

Introduction

L'utilisation du téléphérique pour le transport des personnes dans des conditions de sécurité et de fiabilité optimales implique de connaître à chaque instant :

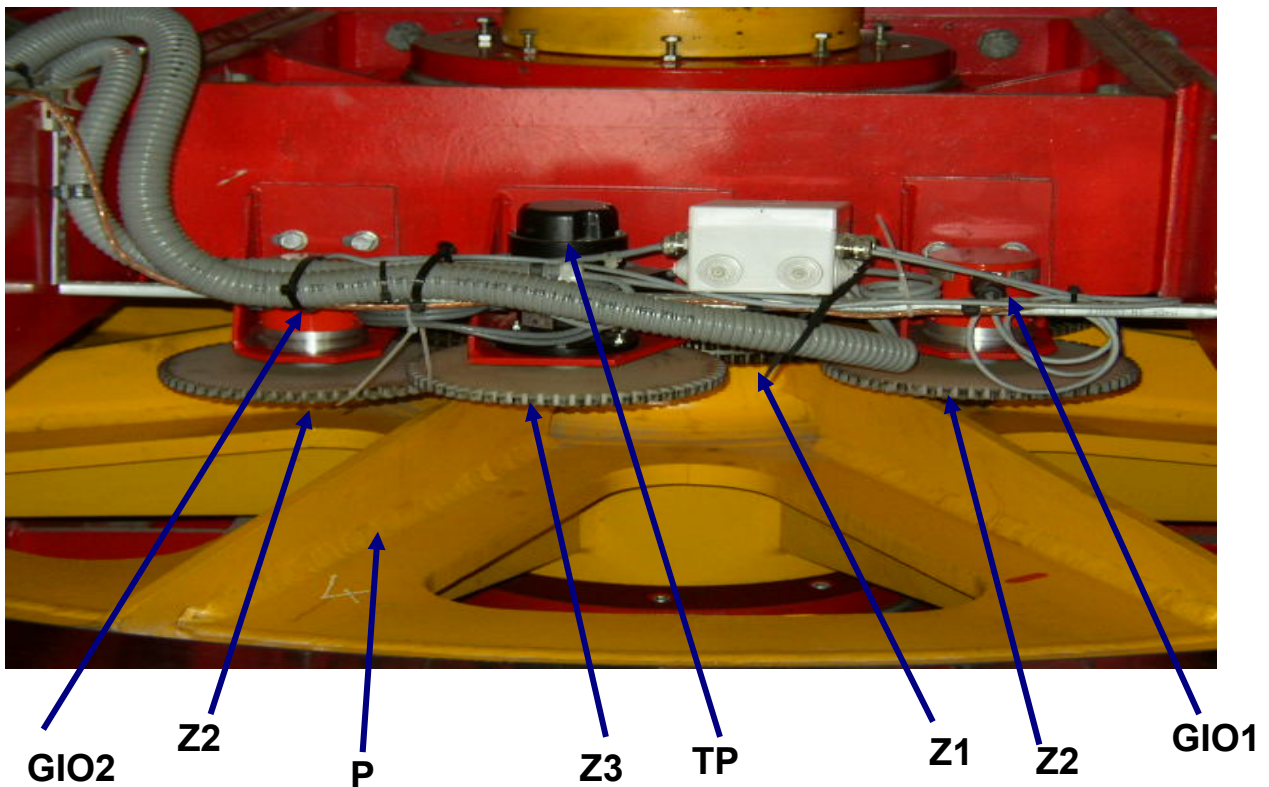
- la vitesse de déplacement des cabines,
- la position réelle des cabines sur le trajet,
- le sens de déplacement des cabines.

L'ensemble de ces contraintes est géré par l'automate "suivi de ligne" :

L'automate "suivi de ligne" a pour fonction principale d'assurer le contrôle :

- de la position des cabines sur le trajet qui est déterminée par le traitement du nombre de points codeurs délivrés par GIO1 et GIO2 à chaque cycle automate.
- du déphasage entre les voies A et B des 2 codeurs GIO1 et GIO2 pour déterminer le sens de déplacement des cabines.
- de la génération des profils de la vitesse en fonction de la position.
- du respect de la vitesse maximale autorisée en chaque point du tracé, en particulier à l'approche des stations et au niveau du pylône.
- de la cohérence des informations délivrées par les deux génératrices-tachymétriques TM et TP.

Vue d'ensemble du système d'acquisition (vitesse et position) au niveau de la poulie motrice



- ❖ GIO1 : générateur d'impulsions optiques (codeur incrémental)
- ❖ GIO2 : générateur d'impulsions optiques (codeur incrémental)
- ❖ TP : génératrice tachymétrique
- ❖ Z1, Z2, Z3 : roues dentées à dentures droites
- ❖ P : poulie motrice

Présentation des moyens d'acquisition (vitesse et position)

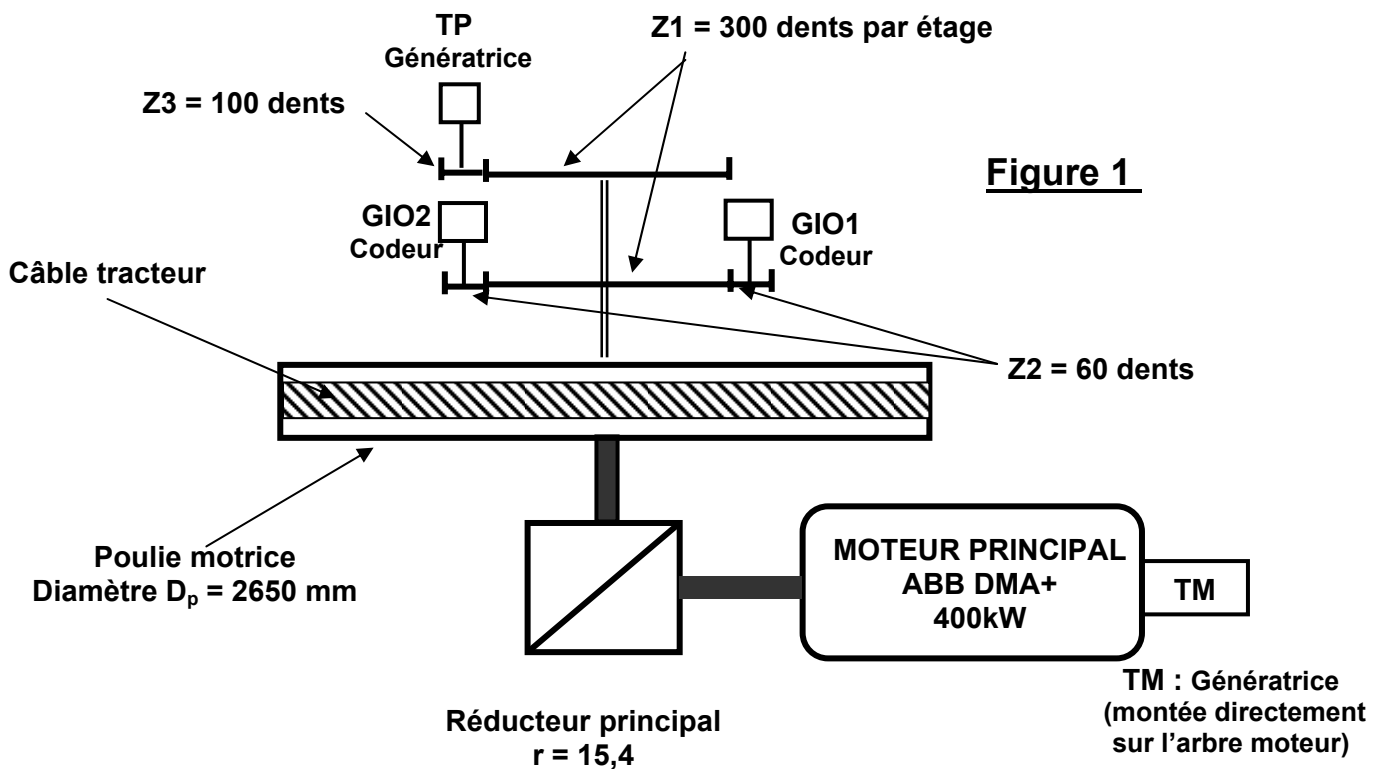


Figure 1

Données techniques

→ Contraintes de fonctionnement du tronçon "Taoulet" - "Pic du Midi"

- Vitesse maximale autorisée des cabines : $V_{cab} = 12,5$ m/s
- Précision demandée pour le suivi des cabines : $\Delta_p = +/- 0,3$ m

→ Caractéristiques des génératrices tachométriques TM, TP

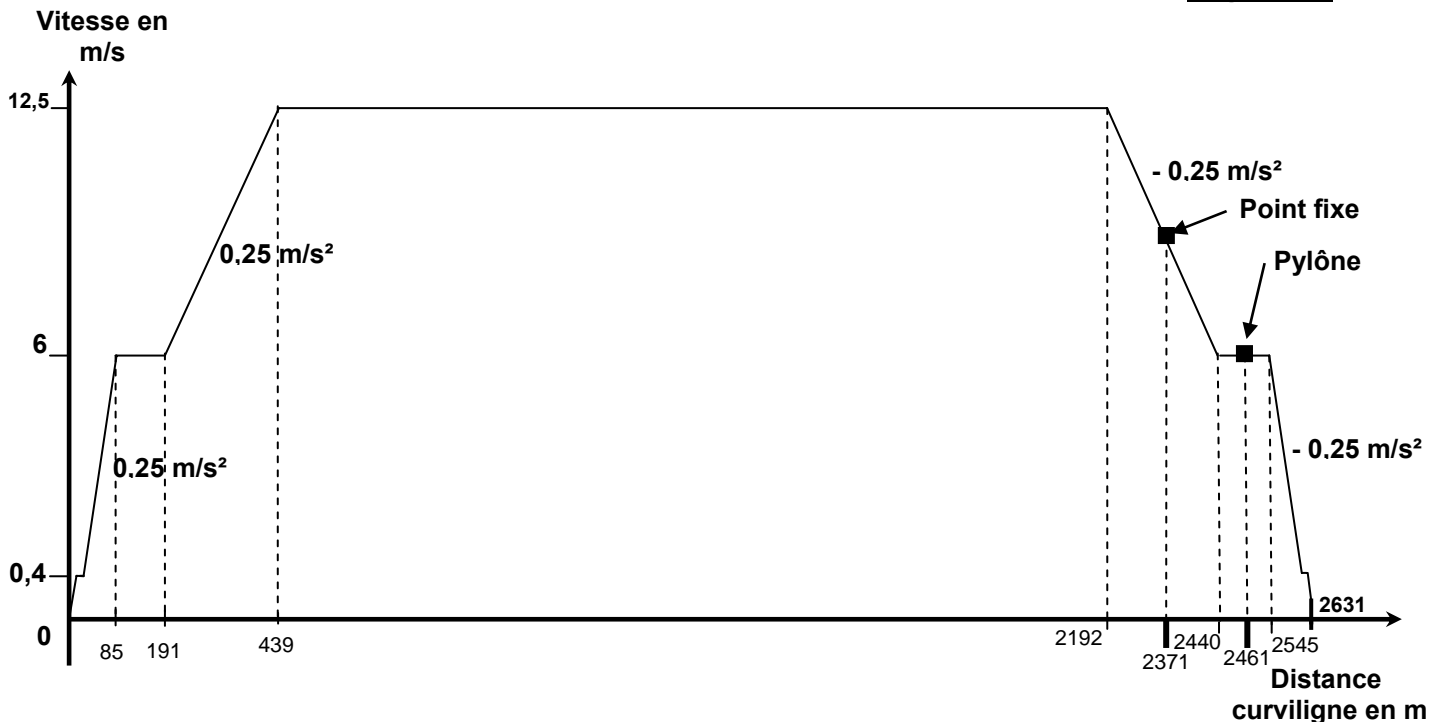
- Courant : **2 x 90 mA**
- Tension de sortie : **60 mV/tr/min**

→ Caractéristiques des codeurs GIO1 et GIO2

- Alimentation : **24 VDC**
- Diamètre de l'arbre : **Ø 12 mm**
- Signaux de sorties : voie **A**, voie **B** et top **Zéro**
- Étage de sortie : **push-pull**

**GRAPHE DE LA VITESSE D'UNE CABINE MONTANTE SUR
LE TRAJET "TAOULET - PIC DU MIDI"**

Figure 2



D.1 Etude de la compatibilité des entrées automate et des capteurs TM, TP

On se propose de vérifier la compatibilité entre les signaux des génératrices tachymétriques (TM, TP) et des entrées PSS AI de l'automate "suivi de ligne". (Voir page D2 figure 1)

D.1.1 Exprimer la vitesse de rotation N_{TM} de la génératrice TM en tr/min en fonction de la vitesse de cabine V_{cab} , du diamètre de la poulie motrice D_p et du rapport de réduction r . (Voir page D2 figure 1)

Calculer N_{TM} en tr/min pour la vitesse maximale autorisée.

Expression de R_{TM} en trs/min

$$N_{TM} = (V_{cab} \times 60 \times r) / (D_p \times \pi)$$

Application numérique

$$N_{TM} = (12,5 \times 60 \times 15,4) / (2,650 \times \pi) = 1387,3 \text{ trs/min}$$

$$N_{TM} = 1387.3 \text{ trs/min}$$

D.1.2 Calculer la tension V_{TM} en sortie de la génératrice TM en fonction de N_{TM} .

Tension de sortie V_{TM}

$$V_{TM} = (60 \times 10^{-3} \times 1387,3) = 83,23V$$

$$V_{TM} = 83,23V$$

D.1.3 Exprimer la vitesse de rotation N_{TP} de la génératrice TP en tr/min en fonction de la vitesse de cabine V_{cab} , du diamètre de la poulie motrice D_p et de $Z1$ et $Z3$. (Voir page D2 figure 1)

Calculer N_{TP} en tr/min pour la vitesse maximale autorisée.

Expression de R_{TP} en trs/min

$$N_{TP} = (V_{cab} \times 60 \times Z1/Z3) / (D_p \times \pi)$$

Application numérique

$$N_{TM} = (12,5 \times 60 \times 3) / (2,650 \times \pi) = 270,3 \text{ trs/min}$$

$$N_{TM} = 270,3 \text{ trs/min}$$

D.1.4 Calculer la tension V_{TP} en sortie de la génératrice TP en fonction de N_{TP} .

Tension de sortie V_{TP}

$$V_{TP} = (60 \cdot 10^{-3} \times 270,3) = 16,2V$$

$$V_{TM} = 16,2V$$

D.1.5 Expliquer pour quelle raison les informations issues de TM et TP ne sont pas directement exploitables par les entrées PSS AI de l'automate "suivi de ligne". (Voir Document technique page DT 1)

Proposer une solution technique pour rendre ces informations utilisables par la carte PSS AI.

Les entrées analogiques de la carte PSSAI de l'automate acceptent des tensions de +/- 10V DC, alors que les génératrices délivrent pour la vitesse maximum de déplacement des tensions supérieures

$$TP \quad V_{TP} = 60 \cdot 10^{-3} \times 270 = +/- 16.2 V$$

$$TM \quad V_{TM} = 60 \cdot 10^{-3} \times 1387 = +/- 83,23V$$

Il est nécessaire d'introduire un étage d'adaptation des tensions. Toutefois celui-ci doit conserver la linéarité.

Autre solution: modifier les rapports de réduction en changeant le nombre de dents des roues dentées.

D.1.6 Pendant la montée, l'automate "suivi de ligne" reçoit sur ses entrées différentes valeurs. Celles-ci ont d'abord été mises à l'échelle.

$$\rightarrow V_{TM} = +10V \quad (\text{Cette valeur est donnée pour la vitesse nominale})$$

$$\rightarrow V_{TP} = -2V \quad (\text{Cette valeur n'est pas due à un dysfonctionnement de la génératrice})$$

Expliquer pour quelle(s) raison(s) une différence de tension et de signe peut apparaître entre les génératrices TM et TP.

En déduire la réaction du système sur le plan de la sécurité des biens et des personnes en indiquant le nom des différents actionneurs impliqués (Voir page PR9 figure 6).

La différence de tension entre les 2 génératrices signifie d'après le schéma figure 1 qu'il y a rupture de la transmission de puissance entre le moteur d'entraînement et la poulie motrice et que la cabine commence à reculer.

Les cabines ne sont plus contrôlables par le système car il n'y a plus de puissance mécanique transmise d'où un freinage d'urgence « Freins 1 ou Frein 2 » des cabines sur le câble porteur ordonné par le système.

D.2 Calcul de la résolution des codeurs (GIO1 ou GIO2) pour la vitesse maximale autorisée

Remarques :

- Les deux codeurs sont en tous points identiques.
- Pour rendre maximale la sécurité des personnes, l'utilisation de deux codeurs est obligatoire. Ceci permet d'obtenir une redondance de l'information et donc de garantir la fiabilité de celle-ci sur la position des cabines.

D.2.1 Exprimer la résolution des codeurs R_{COD} en points/tour en fonction de la précision Δ_P , du diamètre de la poulie motrice D_P et de Z_1, Z_2 . (Voir page D2 figure 1)

Expression de R_{COD} en pts/tr

$$R_{COD} = (D_P \times \pi) / (\Delta_P \times Z_1/Z_2)$$

D.2.2 Calculer la résolution en points/tour des codeurs.

Résolution du codeur

$$R_{\text{COD}} = (12,5 \times \pi) / (0,3 \times 5) = 5,55 \text{ pts/tr}$$

$$R_{\text{COD}} = \underline{5.55 \text{ pts/tr}}$$

D.2.3 A partir du résultat précédent, ainsi que des informations données **page D2 et sur le document technique page DT 1, compléter** la référence des codeurs.

GHM9 12 // 5G59.... //.....6.....//GPR03
9 : 2 Voies de comptage A et B
6pts/tr : résolution en points par tour de codeur

D.2.4 La mise en œuvre d'un codeur incrémental nécessite de vérifier la compatibilité entre la fréquence des impulsions qu'il délivre et le temps de scrutation de l'automate qui est de 100 ms.

D.2.4.a Calculer la fréquence " F_{auto} " de scrutation de l'automate.

Fréquence automate

$$F_{\text{auto}} = 1/T$$

$$F_{\text{auto}} = 1 / 100 \cdot 10^{-3} = \underline{10\text{Hz}}$$

D.2.4.b Calculer la fréquence " F_{cod} " des impulsions délivrées par les codeurs GIO1 et GIO2.

Vitesse de rotation du codeur en trs/s

$$N_{\text{codeur}} = (V_{\text{CAB}} \times (Z1/Z2)) / (\pi \times D_P)$$

Application numérique

$$N_{\text{codeur}} = (12,5 \times 5) / (\pi \times 2,650) = 7.5 \text{ trs/s}$$

Fréquence train d'impulsions

$$F_{\text{cod}} = N_{\text{codeur}} \times \text{Résolution}$$

$$F_{\text{cod}} = 7.5 \times 6 = \underline{45 \text{ Hz}}$$

D.2.4.c En fonction des résultats des questions précédentes, **expliquer** les conséquences pour le positionnement des cabines. **Proposer** une solution pour y remédier.

La fréquence des impulsions délivrées par le codeur $F_c = 45 \text{ Hz}$, n'est pas compatible avec le temps de scrutation de l'automate $F_{\text{auto}} = 10 \text{ Hz}$.

→ Les conséquences de cette incompatibilité entraînent une perte d'informations et donc des imprécisions sur la position des cabines. D'où risque de dépassement des vitesses autorisées en fonction de la position des cabines.

→ Solution mise en œuvre d'une carte de comptage rapide avec un traitement (une interruption) prioritaire des impulsions des codeurs.

Pour la suite du problème, on retiendra une résolution de 6pts/tr pour les deux codeurs.

D.2.5 Etude du comptage des impulsions délivrées par les codeurs.

Le comptage des impulsions des codeurs se fait grâce à l'automate dans un registre **de 16 bits**.

D.2.5.a Calculer le nombre d'impulsions délivrées par les codeurs, pour la distance du "Taoulet" au "Pic du Midi". (Voir page D3 figure 2)

→ **Nombre de tours de la poulie motrice pour parcourir la distance de 2629m entre les deux gares**

$$N_{\text{poulie}} = \text{distance entre les gares} / \pi \times D$$

$$N_{\text{poulie}} = 2631 / \pi \times 2.650 = \underline{316 \text{ tours}}$$

→ **Le codeur a donc effectué**

$$N_{\text{codeur}} = N_{\text{poulie}} \times (Z1/Z2) = 316 \times 5 = \underline{1580 \text{ tours}}$$

→ **Calcul du nombre d'impulsions "N_{impul}" avec une résolution de 6pts/tr**

$$N_{\text{impul}} = \text{Résol} \times N_{\text{codeur}} = 1580 \times 6 = \underline{9480 \text{ impulsions}}$$

D.2.5.b Calculer le nombre de bits nécessaires au registre de comptage pour mémoriser cette information.

→ **La conversion des 9480₍₁₀₎ impulsions donne en binaire :**

$$0010010100001000_{(2)}$$

14 bits sont nécessaires plus il faut rajouter un bit de signe soit 15 bits

D.2.5.c La taille du registre de comptage **est-elle compatible** avec les informations à gérer ? **Justifier** la réponse.

Oui il y a compatibilité, car la carte de comptage utilise un registre 16 bits et nous avons calculé que 15 bits étaient suffisants pour mémoriser la distance totale entre les deux gares.

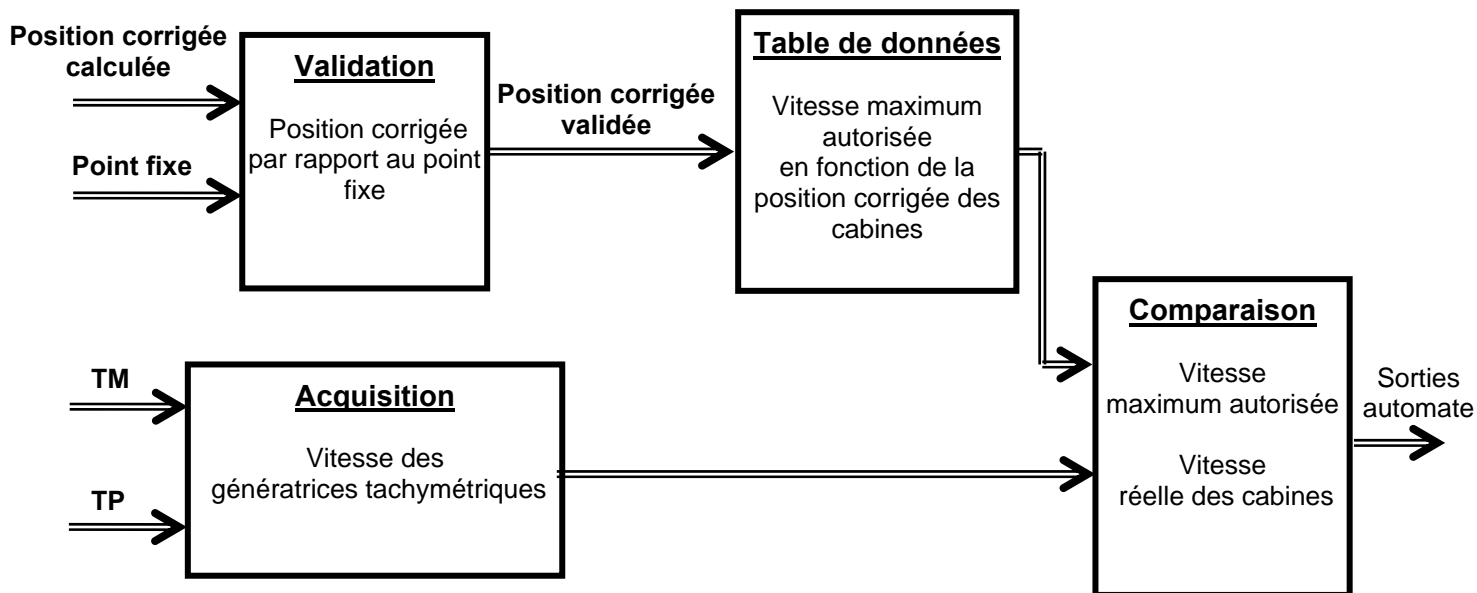
D.3 Exploitation des informations vitesse et position pour la sécurité

L'automate "suivi de ligne" vérifie à chaque cycle automate que la vitesse maximale autorisée des cabines en chaque point du tracé (courbe enveloppe) ne soit jamais dépassée, en particulier au niveau du pylône et à l'approche des gares.

La vitesse maximum autorisée sur le trajet dépend de la position des cabines donnée par les codeurs GIO1 et GIO2 placés sur la poulie motrice. (Voir page D3 figure 2)

Tout dépassement de la vitesse autorisée (courbe enveloppe) provoque un freinage d'urgence.

Architecture logicielle pour la surveillance de la vitesse autorisée :



Position corrigée et point fixe :

La longueur du câble tracteur peut varier dans des proportions importantes. L'automate "suivi de ligne" calcule automatiquement la correction théorique à effectuer sur la longueur du câble **en ajoutant** ou **en enlevant** des points du codeur.

Un capteur magnétique (point fixe) placé sur les câbles porteurs permet de vérifier la pertinence du calcul de la position corrigée automatiquement par rapport à la position physique des cabines sur le trajet.

D.3.1 Pour pouvoir valider la position corrigée calculée par l'automate au cycle précédent, le passage de la cabine au point fixe doit être compris dans une fourchette de **+/- 2.5 m. (Voir page D3 figure 2)**

Calculer et **compléter** le tableau suivant par les valeurs d'encadrement de la position corrigée pour obtenir sa validation par le point fixe.

	Point fixe - 2,5 m	Point fixe 0 m	Point fixe +2,5 m
Fourchette en points pour la validation de la position corrigée	8534	8543	8552

D.3.2 Pour ce mouvement de cabine, la correction de la position calculée par l'automate lors du cycle précédent est de **+15 points codeur**.

D.3.2.a La correction de +15 points codeur **peut-elle être validée** par le point fixe? **Justifier** votre réponse.

La position calculée par l'automate ne peut pas être validée par le point fixe car une fourchette de +/- 2.5 m correspond à +/- 9 points codeurs et l'automate en a calculé +15points.

D.3.2.b Suite à un dysfonctionnement du capteur "point fixe", la cabine poursuit sa course vers la gare du "Pic du Midi" avec une correction codeur de +15points.

Quelles sont les conséquences sur les biens et les personnes dans ces conditions ? **Justifier** votre réponse.

Le dépassement hors fourchette est de +6 points codeurs soit 1.6 m.

La cabine va théoriquement (choc improbable car capteurs mécaniques de dépassement de position) entrer en collision avec le sabot d'arrêt qui est la position 2631 m car pour l'automate l'arrêt est situé à 2632,6 m.

D.3.3 Compléter la table simplifiée des données qui définissent les vitesses maximales autorisées de la cabine en fonction de la position donnée par le codeur GIO1. (Voir page D3 figure 2)

Position géographique de la cabine n°1	Nombre de points codeur GIO1	Vitesse maximum autorisée ou ralentissement
Gare du "Taoulet" Cabine à l'arrêt Position 0 m	0 pts	0 m/s
Cabine située entre 439 m et 2192 m	1582 ≥ GIO1 ≥ 7898	12,5 m/s
Point fixe Position 2371 m	8543	0,25 m/s ²
Pylône Position 2461 m	8867	6 m/s
Début ralentissement Position 2545 m	9170	- 0,25 m/s ²
Gare Pic du Midi Cabine à l'arrêt Position 2631 m	9480	0 m/s