

**ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,  
ECOLES NATIONALES SUPERIEURES DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE,  
DE TECHNIQUES AVANCEES, DES TELECOMMUNICATIONS,  
DES MINES DE PARIS, DES MINES DE SAINT ETIENNE, DES MINES DE NANCY,  
DES TELECOMMUNICATIONS DE BRETAGNE,  
ECOLE POLYTECHNIQUE (FILIERE T.SI.),  
CONCOURS D'ADMISSION 2003  
EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES  
FILIERE MP  
(Durée de l'épreuve : 3 heures)**

*Cet énoncé comporte 8 pages de texte numérotées de 1 à 8 et un dossier de présentation de 9 pages (un diagramme FAST et huit figures numérotées). Le travail doit être reporté sur le document réponse de 8 pages distribué avec l'énoncé. Pour valider ce document réponse, chaque candidat doit obligatoirement y inscrire à l'encre, à l'intérieur du rectangle d'anonymat situé en première page, ses nom, prénoms (souligner le prénom usuel), numéro d'inscription et signature, avant même de commencer l'épreuve. Il est conseillé de lire rapidement la totalité du sujet avant de commencer l'épreuve. Un seul document réponse est fourni au candidat. Le renouvellement de ce document en cours d'épreuve est interdit.*

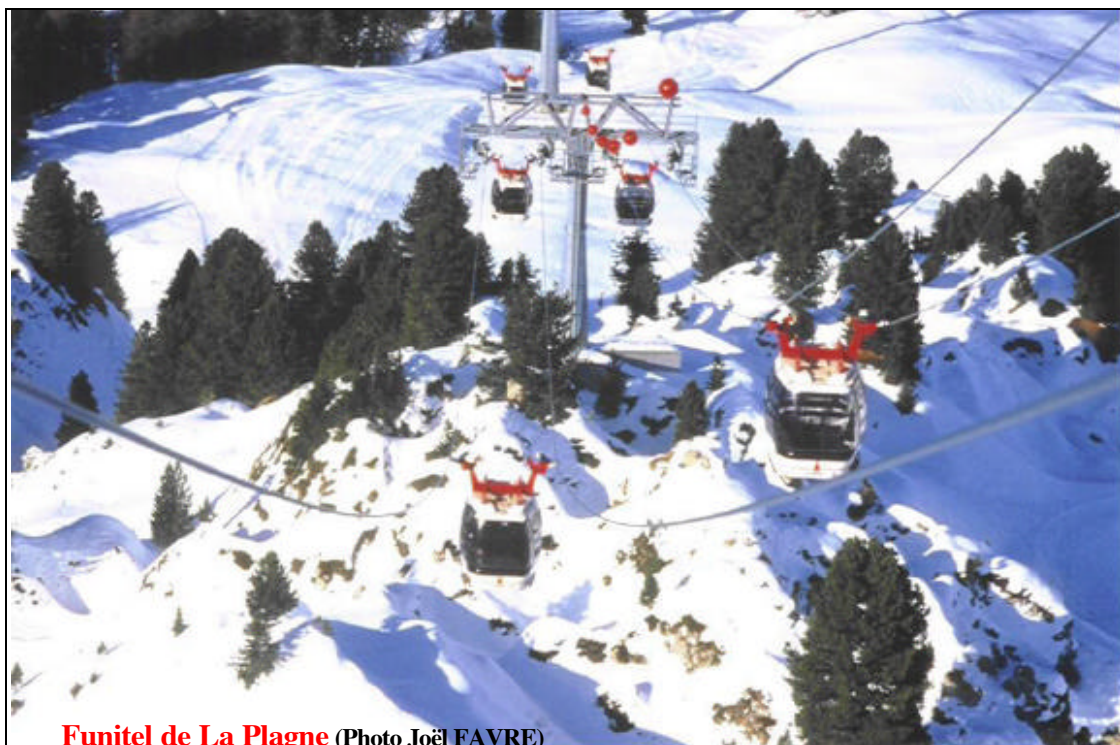
*Les questions sont organisées suivant une progression logique caractéristique de la discipline. Toutefois les parties peuvent être abordées indépendamment les unes des autres.*

*La rédaction des réponses sera la plus concise possible : on évitera de trop long développements de calcul en laissant subsister les articulations du raisonnement (la taille des zones réservés aux réponses n'est pas représentative de la longueur des réponses attendues).*

*Si au cours de l'épreuve, le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en notant et expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.*

## **ETUDE D'UNE TELECABINE A STABILITE ACCRUE : LE FUNITEL**

***En cours de sujet les candidats seront amenés à faire des hypothèses et des approximations. Ces initiatives, attendues des candidats, font partie de la démarche de l'ingénieur et seront clairement indiquées sur la copie.***



**Funitel de La Plagne** (Photo Joël FAVRE)

## 02 – SI - MP

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	$I_M = 575 \cdot 10^3 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$
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.

## I - INTERÊT 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  $p$  :

$$p = 1/2 \rho V_a^2 \text{ avec } p \text{ en pascal}$$

$$\rho : \text{masse volumique de l'air} = 1.3 \text{ kg/m}^3,$$

$$V_a \text{ module de la vitesse relative de l'air par rapport à la cabine en m/s}$$

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

**QUESTIONS**

*Document à consulter : Fig. 4 Cabine Funitel et document réponse*

**Q-1** A partir du modèle donné sur la feuille réponse **déterminer** l'inclinaison  $\gamma$  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)

**Q-2** 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  $\gamma$ , 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.

**Q-3** 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.

## II - 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  $0.15\text{m/s}^2$ . On se place à l'instant où la vitesse de  $7.2\text{m/s}$  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.

**QUESTIONS**

*Documents à consulter : Fig. 1 Ligne totale et tableau des caractéristiques de la page 2*

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

02 – SI - MP

**Q-5 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.

**Q-6** 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  $\rho$ ,  $S_f$ ,  $V$ ,  $V_c$  et  $\alpha = \arcsin(h/L)$ . L'application numérique donne  $P_v = - 2.2 \cdot 10^5 \text{ W}$  pour la situation étudiée.

**Q-7 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.

### III - ETUDE DE LA SORTIE DE GARE D'UNE CABINE

Sur la ligne, les cabines se déplacent à  $V = 7.2\text{m/s}$ . En gare, pour permettre l'embarquement et le débarquement des passagers, la vitesse maximum de la cabine doit être de  $v_0 = 0.3\text{m/s}$ .

Lors de leur circulation en gare les cabines sont donc libérées des brins de câble, supportées et guidées par 4 galets sur deux rails parallèles. Elles sont entraînées par des trains de pneus constitués de roues de 400 mm de diamètre, d'axe fixe, qui roulent sur un patin lié à la suspente articulée de la cabine. Voir photo *Fig. 3 : Photo Gare* et dessin *Fig. 4 : Cabine* et le document *Fig. 7 : Zone de lancement*

La circulation des cabines en gare se fait en plusieurs secteurs selon un trajet en U. voir dessin *Fig. 2 : schéma Gare*.

Dans une première analyse on envisagera une accélération constante des cabines de  $a=1.3\text{m/s}^2$ .

La zone rectiligne de lancement (secteur F) comporte 45 roues pneumatiques. Les roues du train de pneus sont reliées cinématiquement par des poulies-courroies qui assurent des rapports de réduction «  $k_i$  » entre deux roues successives (voir dessin *Fig. 7a : lanceur*)

L'entraînement de la roue la plus rapide (celle située en sortie de gare, roue n°45) est réalisé par la « poulie de guidage-déviator » du brin de câble en sortie de gare, à travers une chaîne cinématique (voir *Fig. 3 : Photo Gare* et *Fig. 1 Ligne totale*).

Cette chaîne cinématique est constituée d'un mécanisme poulie-courroie et d'un multiplicateur de vitesse dont l'arbre d'entrée est directement entraîné par l'axe de la poulie de guidage-déviator.

Cette poulie a un diamètre de 4m. On notera  $K$  le rapport de multiplication de cette chaîne cinématique :  $K = \omega_{\text{roue rapide 45}} / \omega_{\text{poulie de guidage déviator}}$

La zone de freinage (secteur A) est symétrique de la zone de lancement.

### QUESTIONS

*Document à consulter : Fig. 2 : schéma Gare, Fig. 3 : Photo Gare, Fig. 4 Cabine et document, Fig. 7 : Zone de lancement.*

**Q-8 Quelle est alors la durée  $t$  de la phase d'accélération ? Exprimer** la longueur «  $x$  » (en mètre) de la zone rectiligne en fonction de  $a$ ,  $v_0$ ,  $t$  et  $V$ . Pour que l'accélération de  $1.3\text{m/s}^2$  permette le lancement des cabines de  $v_0 = 0.3 \text{ m/s}$  à  $V = 7.2 \text{ m/s}$ , l'application numérique donne environ :  $x = 20 \text{ m}$ .

02 – SI - MP

La figure *Fig. 7b* : *vitesse de translation de la cabine en fonction de sa position* représente le tracé de l'expression vitesse de translation de la cabine pour les valeurs  $v_0 = 0.3\text{m/s}$  et  $a = 1.3\text{m/s}^2$ .

**Q-9** Utiliser ce tracé **pour déterminer** la fréquence de rotation de la roue N°3 située à  $x = 0.90\text{m}$  et de la roue n°4 située à «  $x$  » =  $1.36\text{m}$  (*Fig. 7a* : *lanceur*). **En déduire** le rapport de multiplication  $k_3 = \omega_{\text{roue 4}} / \omega_{\text{roue 3}}$

**Q-10 Représenter** sur les 3 roues pneumatiques successives, les poulies-courroies permettant leur entraînement (seule une réponse qualitative est demandée).

**Q-11 Quelle est la valeur du rapport K** permettant un accrochage sans choc des cabines sur les brins de câble en quittant l'entraînement par le train de pneus.

## IV – GESTION DU FLUX DE CABINES DANS LES GARES

La figure : *Fig. 2 : Schéma Gare* présente la décomposition en six secteurs du chemin d'une cabine dans la gare. En fonctionnement « normal » les cabines sont régulièrement espacées sur l'ensemble du Funitel afin d'assurer un débit stable de skieurs.

Les objectifs de la gestion du déplacement des cabines en gare sont les suivants :

- Assurer la sécurité des passagers par le suivi permanent des cabines en gare ;
- Eviter les collisions entre cabines ;
- Lancer les cabines sur câbles pour assurer un espacement régulier.

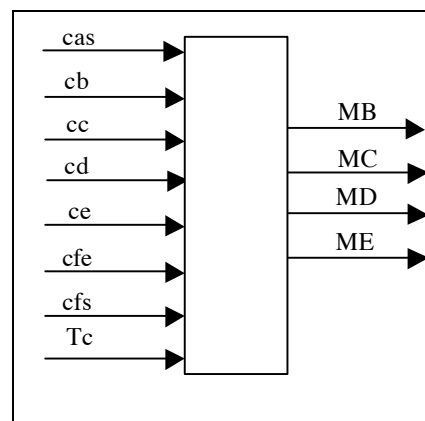
Les cabines arrivent à l'entrée de la gare liées aux brins de câbles à la vitesse nominale de  $7.2\text{m/s}$ , sur le secteur A (*Fig. 3 : Photo Gare*) elles se libèrent des câbles et ralentissent pour atteindre la vitesse de  $0.3\text{m/s}$  en sortie de ce secteur.

Dans le secteur F les cabines sont accélérées jusqu'à la vitesse de  $7.2\text{ m/s}$  et se lient aux brins de câble en sortie de gare.

Les entrées et sorties de la commande déplacement des cabines en B, C, D et E sont définies sur le bloc ci-contre :

Les entrées sont :

- cas : cabine en sortie du secteur A
- ci (cb, cc, cd, ce) : cabine dans le secteur i ;
- cfe : cabine en entrée du secteur F ;
- cfs : cabine en sortie du secteur F ;
- Tc : temps de cadencement (espacement exprimé en seconde entre deux cabines en ligne en fonctionnement normal). Tc, fixée par l'opérateur, dépend du nombre de cabines et de la vitesse de consigne ;  $[Tc > DT]$  (durée minimale de transit d'une cabine dans un secteur]



Les sorties sont les commandes des moteurs

- $M_j$  : (MB, MC, MD et ME) commande des moteurs de secteurs. (le moteur  $M_j$  engage la cabine dans le secteur  $j+1$ )

Un premier schéma de commande PC1 *Fig. 5 Cadencement* est proposé. Il gère les collisions entre cabines en gare mais pas le lancement régulièrement espacé des cabines. A partir de l'analyse de ce schéma de commande on fera évoluer la solution vers une commande améliorée.

02 – SI - MP  
**QUESTIONS**

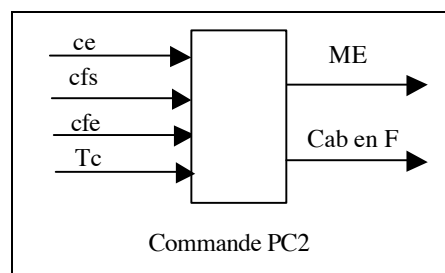
Document à consulter : Fig. 2 : Schéma Gare, et Fig. 5 Cadencement

**Q-12** Le fonctionnement de la gare est assuré par le schéma de commande PC1. On considère que lorsque le moteur  $i$  tourne la durée de transit d'une cabine dans un secteur  $i$  est de  $DT$ . **Compléter** le document réponse en plaçant des croix dans les secteurs occupés aux dates définies dans le cas où aucune nouvelle cabine n'arrive en gare, **préciser** la nature (séquentielle ou combinatoire) de la commande PC1. A quelle date la gare sera vide ? **Quels sont** les inconvénients de PC1 (élémentaire) sur la commande des moteurs ?

En fait le moteur ME sert aussi de « cadenceur », c'est-à-dire qu'il assure le lancement à intervalle régulier des cabines sur le parcours (l'entraînement des roues dans les secteurs A et F est considéré comme constant : pas d'arrêt du câble). La commande du moteur ME doit donc être modifiée selon le schéma ci-contre.

Les fonctions à assurer par cette commande de ME sont donc :

- vérifier que la cabine ne s'est pas arrêtée dans le secteur F (ne pas lancer de nouvelle cabine dans ce cas) et élaborer pour la visualisation sur le pupitre la sortie : « Cab en F » : présence d'une cabine dans le secteur F ;
- imposer le temps de cadencement (c'est-à-dire la durée d'espacement  $T_c$  secondes entre deux cabines).



**Q-13.**Après avoir **précisé la nature** (séquentielle ou combinatoire) de la commande PC2 à concevoir. **Décrire** par un moyen de votre choix l'expression de ME (équations logiques, mémoires, logigrammes, GRAFCET, etc.). Le candidat pourra fabriquer l'information « Cab en F » puis gérer le cadencement ou proposer une solution globale aux deux exigences.

## V – CONTROLE DE LA VITESSE DE DEPLACEMENT ENTRE GARES

La vitesse de déplacement des cabines est une des caractéristiques principales du fonctionnement du Funitel.

L'étude proposée ici modélise les variations de comportement de l'installation autour d'un fonctionnement à la vitesse nominale de 7,2 m/s.

On analyse donc les variations des efforts dus au vent relatif (vent soufflant parallèlement à la ligne dans le sens de la descente).

La charge considérée correspond à 8 cabines pleines à la montée et 8 cabines vides à la descente.

La commande de vitesse est asservie afin d'obtenir les performances définies dans le cahier des charges suivant :

- stabilité avec une marge de gain de 5 dB et une marge de phase de  $45^\circ$  ;
- erreur statique inférieure à 2% ;
- variation du courant moteur inférieure à  $2.5 I_{nom}$
- tension moteur inférieure à  $2 U_{nom}$ .

Les objectifs de l'étude sont :

- proposer un modèle de calcul du comportement ;
- évaluer les performances de précision et de rapidité ;
- choisir un correcteur améliorant ces performances.

## 02 – SI - MP

Le moteur d'entraînement est à courant continu de forte puissance, commandé par l'induit

- de résistance d'induit  $R = 0.099 \Omega$  ;
- de courant nominal  $I_{nom} = 1400 \text{ A}$  ;
- de constante de couple  $k_c = 2.5 \text{ N.m/A}$  ;
- de fréquence de rotation nominale  $N = 1700 \text{ tr/min}$  ;
- d'inductance d'induit :  $L = 0.115 \text{ mH}$  ;
- de tension nominale  $U_{nom} = 300 \text{ V}$  ;
- de constante de vitesse  $k_v = 2.5 \text{ V/(rd/s)}$  ;

Rappel : les équations électriques générales du moteur à courant continu sont :

$$[u = e + R \cdot I + L \cdot \frac{dI(t)}{dt}] \quad ; \quad [e = k_v \cdot \omega] \quad ; \quad [c_m = k_c \cdot I]$$

L'entraînement du câble par le moteur est réalisé en passant par un réducteur dont la sortie assure la rotation d'une poulie de diamètre 4 m sur laquelle s'enroule le câble. Le rapport de réduction est tel que lorsque les cabines se déplacent à la vitesse normale de 7.2 m/s, le moteur tourne à sa fréquence de rotation nominale.

Le capteur de fréquence de rotation est installé au niveau de l'axe de rotation de la dernière roue du secteur F (roue n°45 de diamètre 400 mm) (voir *Fig. 2 : Schéma Gare* et *Fig. 1 Ligne totale*).

Ce capteur (génératrice tachymétrique) délivre donc une tension proportionnelle à la fréquence de rotation de la poulie de coefficient :  $GT = 0.3 \text{ V/(rd/s)}$ .

On considère pour cette modélisation que les efforts dus aux frottements engendrés par les mouvements du câble et des poulies sont négligés.

## QUESTIONS

*Document à consulter : Fig. 2 : Schéma Gare, et Fig. 1 Ligne totale*

**Q.14** Après avoir déterminé  $k = \frac{\dot{u}_{\text{pouliemotrice}}}{\dot{u}_{\text{moteur}}}$  en fonction de  $V$ ,  $D_p$  et  $N$  et en reprenant les résultats de la question **Q.4** ou par calcul direct **donner l'expression** du moment d'inertie total ramené à l'arbre du moteur :  $J_{eq}$  ; **mettre cette inertie** sous la forme de  $J_{eq} = J_m + J_r$  dans laquelle  $J_m$  est fonction de  $I_M$  et de  $k$  et  $J_r$  est fonction de  $\mu$ ,  $L$ ,  $M_c$ ,  $D_p$  et de  $k$  ; dans laquelle  $J_m$  inclut l'inertie de la motorisation,  $J_r$  est l'inertie due aux masses des cabines et du câble (Rappel : on néglige les inerties des poulies).  
L'application numérique donne  **$J_{eq} = 420 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$**  ; **en déduire** la valeur du bloc B2 du document réponse.

**Q.15** **Déterminer** alors les expressions littérales des blocs  $B_2$  à  $B_7$ ,  $B'_1$ ,  $B''_1$  et A de la figure Q-15 page (5/8) ; étude sans perturbations.

Pour la suite : la seule perturbation prise en compte est celle due au vent  $V_e(t)$  considéré comme s'opposant au mouvement de montée des cabines.

**Q.16** A partir des résultats de la question **Q.6** **écrire l'expression du couple** résistant dû au vent ramené sur l'arbre moteur :  $C_{rv}(t) = f(V_e, V, \rho, S_f, D_p, k \text{ et } \alpha = \arcsin(h/L))$ .  
**Montrer que** cette fonction est non-linéaire. En considérant comme constante la variable  $V$ , qui varie le moins, **donner une expression** approchée linéaire de  $C_{rv}(t)$  puis **installer sur le schéma bloc** : figure Q-16 (page6/8), la modélisation correspondante, linéaire, de l'influence du vent sur la commande en vitesse des cabines.

Le schéma ainsi conçu est étudié avec un correcteur  $C(p) = C1(p)$

L'entrée de consigne retenue est :  $\text{cons}V(t) = 7.2 \cdot u(t)$  [ $u(t) = 1$  si  $t > 0$  ;  $u(t) = 0$  si  $t < 0$ ]

02 – SI - MP

La perturbation est définie par  $V_e(t) = 11.u(t-20)$ .

Les courbes fournies, (page 7/8 du document réponse) donnent les évolutions de  $V(t)$  vitesse de déplacement des cabines, de  $I_{mot}(t)$  courant moteur, de  $U_{mot}(t)$  tension d'alimentation du moteur et le diagramme de BODE de la fonction de transfert en boucle ouverte correspondante.

**C1(p) = KP = 300**

**Q.17** Au regard des performances attendues de cette commande, **analyser** le comportement du système ainsi réglé. Pour cela : **donner** la position de chaque performance par rapport à la limite du cahier des charges, **tracer** sur chaque diagramme (en couleur rouge) les limites que vous avez définies et **compléter** le tableau avec les valeurs relevées.

**Préciser** par un calcul simple l'expression de  $U_{mot}$  pour une sollicitation en échelon lorsque  $t$  tend vers zéro (par valeur positive) en fonction de la hauteur de l'échelon d'entrée (7,2 V), de KP et des constantes caractéristiques du schéma.

**Etudier l'influence** de deux variations possibles de KP (augmentation ou diminution) sur les critères du cahier des charges. Pour cela **compléter le tableau à l'aide de flèches** indiquant le sens de variation.

**Est-il possible** de satisfaire complètement ce cahier des charges avec ce correcteur ?

**Q.18** Quel **type de correcteur apporterait** une meilleure correction pour cette commande de vitesse ? En considérant une commande correctement réglée **justifier** l'intérêt d'asservir cette commande.

## VI ORGANISATION DU CABLE

Le Funitel présente la caractéristique d'être installé avec un câble unique qui forme une boucle fermée par une épissure (raccord entre deux brins de câble). La *Fig. 8 passage du câble* présente une vue schématisée de la ligne totale qui correspond à la *Fig.1 : Ligne totale* appelée vue en élévation, et aussi une vue de dessus sans le câble qui comprend la zone d'implantation des poulies aval (à définir) et les quatre poulies amont déjà mises en position.

Les photos de la *Fig. 6 : entraînement et tension du câble* montrent des vues commentées des zones de poulies amont et aval.

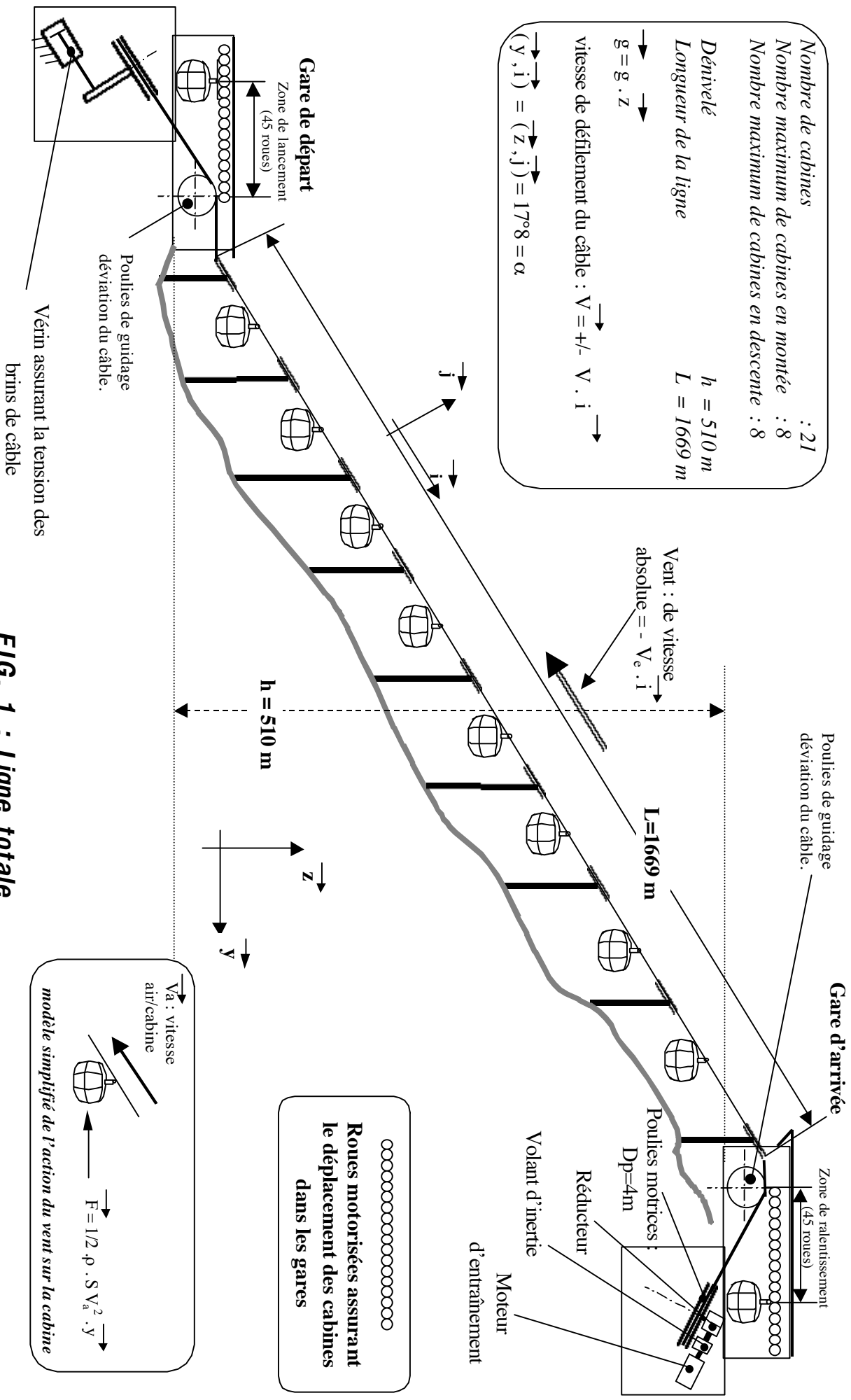
### QUESTIONS

*Document à consulter : Fig. 1 Ligne totale, Fig. 6 : entraînement et tension du câble et Fig. 8 passage du câble*

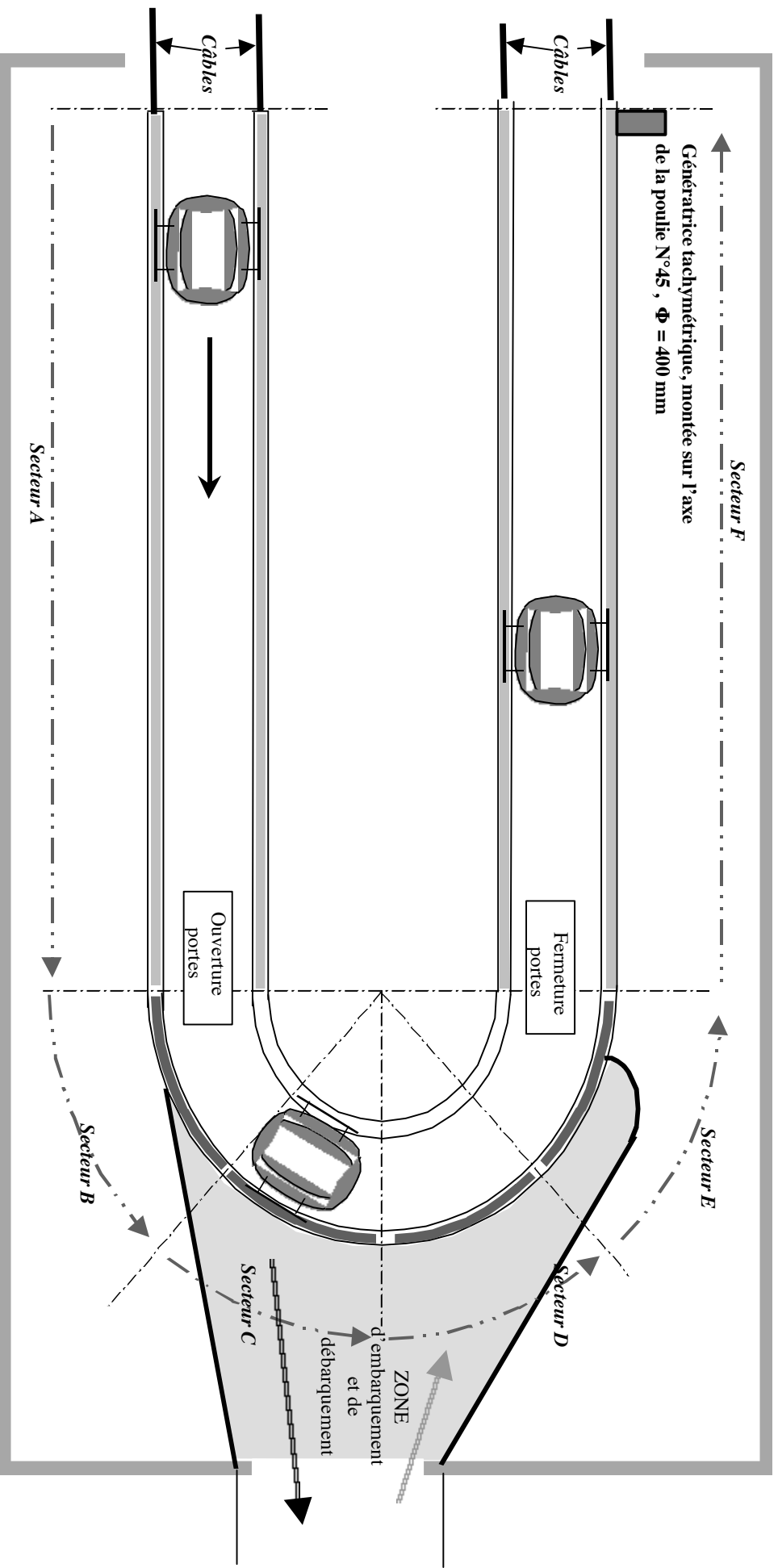
**Q.19** A partir de la *Fig. 6 b installer*, dans la zone poulies aval, les poulies repérées. **Représenter, en bleu ou en noir**, toutes les poulies avec le même diamètre apparent (prendre pour modèle les poulies amont). **Respecter** avec précision les positions relatives des poulies et des brins (le diamètre de 4 m d'une poulie correspond à l'écartement des brins intérieurs).

En respectant les règles de tracé définies sur la *Fig. 8 passage du câble*, **tracer, en rouge ou vert**, le passage du câble unique maintenu par les poulies amont données et aval définies à la question précédente.



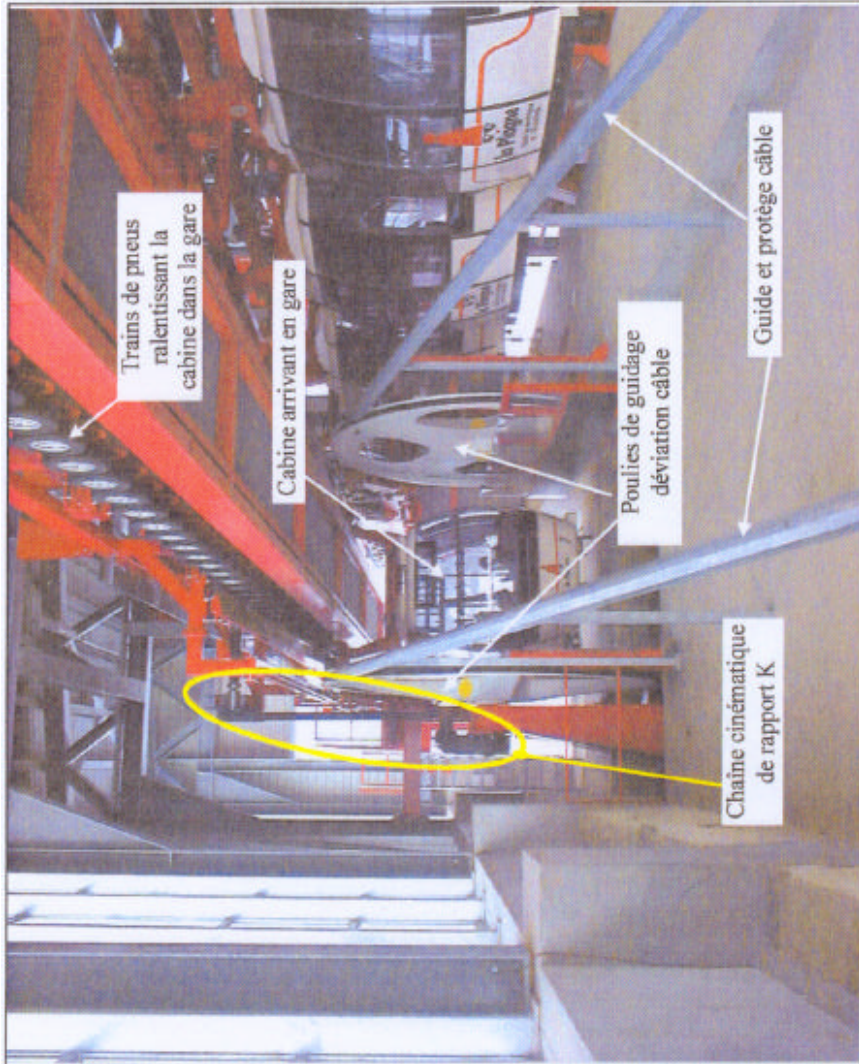


**FIG. 1 : Ligne totale**



	<i>Secteur A</i>	<i>Secteur B</i>	<i>Secteur C</i>	<i>Secteur D</i>	<i>Secteur E</i>	<i>Secteur F</i>
<b>FONCTION</b>	Ralentissement: de 7.2 à 0.3 m/s	Déplacement à 0.3m/s ou arrêt	Déplacement à 0.3m/s ou arrêt	Déplacement à 0.3m/s ou arrêt	Déplacement à 0.3m/s ou arrêt	Accélération de 0.3 à 7.2 m/s
<b>MOTORISATION</b>	Poulie guidage déviation	Moteur B (fig. 3)	Moteur C (fig. 3)	Moteur D (fig. 3)	Moteur E (fig. 3)	Poulie guidage déviation

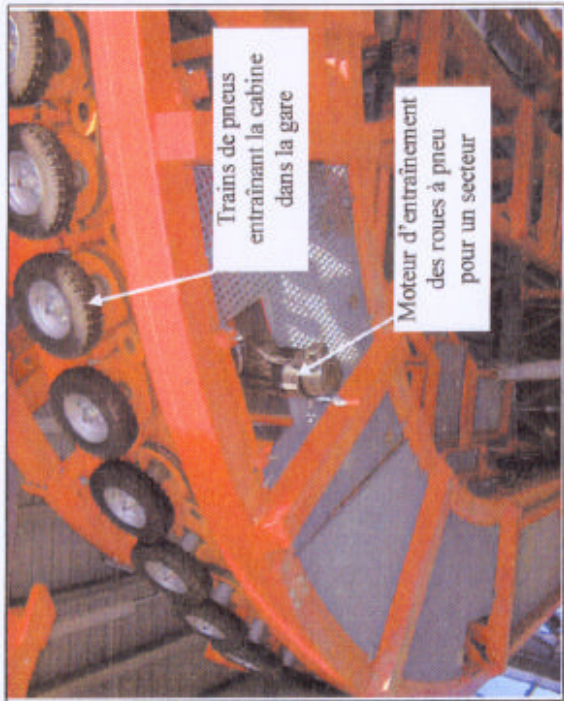
**Fig. 2 : Schéma Gare**



Arrivée en gare d'altitude d'une cabine

Photographies d'une gare

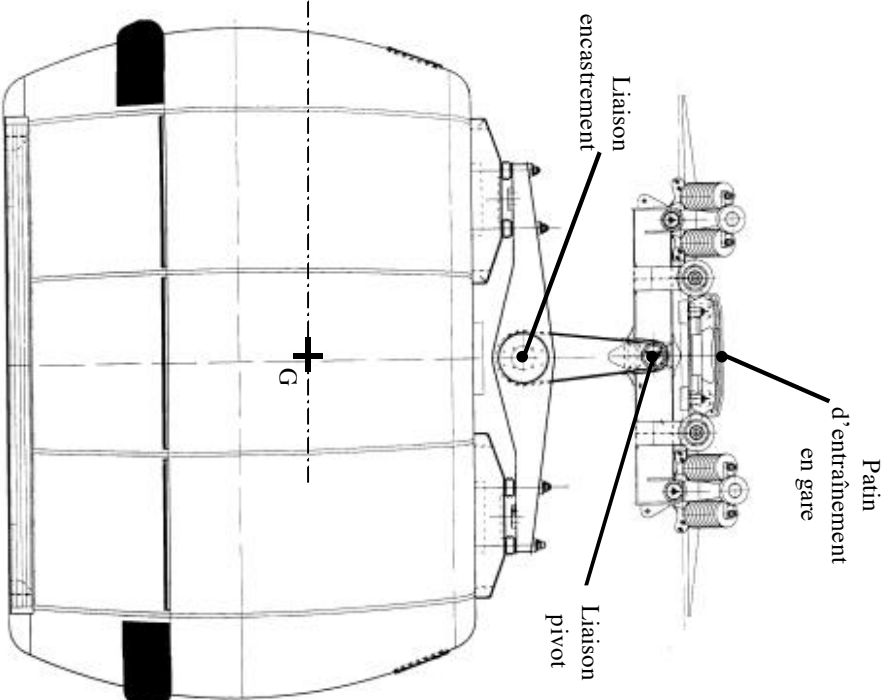
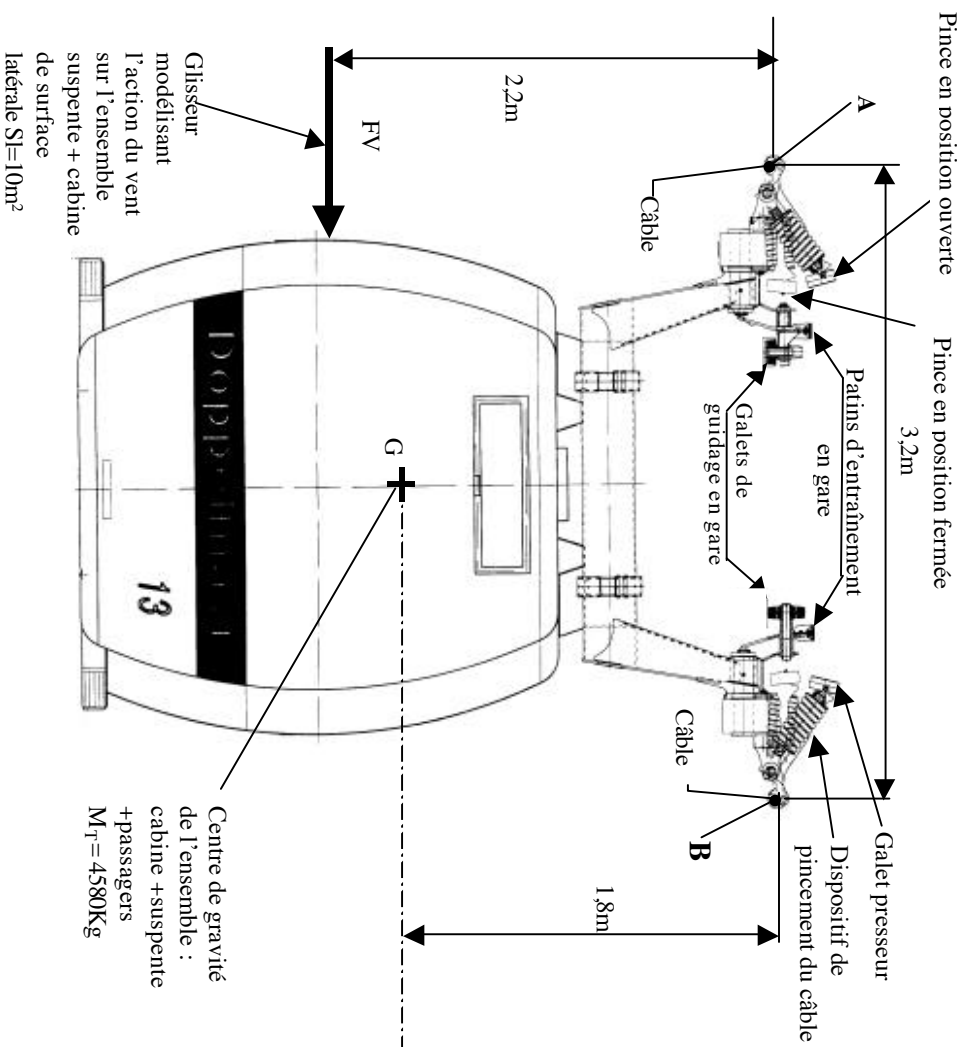
**Fig. 3 : Photo Gare**



Détail des pneus d'entraînement dans un virage

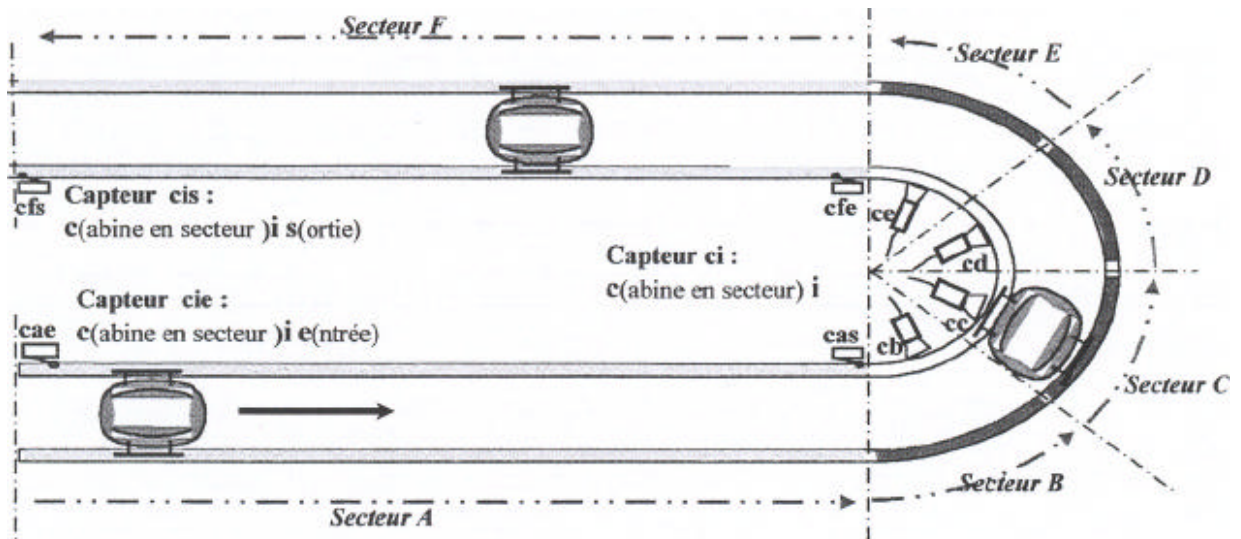


Détail de la transmission entre roues

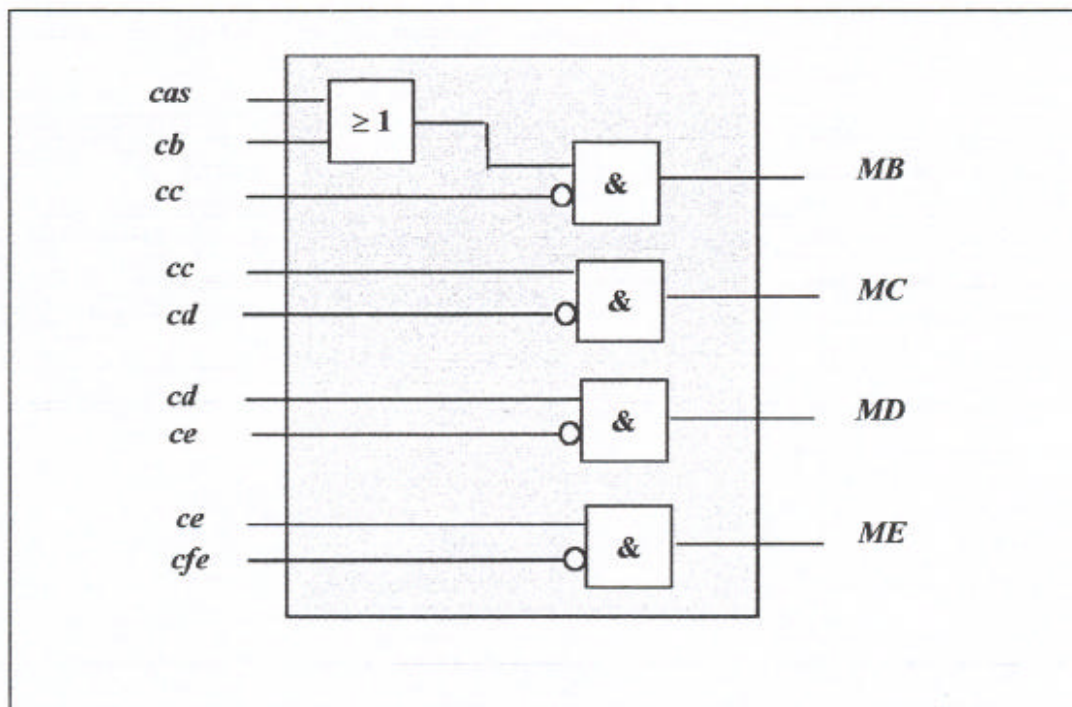


**Fonctionnement du dispositif de pincement du câble :** lors de l'entrée /sortie des cabines des gares, une rampe vient agir sur les galets presseurs, provoquant l'ouverture des pinces nécessaire à la libération ou la préhension des brins de câble. Sur le dessin ci dessus les galets presseurs sont représentés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

**Fig. 4 : Cabine du FuniteI**

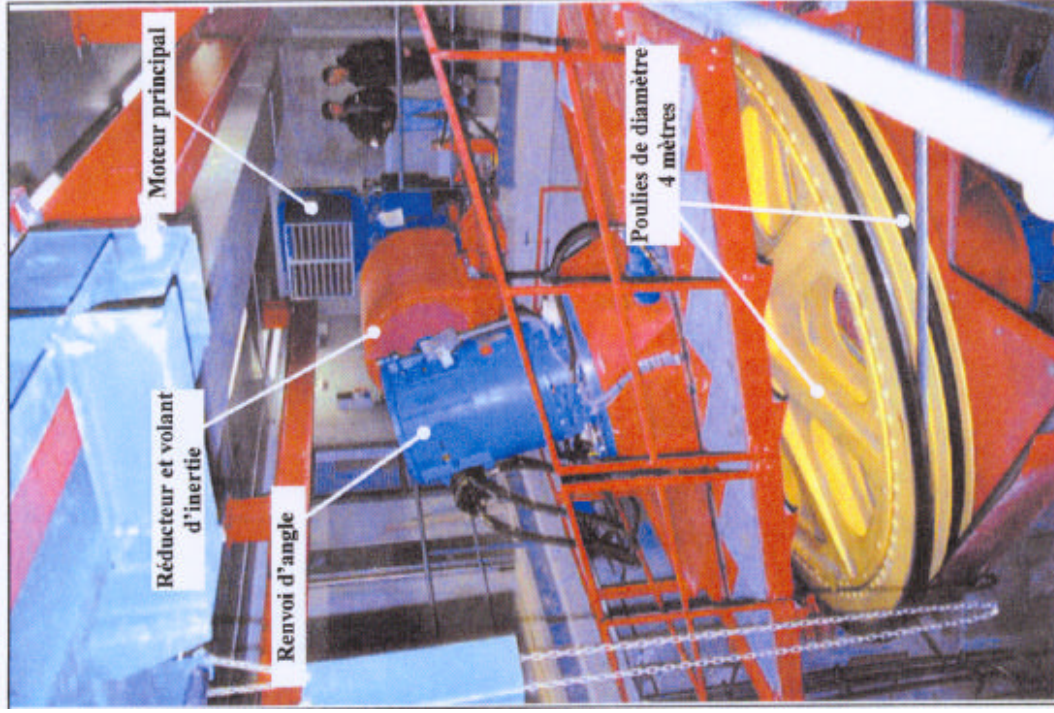


*Vue simplifiée du parcours des cabines en gare*

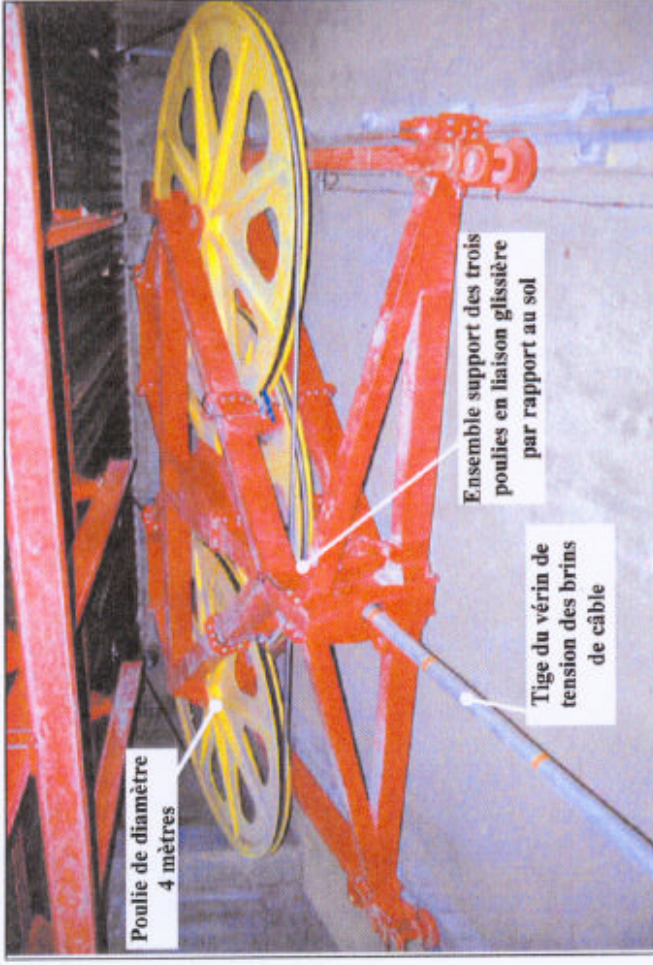


*Partie commande de cadencement : PC1*

**Fig. 5 : Cadencement**

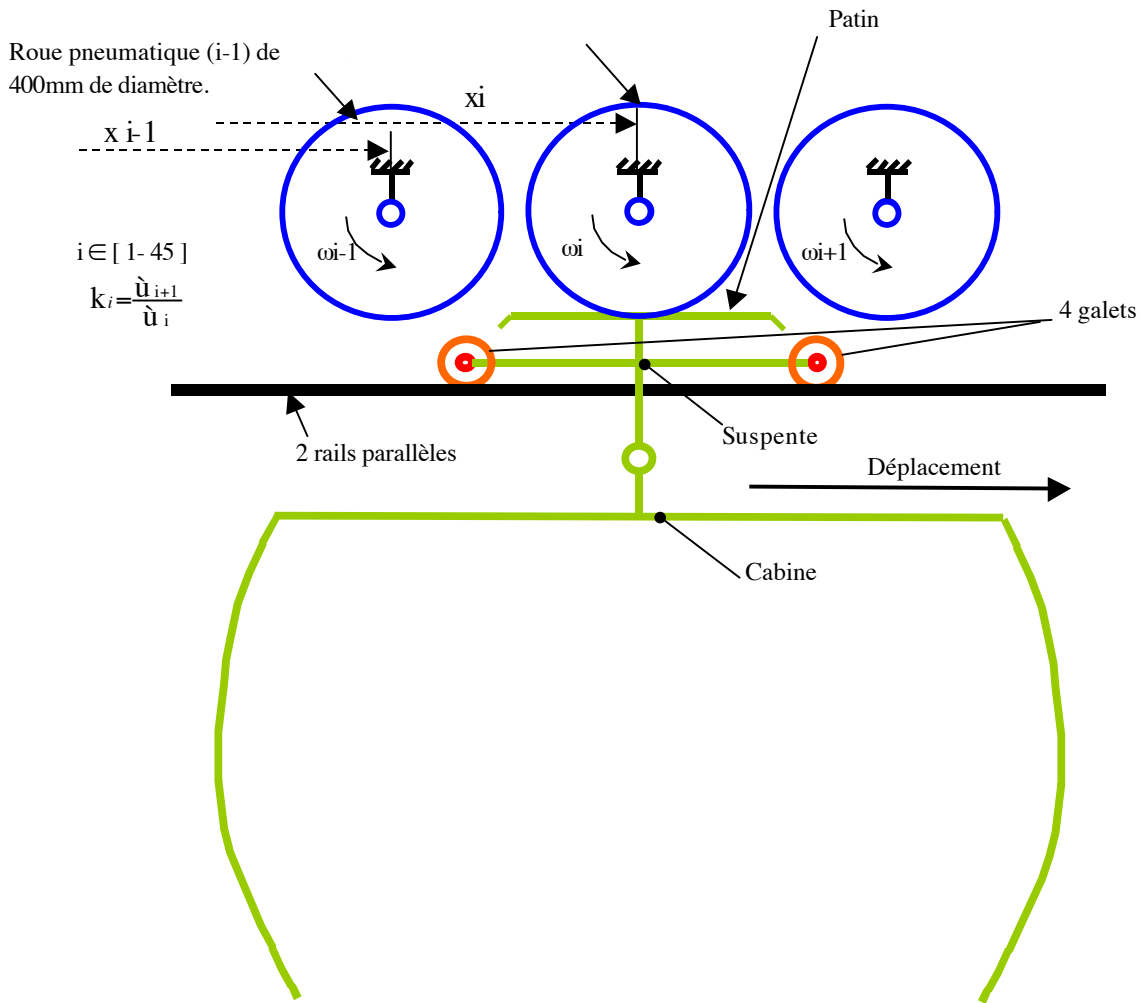


*Fig. 6a : Moteur principal*

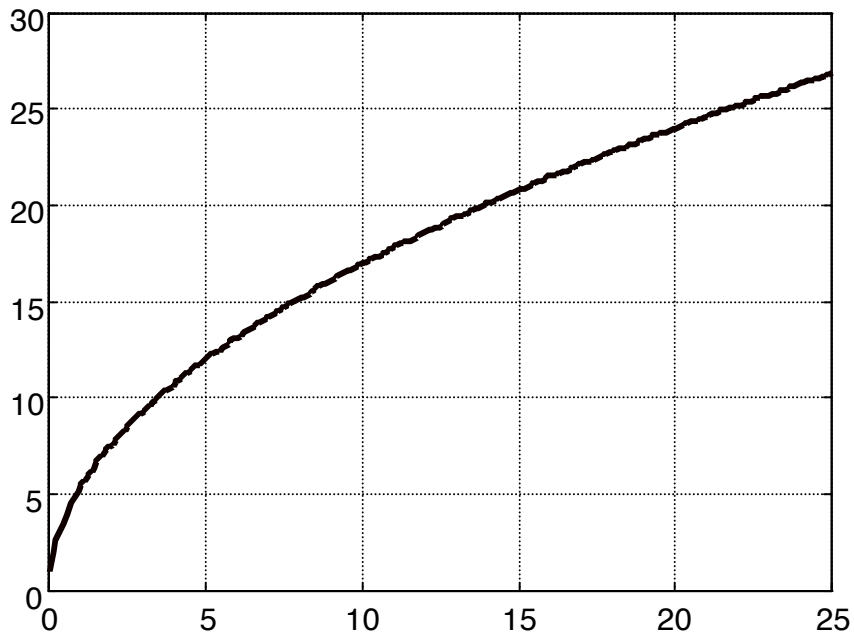


*Fig. 6b : Vérin de tension*

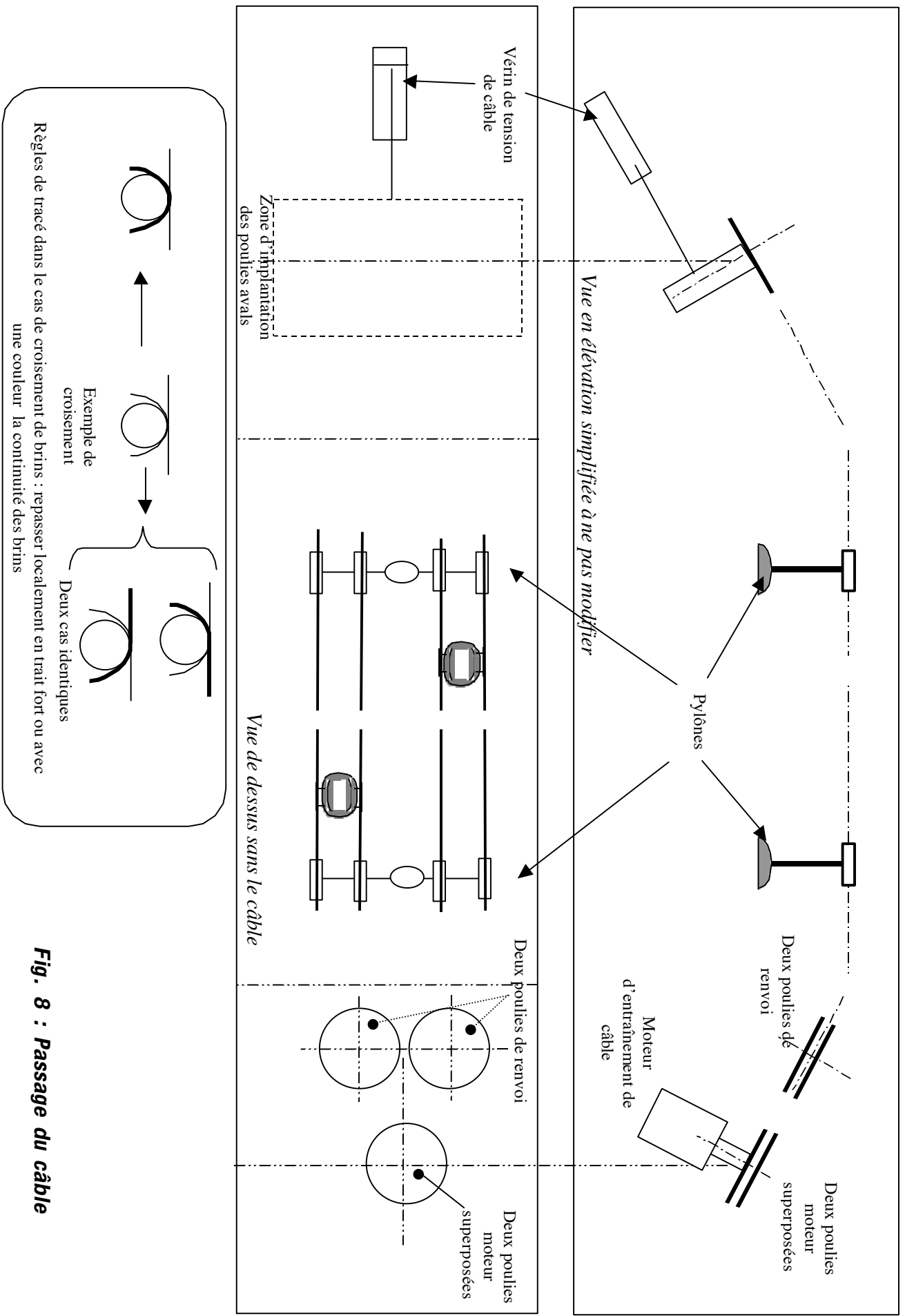
*Fig. 6 : Entraînement et tension du câble*



**Fig. 7a : lanceur**

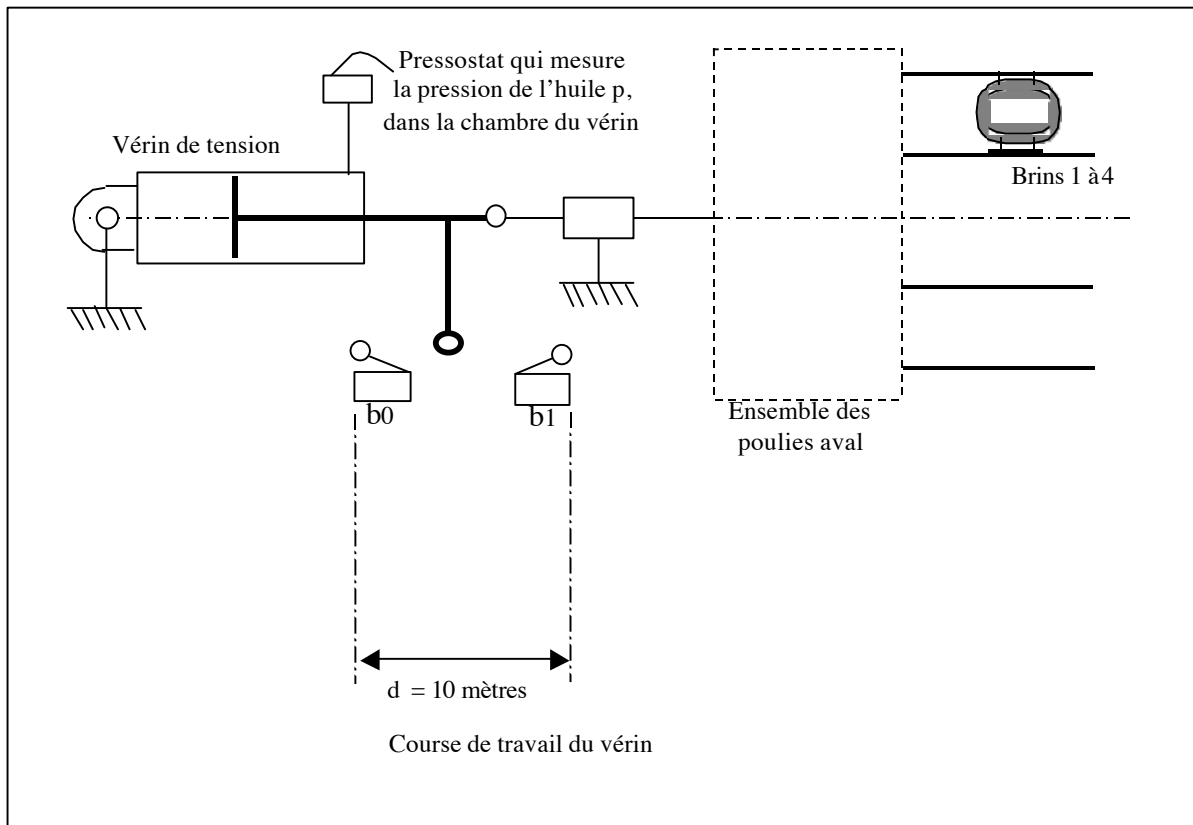


**Fig. 7 : Zone de lancement**

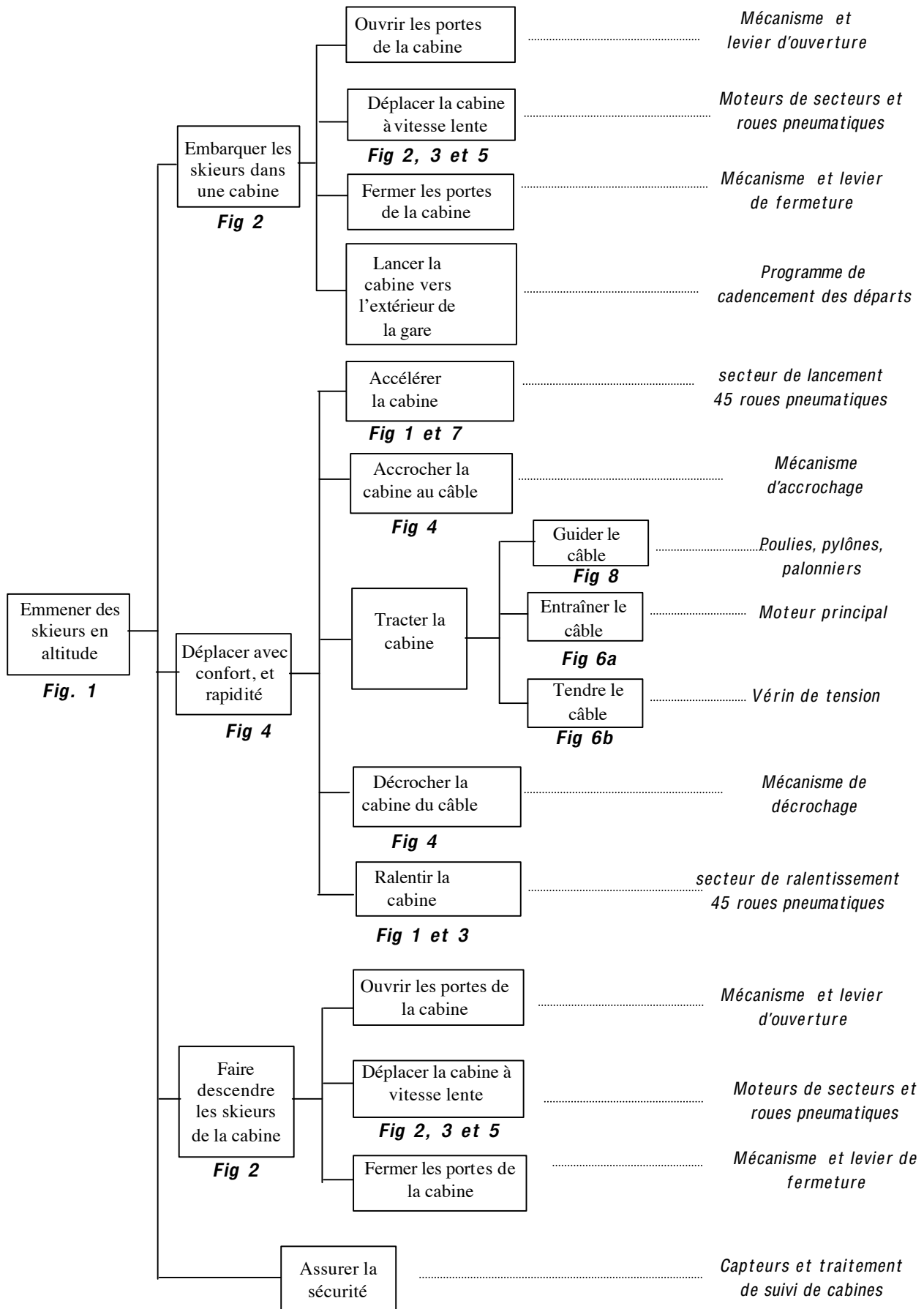


**Fig. 8 : Passage du câble**





**Fig. 9 : Vérin de tension des brins**



## ORGANISATION FONCTIONNELLE DU FUNITEL