1. Introduction

Le site d'astronomie du Pic du Midi de Bigorre est équipé d'un observatoire qui a été construit en 1878.

Cette construction a été réalisée au sommet du Pic du Midi. Celui-ci culmine à 2877 m et se situe en bordure de la chaîne des Pyrénées et surplombe la vallée de l'Adour au-dessus de Tarbes (65).

L'observatoire du Pic du Midi de Bigorre permet de réaliser des images d'étoiles, notamment du soleil, avec une excellente qualité.

Depuis l'an 2000 le site s'est doté d'un musée d'astronomie, d'un restaurant, de chambres d'hôtel, de terrasses qui permettent d'accueillir le public toute l'année.

Afin de permettre l'acheminement du public sur le site (pas de route existante), deux téléphériques se succèdent entre La Mongie et le Pic du Midi.

Le Premier tronçon part de la station de ski du Tourmalet (domaine de la Mongie, altitude 1753 m) et arrive à la gare du Taoulet, dite « de renvoi », à 2309 m.

Le second tronçon ***(objet de l'étude)*** repart du Taoulet et arrive en gare du Pic du Midi à 2860 m.

Ce moyen de transport est utilisé à plusieurs fins :

- Monter et descendre les visiteurs.
- Monter du matériel logistique et notamment de l'eau.
- Monter des pratiquants de sports d'hiver avides de sensations fortes (utilisation de la piste de ski depuis le Pic du Midi).

Vue du site du Pic du Midi

2. Le téléphérique du pic du Midi

Cabine du téléphérique

Présentation générale

Le téléphérique du Pic du Midi est composé de 2 cabines se déplaçant alternativement et symétriquement dans un mouvement de va-et-vient, au moyen d'un câble "tracteur" entraîné par le treuil de la station motrice.

Chacune des 2 cabines est supportée par un chariot roulant sur 2 câbles "porteurs" fixes.

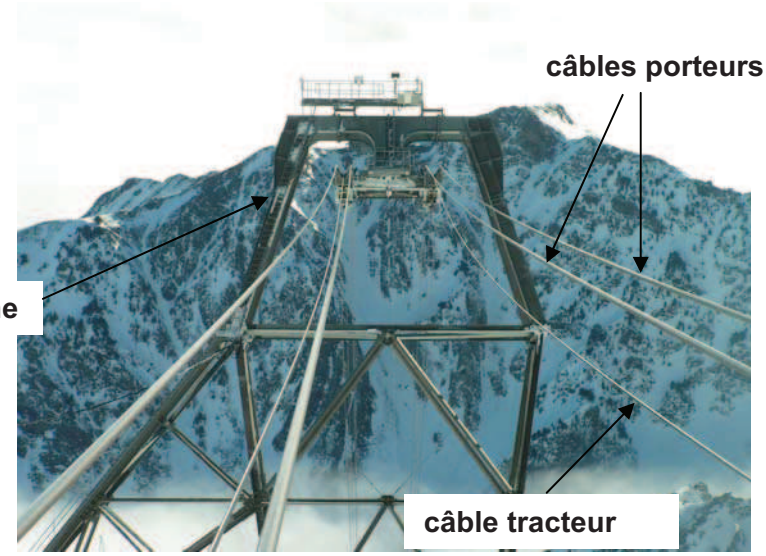
Chaque cabine peut transporter des personnes et de l'eau. Cette eau est utilisée au Pic pour les sanitaires et les douches.

Le téléphérique du Pic du Midi comprend 3 stations qui divisent le parcours en deux tronçons : **La Mongie - Le Taoulet** et **Le Taoulet - Le Pic du Midi**.

Notre étude portera sur le second tronçon Le Taoulet - Le Pic du Midi (**PR 6, figure 1**).

Sur ce tronçon, le téléphérique parcourt 2631 m à la vitesse nominale de 12,5 m/s et permet de franchir en moins de 6 minutes les 551 m de dénivelé qui séparent la gare du Taoulet de la gare du Pic du Midi.

Cette remontée comporte un pylône situé juste avant la gare d'arrivée du Pic. Au droit de ce pylône la vitesse des cabines est de 6 m/s.



Vue de la ligne

La station motrice, située au Pic du Midi, renferme :

- tous les dispositifs d'entraînement et de freinage du câble tracteur : moteur principal, réducteur, accouplement, poulie motrice, freins, moteur de secours.
- un pupitre qui regroupe les commandes de marche, les signalisations, les sécurités, les appareils indicateurs permettant de contrôler à tout moment la vitesse et la position des cabines par rapport aux stations et au pylône.
- Une armoire électrique qui intègre les dispositifs de protection ainsi que les automates de contrôle et de commande.

La station de renvoi, située au Taoulet, comporte :

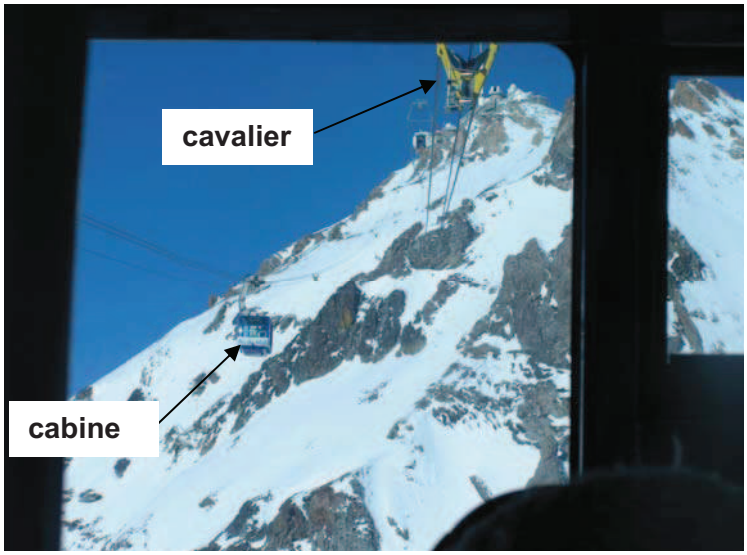
- Un système de renvoi du câble tracteur composé de poulies (**PR 8, figure 5**).
- le contrepoids de tension des câbles dont la position est repérée par un indicateur local.
- des interrupteurs de position extrême qui commandent l'interruption du fonctionnement automatique.

Description technique

Le câble tracteur qui met en mouvement les cabines forme une boucle (**PR 7, figure 3**). Il est entraîné au sommet par la poulie motrice et est retenu en bas par un système de 7 poulies de renvoi (**PR 8, figure 5**) qui maîtrisent la tension du câble.

Chaque cabine roule sur 2 câbles dits "câbles porteurs" qui sont fixes. Cette paire de câbles forme une voie.

Des cavaliers (**PR 8, figure 4**), permettent de maintenir l'espacement entre les câbles porteurs. Ils sont au nombre de 9 par voie.



Prise de vue depuis l'intérieur d'une cabine s'approchant de la gare du Pic du Midi.

Le téléphérique est donc constitué de 2 voies (une par cabine). Les cabines montent et descendent en restant sur leur voie.

Les cabines se déplacent sur les câbles porteurs par l'intermédiaire du chariot qui comporte 16 galets qui roulent sans glisser sur ces câbles (**PR 6, figure 2**).

La cabine est reliée au chariot par la suspente.

Une articulation entre le chariot et la suspente permet à la cabine de maintenir son plancher à l'horizontale.

3. Principe de fonctionnement

- **Mode normal :**

Lorsque toutes les sécurités ont été vérifiées par l'automate, les cabines quittent les stations à une vitesse voisine de 0,5 m/s pendant quelques mètres pour atteindre progressivement la vitesse nominale de 12,5 m/s en passant par un palier à 6 m/s. (voir **PR10**)

A l'arrivée, à proximité de la gare, les cabines ralentissent une première fois afin que celle qui se présente au niveau du pylône franchisse ce dernier à la vitesse de 6 m/s. Ensuite les cabines ralentissent de nouveau, puis s'arrêtent aux quais de débarquement respectifs. Le frein de service est actionné et les portes peuvent s'ouvrir.

- **Mode dégradé :**

Il est impératif d'arrêter les cabines de manière imminente et à n'importe quelle position, pour des raisons telles que 'vents forts', 'incohérence des informations issues des capteurs de vitesse et de position des cabines'.

Aussi, au redémarrage, la machine motrice devra fournir le couple nécessaire pour déplacer les cabines. Ce couple peut atteindre des valeurs importantes, largement supérieures au couple nominal, suivant la position des cabines.

4. Les modes d'exploitation

Afin de répondre en toute sécurité à toutes les circonstances qui peuvent se présenter en cours d'exploitation, l'opérateur dispose de quatre modes de marche :

- **mode de marche automatique**

  Tout le cycle de fonctionnement est pris en charge par les automates.

- **mode de marche manuel**

  Le préposé assure la totalité des opérations. La vitesse en différents points du parcours est comparée à celle définie pour la marche en automatique. S'il y a discordance, le système s'arrête.

- **mode de marche exceptionnel**

  Ce mode de marche est utilisé dans le cas de pannes d'automatisme importantes. La plupart des sécurités sont inhibées. La vitesse est limitée à 1 m/s.

- **mode de marche secouru**

  L'entraînement est assuré par une machine hydrostatique composée d'un moteur thermique, d'une pompe hydraulique et d'un moteur hydraulique.

5. Architecture fonctionnelle générale (PR 9, figure 6)

❑ L'alimentation en énergie électrique.

Un transformateur HT/BT, 20 kV / 400 V - 1250 KVA, alimente la station en énergie électrique.

❑ Les automates programmables

L'automate principal prend en charge :

- La commande des portes.
- L'élaboration des ordres de mouvement.
- L'élaboration des consignes de vitesse pour le variateur.
- La gestion des défauts de fonctionnement.

L'automate de suivi de ligne gère le profil de vitesse des cabines sur la ligne ainsi que les fonctions auxiliaires (éclairage, tourniquets et portillons d'accès) .

❑ L'entraînement principal

Il est constitué d'une machine à courant continu à excitation indépendante de 400 kW. Cette machine entraîne l'arbre de la poulie motrice à travers un réducteur de rapport 15,4. 2 freins sont également prévus : 1 frein de service et 1 frein d'urgence.

❑ Le variateur de vitesse

Il s'agit d'un variateur à thyristors à 4 quadrants. Il permet d'adapter la vitesse des cabines en fonction de leur position sur le trajet.

❑ Mesure de vitesse

La mesure de vitesse est assurée par 2 dynamos tachymétriques. L'une est montée directement sur l'arbre de la machine à courant continu, l'autre est montée sur l'axe de la poulie motrice.

❑ Mesure de position

La position des cabines est donnée par 2 générateurs d'impulsions optiques entraînés par la poulie motrice.

Vue de la poulie motrice à l'intérieur de la salle des machines

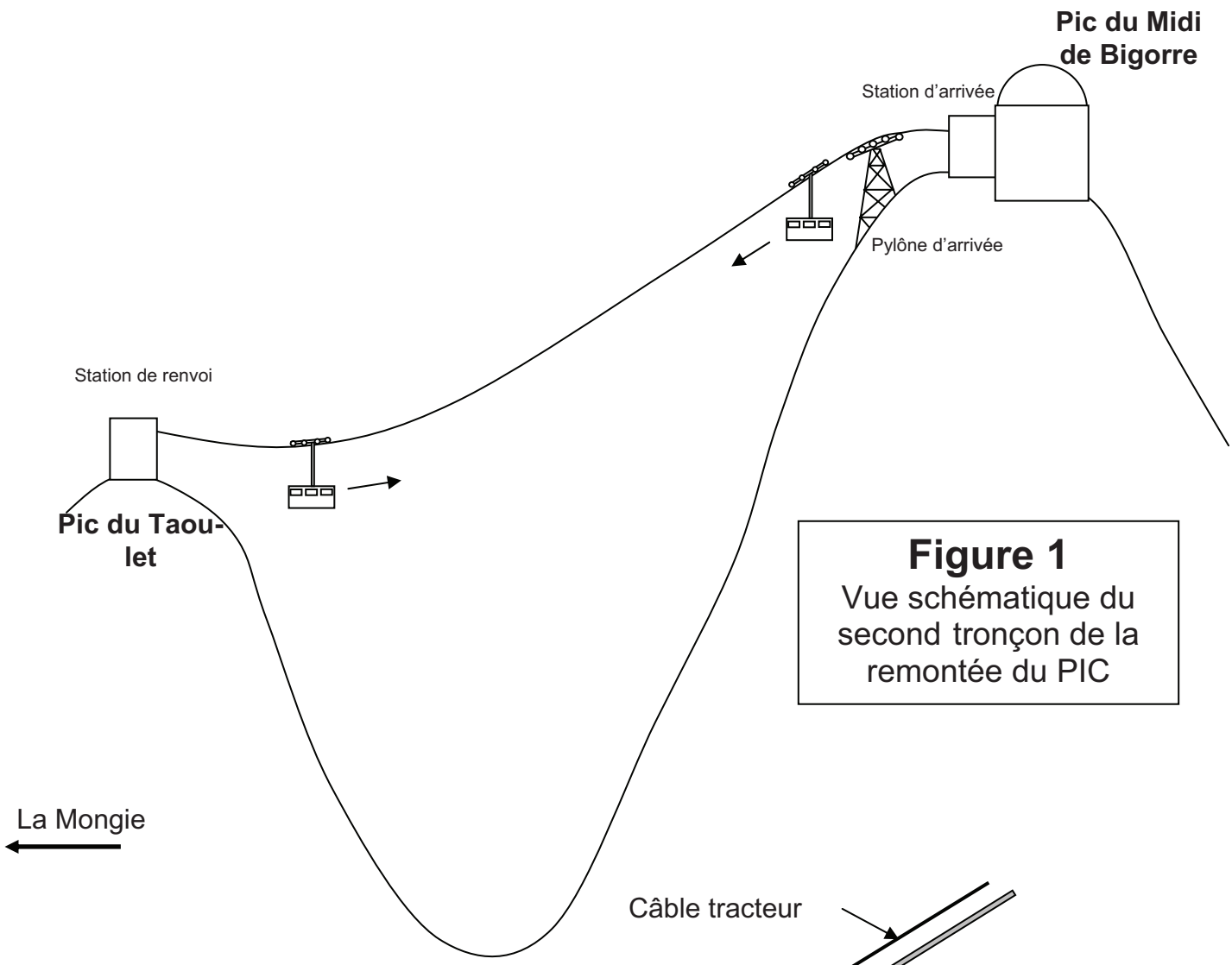


Figure 1
Vue schématique du second tronçon de la remontée du PIC

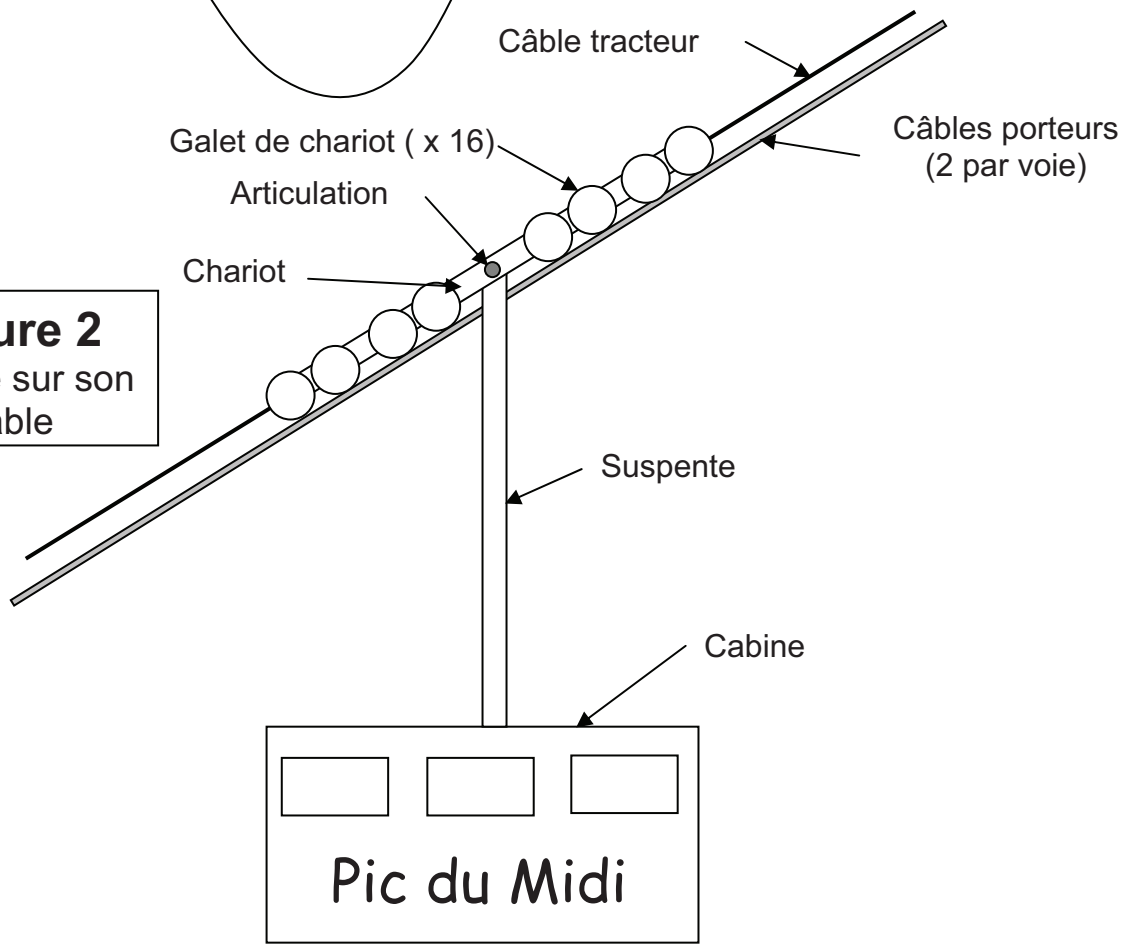


Figure 2
Cabine sur son câble

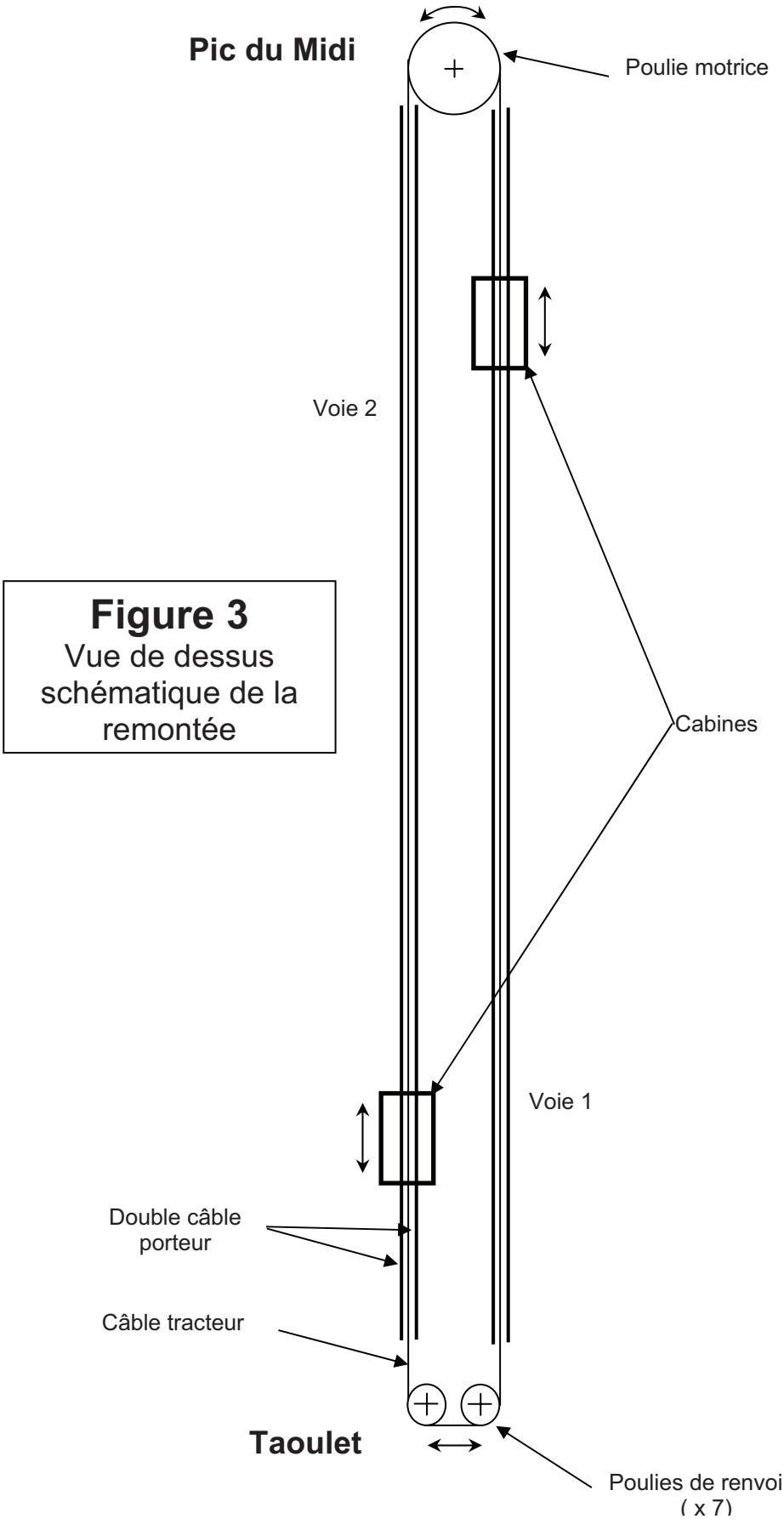


Figure 3
Vue de dessus schématique de la remontée

Figure 4

Cavaliers : ils supportent le câble tracteur le long des voies et maintiennent l'espacement entre les câbles porteurs

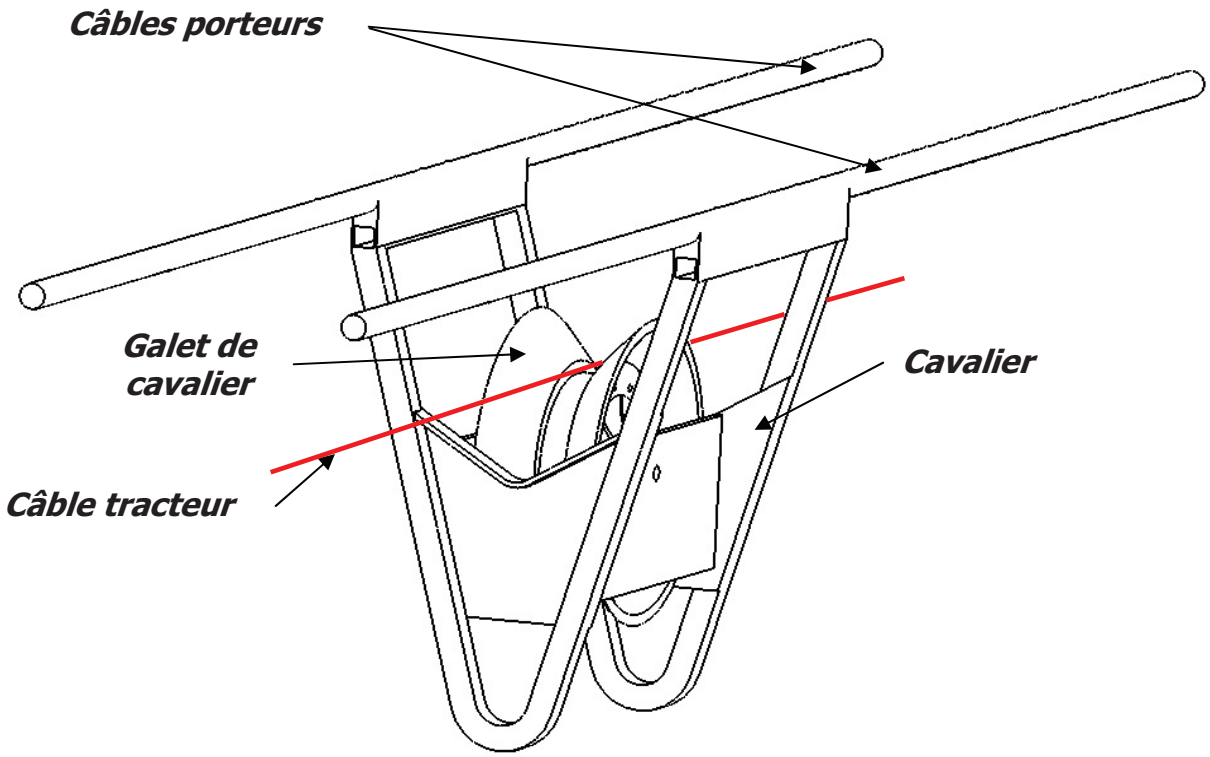
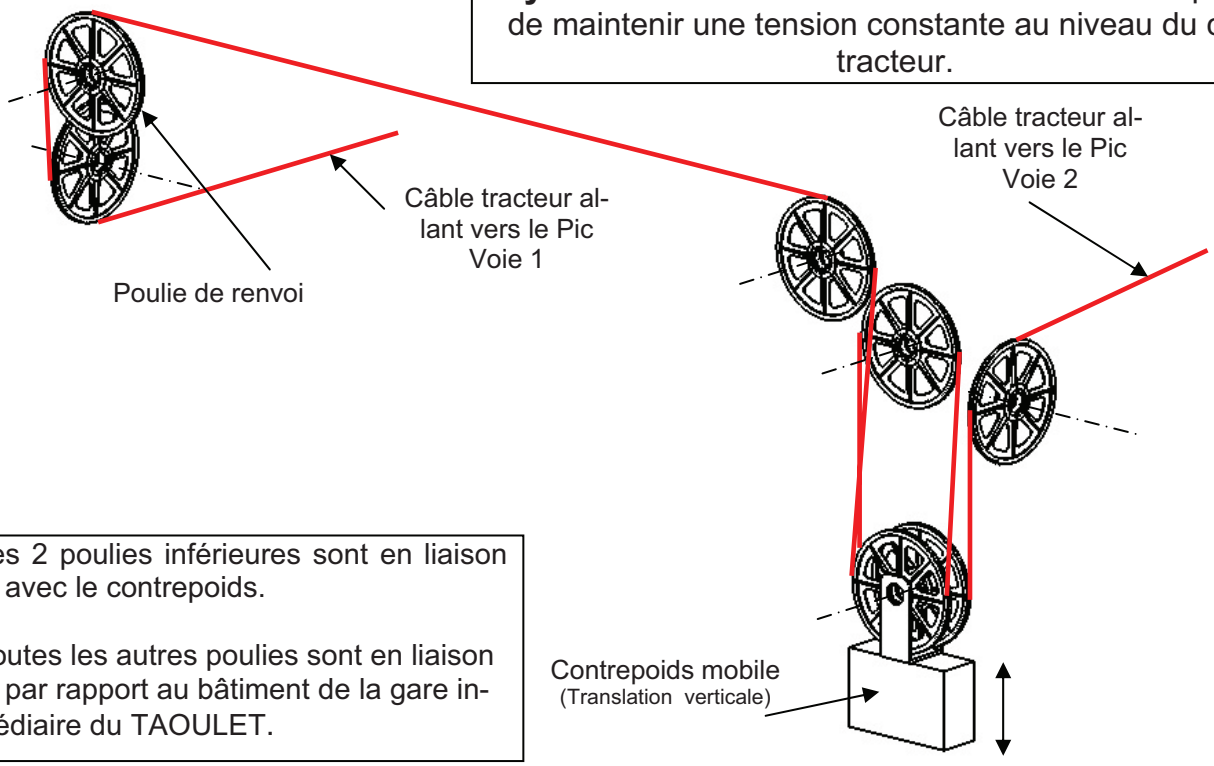


Figure 5

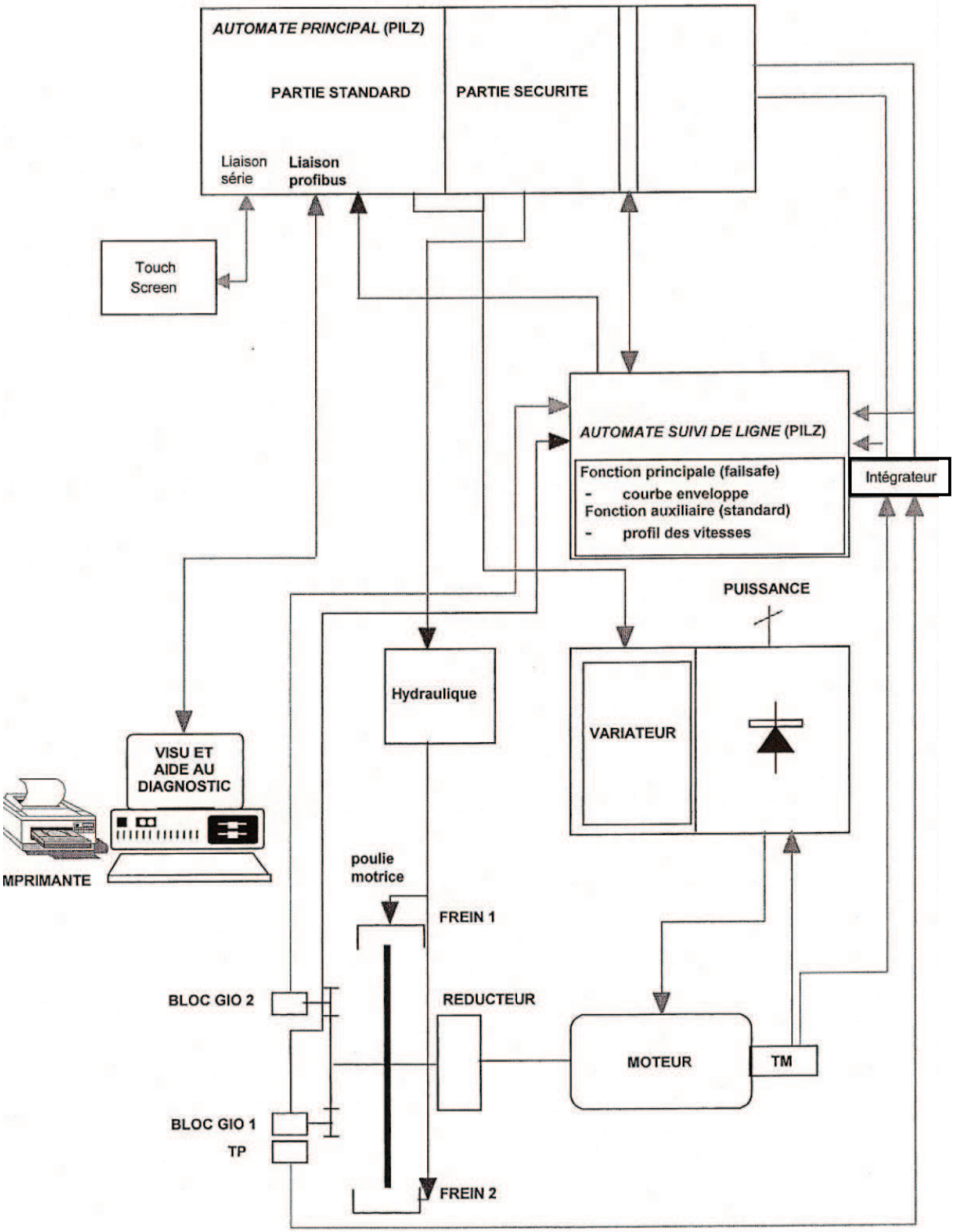
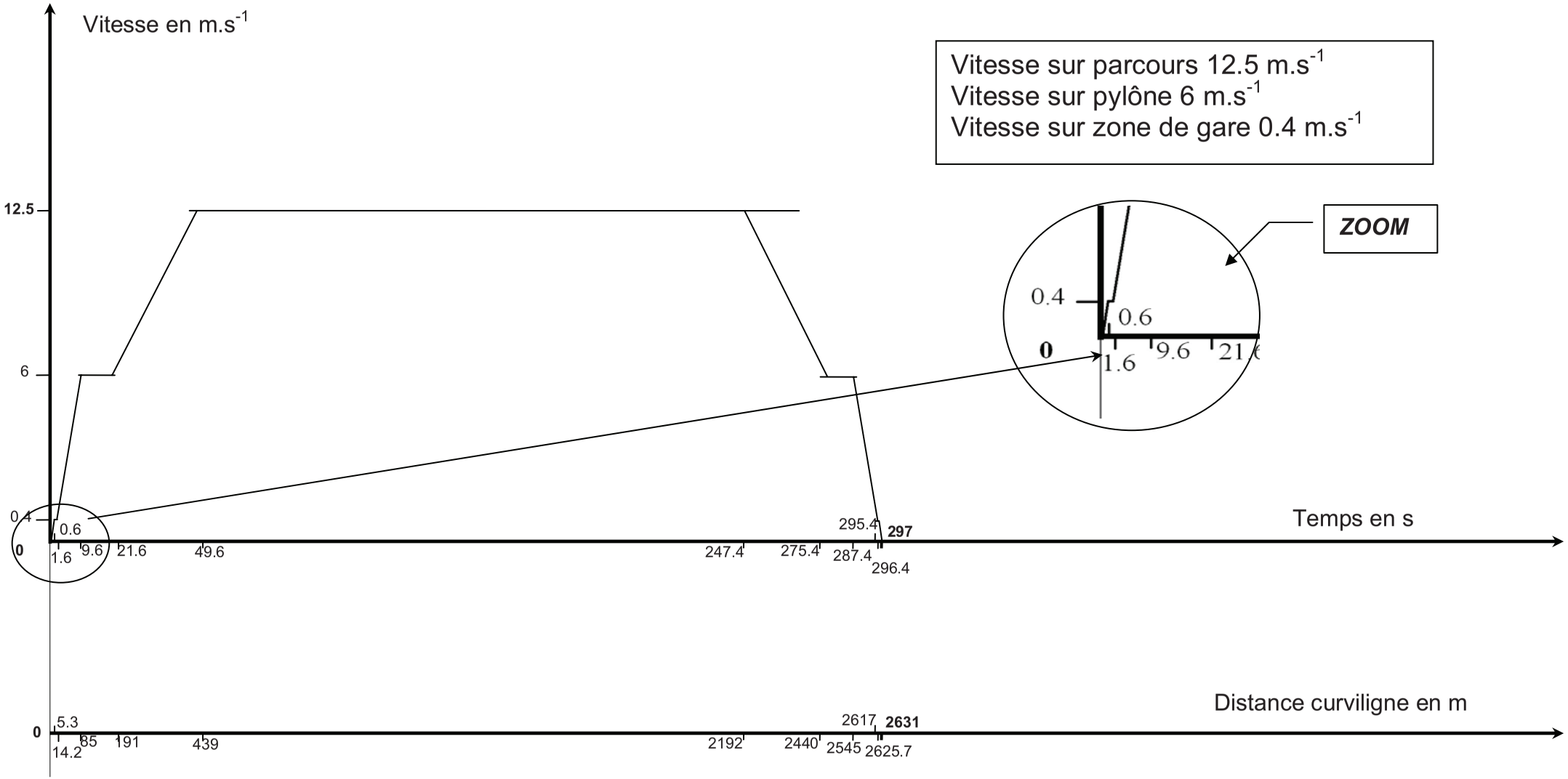
Système de renvoi du câble tracteur : il permet de maintenir une tension constante au niveau du câble tracteur.



Les 2 poulies inférieures sont en liaison pivot avec le contrepoids.

Toutes les autres poulies sont en liaison pivot par rapport au bâtiment de la gare intermédiaire du TAOULET.

Figure 6
Architecture fonctionnelle



Graphe de la vitesse d'une cabine sur le trajet **Taoulet - Le Pic du Midi**