

ETUDE D'UNE TELECABINE A STABILITE ACCRUE : LE FUNITEL



Une télécabine est un système de transport de personnes permettant un changement d'altitude important dans une zone d'accès difficile, généralement en montagne. Le dossier de présentation de l'ensemble du dispositif sous forme d'une description fonctionnelle basée sur l'outil FAST structure la description du fonctionnement et des documents sur la télécabine Funitel. Un examen d'ensemble de ces documents est indispensable avant d'aborder le sujet. Cependant pour chaque question les documents nécessaires sont rappelés. Le tableau ci-dessous précise les données caractéristiques de l'installation :

Extrait du cahier des charges		Autres caractéristiques techniques	
Nombre de cabines	21	Masse d'une cabine vide	$M_c = 2500 \text{ kg}$
Nombre maxi de cabines en montée	8	Surface latérale d'une cabine	$S_l = 10 \text{ m}^2$
Nombre maxi de cabines en descente	8	Surface frontale d'une cabine	$S_f = 7,1 \text{ m}^2$
Nombre maxi de passagers par cabine et masse des passagers	26 $M_p = 2080 \text{ kg}$	Masse linéique du câble	$\mu = 8,47 \text{ kg/m}$
Vitesse nominale de défilement du câble (identique en tous points de la ligne)	$V = 7,2 \text{ m/s}$	Nombre de pylônes	9
Fréquence de rotation nominale du moteur d'entraînement	$N = 1700 \text{ tr/min}$	Diamètre d'une poulie motrice :	$D_p = 4 \text{ m}$
Longueur de la ligne	$L = 1669 \text{ m}$	Inertie* de l'ensemble de la motorisation ramenée sur l'axe des poulies motrices	$I_M = 575.10^3 \text{ m}^2.\text{kg}$
Dénivelé	$h = 510 \text{ m}$		

Inertie* : Cette inertie tient compte de l'inertie du moteur et du réducteur et de deux volants d'inertie de diamètre 870 mm et d'épaisseur 200 mm.

Hypothèse : compte tenu des masses des éléments du système, l'inertie de l'ensemble des poulies est négligeable pour cette étude.

INTERET DE LA SOLUTION FUNITEL

Dans cette architecture particulière les cabines reposent sur deux brins de câble porteur et tracteur distants de 3.2m. On se propose de montrer l'intérêt de cette solution par rapport à la solution classique dans laquelle les cabines sont accrochées à un seul câble porteur et tracteur. Pour cela on va comparer le comportement des cabines vides de passagers arrêtées et soumises uniquement à l'effet d'un vent latéral.

L'action du vent sur la surface latérale d'une cabine est modélisable par une pression uniforme p :

- $p = 1/2 \rho V_a^2$ avec p en pascal
- ρ : masse volumique de l'air = 1.3 kg/m^3 ,
- V_a module de la vitesse relative de l'air par rapport à la cabine en m/s

Compte tenu de la longueur des portées, la raideur en torsion d'un brin de câble est négligeable.

Q1. A partir du modèle donné sur la feuille réponse **déterminer** l'inclinaison γ d'une cabine «classique» à la position d'équilibre atteinte sous l'action d'un vent latéral constant de 30 m/s. (108 Km/h)

Q2. Sous l'action d'une rafale de vent (échelon de vent de 0 à 30 m/s) la position d'équilibre ci dessus ne sera atteinte qu'au bout d'un temps assez long compte tenu du très faible coefficient d'amortissement visqueux. En considérant cet amortissement visqueux nul, et à partir de la connaissance de la réponse d'un système du second ordre à une sollicitation en échelon, **donner sans calculs** en fonction de γ , défini en Q-1, l'amplitude maxi du mouvement d'oscillation d'une cabine classique soumise à une rafale de vent de 30 m/s.

Q3. Pour la cabine du FUNITEL (voir Fig. 4) et par rapport à une situation sans vent, **déterminer** aux appuis A et B sur les deux brins de câble, **la variation des composantes verticales** des actions des brins sur la cabine, due à un vent latéral de 30 m/s.

Compte tenu de la tension des brins de l'ordre de 300 000 N cette variation de charge n'entraîne pas de variation significative de flèche du câble, l'inclinaison de la cabine n'est donc pas affectée par un vent latéral.

EVALUATION DE LA PUISSANCE NECESSAIRE A L'INSTALLATION

Afin de procéder à une évaluation de la puissance nécessaire à l'entraînement du câble, on prend comme modèle une ligne rectiligne supportée par 9 pylônes (voir Fig. 1 Ligne totale).

Le guidage des brins de câble est réalisé par des palonniers à galets fixés sur les pylônes pour lesquels le contact peut être modélisé par un appui avec frottement sec de coefficient de frottement $f = 0,03$. Cette donnée, associée à un calcul numérique des actions de contact des brins de câble sur les palonniers, a permis une estimation à 400 KW des pertes par frottement au niveau de ces palonniers (puissance galiléenne des actions des palonniers sur les brins de câble) dans la situation étudiée ci dessous. L'action du vent sur une face d'une cabine est modélisable conformément à la question I.

On étudie la situation suivante (qui correspond au cas le plus défavorable) :

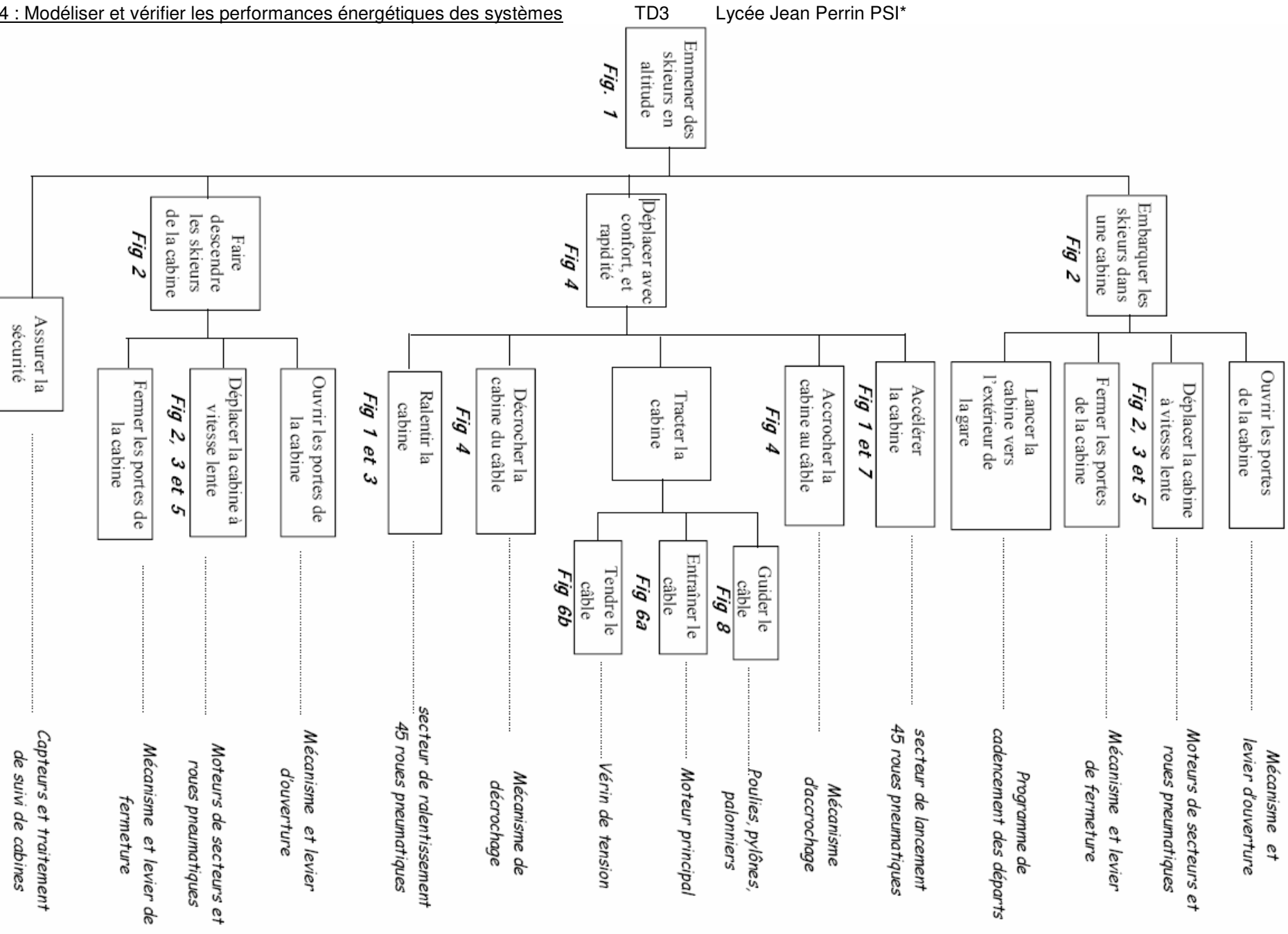
Redémarrage de l'installation après un incident avec une accélération de 0.15 m/s^2 . On se place à l'instant où la vitesse de 7.2m/s va être atteinte, 8 cabines chargées de passagers sont en montée, 8 cabines vides sont en descente et un vent de vitesse $V_e = 30 \text{ m/s}$ souffle parallèlement à la ligne dans le sens de la descente.

q4. **Déterminer** l'énergie cinétique galiléenne, notée E_{c_T} , des 4 brins de câble, de l'ensemble des cabines sur la ligne et de la motorisation, en fonction de M_c , M_p , μ , L , V , D_p et I_M . L'application numérique donne : $E_{c_T} = 6.7 \cdot 10^6 \text{ J}$ soit $E_{c_T} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ V}^2$ en fonction de la vitesse du vent, pour la situation étudiée en négligeant la longueur de câble dans les gares.

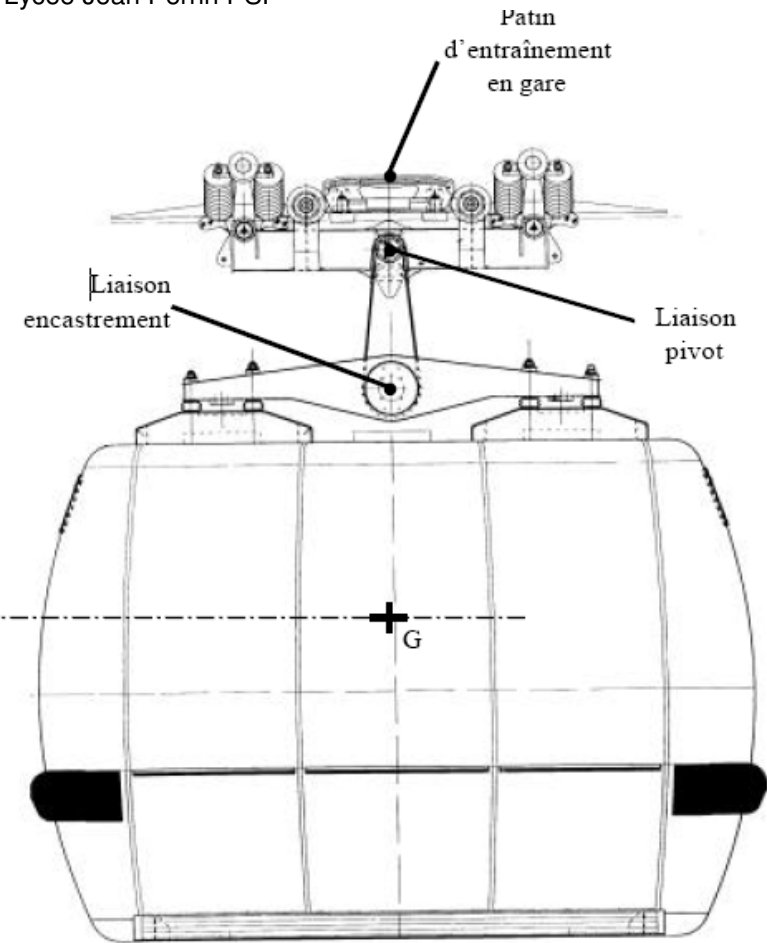
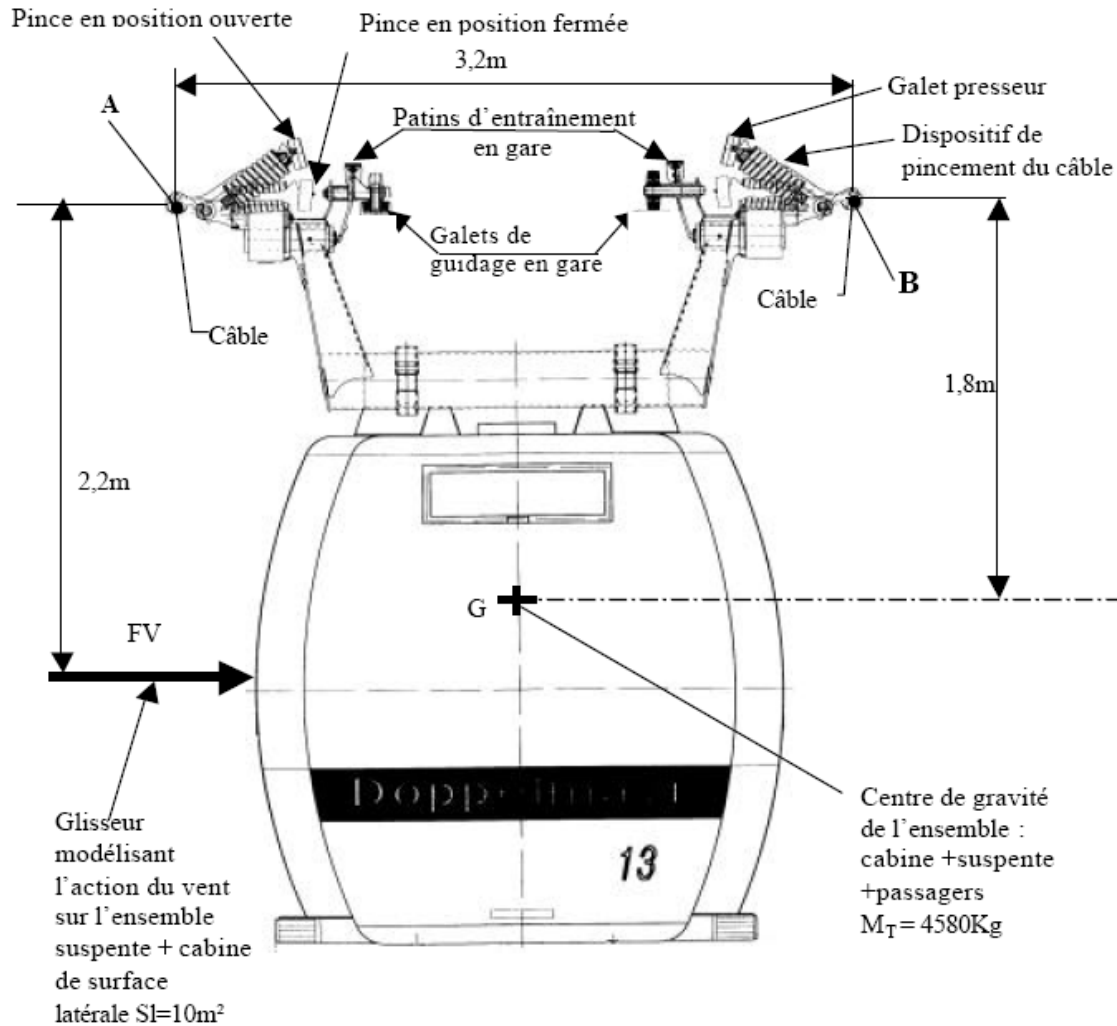
q5. **Déterminer** la puissance galiléenne des actions de pesanteur sur l'installation en fonction de M_p , V , h , g et L . L'application numérique donne $P_p = - 3.6 \cdot 10^5 \text{ W}$ pour la situation étudiée.

q6. Après avoir évalué la vitesse relative et l'action du vent sur une cabine en montée et une cabine en descente, **déterminer** la puissance galiléenne des actions du vent sur l'ensemble des cabines en fonction de ρ , S_f , V , V_e et $\alpha = \arcsin(h/L)$. L'application numérique donne $P_v = - 2.2 \cdot 10^5 \text{ W}$ pour la situation étudiée.

En déduire une estimation de la puissance galiléenne nécessaire pour l'entraînement de la ligne entre les gares dans la situation étudiée. La puissance effectivement installée par le constructeur est de 1560 kW, **commentez** vos résultats par rapport à cette valeur.



ORGANISATION FONCTIONNELLE DU FUNICEL



Fonctionnement du dispositif de pincement du câble : lors de l'entrée /sortie des cabines des gares, une rampe vient agir sur les galets presseurs, provoquant l'ouverture des pinces nécessaire à la libération ou la préhension des brins de câble. Sur le dessin ci dessus les galets presseurs sont représentés dans les deux positions correspondant aux pinces ouvertes et fermées. Les ressorts assurent l'effort de serrage des pinces.

Fig. 4 : Cabine du Funitel

Document réponse

1-

