d'évaluer ce que cela implique.

Le positionnement des pylônes est réalisé avec le minimum de pylônes. La tension des câbles est

- sur le tronçon aval 208 kdaN en aval (avec un essai à 120 kdaN au départ de Magland) et 220 kdaN en amont.

Pour ne pas dépasser la limite de 270 kdaN au point haut.

5- Résultats

Singularité	Gare 1	Pyl 1	Pyl 2	Pyl 3	Gare 2	Pyl 4	Pyl5 -10m	Pyl 5	Pyl6-10m	Pyl 6	Pyl7	Gare 3
1-Abscisse m	0	500	920	1240	1460	1700	3320	3330	3950	3960	4400	5310
2-Altitude du câble	520	801	1145	1276	1335	1392	1827	1841	1916	1917	1776	1590
3-Pente câble radians	0,420	0,620	0,340	0,220	0,203	-0,025	0,529	0,029	0,217	-0,363	-0,340	0,000
4-Longueur du câble	0	573	1116	1462	1689	1937	3636	3648	4273	4284	4744	5676
5-Tension câble kdaN	215,0	237,5	265,1	218,0	222,6	227,3	263,1	263,6	269,84	270,0	259,2	244,6
6-Composante Verticale de la tension des câbles kdaN (négative en pente du câble négative)	87,7	138,0	88,4	47,6	44,9	-5,7	133,7	7,6	58,93	-95,9	-86,4	0,0
7-Composante Horizontale de la tension des câbles kdaN	196,3	193,3	249,9	212,7	218,0	227,2	227,2	263,5	263,9	252,4	244,4	244,6
8-Somme des composantes verticales des tensions sur le câble de part et d'autre de 2 pylône kdaN							133,7+7,6 =141,3 kdaN		58,93+95,9 =154,8 kdaN			
9- Différence des composantes horizontales des tensions sur le câble de part et d'autre de 2 pylônes kdaN							263,5-227,2=256 =36,3 kdaN		252,4-263,9 =-11,5 kdaN			
10- écart d'angle vertical entrée-sortie de 2 pylônes en degrés							0,529-0,029 =0,5 rd =29°		0,217+0,363 =0,58 rd =33°			

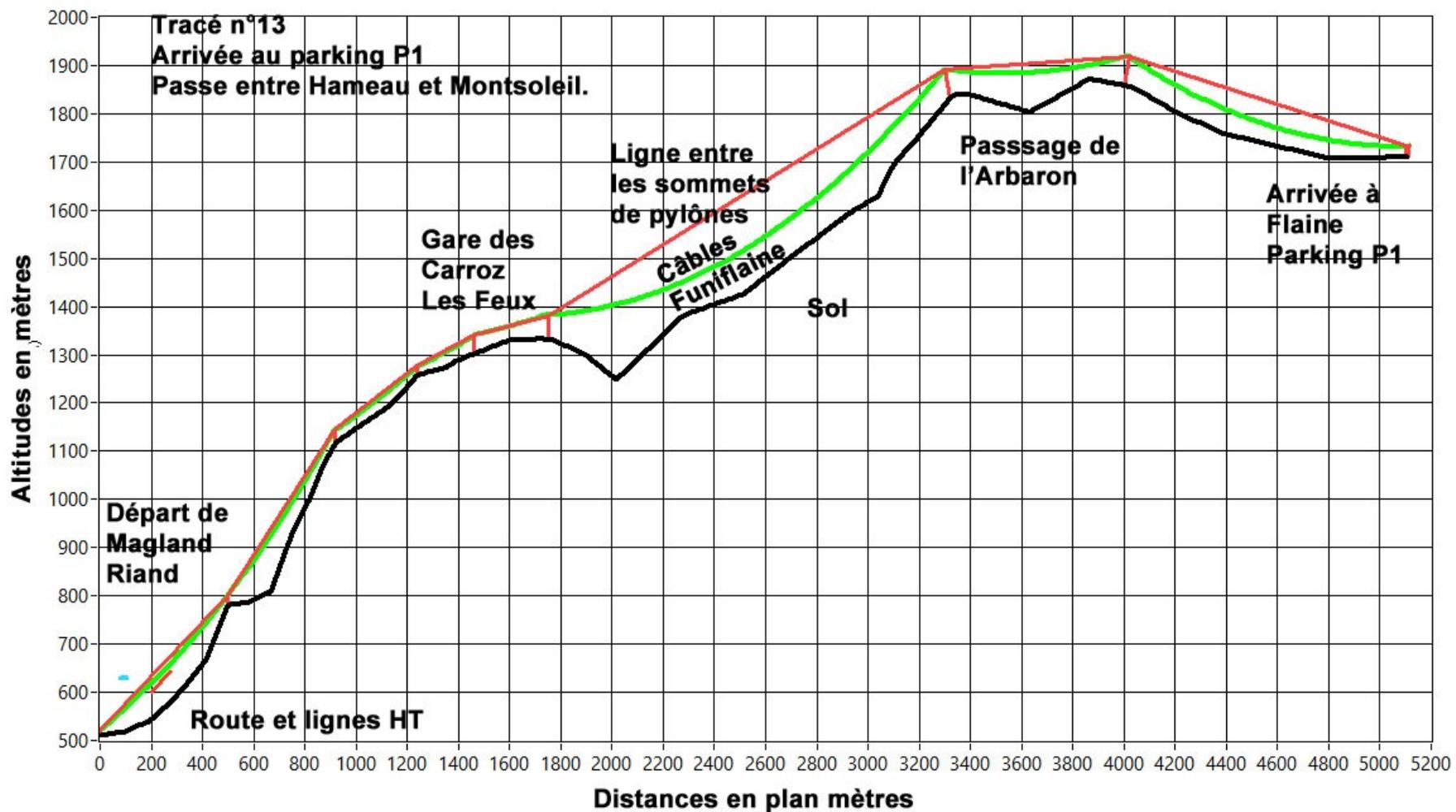
Le profil établi par la simulation est donné ci-après On voit 4 traits ou marques :

- noir: le relief du sol
- rouge : pylônes, et trait droit entre les sommets des pylônes Funiflaine ou HT
- vert : position du câble en charge maximale.
- bleu : proximité avec des lignes HT

Ce dimensionnement n'est peut-être pas optimal, il peut être plus intéressant d'ajouter des pylônes pour réduire les efforts dans les câbles porteurs et les pylônes.

Les forces indiquées lignes 5 à 9 sont à multiplier par 2 pour les pylônes car les chiffres ne concernent qu'un sens de liaison.

Tracé n°13 – Profil correspondant



6 - Dimensionnement des pylônes

La différence des composantes verticales de la force de tension des câbles de part et d'autre de chaque pylône donne la force verticale sur le pylône. La différence des composantes horizontales de part et d'autre de chaque pylône donne la force horizontale sur le pylône, qui peut être éventuellement compensée en l'inclinant. On voit sur les résultats de la simulation que les pylônes sont bien chargés.

On se place ici dans le cas du tracé n°13. Le pylône 6 est le plus chargé, avec un appui vertical de 154,8 kdaN (tonnes). L'effort horizontal de 36,3 kdaN sur le pylône 5 peut être compensé par une inclinaison longitudinale **de 10° environ**

7 - Analyse du roulement dans les virages sur un pylône et comparaison avec l'effet du vent

Il y a plusieurs impacts :

- le dimensionnement mécanique du pylône, pour reprendre les efforts transversaux,
- la gestion de l'inclinaison de la cabine, pour éviter un balancement,
- la stabilité du roulement, pour éviter un déraillement,
- le risque d'une usure excessive.

7-1-Evaluation de l'impact d'un virage sur les pylônes de l'Arbaron, avec le même profil en long.

On ne considère ici que les configurations symétriques, et les calculs sont effectués sur une seule moitié du pylône.

Les deux câbles induisent des tensions T qui sont en partie compensées par le pylône. En situation rectiligne, les tensions des deux câbles sont sur un même plan Rectiligne.

Les simulations fournissent la valeur des projections Horizontale Th et Verticale Tv de la tension T .

Avec un virage d'un angle A , la différence est que les tensions des câbles se trouvent dans des plans verticaux différents Virage1 et Virage2.

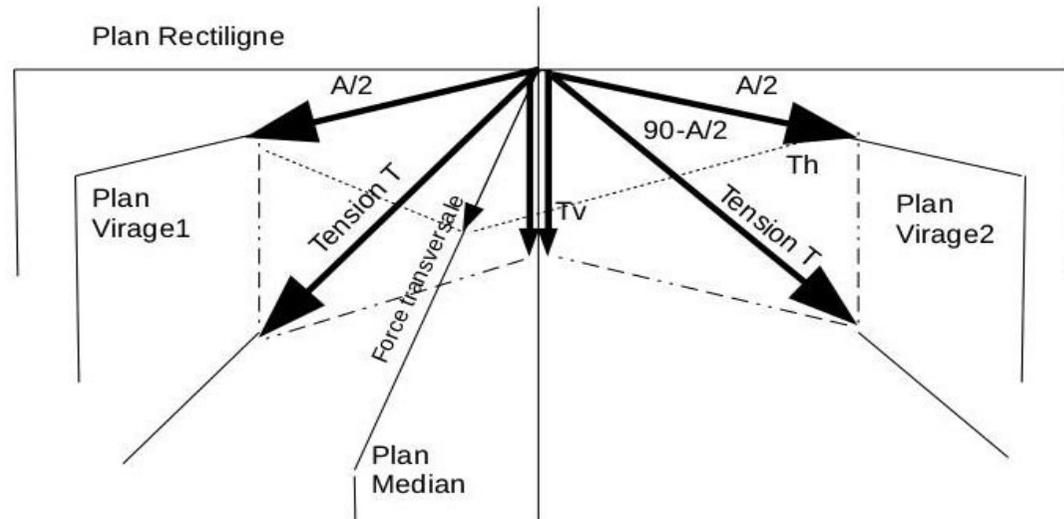
Nous définissons un plan médian M du virage, à un angle $90-A/2$ du plan rectiligne.

Pour connaître l'impact sur le pylône, les tensions Th doivent alors être projetées sur le plan Médian. L'angle est égal à $90-A/2$, et la valeur est donc égale à $Th \times \sin(A/2)$, ceci de chaque côté.

Si les tensions Th des deux cotés ne sont pas égales, le plan Médian n'est pas vertical, mais pour simplifier nous allons rester dans l'hypothèse de la symétrie. La valeur totale de la composante médiane de Th est égale à $2 \times Th \times \sin(A/2)$.

Il est représentatif de déterminer l'inclinaison nécessaire du pylône pour assurer l'équilibre des forces.

L'angle I (inclinaison transversale du pylône) est tel que $\text{tg}(I) = \text{rapport de la composante des forces horizontales et verticales dans le plan médian}$.



Composition des forces sur un pylône avec un virage.

Application. $T_h = 230 \text{ kdaN}$ et $T_v = 70 \text{ kdaN}$, valeurs proches des conditions des pylônes de l'Arbaron.

Angle	T_h	T_{hM}	T_v	T_{hM}/T_v	Inclinaison transversale I du pylône pour assurer l'équilibre des forces.
6,5°	230 kdaN	23 kdaN	70 kdaN	0,37	20,46°
11°	230 kdaN	44 kdaN	70 kdaN	0,63	32,17°
19	230 kdaN	75 kdaN	70 kdaN	1,07	47°
20	230 kdaN	79 kdaN	70 kdaN	1,13	48,4°

On voit qu'au-delà de 6 à 10°, il va y avoir une influence sur le dimensionnement mécanique du pylône, particulièrement si le pylône est haut. Cependant, la compensation des efforts transversaux n'est pas indispensable si la structure du pylône est dimensionnée pour cela. Il faut prendre en compte la masse du pylône, des dizaines de tonnes, et l'écartement de ses points d'appui.

Il est probable que l'ensemble du pylône ne serait pas incliné, ou très peu.

Le sabot ne devrait pas être plus long que pour les pylônes en ligne droite, mais il est plus compliqué à calculer et réaliser. En effet, il y aurait probablement une introduction progressive de la courbure (clothoïde), et un dévers introduit lui aussi progressivement. Le sabot n'est alors plus plan.

Sur un tracé à plusieurs points hauts, l'effort vertical (le poids du câble) est réparti, et on peut aussi répartir la courbure du virage entre les deux pylônes (si c'est compatible avec notre tracé).

Photos de pylônes du Penkenbahn (Doppelmayr)



Pylône avec virage. L'inclinaison latérale éventuelle n'est pas visible, alors que la ligne est comparable aux tronçons du Funiflaine (longueur 3km, dénivelé 1100m, 3 pylônes). La longueur du sabot est de 50m.



Pylône « normal » avec fort changement de pente. Ce pylônes est très massif.

Au passage d'un pylône avec virage, la cabine devra être un peu plus éloignée du pylône pour prendre en compte un balancement plus important.

7.2- Particularités du roulement d'une Télécabine 3S

Le chariot de TC 3S a une particularité, avec ses 4 roues de chaque côté sur chaque câble.

Lorsqu'il roule sur un câble en suspension, le câble a un profil concave (les roues centrales sont plus basses que les roues extrêmes).

Lorsqu'il roule sur un sabot, le profil est convexe.

Il y a donc une articulation du chariot, qui semble être réalisée par groupe de 2 roues du même côté (il n'y a pas de lien entre les roues gauches et droites).

Nous allons évaluer les conditions extrêmes du roulement, à partir de ces deux situations :

-Cas du roulage sur câble suspendu . Pour une charge de 6 tonnes, avec une tension totale de câble de 100 kdaN (probablement le minimum à envisager), l'angle des câbles entre les roues amont et aval est de $6/100=0,06$ rd soit $3,5^\circ$. Sur une longueur de 1m, cela représente un écart de hauteur de 6 cm.

-Cas du roulage sur sabot. On a une référence à des sabots de 50m de longueur, pour un changement d'angle de 45° . cela représente 25 mm.

Le cas du câble suspendu est le plus contraignant, et on doit avoir une latitude de quelques cm entre les différentes roues du chariot.

7.3-Gestion de l'inclinaison de la cabine en virage, en évitant un balancement,

La force centrifuge dans le virage doit être compensée par une inclinaison de la cabine pour le confort des passagers, et du chariot pour assurer le meilleur fonctionnement du roulement. Il faut assurer progressivement l'introduction et la sortie du virage, avec une courbe appelée « clothoïde », répartie sur 1 à 2 secondes de parcours en début et fin de virage,

Afin que les efforts sur les roues restent perpendiculaires à la direction des efforts, il faut créer un dévers, une inclinaison de la voie, de l'ordre de 1 ou 2° dans notre cas, un câble étant plus haut que l'autre de 2 à 3 cm.

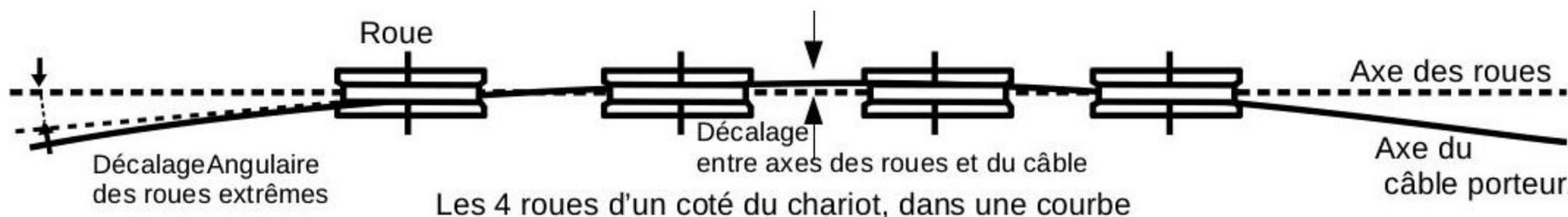
La progressivité de la courbe et du virage ne peut pas écarter tout risque de balancement, et il faut donc un amortissement du balancement résiduel. On ne sait pas si cela existe actuellement, le vent pouvant à l'évidence créer un certain balancement des cabines.

Nous n'avons pas d'élément détaillé sur la conception du chariot, en particulier s'il y a un degré de liberté en roulis, avec un amortisseur.

Nous allons examiner certains éléments de dimensionnement à prendre en compte.

Pour les deux angles de virages envisagés, 5,5° et 8,7°, évaluons sur un pylône avec un sabot de longueur 50m, l'accélération latérale et le mésalignement entre roues centrales et extrêmes.

Angle de virage	Accélération latérale à 8m/s, avec un sabot de 50m, prenant en compte une entrée et sortie progressive. Et force centrifuge pour une cabine de 6 tonnes (kdaN).		Angle de dévers	Décalage de hauteur entre les deux câbles porteurs écartés de 1m	Décalage en plan entre roues centrales et extrêmes mm	Ecart angulaire entre roues et câbles °.
5,5°	0,15 m/s ² (1,5 % de la pesanteur)	90 kdaN	0,9°	1,5 cm	1,2 mm	0,8°
6,5° (Penkenbahn)	0,19 m/s ² (1,9 % de la pesanteur)	114 kdaN	1,1°	1,9 cm	1,5 mm	1,1°
8,7°	0,25 m/s ² (2,5 % de la pesanteur)	150 kdaN	1,4°	2,5 cm	2 mm	1,4°



Les virages peuvent nécessiter un élargissement des roues (de leur partie intérieure), à moins que la résistance aux vents ou aux tolérances de réalisation rendent cela non nécessaire. Un graissage régulier des câbles porteurs dans les zones de virage peut aussi améliorer la situation (voir ci-dessous).

7.3- stabilité du roulement en virage, pour éviter un déraillement. risque d'une usure excessive.

Si la dynamique de la cabine n'est pas parfaite, il y aura des efforts et un frottement sur les flancs des roues à gorge utilisées sur le chariot, qui peuvent compromettre la stabilité, ou créer de l'usure des roues ou du câble.

Ce sont des phénomènes qui s'analysent et se modélisent.

On sait peu que le flanc intérieur des rails de chemins de fer doit être graissé régulièrement pour éviter l'usure du boudin (mentonnet) des roues. C'est le cas aussi bien sur les métros que sur les lignes à grande vitesse, en ligne droite (surtout dans les montées) et dans les courbes. Ainsi il arrive que l'interruption inopinée du graissage par des trains munis de graisseurs, par exemple lors de l'entretien de ces trains, provoque des dommages importants et même parfois des déraillements.

Nous ne savons pas s'il en est de même sur les lignes de TC 3S, le roulement rectiligne sur câble, la faible vitesse et l'absence d'effort de propulsion sur les roues étant très favorables, mais une bonne réalisation des virages, facilitée par la faible vitesse (mais un faible diamètre des roues est défavorable sur certains points) doit permettre d'assurer un bon fonctionnement.

Comparaison des perturbations du roulement dues aux virages et celles dues au vent.

Le TC 3S est connu pour une résistance aux vents extrêmes de 120 km/h environ. On envisage aussi un vent plus courants, de l'ordre de 60 km/h.

On considère une surface latérale de la cabine de 15 m², avec un coefficient de pénétration dans l'air de 1 (la cabine n'est pas très aérodynamique), et à l'altitude de 1000m (densité de l'air 0,9 kg/m³).

Vitesse du vent km/h	Effort aérodynamique transversal sur une cabine daN	A comparer à la force centrifuge : 90 kdaN pour un virage de 5,5° et 150 kdaN pour 8,7°. On a en virage des efforts 6 à 8 fois plus faibles que l'influence d'un vent exceptionnel de 120 km/h, et environ à la moitié de celle d'un vent de 60 km/h, avec en plus une situation déterministe reproductible, et un dévers optimal.
120 km/h	750 daN	
60 km/h	190 daN	

Donc, si le 3S a bien la résistance au vent qui est mise en avant, les virages ne doivent pas poser de problème de stabilité ou d'usure.

Pour éviter de cumuler les deux phénomènes, il faudra réduire la vitesse des cabines, par exemple à 5 m/s, si la vitesse du vent dépasse 60 km/h, la force centrifuge sera alors négligeable devant la force du vent, et il est probable qu'une disposition de ce genre existe déjà.

8- Conclusion

Nous avons passé en revue les critères de dimensionnement possibles pour une ligne Funiflaine. Nous n'avons pas tous les éléments que nous souhaiterions, certains sont obtenus de façon indirecte, par exemple les caractéristiques de câbles qui doivent se négocier avec les fournisseurs, mais nous pensons que l'ensemble des choix constitue des critères de dimensionnement crédibles.

Les virages en ligne sont un point controversé. Nous n'avons pas les éléments techniques permettant de justifier le bon roulement du chariot dans les virages, mais le vent a exactement le même effet sur le roulement du chariot avec des efforts bien supérieurs, alors que pour le passage des virages on peut optimiser le sabot (clothoïde, dévers). Notre curiosité restons insatisfaite sur ce point, mais nous estimons qu'il n'y a pas aucun problème technique à utiliser des virages.

Les dispositions constructives décrites plus haut sur les sabots des pylônes (clothoïde, dévers) sont toujours souhaitables sinon nécessaires pour le confort des passagers.

Dans le contexte d'application des virages en urbain du transport par câble, nous pensons que cela doit se développer, et que les constructeurs devraient être motivés à le développer sur le projet Funiflaine, en prenant certains coûts à leur charge, et que cela peut être intéressant si le Syndicat préfère une arrivée sur le parking P1 qui est de toute façon plus coûteuse.