

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SÉRIE SCIENTIFIQUE

ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Session 2017

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient 4,5 pour les candidats ayant choisi un enseignement de spécialité autre que sciences de l'ingénieur.

Coefficient 6 pour les candidats ayant choisi l'enseignement de sciences de l'ingénieur comme enseignement de spécialité.

Aucun document autorisé.

Calculatrice autorisée, conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 21 pages numérotées de 1 sur 21 à 21 sur 21.

Les pages 20 et 21 sont à rendre avec la copie.

Ascenseurs de Vaujany



Implantation du projet

Constitution du sujet

1	Texte.....	Page 3
2	Documents techniques.....	Page 17
3	Documents réponses	Page 20

Le sujet comporte 27 questions.

**Les documents réponses DR1 et DR2 pages 20 et 21
sont à rendre avec la copie.**

1. Présentation du système étudié

La station de **Vaujany** est située dans le massif de l'Oisans, à environ 50 km de Grenoble (Isère). Le village est implanté sur un coteau en pente. Pour relier les différentes infrastructures du village-station, deux ascenseurs y ont été implantés en complément des différents escalateurs. Ces ascenseurs sont réalisés par la société Skirail (groupe Poma).

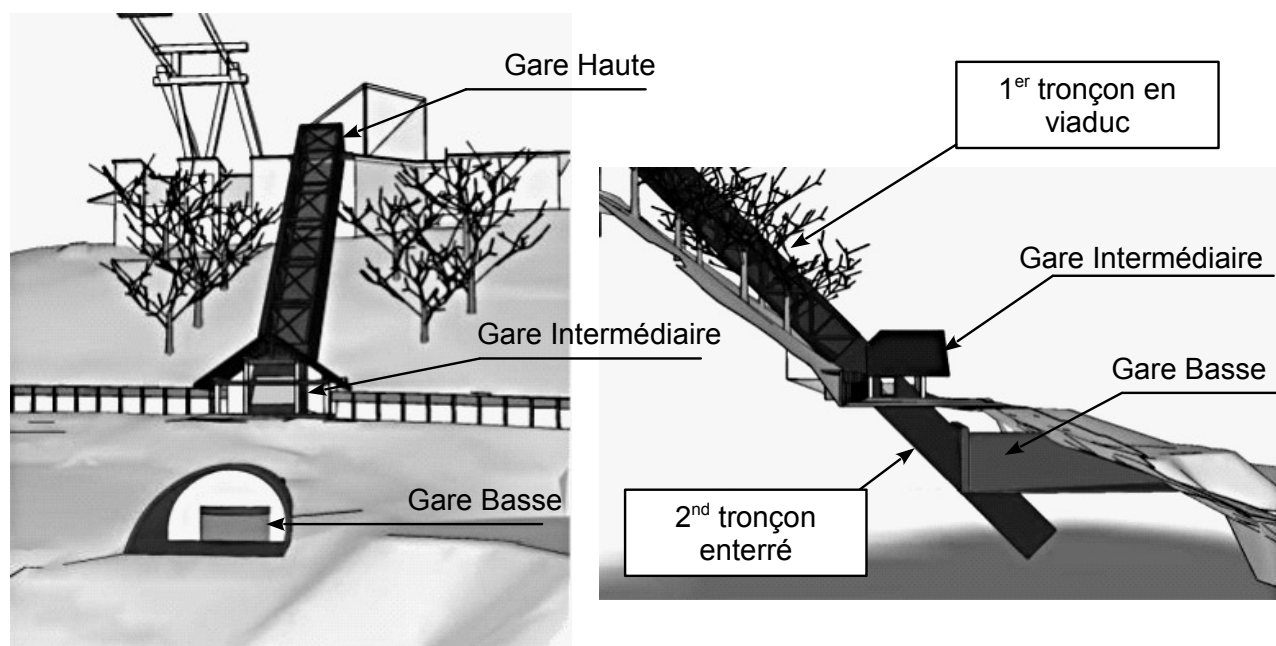


Figure 1 : vues panoramiques du site

Le système dispose d'une partie aérienne en viaduc entre la gare haute et la gare intermédiaire et d'une partie dans une gaine enterrée entre la gare intermédiaire et la gare basse (figure 1).

Le système comprend deux ascenseurs indépendants, qui circulent en parallèle (voir DT1). Chacun est relié à un contrepoids. Les cabines ont une capacité de 18 places.

Chacune des cabines d'ascenseur circule sur une voie composée d'une structure métallique servant :

- de surface de roulement aux 4 roues de la cabine ;
- à guider le contrepoids ;
- à guider la nappe de câbles ;
- à supporter les différents capteurs de positionnement.

L'objectif de cette étude est de montrer la pertinence de ce mode de transport d'un point de vue environnemental et d'analyser les contraintes engendrées par ce choix : flux de passagers, confort et sécurité.

2. Évaluation de l'impact environnemental de l'ouvrage

Objectif de cette partie : comparer l'impact environnemental d'un transport par ascenseur à celui d'un transport par véhicule automobile.

La problématique du stationnement dans le cœur du village-station, couplée à celle de la pollution atmosphérique rend nécessaire de comparer le transport par véhicule automobile à celui par ascenseur.

Afin de proposer un service de qualité aux usagers, la station a fait le choix d'un fonctionnement du système en « tandem ». Cela permet d'avoir en permanence une cabine en attente en gare haute et la seconde en gare basse. Donc, lors d'un déplacement d'une cabine avec des passagers, la seconde cabine effectue le trajet en sens inverse.

Un relevé statistique des allers-retours des deux cabines d'ascenseurs a été réalisé entre les gares haute et basse (figure 2). Un aller-retour des deux cabines correspond à deux allers-retours d'une cabine.

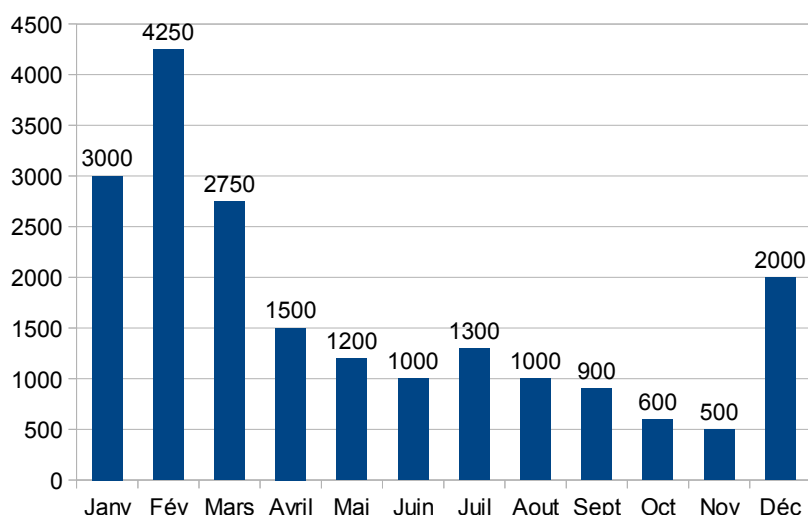


Figure 2 : nombre d'allers-retours des deux cabines

Données et hypothèses :

- la route entre la gare haute et la gare basse a une longueur de 1 km ;
- la consommation énergétique moyenne du système pour un trajet aller-retour est de 0,5 kW·h ;
- le nombre de passagers moyen sur l'année par cabine dans l'ascenseur est de 6 personnes ;
- le nombre de passagers moyen sur l'année par trajet en véhicule automobile est de 3 personnes ;
- l'émission de CO₂ en France pour une production d'électricité de 1 kW·h électrique est de 90 g équivalent CO₂ ;
- le taux d'émission de CO₂ moyen T_{emCO_2} d'un véhicule automobile en France est de 115 g·km⁻¹ .

Q1. Déterminer le nombre N_{A-R_cabine} d'aller-retours de cabine réalisés sur une année compte tenu des données fournies. En **déduire** le nombre $N_{passagers}$ de passagers transportés entre les deux gares (montée ou descente) par ce moyen de transport. On suppose que toute personne montée en gare haute redescend ensuite.

Calculer le nombre équivalent $N_{trajets}$ de trajets (aller ou retour) en véhicule automobile.

Q2. Calculer la masse M_{Rejets_auto} de CO_2 annuelle rejetée par le transport automobile, puis la masse $M_{Rejets_ascenseur}$ de CO_2 annuelle rejetée par le transport par ascenseur.

Q3. Conclure, sous la forme d'un texte de quelques lignes, sur la pertinence de l'installation d'un tel ouvrage.

3. Confort des passagers

Objectif de cette partie : analyser et valider les solutions mises en œuvre pour assurer le confort des passagers.

La norme NF EN 81-22 précise les règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs électriques inclinés (entre 15° et 75°). Elle impose, en service normal et pour tous les cas de charge :

- une vitesse maximale de $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour une charge de 3 000 kg (voir la figure 3) ;
- une composante horizontale (suivant l'axe (O, \vec{x}) sur DT1) de l'accélération a_{max} subie par les passagers pendant le démarrage inférieure en valeur absolue à $0,1 \times g$.

L'accélération de la pesanteur a pour valeur : $g=9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

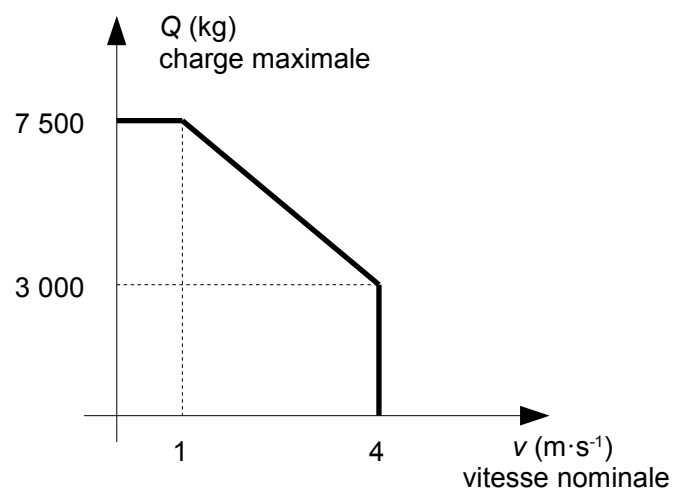


Figure 3 : courbe normative de la vitesse de la cabine (extrait AFNOR).

Le graphe des vitesses théoriques de la cabine sur l'axe (O, \vec{x}_r) (voir DT1) dans le référentiel terrestre pour un trajet de la gare basse à la gare haute est défini sur le document DR1.

Q4. Caractériser la nature du mouvement de chaque phase de ce déplacement.

Q5. Calculer, pour chacune des phases, l'accélération a_{cab} de la cabine sur l'axe (O, \vec{x}_r) . Tracer sur le document DR1 le graphe des accélérations sur l'axe (O, \vec{x}_r) dans le référentiel terrestre.

Q6. Calculer la composante horizontale, sur l'axe (O, \vec{x}) , de l'accélération dans les phases 1, 3 et 5 définies sur le document DR1. Commenter les transitions entre chacune des phases de ce mouvement en terme de confort pour les passagers et vis-à-vis de la norme en vigueur.

Le cahier des charges remis au constructeur de l'ascenseur impose une durée de parcours entre la gare haute et la gare basse (hors temps de chargement, déchargement et ouverture/fermeture des portes) inférieure à une minute.

Pour respecter cette contrainte et accroître le confort des passagers, il a été choisi de programmer le variateur de vitesse du moteur de la poulie motrice avec une loi de commande optimisée.

Le document technique DT2 présente les graphes des vitesses et des accélérations lors du déplacement de la cabine entre la gare basse et la gare haute :

- la courbe 1 représente le graphe des vitesses pour une loi de commande « trapézoïdale » ;
- la courbe 2 représente le graphe des vitesses pour une loi de commande optimisée ;
- la courbe 3 représente le graphe des accélérations associé à la courbe 2.

Q7. En analysant ces courbes, expliquer en quoi la loi de commande optimisée apporte du confort aux passagers. Déterminer les effets induits sur le temps de trajet de la cabine. Conclure quant à la solution retenue pour le déplacement de la cabine vis-à-vis du confort et de la norme en vigueur.

Pour piloter le mouvement, il est nécessaire de mesurer la position de la cabine. La solution constructive choisie (figure 4) est un codeur absolu multi-tours. Un câble, nommé « câblette », est d'une part fixé d'un côté à la cabine, et d'autre part à un système de mise en tension. Une poulie assure le renvoi et le guidage de la câblette. Le codeur est implanté sur l'axe de cette poulie. Lorsque la cabine se déplace, la câblette entraîne donc la rotation de la poulie et du codeur.

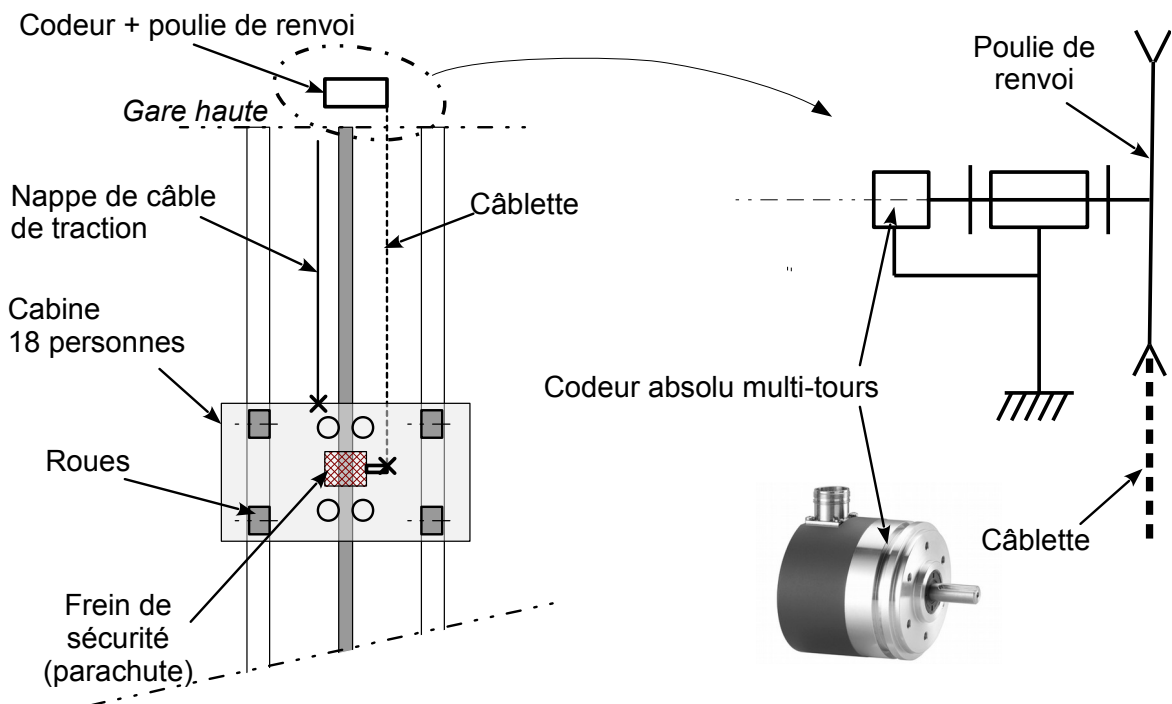


Figure 4 : principe de la mesure de position

Données :

- le diamètre primitif de la poulie de renvoi de la câblette est $D_{pr} = 20$ cm ;
- la course totale de la cabine est de 65 m ;
- la résolution imposée pour l'information de position de la cabine est de 1 cm ;
- dans l'automatisme, tous les calculs de position se font en centimètres ;
- le codeur absolu multi-tours renvoie un nombre N_a image de la position angulaire de son axe sur un format de 14 bits. Le nombre N_t de tours effectués par son axe est exprimé sur 12 bits ;
- la communication entre l'automatisme de commande et le codeur est conforme au protocole SSI (interface série synchrone), présenté sur la figure 5.

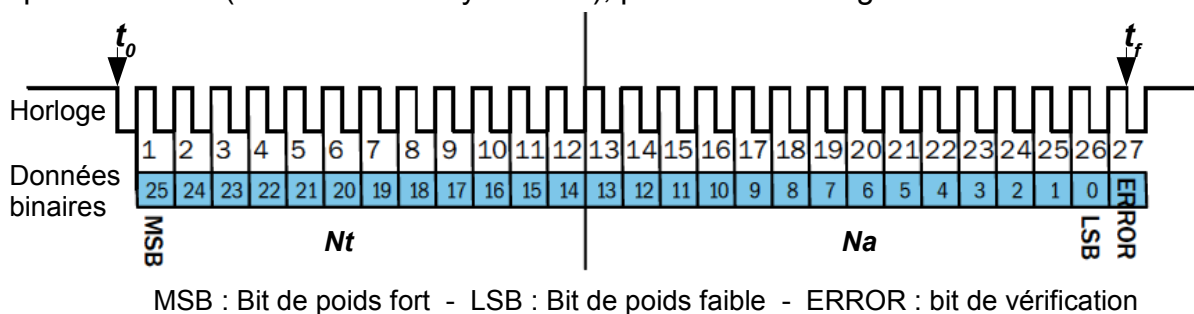


Figure 5 : transmission de la position cabine par le codeur absolu

Q8. Calculer en centimètres la distance parcourue par la cabine lorsque le codeur tourne d'un tour. **Vérifier** que la résolution du codeur est très largement suffisante.

Q9. Calculer le nombre de tours effectués par l'axe du codeur lors d'un trajet complet de la cabine (65 m) ; le calcul sera fait avec une précision à 10^{-2} près. En supposant, pour simplifier, que le codeur absolu est à 0 lorsque la cabine est en gare de départ, **exprimer** en binaire les valeurs de N_t et N_a fournies par le codeur lorsque la cabine atteint la gare d'arrivée. **Vérifier** que l'étendue de mesure du codeur est suffisante.

Afin de valider entièrement le choix du capteur de position, il est nécessaire de vérifier la fréquence de rafraîchissement de l'information de la position de la cabine.

Données et hypothèses :

- la vitesse de transmission de la position est $f_T = 400$ kbps (kilobits par seconde) ;
- à l'instant t_i , l'information de position est considérée reçue par l'automatisme (voir figure 5) ;
- un temps de pause minimal $t_p = 21 \mu\text{s}$ est imposé entre la fin d'une transmission de données et le départ d'une nouvelle transmission.

Q10. Calculer la durée T_2 minimale écoulée entre deux réceptions d'informations de position par l'automatisme. **En déduire** la distance D_{T_2} parcourue par la cabine pendant ce temps, à la vitesse nominale $V_{cab/rail} = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. **Vérifier** que la rapidité de transmission de l'information de position est compatible avec la résolution imposée.

4. Sécurité des passagers

Objectif de cette partie : valider les solutions techniques qui permettent d'assurer la sécurité des passagers en cas de glissement des câbles ou de leur rupture.

Si la câblette glisse sur la poulie de renvoi, alors le codeur absolu indique une position erronée. Pour détecter un éventuel glissement, des détecteurs inductifs sont placés à proximité des gares haute (CVDH) et basse (CVDB) (voir DT2). Au passage de la cabine devant un détecteur, la valeur de position donnée par le codeur absolu est vérifiée. Si la différence entre la mesure du codeur et la référence indiquée par le détecteur est en dehors de l'intervalle de tolérance Δ , une alarme est déclenchée :

- position du capteur haut CVDH, $x_{CVDH} = 56,00 \text{ m}$;
- position du capteur bas CVDB, $x_{CVDB} = 11,40 \text{ m}$.

L'algorithme de surveillance ainsi que les variables associées sont donnés dans le tableau de la figure 6.

<p><i>ALARM</i> = 0 SI <i>CVDB</i> ET (<i>POSCA</i><1100 OU <i>POSCA</i>>1180) ALORS <i>ALARM</i> = 1 FIN_SI SI <i>CVDH</i> ET (<i>POSCA</i><5560 OU <i>POSCA</i>>5640) ALORS <i>ALARM</i> = 1 FIN_SI</p>		
Entrées	Sorties	Variables internes
<p><i>CVDH</i> et <i>CVDB</i> : états logiques des détecteurs de vérification de dérive codeur <i>CVDH</i> ou <i>CVDB</i> = 1 si le détecteur est actif</p>	<p><i>ALARM</i> : indicateur de dérive excessive du codeur</p>	<p><i>POSCA</i> : position de la cabine suivant l'axe x, en cm</p>

Figure 6 : algorithme de surveillance de dérive de capture de l'information

Q11. À partir de l'algorithme de surveillance, **calculer** l'intervalle de tolérance Δ .

Q12. **Indiquer**, en le justifiant, l'état logique de la sortie *ALARM* lorsque l'image de la position de la cabine (*POSCA*) est de 5 530 cm quand celle-ci passe devant le détecteur *CVDH* en montée.

En cas de rupture des câbles, les ascenseurs sont équipés d'un frein dit « frein parachute » qui permet de bloquer la cabine sur son rail de guidage. Ce frein se déclenche lorsque le système détecte une survitesse supérieure à 115 % de la vitesse nominale de la cabine (Norme NF EN 81-22). Un extrait de la norme est donné dans le document technique DT3.

En cas de rupture des câbles à proximité de la gare « basse », la cabine se trouve dans une zone critique dans laquelle le frein parachute n'a pas le temps de se déclencher. Un amortisseur (représenté figure 7) fixé sur le mur bas permet d'arrêter la cabine et de suppléer au frein parachute.

L'étude qui suit a pour but, à partir de trois études, de valider la conformité de l'amortisseur choisi.

Un modèle multi-physique permet de choisir au préalable l'amortisseur vis-à-vis des exigences de la norme (étude 1 : modélisation multi-physique).

Au moment de l'installation de la cabine sur le rail (avant de relier les câbles tracteurs), un essai de lâcher est effectué sur la cabine munie d'un lest (équivalent aux 18 passagers). Cet essai est filmé et son exploitation vidéo permet de valider la conformité de l'amortisseur (étude 3 : analyse du lâcher réel).

Un essai en laboratoire est réalisé en vue de valider le principe de mesure par exploitation vidéo (étude 2 : validation de la méthode vidéo).

Étude 1 : modélisation multi-physique

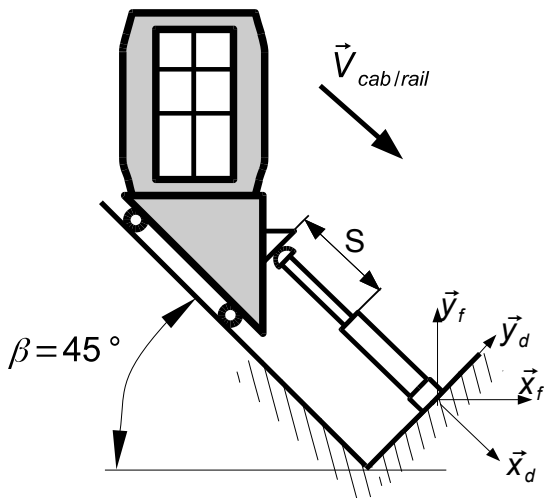


Figure 7 : amortissement de la cabine

Paramétrage de l'étude :

- le début de l'étude correspond au moment où la cabine entre en contact avec l'amortisseur ;
- le vecteur accélération du centre de gravité de la cabine est noté $\vec{a}_G = a_h \cdot \vec{x}_f + a_v \cdot \vec{y}_f = a_G \cdot \vec{x}_d$.
 a_G , l'accélération du centre de gravité de la cabine.
 a_h , l'accélération horizontale, projection de \vec{a}_G suivant \vec{x}_f .
 a_v , l'accélération verticale, projection de \vec{a}_G suivant \vec{y}_f .

La simulation multi-physique de la figure 8 permet d'évaluer l'impact de l'amortissement de la cabine sur les passagers.

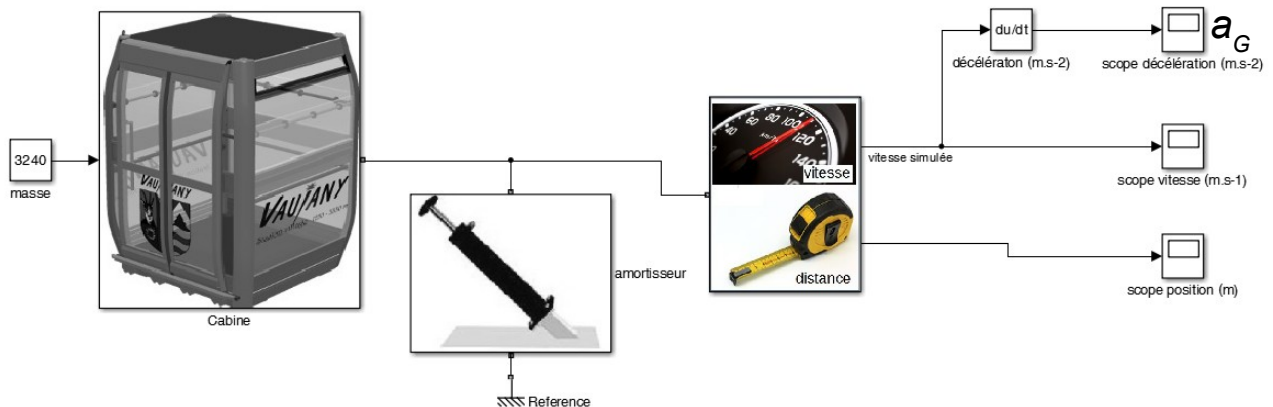


Figure 8 : modèle multi-physique de l'amortissement de l'ensemble cabine+passagers.

Les résultats de la simulation (figure 9) sont obtenus en paramétrant la masse de l'ensemble {cabine + passagers}, la vitesse initiale de la cabine ainsi que les caractéristiques de l'amortisseur.

Dans cette simulation, la résistance au roulement des galets sur les rails ainsi que les frottements secs et visqueux présents dans les différentes parties mobiles du système ne sont pas pris en compte.

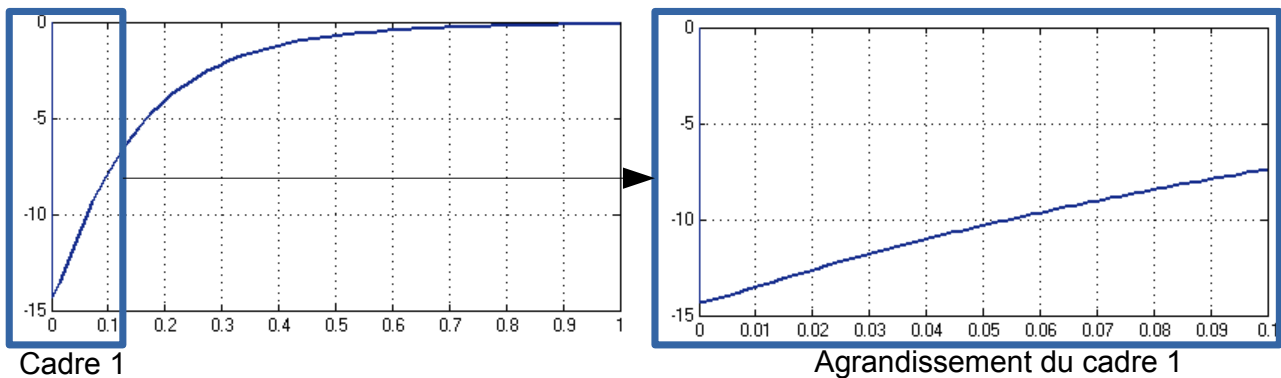


Figure 9 : accélération a_c (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) en fonction du temps t (en s)

Q13. En observant les résultats de la simulation (figure 9), **vérifier** à partir du calcul des composantes horizontale et verticale de l'accélération, la conformité de l'amortisseur par rapport à la norme NF EN 81-22 (voir DT3).

Étude 2 : validation de la méthode vidéo

Afin de valider la méthode de mesure (logiciel d'analyse et de pointage vidéo), un essai en laboratoire sur un banc de test (figure 10) est effectué.

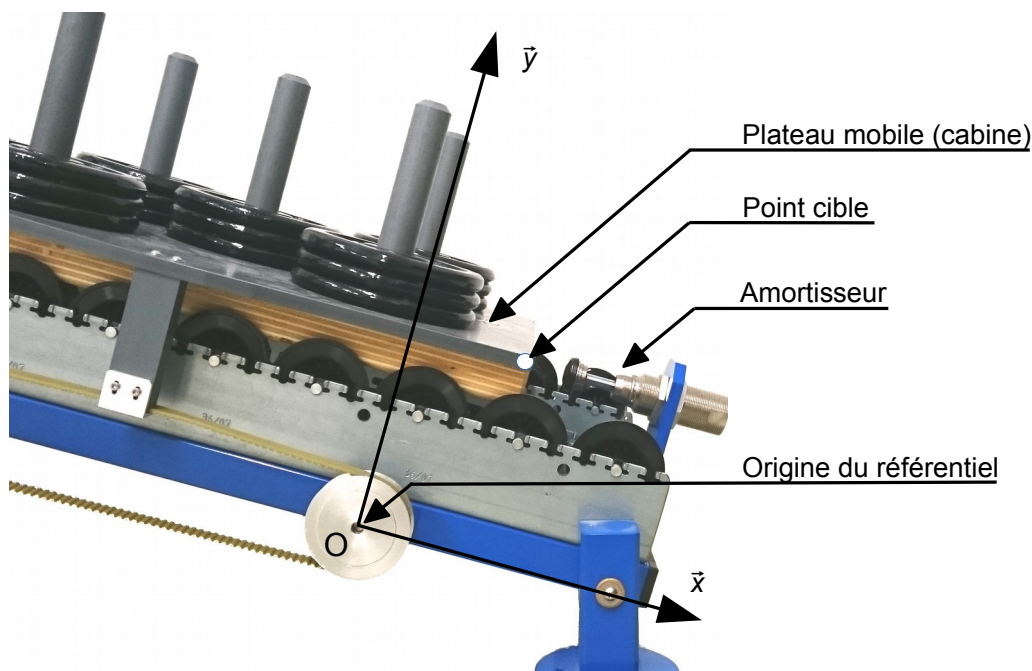


Figure 10 : description du banc de test

Le but de la manipulation est de comparer les données issues du traitement d'image avec celles obtenues par un accéléromètre placé directement sur le plateau mobile.

Le pointage vidéo consiste à repérer, pour chaque image de la séquence vidéo, un point cible placé sur le plateau mobile. L'intervalle de temps entre chaque image est toujours le même et est lié à la vitesse d'enregistrement de la caméra utilisée.

La figure 11 présente 3 clichés issus de la vidéo effectuée en laboratoire. La durée Δt entre chacun de ces clichés est supposée constante.

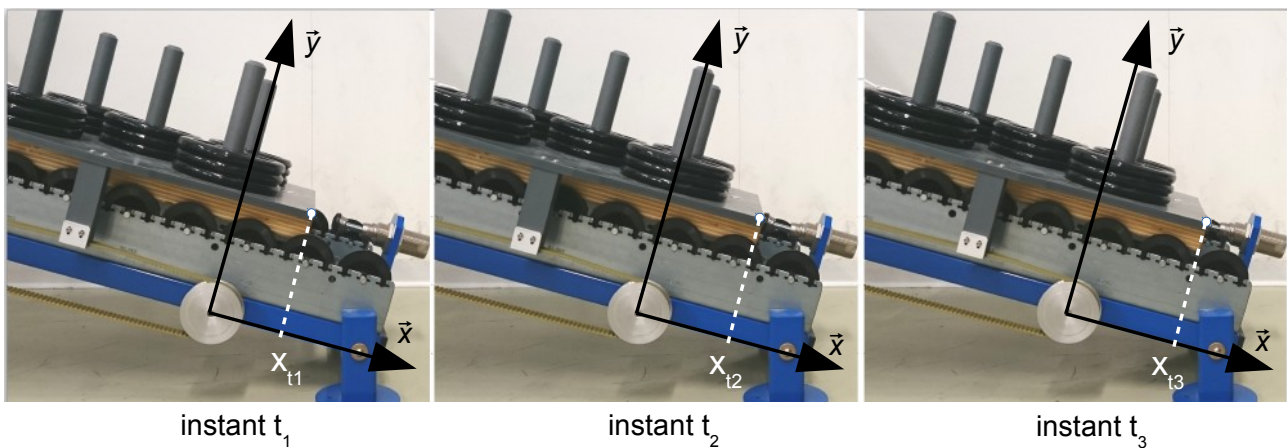


Figure 11 : clichés issus de la vidéo expérimentale

Q14. Exprimer de façon littérale le calcul permettant d'obtenir, à partir des 3 clichés et en fonction de Δt , les vitesses moyennes durant les intervalles de temps $[t_1; t_2]$ et $[t_2; t_3]$. On note ces vitesses v_{12} et v_{23} . Indiquer sous quelle condition ces vitesses moyennes sont très proches des vitesses instantanées.

Q15. Dans l'hypothèse où v_{12} et v_{23} sont les vitesses instantanées du mobile à deux instants décalés de Δt , exprimer le calcul permettant d'obtenir l'accélération moyenne.

L'essai de validation en laboratoire a donné le résultat présenté à la figure 12.

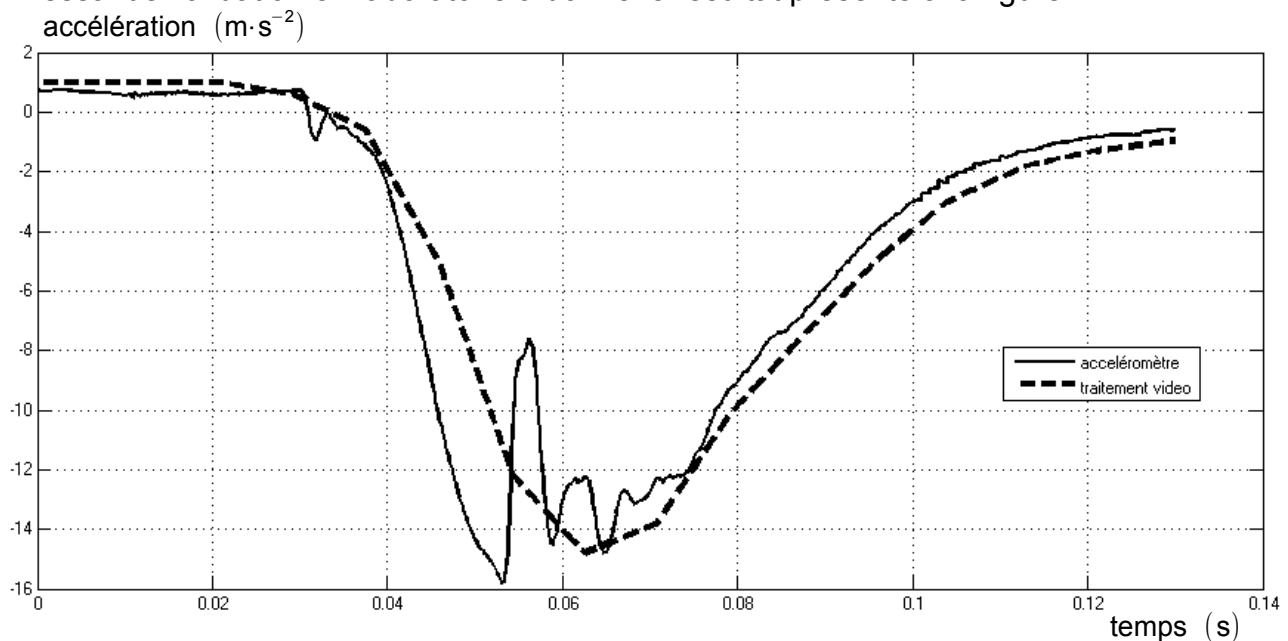


Figure 12 : accélérations obtenues par l'accéléromètre et par la vidéo

Q16. En comparant les allures des deux courbes, justifier la validité de la méthode vidéo.

Étude 3 : analyse d'un lâcher réel

L'analyse de la vidéo de l'essai de lâcher de la cabine réelle a donné l'allure de vitesse de la figure 13. L'amortisseur utilisé est celui déterminé à partir de la modélisation.

La distance à laquelle est placée la cabine est déterminée théoriquement de manière à ce que la cabine atteigne 115 % de la vitesse nominale au moment de l'impact.

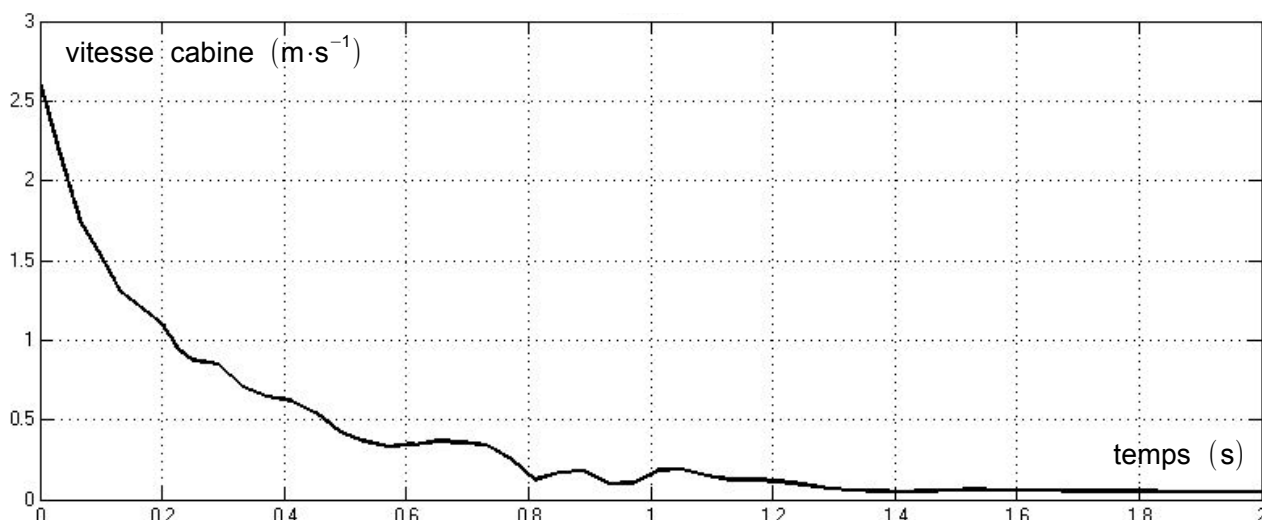


Figure 13 : courbe de vitesse de la cabine issue d'un essai vidéo

Q17. En analysant la courbe de vitesse de la cabine, rappelée sur le document réponse DR2, **retrouver**, par calcul, les valeurs des accélérations moyennes au début de l'analyse vidéo, durant les intervalles de temps [0 s ; 33 ms], [33 ms ; 66 ms] et [66 ms ; 0,1 s]. **Conclure** sur la conformité de l'amortisseur mis en place.

5. Augmentation du flux de passagers

Objectif de cette partie : valider la capacité du système à supporter une charge plus importante pour augmenter la capacité de transport lors des périodes de forte affluence.

L'ascenseur de Vaujany est particulièrement sollicité en haute saison touristique où il s'avère parfois sous-dimensionné. Une augmentation de sa capacité de transport est envisagée sans changer les moteurs ni effectuer des travaux de génie civil.

Détermination du nombre de passagers supplémentaires possibles

L'augmentation de la capacité va uniquement porter sur la modification de la longueur L actuelle de la cabine (figure 14).

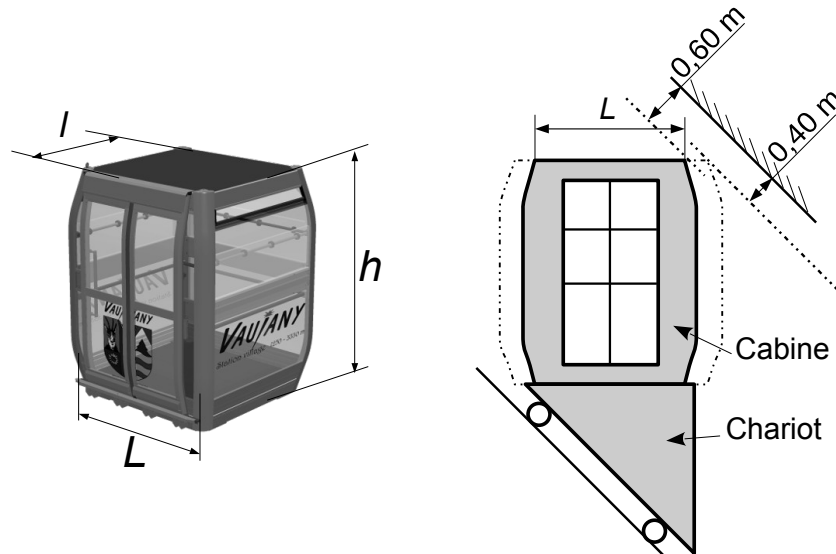


Figure 14 : dimensions de la cabine

Caractéristiques de la cabine actuelle

- Dimensions (en mètres) : $L \times l \times h = 1,80 \times 1,60 \times 2,30$.
- Capacité : 18 passagers (debout).
- Distance cabine toit du tunnel : $d = 60$ cm .
- Masse moyenne d'un passager : 80 kg.
- Masse (cabine + chariot) : $M = 1800$ kg .
- Surface par passager : $0,16$ m² .

Contrainte imposée à la nouvelle cabine

- Distance cabine toit du tunnel : $d_1 = 40$ cm .

Q18. Vérifier que la longueur L peut être allongée de 28 cm de chaque coté.
Calculer alors la nouvelle surface et **en déduire** le nombre de passagers supplémentaires.

Une augmentation d'un centimètre de la longueur de la cabine entraîne une élévation de 8 kg de sa masse.

Q19. Calculer la masse totale maximale M_T que doit supporter le câble avec la nouvelle cabine.

La résistance au déplacement, due aux divers frottements, est négligée devant les actions mécaniques mises en jeu.

Q20. En isolant l'ensemble {cabine + passagers + roues}, **placer** et **définir** sur le document DR2 tous les efforts qui s'exercent sur l'ensemble lorsqu'il démarre.

Au démarrage, l'accélération subie par l'ensemble est $\|\vec{a}_G\| = 0,25$ m·s⁻² .

Pour la suite du problème, la masse totale maximale M_T est de 4 088 kg.

Q21. En appliquant le théorème de la résultante dynamique en projection sur la direction \vec{x}_r , **calculer** l'effort de traction exercé par l'ensemble des câbles.

Validation de la transmission actuelle

Il s'agit de vérifier que la poulie est toujours capable d'entraîner le câble par adhérence et que le moteur actuel permet d'entraîner la nouvelle cabine.

Une simulation numérique, lorsque la cabine démarre de la gare basse, prenant en compte les poids, les frottements et l'inertie de tous les composants a été réalisée. Elle permet de déterminer l'effort qui s'exerce sur le brin tendu de la poulie motrice au démarrage, $T_{1a} \approx 30600 \text{ N}$, et à vitesse uniforme, $T_{1u} \approx 28400 \text{ N}$.

Cette simulation permet aussi de déterminer la tension du câble sur le brin « mou » qui vaut alors $t_{1a} \approx 21200 \text{ N}$ au démarrage et $t_{1u} \approx 22000 \text{ N}$ à vitesse uniforme (figure 15).

Ces calculs prennent en compte un nouveau contrepoids de 3 168 kg qui correspond à la masse de la cabine à laquelle on ajoute la moitié de la masse du nombre maximal de personnes à transporter.

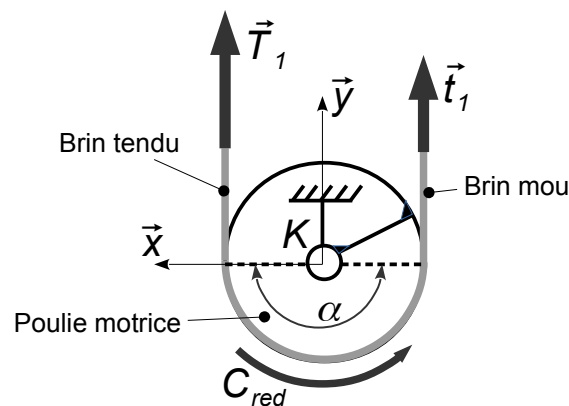


Figure 15 : modélisation des actions mécaniques sur la poulie motrice

Le couple appliqué par le motoréducteur (voir DT3) sur la poulie motrice est noté C_{red} .

La condition d'adhérence des câbles sur la poulie s'écrit $\frac{T_1}{t_1} < e^{f\alpha}$ où α et f désignent respectivement l'angle d'enroulement du câble et le facteur de frottement entre le câble et la poulie.

Données : $\alpha = \pi \text{ rad}$ et $f = 0,3 \Rightarrow \frac{T_1}{t_1} < 2,57$.

Q22. Vérifier que la condition d'adhérence (non-glissement) du câble sur la poulie motrice est satisfaite lors du démarrage de l'ascenseur.

Le diamètre moyen d'enroulement du câble sur la poulie motrice vaut : $\Phi_p = 750 \text{ mm}$.

La figure 15 rappelle l'inventaire des actions mécaniques qui agissent sur la poulie et sur un morceau de câble. La liaison pivot est supposée parfaite.

Compte tenu des efforts mis en jeu, le moment d'inertie de la poulie est négligeable.

Q23. Appliquer à la poulie, le théorème du moment dynamique en projection sur l'axe de sortie du réducteur (K, \vec{z}) et **en déduire** le couple C_{red} que doit exercer l'ensemble « moteur+réducteur » lors du démarrage de l'ascenseur.

Q24. Calculer, en prenant en compte le rendement, le couple moteur C_m nécessaire au démarrage de l'ascenseur.

Q25. Calculer le couple moteur C_m en régime permanent, et conclure quant à la nécessité ou non de changer le moteur si la capacité de la cabine est augmentée.

6. Synthèse et perspective d'amélioration du bilan énergétique

Objectif de cette partie : vérifier la pertinence de la prise en compte des périodes de faible affluence en vue d'améliorer le bilan énergétique.

Les parties précédentes montrent que cet ascenseur permet de transporter des passagers en sécurité tout en respectant l'environnement.

Dans le but d'améliorer le bilan énergétique de l'installation, il est envisagé de prendre en compte l'affluence en ajoutant un mode économique.

Dans ce mode (nombre de passagers inférieur ou égal à 6), la durée du trajet sera portée à sa valeur maximale permise par le cahier des charges à savoir 60 s.

Q26. Proposer un ou plusieurs types de capteurs permettant au système d'être informé sur l'affluence en temps réel.

Afin de valider ce mode de fonctionnement, une simulation par modèle multi-physique a été effectuée totalisant l'énergie consommée par le moteur lors du trajet.

- Pour un trajet standard avec 2 passagers en 47 s, l'énergie vaut 380 160 J.
- Pour un trajet avec 2 passagers en 60 s, avec une accélération maintenue et une vitesse maximale réduite l'énergie vaut 347 004 J.

Q27. Déduire de ces simulations l'intérêt présenté par l'adoption de ce mode de fonctionnement et l'impact sur le confort des usagers (temps d'attente, temps de trajet ...).

Document technique DT1.

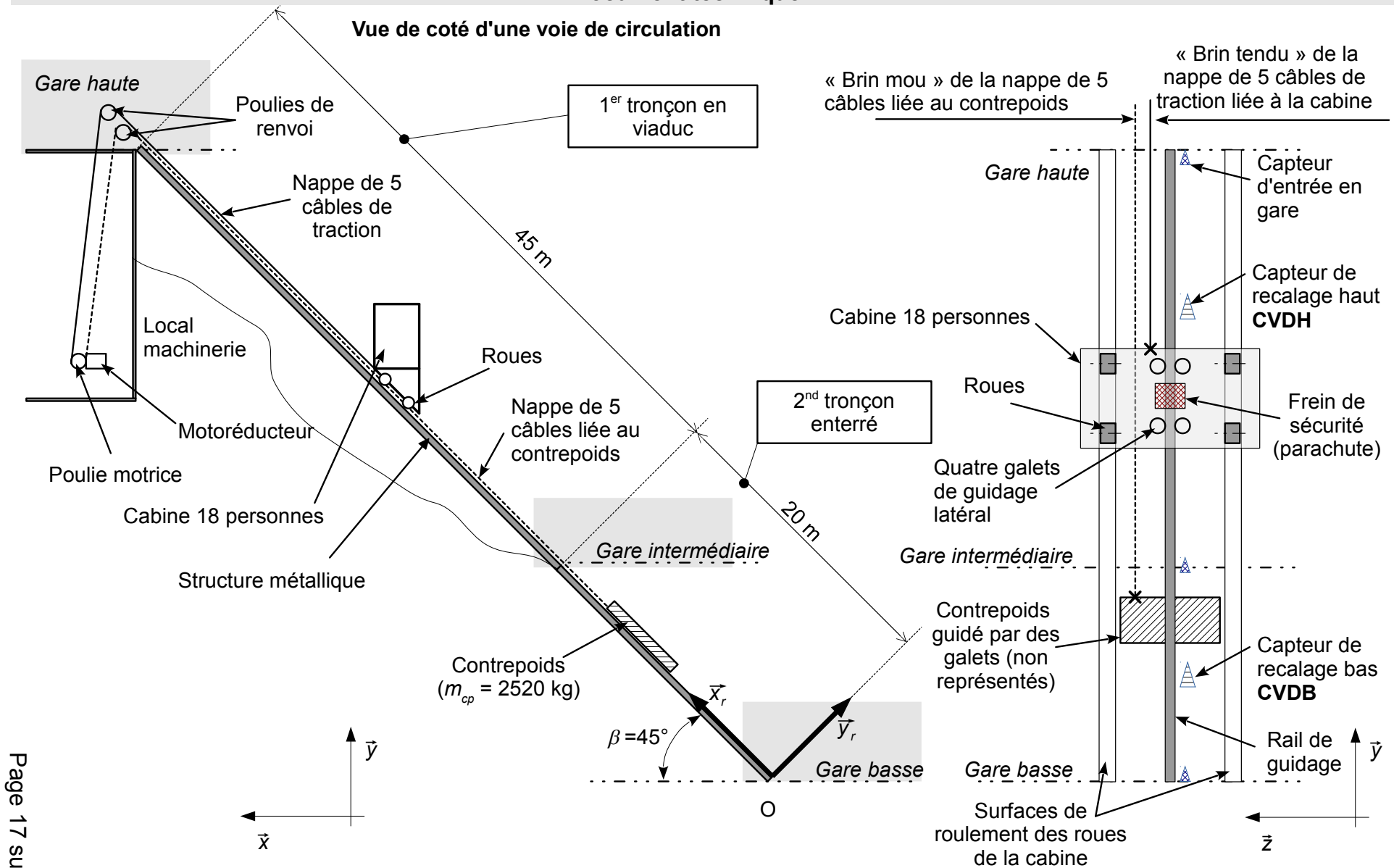
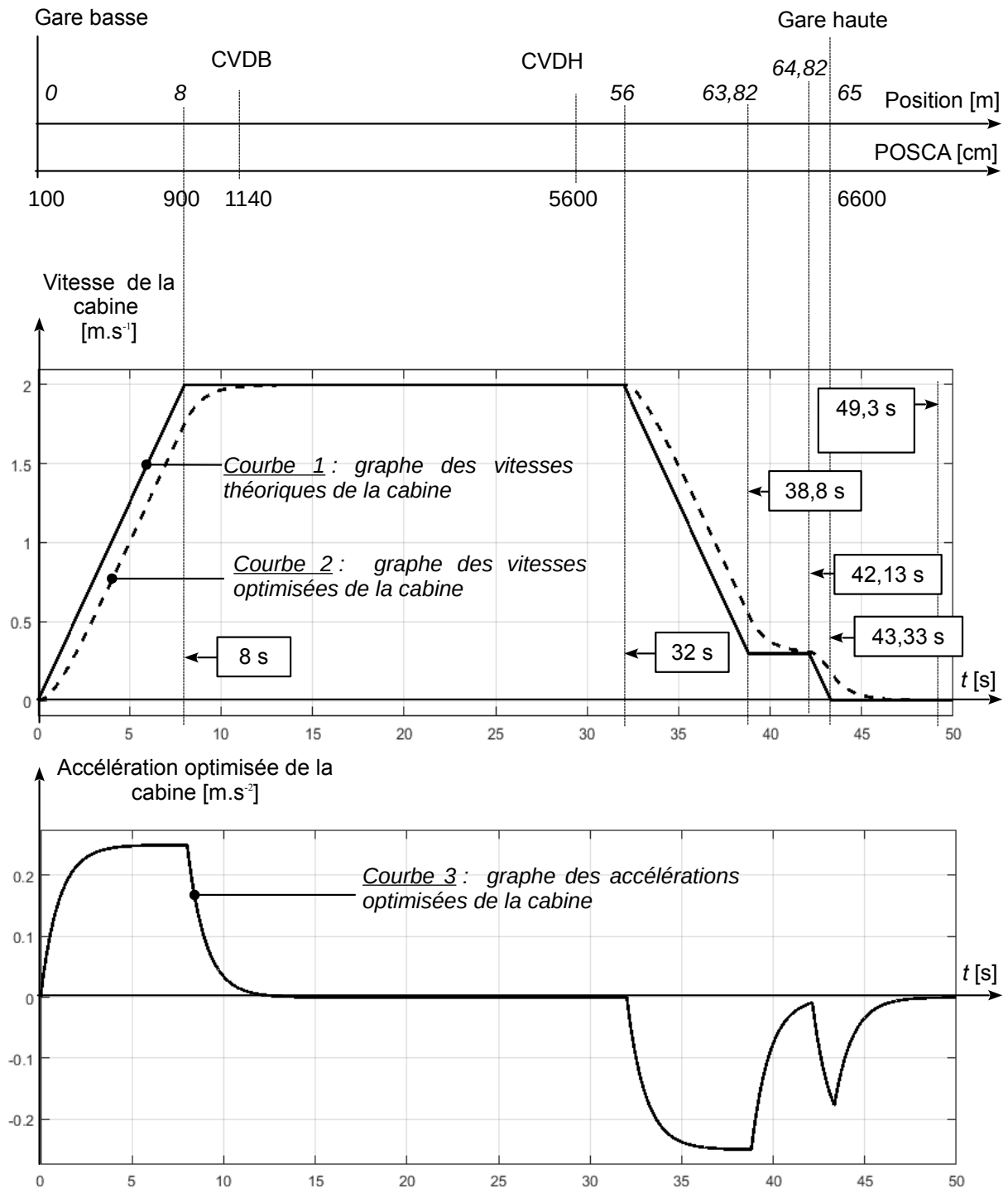


Figure 16 : synoptique du système d'ascenseurs.

Document technique DT2.

Comportement optimisé du déplacement de la cabine.

Positions des capteurs et variables associées



Document technique DT3.

Extrait de la norme NF EN 81-22.

Amortisseurs à caractéristiques non linéaires

Les amortisseurs à accumulation d'énergie à caractéristiques non linéaires doivent respecter les prescriptions ci-dessous.

Lors d'un heurt de l'amortisseur du véhicule équipé d'une charge nominale, et dans le cas d'une chute libre à une vitesse de 115 % de la vitesse nominale :

- la valeur de la composante verticale de la décélération ne doit pas être supérieure à 1,0 g ;
- la valeur de la composante horizontale de la décélération ne doit pas être supérieure à 0,5 g ;
- si les valeurs instantanées ci-dessus sont supérieures à 2,5 g pour la composante verticale, et 1,0 g pour la composante horizontale, alors leur durée ne doit pas être supérieure à 0,04 s.

Caractéristiques techniques du motoréducteur

Le motoréducteur de chaque ascenseur présente les propriétés ci-dessous.

Moteur

- Type : ELEMOL CTF160L.43.
- 50-60 Hz triphasé Y.
- Couple nominal : $C_m = 147 \text{ N}\cdot\text{m}$.
- Puissance nominale : $P_m = 22 \text{ kW}$.
- Courant nominal à 400 V : 43,5 A.
- Vitesse nominale : $n_m = 1430 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.
- Couple maximal : $C_{m\text{Maxi}} = 294 \text{ N}\cdot\text{m}$.



Réducteur

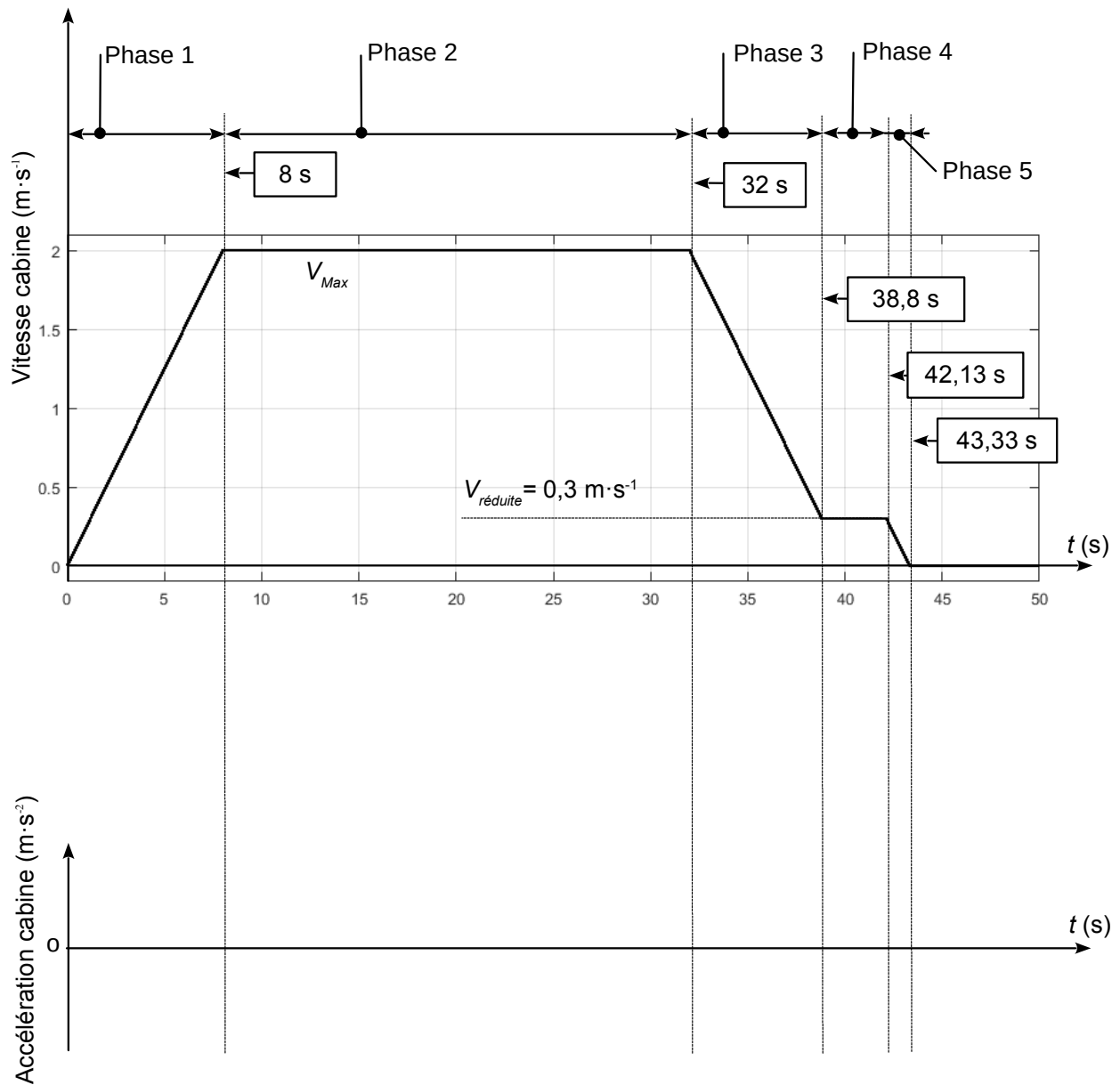
- type roue et vis sans fin (un seul étage).
- rapport de réduction $r = \frac{N_{\text{poulie}}}{N_{\text{moteur}}} = \frac{2}{49}$.
- rendement $\eta_r \approx 0,82$ à la vitesse nominale.

À rendre avec la copie

Document réponse DR1.

Vitesses et accélérations théoriques de la cabine en projection suivant l'axe (O, \vec{x}_r)

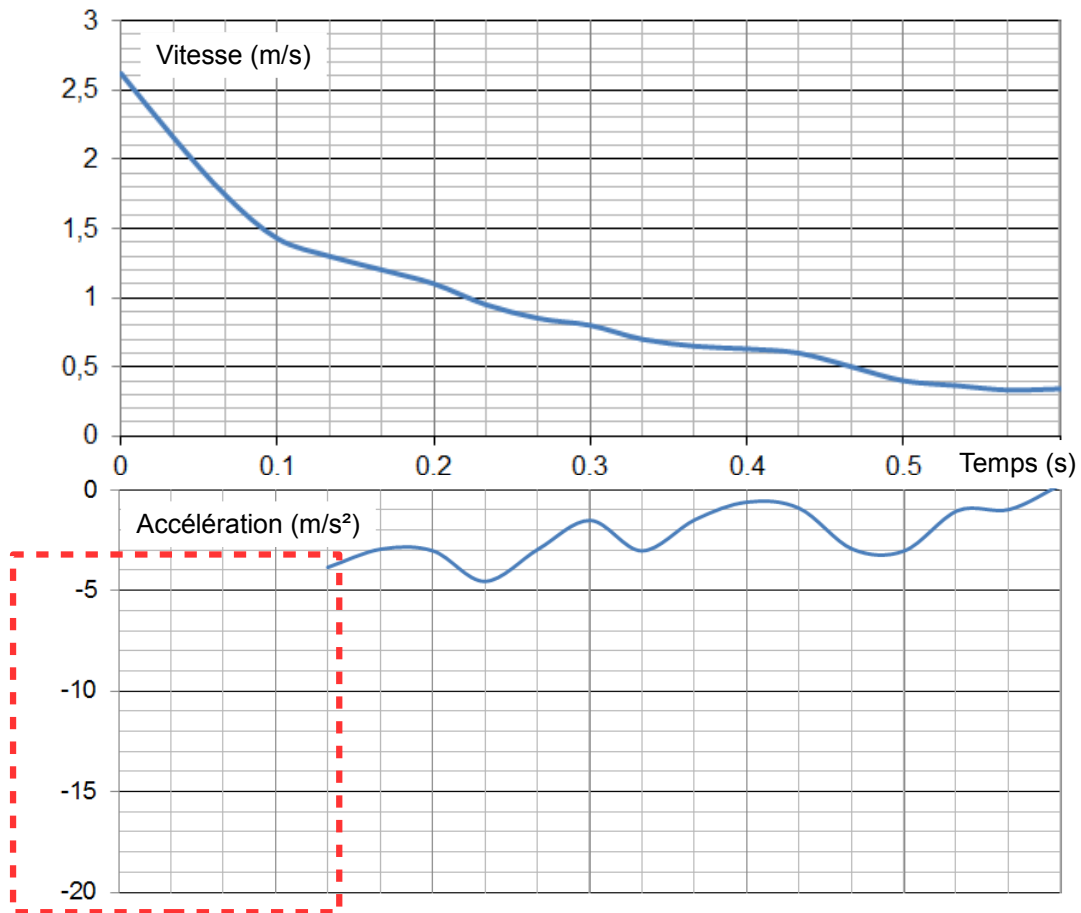
Q5 :



À rendre avec la copie

Document réponse DR2.

Q17 : Courbe de vitesse de la cabine issue de l'essai vidéo



Efforts exercés sur la cabine lors du démarrage au bas de la pente

Q20 :

