DATE			HEURE DÉBUT	HEURE FIN
10	10	26	8 h 10	10 h 10

CLASSE	MPSI

matière	S.I.I.

professeur	LILLONI (casier 169)

CONSIGNES	Calculatrice	OUI ☒	NON ☐
	Documents	OUI ☐	NON ☒
	- **Seul l'unique Document-réponse fourni est à rendre (pas de copie).** - Pas de telephone, ni montre connectée sinon exclusion immédiate. - L'usage d'un document réponse ne dispense pas d'un certain soin dans la présentation qui peut faire l'objet d'un retrait de point allant jusqu'à -2pts et la non correction des réponses illisibles. - Inscrire votre NOM en capitale.		

Ascenseurs de Vaujany

I. PRESENTATION DU SYSTEME

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 villagestation, deux ascenseurs y ont été implantés en complément des différents escalateurs. Ces ascenseurs sont réalisés par la société Skirail (groupe Poma).

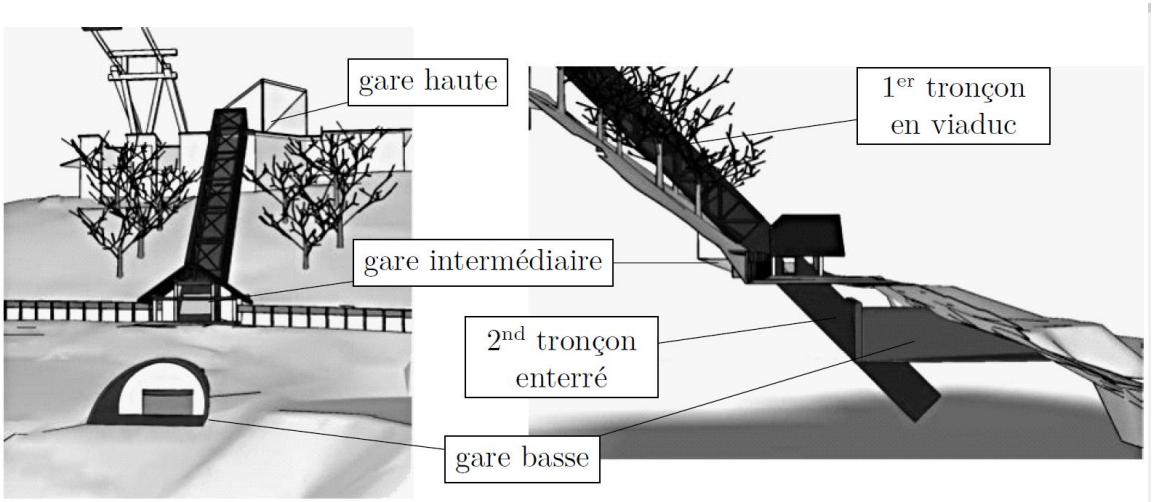


FIGURE 1 : Disposition des gares et des tronçons vue de face et de côté

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, qui circulent en parallèle. 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 (DT1) 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.

Un extrait du cahier des charges est fourni sous forme de diagramme d'exigences (Figure 5).

La structure interne de l'ascenseur est définie par des extraits du diagramme de définition de blocs

(Figure 6) et du diagramme de bloc interne (Figure 7).

Q 1. A partir de ces diagrammes, compléter les chaînes d'énergie et d'information du document réponse en précisant le nom des composants ainsi que leur fonction respective et le nom des flux.

II. ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'OUVRAGE

La problématique du stationnement dans le coeur 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 d'une cabine d'ascenseur a été réalisé entre les gares haute et basse (Figure 2). N.B. : les deux cabines fonctionnent de manière analogue.

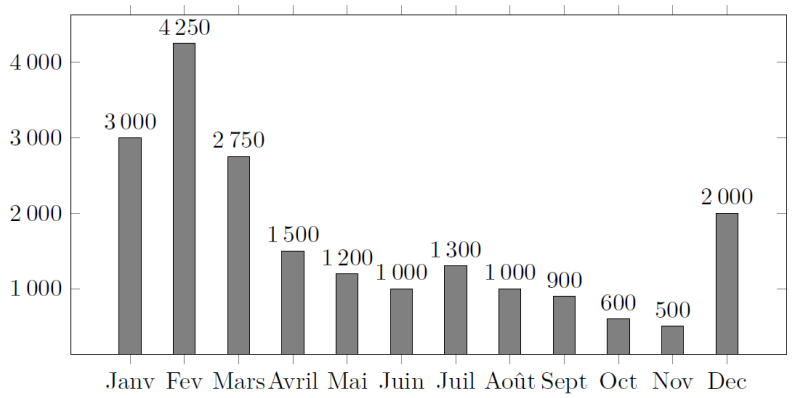


FIGURE 2 : nombre d'allers-retours des deux cabines

Données et hypothèses :

- la route entre la gare haute et la gare basse a une longueur de 1km ;
- la consommation énergétique moyenne du système pour un trajet aller-retour est de 0,5 kW· h ;
- le nombre moyen de passagers sur l'année par trajet (aller ou retour) par cabine dans l'ascenseur est de 6 personnes ;
- le nombre moyen de passagers 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 TemCO2 d'un véhicule automobile en France est de 100 g · km−1.

Q 2. Déterminer le nombre moyen de passagers transportés avec les ascenseurs en une année entre les deux gares.

Q 3. En déduire, le nombre équivalent de trajets en véhicule automobile.

Q 4. Déterminer la masse de CO_2 annuelle rejetée par les deux moyens de transport et conclure la satisfaction de l'exigence 11.

III. SIMULATION DU COMPORTEMENT DE LA CABINE D'ASCENSEUR

1. Schéma fonctionnel de l'asservissent

Le moteur associé à son réducteur (formant le moto-réducteur) est alimenté par une tension électrique u(t) (en V) qui fait varier sa vitesse de rotation en sortie $\omega_m(t)$ (en rad.s^{-1}).

Le **motoréducteur** entraine un système de **transmission** mécanique composé de câbles et de poulies qui exercent une force $f_c(t)$ (en N) sur la cabine.

Suivant la force reçue par la **cabine**, elle se déplace plus ou moins vite : sa vitesse est notée v(t) (en m.s^{-1}).

Un **adaptateur** transforme la consigne de l'utilisateur $v_c(t)$ (en m.s^{-1}) en une tension image de celle-ci : $imv_c(t)$ (en V).

Un **capteur** de vitesse mesure la vitesse réelle de la cabine et délivre une tension image de la vitesse, on la note imv(t) (en V).

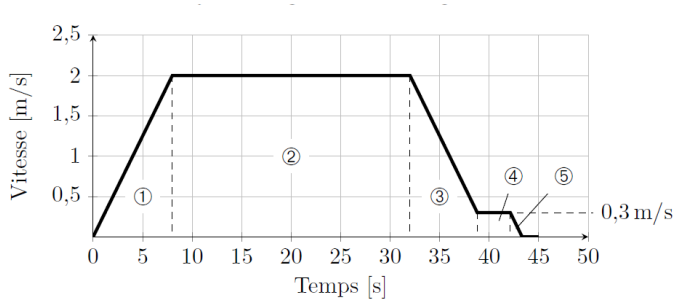
Le **correcteur** délivre au moteur la tension $u_m(t)$ en fonction de l'écart $\varepsilon(t)=imv_c(t) - imv(t)$.

Q 5. Compléter le schéma fonctionnel de ce système asservi sur le Document-Réponse.

Q 6. Citer ce qui pourrait être considéré ici comme des perturbations

2. Simulation et performances

Le graphe des vitesses théoriques de la cabine sur son axe (O, xr) (DT1) dans le référentiel terrestre pour un trajet de la gare basse à la gare haute est défini sur la Figure 3.



phase	début	fin
①	$t = 0$	$t_1 = 8\,s$
②	$t = t_1$	$t_2 = 32\,s$
③	$t = t_2$	$t_3 = 38{,}8\,s$
④	$t = t_3$	$t_4 = 42{,}13\,s$
⑤	$t = t_4$	$t_5 = 43{,}33\,s$

FIGURE 3 : Profil de la commande en vitesse de la cabine d'ascenseur

Avant de simuler le comportement du système avec la consigne réelle (Figure 3), il est nécessaire de tester le modèle avec un signal simple et en fonctionnement sur un déplacement horizontal de la cabine. Les courbes du document réponse DR 2 présentent la réponse indicielle (réponse à un échelon unité) du système pour des correcteurs proportionnels de gain $K1$ et $K2$ (avec $K2 > K1$).

Q 7. En faisant clairement apparaître les constructions nécessaires sur les courbes, déterminer les performances du système pour chaque correcteur.

Q 8. Conclure sur la validation des exigences 161 à 165. Présenter vos résultats sous forme de tableau.

Le comportement de la cabine a été simulé lors d'une phase de montée avec le profil de vitesse de la Figure 3. Les résultats de cette simulation sont donnés sur le document réponse DR 4 où la courbe en pointillés correspond à la consigne de vitesse.

Q 9. Tracer et déterminer l'erreur de trainage et l'erreur statique de la cabine et conclure sur la validation des exigences 161 et 162.

Pour obtenir une telle simulation, il est nécessaire de modéliser la dynamique des différents composants de la chaine d'asservissement. Le moto réducteur et sa charge va être ici modélisé selon un modèle « classique » de moteur à courant continu équivalent.

On donne ci-dessous les équations différentielles du modèle de connaissance du moteur à courant continu. Elles sont issues des lois fondamentales de la physique électrocinétique (1), électromagnétisme (2) et (4) , lois de Newton (3) :

- $u(t) = R.i(t) + e(t)$ (1)
- $e(t) = k_e \omega_m(t)$ (2)
- $J_e \frac{d\omega_m(t)}{dt} = c_m(t)$ (3)
- $c_m(t) = k_t i(t)$ (4)

Avec u(t) la tension appliquée aux bornes du moteur en entrée, i(t) le courant d'induit, e(t) la tension dite force contre électromotrice (en V), $c_m(t)$ le couple (correspondant à l'effort en N.m) , $\omega_m(t)$ la vitesse de rotation du moteur délivré par le moteur. Ce sont les fonctions du temps à observer et elles dépendent d'un certains nombres de constantes physiques apparaissant dans ces équations :

- $R = 0,1\Omega$ la résistance du fil de cuivre conducteurs
- $k_e = 2,5V.s$ la constante de force contre électromotrice
- $J_e = 100kg.m^2$ l'inertie du moto réducteur et de sa charge rapportée à l'axe moteur
- $k_t = 2,5Nm.A^{-1}$ la constante de couple du moteur

Q 10. Rappeler la définition de la transformée de Laplace et calculer la transformée de Laplace de $x(t) = \frac{1}{2} t.e^{\frac{t}{2}}$.

Q 11. Appliquer la transformée de Laplace aux 4 équations du modèle en considérant les conditions initiales nulles (démarrage du moteur). Préciser les théorèmes utilisés.

Q 12. Déduire de ces équations les fonctions de transfert associées à ces 4 phénomènes physiques puis présenter ce système d'équations sous la forme du schéma bloc du document réponse.

Q 13. A partir des résultats précédents déterminer la fonction de transfert de l'ensemble du moteur $H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$. On doit trouver une expression de cette fonction ne dépendant que des constantes et de la variable de Laplace p.

Q 14. Mettre H sous la forme : $H(p) = \frac{K}{1+T.p}$ et donner les expressions littérales de K et T et préciser leurs unités sous la forme la plus simple possible.

Q 15. Tracer alors la réponse à un échelon de 100V de ce moteur en précisant les valeurs numériques des temps de réponse à 5%, valeur finale de vitesse de rotation atteinte, pente à l'origine (accélération).

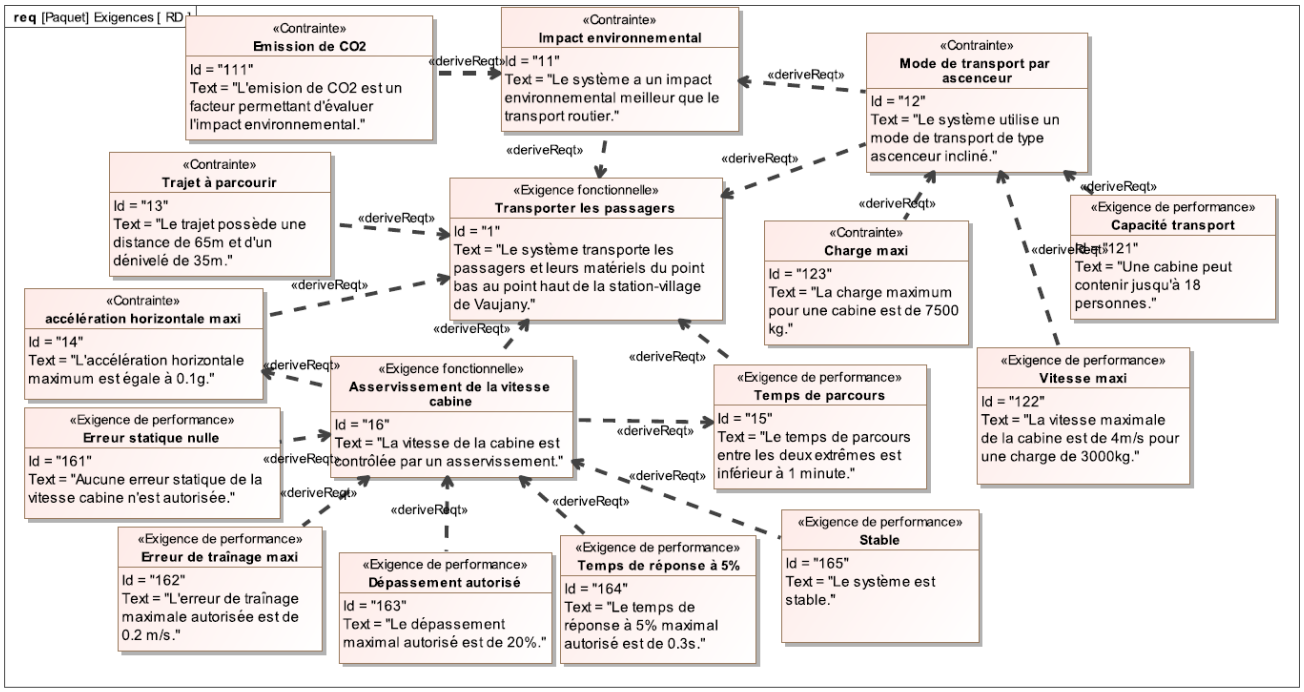


FIGURE 5 : Diagramme d'exigences extrait du cahier des charges

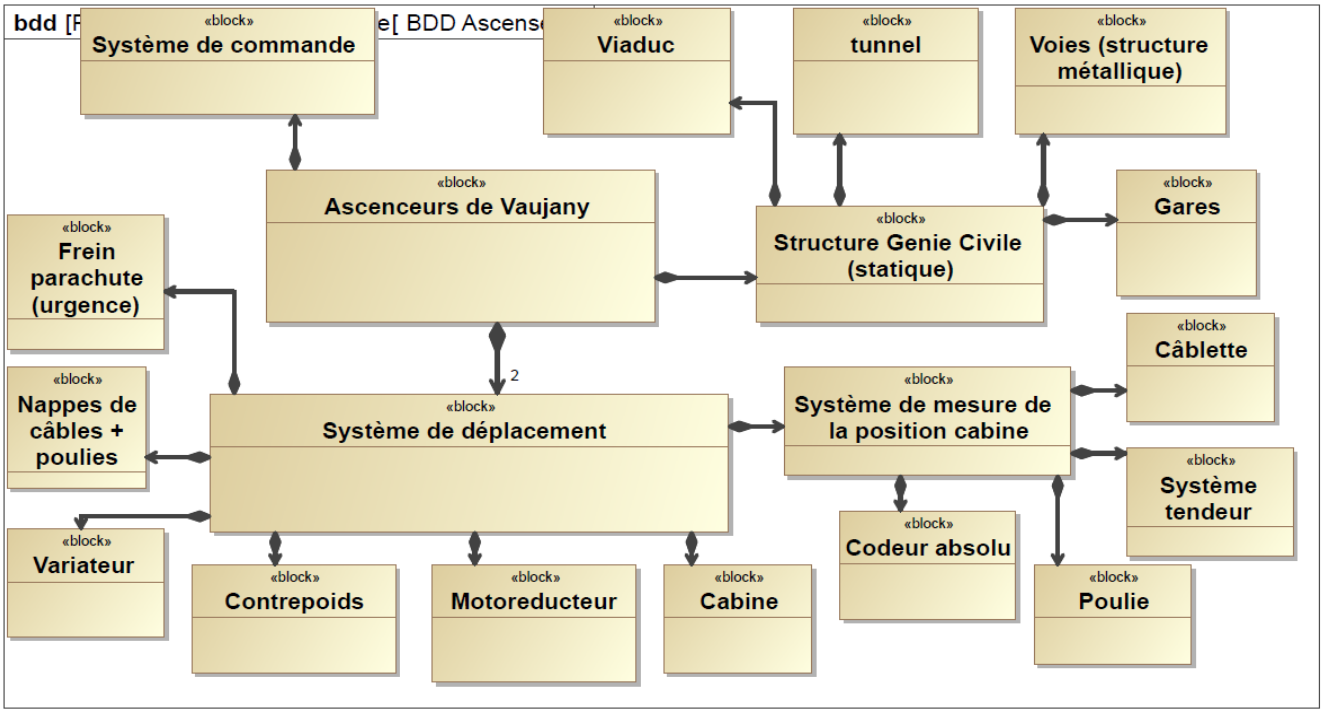


FIGURE 6 : Diagramme de définition de blocs

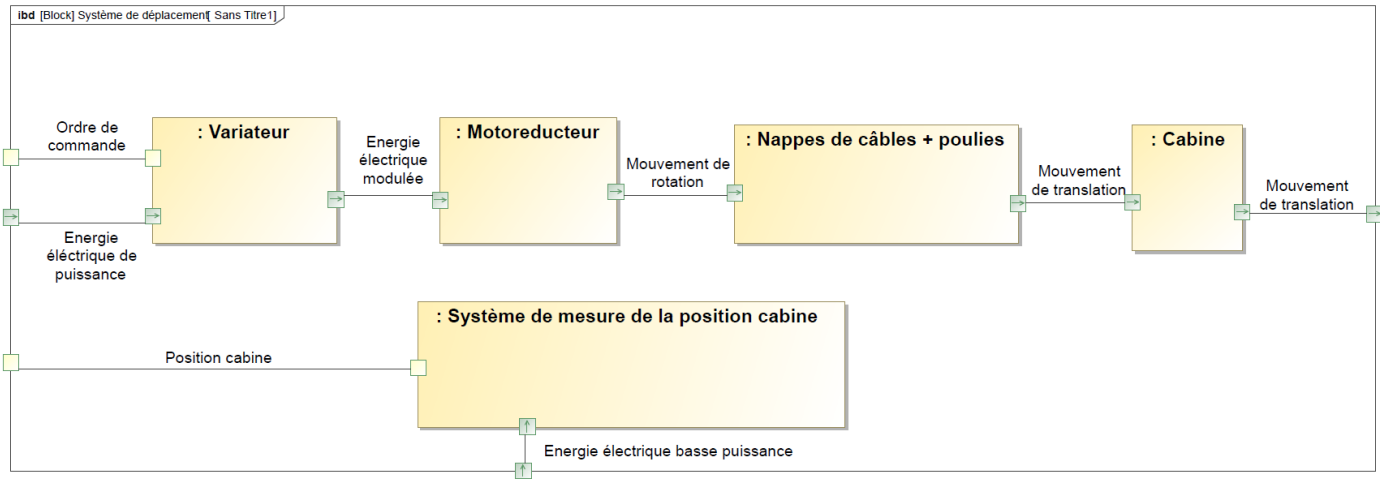


FIGURE 7 : Diagramme de bloc interne du système de déplacement

Document technique DT1.

Vue de coté d'une voie de circulation

