Concours Centrale-Supélec, France

Session 2013, filière TSI

Sciences industrielles 2

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : présentation du système
- Partie II : fonction de service FS1, transporter les visiteurs
- Partie III : fonction de service FS10, communiquer avec le poste central
- Partie IV : fonction de service FS2, sécurité des visiteurs
- Partie V : conclusion et mise en perspective

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2013/si2

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

S2I 2

TSI

2013

4 heures Calculatrices autorisées

L'ascenseur du pilier nord de la tour Eiffel

I Présentation du système

I.A – Contexte

La tour Eiffel est actuellement le monument payant le plus visité au monde avec plus de six millions de visiteurs par an. En plus des mille six cent soixante-cinq marches d'escalier, la tour Eiffel est actuellement desservie par six ascenseurs et un monte-charge. Les parcours annuels cumulés des ascenseurs sont, d'après le site officiel de la tour Eiffel, équivalents à deux fois et demie le tour de la Terre, soit plus de 103 000 km.



Figure 1 Chariot tracteur supportant les deux cabines de l'ascenseur du pilier nord de la tour Eiffel

Parmi les ascenseurs accessibles aux visiteurs de la tour Eiffel, l'ascenseur électrique du pilier nord offre la plus grande capacité avec cent dix personnes qui sont réparties dans deux cabines supportées par un chariot tracteur (voir **figure 1**).

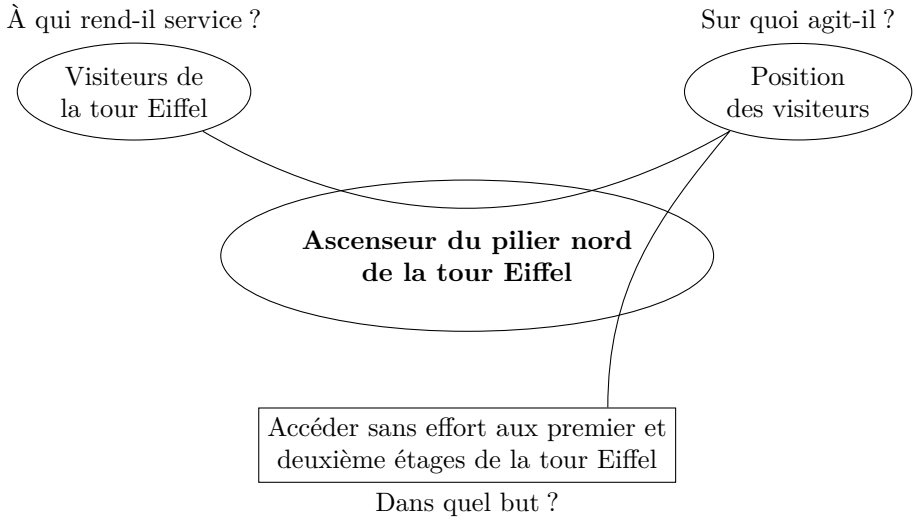


Figure 2 Expression du besoin

I.B – Fonctions de service

FS1 transporter les visiteurs du rez-de-chaussée au deuxième étage de la tour Eiffel

FS2 respecter les normes de sécurité spécifiques au transport des personnes

FS2 assurer le confort et la sécurité des visiteurs

FS3 respecter les normes s'appliquant aux lieux recevant du public

BY-NC-SA

FS4 s'adapter à la structure de la tour et aux variations d'inclinaison du pilier nord

FS5 être en harmonie avec l'esthétique de la tour

FS6 ne pas perturber le fonctionnement des autres équipements de la tour

FS7 résister à l'environnement extérieur

FS8 être alimenté par le réseau de distribution d'énergie électrique

FS9 permettre la continuité de service en cas de perturbation ou de perte du réseau de distribution d'énergie électrique

FS10 communiquer en temps réel avec le poste central de commande et de supervision

FS11 ne pas blesser les visiteurs en cas d'arrêt d'urgence (décélération progressive)

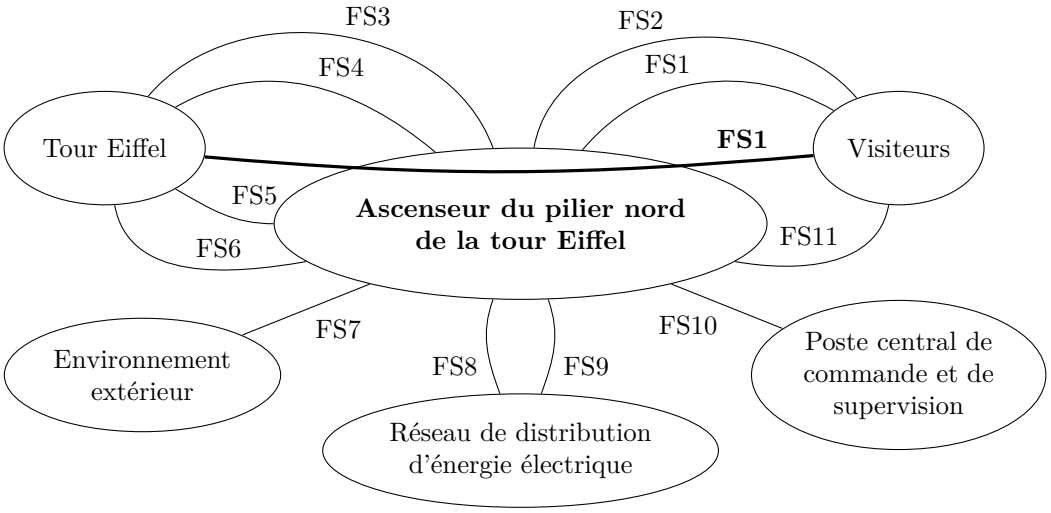


Figure 3 Diagramme des interacteurs

Fonction	**Critères**	**Niveau**
FS1 : transporter les visiteurs du rez-de-chaussée au deuxième étage	Nombre maximal de visiteurs	110
	Nombre maximal de visiteurs par cabine	55
	Distance à chaque voyage comprenant un aller-retour entre le rez-de-chaussée et le deuxième étage	257 m
	Inclinaison des rails de roulement : - entre le rez-de-chaussée et le premier étage - entre le premier étage et le deuxième étage	 54° 64°
	Inclinaison des cabines par rapport à l'horizontale lors du voyage	0°
	Vitesse nominale	$2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	Accélération	$0{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
	Décélération	$0{,}33\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
	Fréquence en voyages par heure	9
	Durée de fonctionnement par jour Nombre de jours de fonctionnement par an	14 h 365 jours

Figure 4 Critères d'appréciation de la fonction de service FS1

Les contraintes particulières de fonctionnement dues aux conditions météorologiques (vent, soleil, intempéries), à la continuité de service (fonctionnement 7 jours sur 7 et 365 jours par an, de 9 h à 23 h), à la sécurité et au confort des visiteurs ont abouti à la mise en œuvre de solutions technologiques spécifiques, différentes de celles rencontrées dans les ascenseurs « classiques » et les télécabines.

I.C – Mise en situation

L'ascenseur du pilier nord est constitué :

– voir **figure 5**
  - d'un chariot tracteur sur lequel sont fixées les deux cabines destinées à transporter les visiteurs ;

– voir **figure 6**
  - de deux ensembles de deux câbles en acier situés de part et d'autre du chariot ;
  - de deux poulies réceptrices ;

BY-NC-SA

- de deux poulies motrices qui entrainent les câbles (la masse d'une poulie est de 4280 kg) ;
- d'un contrepoids de 45 tonnes (45 103 kg) qui évolue entre le rez-de-chaussée et le premier étage, avec une inclinaison de 54° ;
- d'un système de mouflage qui réduit par quatre la distance parcourue par le contrepoids ;

– voir **figure 7**
- d'une machine à courant continu, de puissance utile nominale 360 kW et de vitesse nominale 520 $\mathrm{tr \cdot min^{-1}}$, qui assure l'entraînement des poulies motrices (le moment d'inertie du rotor est de 48 $\mathrm{kg \cdot m^2}$) ;
- d'un réducteur différentiel, de type roue et vis sans fin de rapport de transmission de 116/3 ;

– voir **figure 8**
- d'un vérin électrique d'isonivelage qui corrige la variation de longueur des câbles lors de la montée et de la descente des visiteurs par une rotation de plus ou moins 5° de l'ensemble réducteur et machine à courant continu.

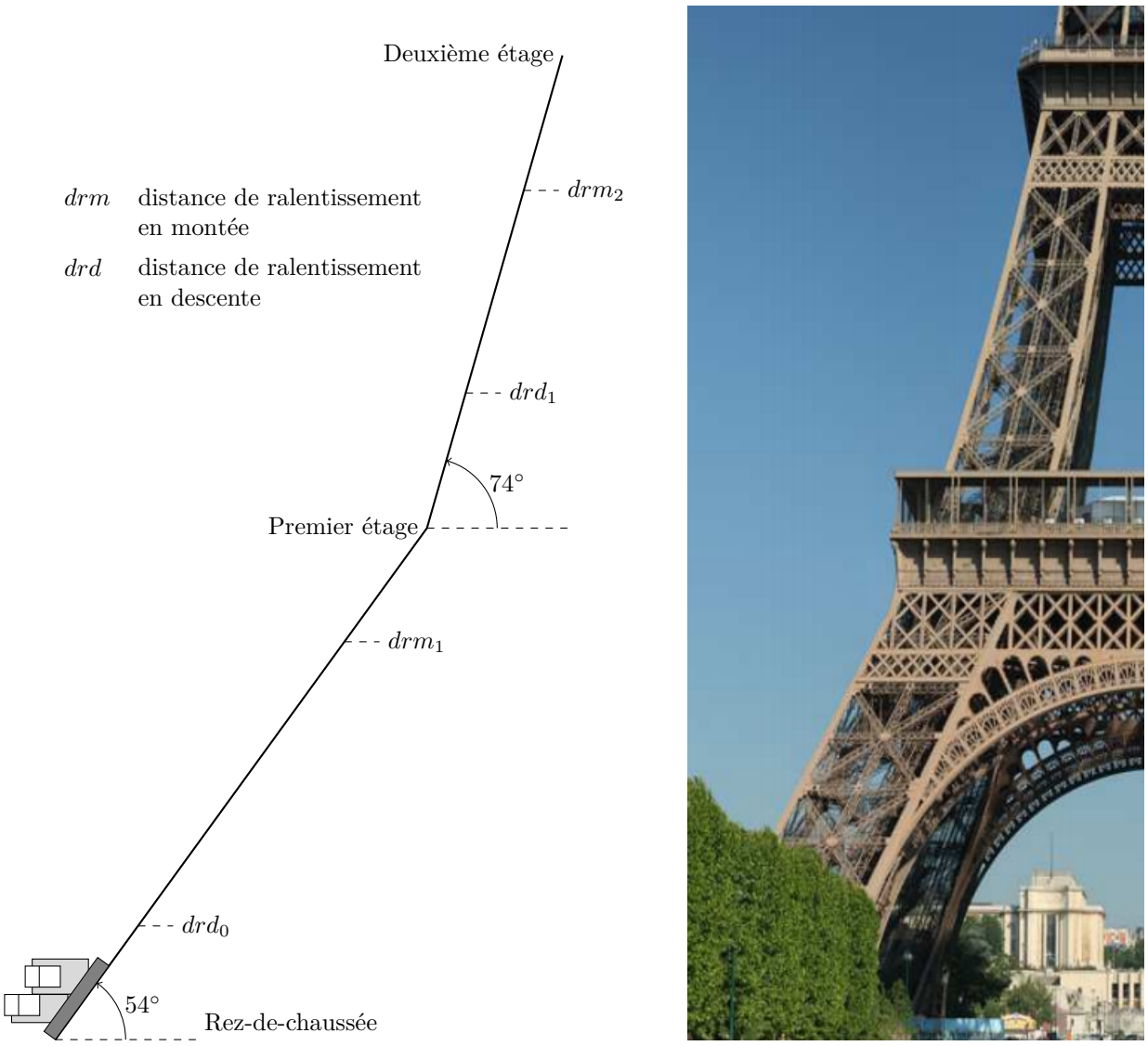


Figure 5 Trajet du chariot tracteur le long du profil du pilier nord

Lors du démarrage du chariot tracteur, la séquence décrite ci-dessous permet, afin d'assurer le confort et la sécurité des passagers, de maintenir le chariot tracteur à l'équilibre durant le déblocage des freins hydrauliques, puis d'imposer une mise en vitesse progressive.

En l'absence d'arrêt d'urgence, les freins de sécurité sont desserrés (voir **figure 7**). Lors de la montée et de la descente des passagers dans les cabines de l'ascenseur, le chariot tracteur est maintenu à l'arrêt par deux freins hydrauliques.

I.C.1) Séquence de démarrage

Lorsque les conditions initiales sont respectées (aucune surcharge dans les cabines, portes palières et portes des cabines fermées et verrouillées) et sur ordre de déplacement du chariot tracteur cohérent avec sa position courante, la séquence de déblocage des freins hydrauliques débute :

– la mesure du différentiel de charge entre le chariot tracteur et le contrepoids est acquise à l'aide d'un peson ;
– cette mesure permet de calculer le courant d'induit à imposer à la machine à courant continu afin de maintenir le chariot tracteur à vitesse nulle lors du déblocage des freins hydrauliques ;

BY-NC-SA

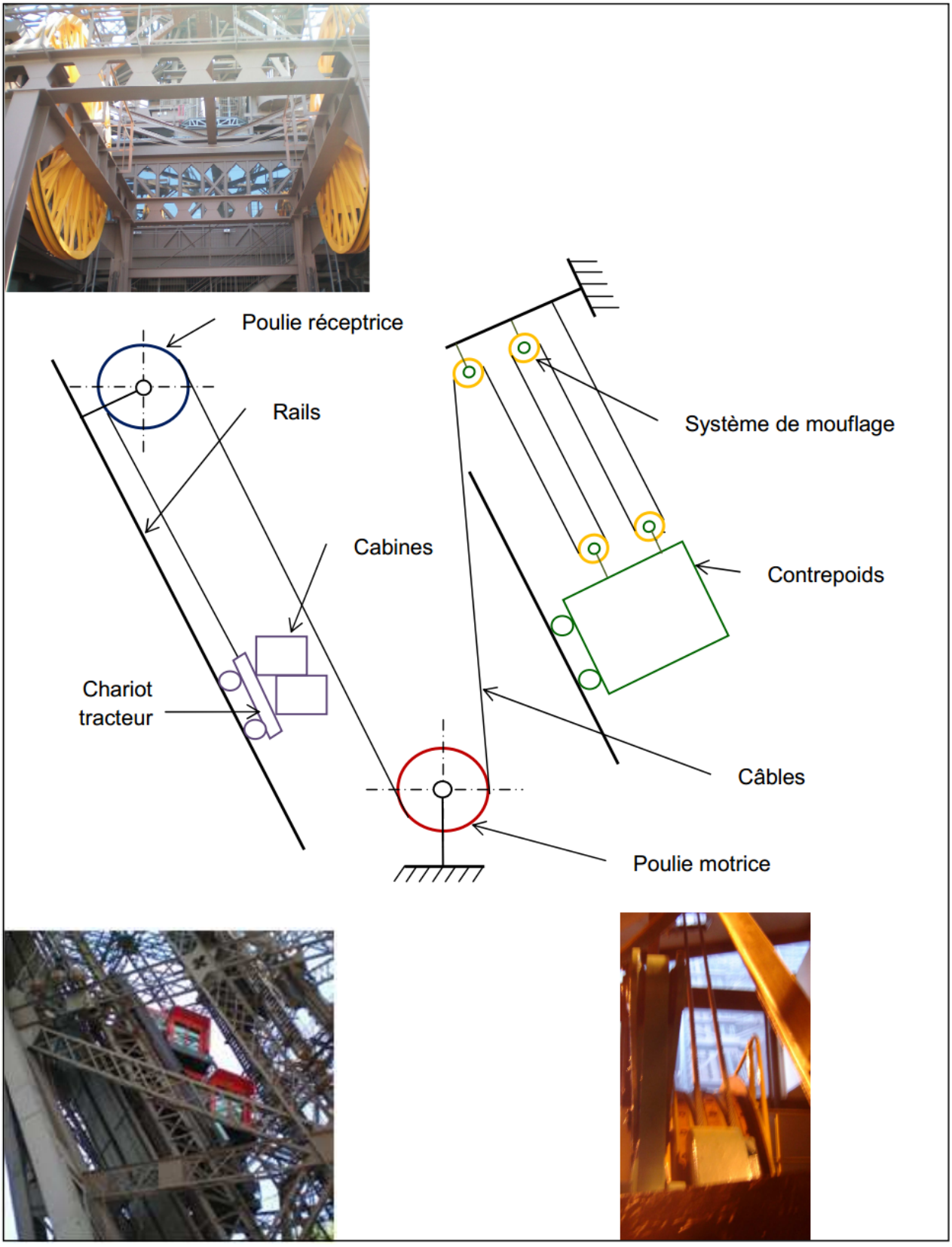


Figure 6 Schéma cinématique simplifié

- l'ordre de déverrouiller le variateur est donné ; l'inducteur de la machine à courant continu est alimenté sous tension nominale, le courant d'induit est asservi à la valeur de consigne calculée à partir de la mesure du différentiel de charge ;
- au bout d'une seconde, l'ordre de desserrer d'abord le frein hydraulique régulé puis le frein hydraulique tout ou rien est donné ;
- le chariot tracteur reste à l'arrêt, le couple de maintien étant uniquement délivré par la machine à courant continu ;
- après une temporisation d'une seconde, la consigne de vitesse est envoyée au variateur afin de permettre un démarrage progressif du chariot tracteur (rampe d'accélération de 0,5 $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$).

BY-NC-SA

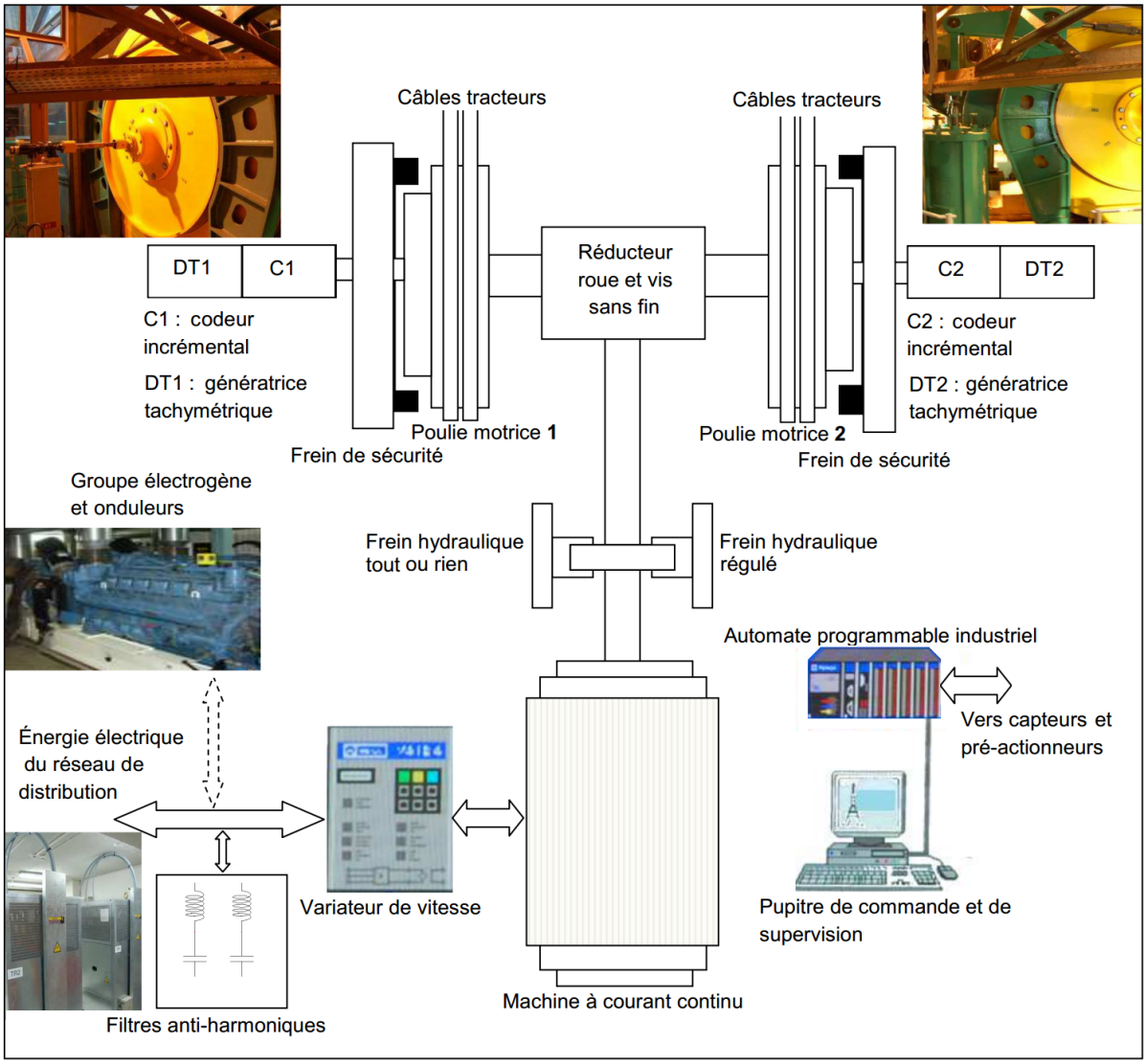


Figure 7 Solutions techniques permettant l'entrainement des poulies motrices

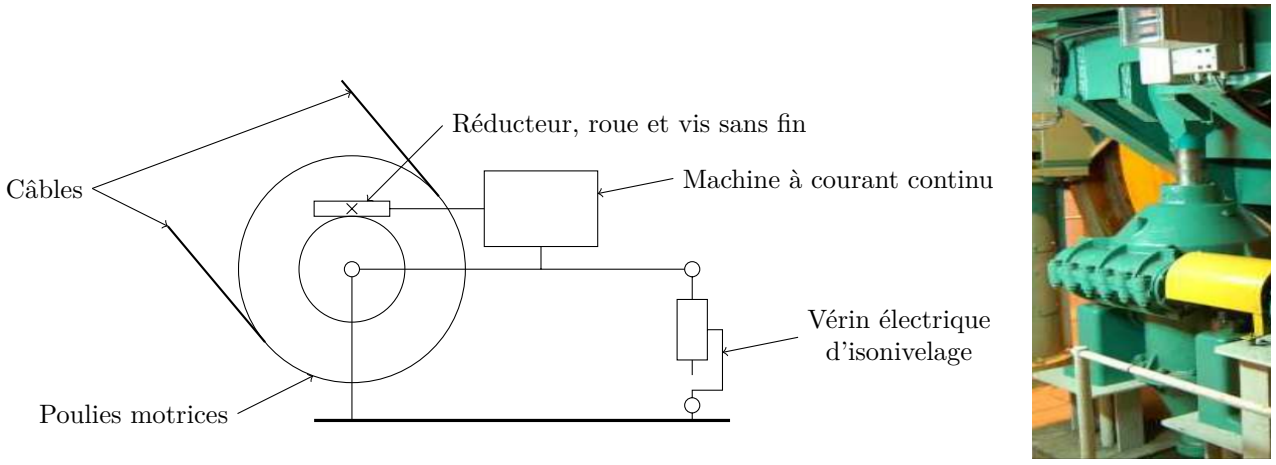


Figure 8 Vérin électrique d'isonivelage

Durant toute la séquence de démarrage, afin de limiter les contraintes thermiques subies par la machine à courant continu, le courant délivré par le variateur est limité à environ 1,5 fois le courant nominal de la machine, soit 1000 A. Le grafcet décrivant le fonctionnement de l'ascenseur lors du déplacement entre deux étages est donné à la **figure 9**.

I.C.2) Contexte de l'étude

La sécurité des personnes est un élément fondamental qui conditionne la conception et la réalisation de cet ascenseur. Les solutions technologiques retenues répondent à cet objectif. Elles ne seront bien évidemment pas toutes abordées dans ce sujet. Quelques-unes de celles retenues pour le transport et le confort des passagers sont étudiées respectivement dans les parties **II** et **IV** de ce sujet. La **partie III**, quant à elle, s'intéresse plus

BY-NC-SA

à la sécurité en analysant succinctement la communication entre les différents capteurs et le poste central de commande.

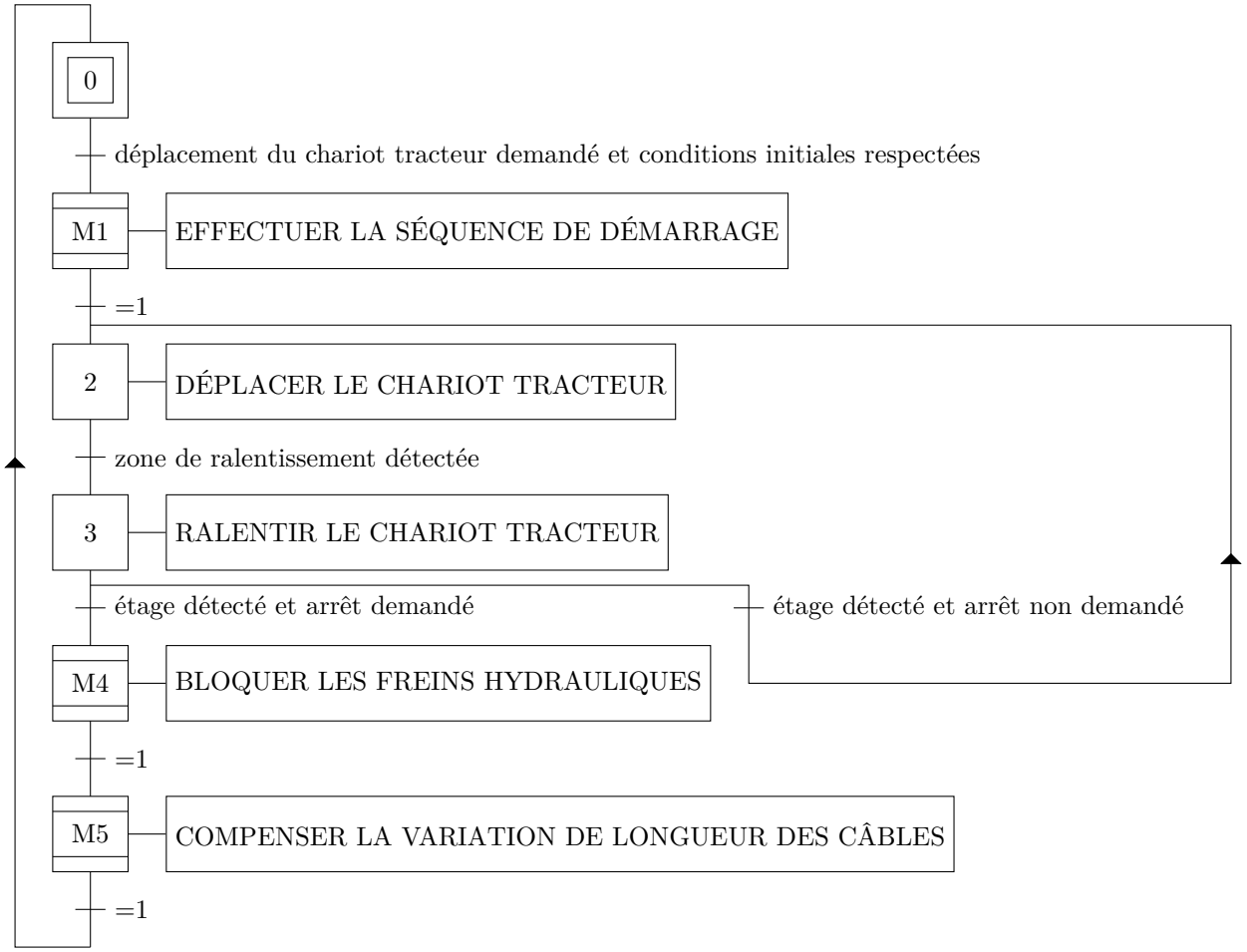


Figure 9 Grafcet décrivant le fonctionnement de l'ascenseur

II Fonction de service FS1

Objectif

Valider le choix ou de proposer des solutions technologiques permettant d'assurer la fonction principale FS1 : « transporter les visiteurs du rez-de-chaussée au deuxième étage de la tour Eiffel ».

Q 1. À l'aide de la description du fonctionnement de l'ascenseur, de la séquence de démarrage et de la **figure 7**, compléter le diagramme FAST sur le document réponse.

II.A – Réglage du courant inducteur et asservissement du courant d'induit de la machine de traction, choix et mise en œuvre des solutions techniques

Les caractéristiques de la machine à courant continu sont données à la **figure 10**.

Objectif

Proposer une solution afin d'alimenter, à partir du réseau de distribution, l'inducteur de la machine à courant continu à son point de fonctionnement nominal.

L'inducteur est alimenté par un pont redresseur PD2. Un transformateur dont le primaire est connecté entre deux phases du réseau de distribution électrique triphasé ($F = 50$ Hz, $U = 660$ V) permet d'adapter la tension délivrée au pont redresseur.

Les constituants sont considérés parfaits et la conduction du pont PD2 ininterrompue.

Q 2. Représenter la tension aux bornes de l'inducteur puis, à partir indications données **figure 10**, déterminer le rapport de transformation du transformateur à utiliser.

Q 3. Proposer à l'aide d'un schéma électrique une solution permettant le réglage précis du courant d'excitation.

BY-NC-SA

Description	Notation	Valeur-référence
Type de moteur		LAKC 6450 C
Puissance nominale	P_n	360 kW
Vitesse de rotation nominale	n_n	520 tr $\cdot$ min^{-1}
Tension nominale de l'induit	U_n	600 V
Courant nominal de l'induit	I_n	640 A
Nombre de balais		18
Moment d'inertie	J	48 kg $\cdot$ m^2
Résistance de l'induit	R	0,0247 Ω
Inductance de l'induit	L	0,95 mH
Tension nominale de l'inducteur	Ue_n	220 V
Courant nominal de l'inducteur	Ie_n	18,2 A
Refroidissement, volume d'air nécessaire	V	10 000 m^3 $\cdot$ h^{-1}
Dimensions avec moteur de ventilation	$L \times l \times h$	2077 × 1030 × 2163 mm
Montage		IM 1001
Hauteur d'axe		700 mm
Masse de la machine	M	4075 kg

Figure 10 Caractéristiques de la machine à courant continu

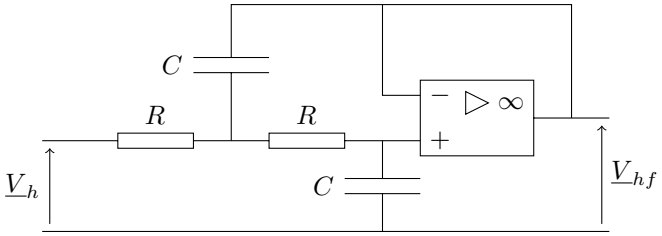


Figure 11 Filtre associé au capteur à effet Hall

Afin d'obtenir l'image du courant d'induit, on utilise une sonde à effet Hall qui délivre 1 V/100 A et dont le temps de réponse est négligé. Le courant d'induit étant légèrement ondulé, la tension en sortie de la sonde à effet Hall est conditionnée à l'aide d'un filtre dont le schéma est donné à la **figure 11**.

Objectif

Vérifier les performances du filtre.

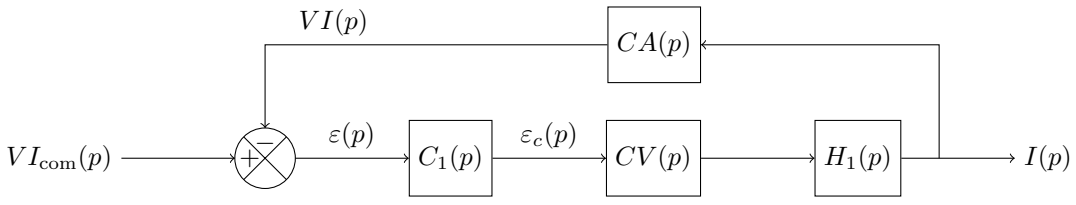
Q 4. Déterminer, en détaillant la démarche, le rapport $\underline{V}_{hf}(j\omega) \ / \ \underline{V}_h(j\omega) = \underline{H}(j\omega)$, mettre celui-ci sous la forme :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{K}{(j\omega/\omega_0)^2 + 2mj\omega/\omega_0 + 1}$$

La fréquence de l'ondulation de la tension en sortie du capteur à effet Hall est de 300 Hz ; $R = 12$ kΩ et $C = 470$ nF.

Q 5. Vérifier que le filtre permet de réduire dans un rapport d'environ cent l'amplitude du fondamental de l'ondulation de la tension en sortie du capteur à effet Hall.

On adopte, au vu de la dynamique élevée de la boucle d'asservissement du courant d'induit, le schéma fonctionnel simplifié de la **figure 12**.



$C_1(p)$: correcteur
$CV(p)$: convertisseur statique
H_1(p) : induit de la machine à courant continu
$CA(p)$: sonde à effet Hall et filtre

Figure 12 Schéma fonctionnel de la boucle d'asservissement du courant d'induit

BY-NC-SA

La fonction de transfert du système en boucle ouverte est notée $BOI(p) = \dfrac{VI(p)}{VI_{\text{com}}(p)} = \dfrac{VI(p)}{\varepsilon(p)}$.

Le correcteur utilisé est de la forme $C_1(p) = \dfrac{K_1(1+\tau_1 p)}{\tau_1 p}$ et celui-ci sera dimensionné de manière à obtenir une marge de phase de 45°.

Objectif

Proposer un réglage du correcteur C_1 afin que le courant d'induit atteigne la consigne nécessaire au maintien à l'arrêt du chariot tracteur lors du déblocage des freins hydrauliques.

Q 6. Justifier, au vu du cahier des charges, de manière qualitative, le type de correcteur utilisé. Dans le cas d'un échelon de commande $VI_{\text{com}}(p)$, le choix d'une marge de phase de 45° permet-il à priori de se prémunir contre les dépassements de courant ? En cas de dépassement de courant, les conséquences sur l'échauffement de la machine à courant continu seraient-elles notables ?

Pour $C_1(p) = 1$, le diagramme de Bode (gain et en phase) de $BOI(p)$ est donné à la **figure 13**.

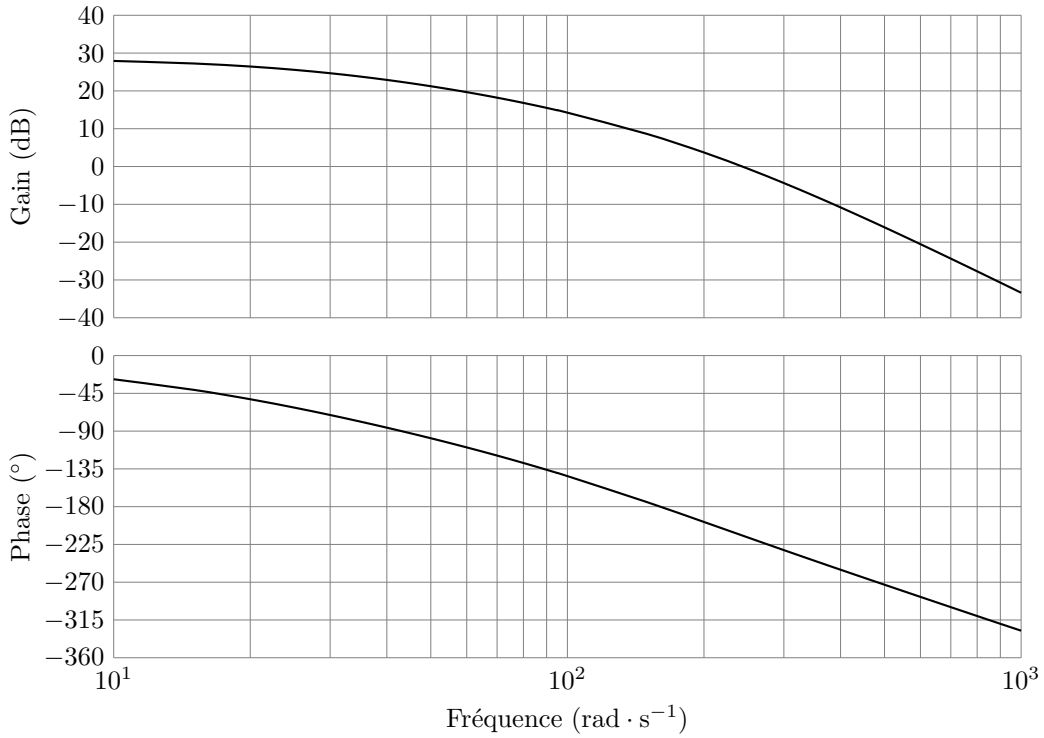


Figure 13 Diagramme de Bode (gain et phase) de $BOI(p)$ pour $C_1(p) = 1$

Q 7. En considérant uniquement le terme proportionnel du correcteur, déterminer, en le justifiant, la valeur de K_1 permettant d'obtenir une marge de phase de 50°.

Q 8. Déterminer la valeur de τ_1 afin que la marge de phase obtenue précédemment ne soit pas dégradée de plus de 5°.

Q 9. La tension de commande VI_{com} (voir **figure 12**) étant limitée à 10 V, en déduire, au vu de cette limitation, le couple maximal en régime permanent que peut délivrer la machine à courant continu (voir tableau **figure 10**).

Objectif

Justifier le choix de la machine à courant continu utilisée pour entraîner le chariot tracteur de l'ascenseur du pilier nord de la tour Eiffel (voir **figure 6**).

II.B – Détermination du couple à la sortie du réducteur

Hypothèses :
- toutes les liaisons sont supposées parfaites ;
- la masse des câbles est négligée ;
- l'élasticité des câbles est négligée ;
- la masse des poulies du système de mouflage est négligée.

BY-NC-SA

Données :
- accélération maximale du chariot tracteur entre le premier et le deuxième étage $a_{\max} = 0{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- masse du chariot tracteur $M_c = 12\,750$ kg ;
- masse des cent dix passagers $M_p = 8\,250$ kg ;
- masse du contrepoids $M_{cp} = 45\,000$ kg ; sa vitesse de déplacement est le quart de celle du chariot ; il évolue entre le rez-de-chaussée et le premier étage ;
- poulies réceptrices et motrices assimilées à des cylindres homogènes de moment d'inertie autour de leur axe de rotation $J_{\text{poulie}} = 4\,087\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$ pour chaque poulie ;
- rayon de la poulie motrice égal à celui de la poulie réceptrice, $R_{pm} = R_{pr} = 1{,}382$ m.

Afin de déterminer le couple moteur maximal C_m, on propose d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système isolé E = {chariot + passagers + contrepoids + poulies motrices + poulies réceptrices} en mouvement par rapport au bâti dont le repère associé est supposé galiléen.

Pour un déplacement du chariot entre le premier et le deuxième étage.

Q 10. Déterminer l'expression littérale de l'énergie cinétique du système isolé E par rapport au repère lié au sol supposé Galiléen, en fonction des différents paramètres.

Q 11. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système isolé E pour déterminer l'expression littérale du couple $C_{\text{red/pm}}$ exercé par l'arbre de sortie du réducteur sur les poulies motrices.

Q 12. Calculer ce couple $C_{\text{red/pm}}$.

II.C – Choix de la machine de traction

Hypothèses :
- le réducteur a un facteur de perte estimé à $\eta = 0{,}7$;
- le rapport de transmission du réducteur est $k = 116/3$;
- le moment d'inertie des éléments mobiles du réducteur ramené à l'arbre du moteur est négligé ;
- les liaisons (autres que celles dans le réducteur) sont supposées parfaites.

Q 13. En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'arbre du moteur, calculer le couple moteur C_m pour cette phase d'accélération.

Q 14. Comparer celui-ci avec le couple maximal déterminé à la **question 9**.

La machine à courant continu a une puissance utile nominale de 360 kW et une vitesse nominale de 520 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Q 15. Conclure quant au choix de cette machine de traction.

Une des pistes possibles, afin de réduire les coûts de la maintenance, serait de simplifier la chaine cinématique en supprimant le contrepoids (voir **figure 6**).

Q 16. Au vu de l'étude effectuée, conclure en indiquant quels sont les avantages et les inconvénients dus à l'utilisation d'un contrepoids.

II.D – Acquisition de la position et de la vitesse du chariot tracteur, choix et mise en œuvre des solutions techniques

À chaque étage de la tour, des capteurs permettent de détecter la présence du chariot tracteur. Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de connaitre à tout instant la position de celui-ci afin de générer la consigne de vitesse.

Les zones de ralentissement (voir **figure 5**) sont déterminées à partir des informations issues des codeurs incrémentaux $C1$ et $C2$ accouplés aux poulies motrices (voir **figure 7**). Les distances de ralentissement sont de 20 m avant chaque étage, en montée et en descente.

Durant toute cette partie, on considère que :
- les poulies motrices tournent à la même vitesse lors du déplacement du chariot tracteur et entrainent les câbles sans glissement ;
- les diamètres d'enroulement des câbles sur les poulies motrices 1 et 2 sont égaux, $\phi_{\text{pm}} = 2{,}764$ m.

Objectif

Vérifier que les codeurs permettent de détecter un déplacement du chariot tracteur inférieur à un centimètre puis déterminer la configuration de l'interface de comptage.

Chaque codeur délivre deux signaux logiques A et B décalés d'un quart de période ; A est en avance sur B lors de la montée du chariot tracteur.

Q 17. Représenter les signaux A et B en montée puis en descente du chariot. Proposer un schéma électrique utilisant une bascule afin de générer un signal logique de niveau haut en montée et de niveau bas en descente du chariot tracteur.

Le codeur $C1$ est associé au compteur programmé COMPT1. À chaque front montant du signal voie A, COMPT1 est incrémenté (+1) si le chariot tracteur monte et décrémenté (−1) si celui-ci descend.

BY-NC-SA

Q 18. Les codeurs $C1$ et $C2$ ayant 1000 points par tour, calculer la résolution de déplacement δl obtenue et conclure par rapport à l'objectif.

Les signaux issus des codeurs ont des périodes minimales non compatibles avec les périodes de rafraichissement des tâches automates. On utilise pour résoudre ce problème une interface de comptage rapide offrant deux voies indépendantes, Channel 1 et Channel 0 (voir **figure 14**).

Pour chaque voie, les valeurs courantes sont disponibles pour le programme utilisateur sous la forme de six bits, « counting bits » (5 bits) et « sign » (1 bit, 0 pour positif, 1 pour négatif). L'acquisition des bits de comptage est effectuée automatiquement dans le programme utilisateur en début de tâche automate. Cette acquisition provoque automatiquement la remise à zéro des six bits.

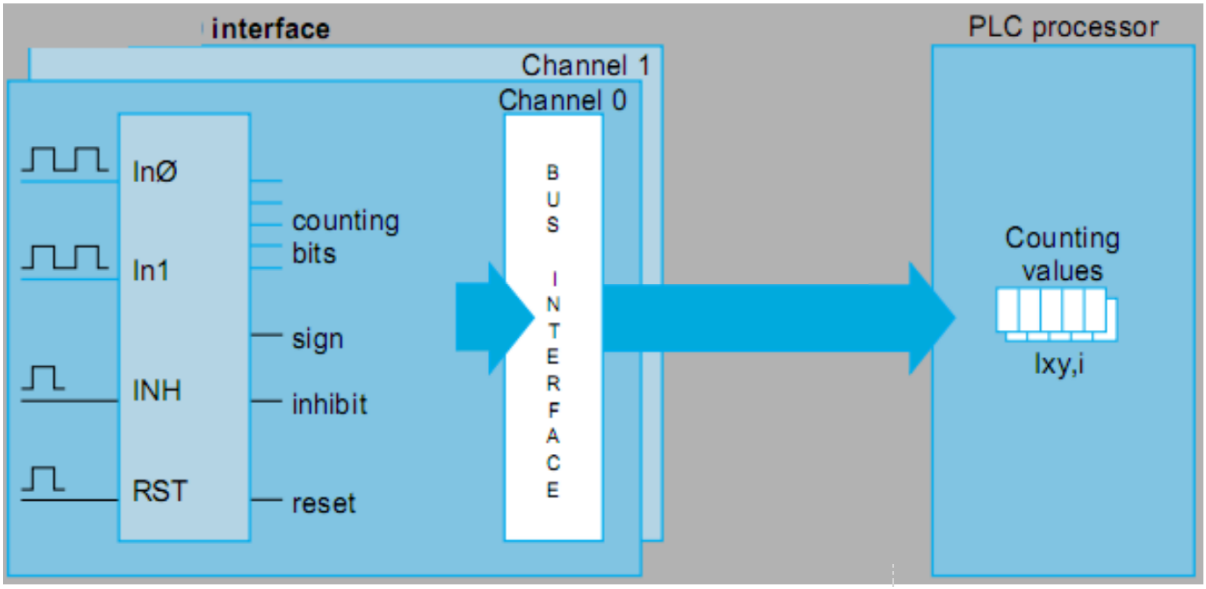


Figure 14 Interface de comptage « rapide »

Le programme utilisateur consiste à mémoriser, à chaque cycle de la tâche automate les bits de comptage transmis et à en faire la somme dans le mot COMPT1 de deux octets. La fréquence maximale des impulsions que l'on peut compter ou décompter est fonction de la périodicité d'exécution de la tâche automate Tc, dans laquelle l'interface de comptage est configurée ($Tc_{\min} = 5$ ms en tâche rapide, $Tc_{\max} = 100$ ms en tâche maître). L'acquisition doit permettre une étendue de mesure jusqu'à une vitesse théorique maximale du chariot tracteur de $V_{\max} = 3{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q 19. Définir comment doit être configurée l'interface de comptage (en tâche rapide ou en tâche maitre).

Après chaque isonivelage, COMPT1 est remis à zéro à l'aide des informations délivrées par les capteurs tout ou rien situés à chaque étage de la tour. La distance parcourue par le chariot tracteur entre le rez-de-chaussée et le premier étage est de $d_{01} = 67{,}79$ m.

Objectif

Vérifier le seuil de ralentissement programmé drm_1 et déterminer drd_0.

Lors du déplacement du chariot tracteur, les distances maximales de ralentissement sont de $dr_{\max} = 20$ m avant chaque étage, en montée et en descente ; les seuils correspondants sont notés drm_1, drm_2 en montée et drd_0, drd_1 en descente (voir **figure 5**). Le seuil de ralentissement programmé drm_1 correspond à COMPT1 = 0x1580 (base hexadécimale).

Q 20. Déterminer la distance maximale qui peut être codée dans le mot COMPT1. Vérifier que le seuil programmé drm_1 correspond bien à la distance de ralentissement prévue par le cahier des charges. Déterminer la valeur décimale de COMPT1 qui correspond au seuil programmé drd_0.

En cas de survitesse du chariot tracteur ($V_{\max} = 3{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), il y a déclenchement de griffes mobiles dans les dents d'une crémaillère placée tout le long du parcours du chariot tracteur. Deux vérins situés sur le chariot tracteur servent alors à amortir l'arrêt d'urgence afin d'éviter toute blessure aux personnes situées dans les cabines.

Quel que soit le sens de rotation, en fonctionnement normal, la vitesse théorique maximale des poulies est de $|n_{pm\,\max}| = 24{,}18\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

BY-NC-SA

Objectif

Proposer une solution permettant de détecter une survitesse des poulies motrices.

Q 21. Déterminer la fréquence des signaux en sortie des codeurs lorsque $|n_{pm}| = 24{,}18$ tr $\cdot$ min^{-1}. En déduire une solution simple permettant de détecter, à l'aide des codeurs, une survitesse du chariot en l'absence de glissement des câbles sur les poulies motrices.

En plus des codeurs, afin de détecter une survitesse, une génératrice tachymétrique est accouplée à chaque poulie motrice (voir **figure 7**). Ces génératrices tachymétriques délivrent 90 V pour 1000 tr $\cdot$ min^{-1}. On ne considère que le signal provenant d'une seule poulie.

Q 22. Proposer un schéma électrique utilisant deux comparateurs simples afin de générer, à partir du signal analogique issu d'une génératrice tachymétrique, un signal logique de niveau haut lorsque $|n_{pm}| > 24{,}18$ tr$\cdot$min^{-1} (indiquer précisément les seuils de basculement).

Objectif

Proposer une solution permettant de détecter une survitesse du chariot en cas de glissement des câbles sur les poulies motrices.

Q 23. Indiquer, notamment à l'aide des figures **6** et **7**, l'ensemble des solutions technologiques qui permettent de limiter le risque de patinage des câbles sur les poulies motrices (considérer le fait que les diamètres d'enroulement des câbles sur les poulies motrices ne sont pas en réalité strictement identiques).

Q 24. Conclure sur cette partie en proposant une solution technologique assurant la détection de manière inconditionnelle d'une survitesse du chariot tracteur, y compris en cas de glissement des câbles sur les poulies.

III Fonction de service FS10

Objectif

Valider le choix ou proposer des solutions technologiques permettant d'assurer la fonction de service FS10 : « communiquer en temps réel avec le poste central de commande et de supervision ».

Afin de gérer le fonctionnement de l'ascenseur, le traitement des données peut se faire de manière exclusive ou simultanée par deux automates programmables industriels. L'ensemble des capteurs est alors doublé avec, au total mille deux cents entrées ou sorties automates. Les sécurités sont en plus du traitement programmé, assurées en logique câblée.

Les automates, variateurs de vitesse et organes de supervisions sont connectés sur un même bus. La communication est de type série asynchrone à 9600 baud. Les signaux codés en bande de base (NRZ) sont transmis en mode différentiel sur paire torsadée blindée. La gestion de le l'accès au médium est de type maitre-esclave en half duplex.

Q 25. Justifier brièvement l'utilisation d'une transmission en mode différentiel et d'une gestion de type maitre-esclave.

Q 26. Proposer, au vu de la topologie adoptée, un schéma de principe de l'interconnexion des différents équipements communicants (automates, variateurs, consoles de supervision) et justifier la nécessité de connecter à chaque extrémité du bus des impédances de terminaison.

IV Fonction de service FS2

Objectif

Valider le choix ou proposer des solutions technologiques permettant d'assurer la fonction de service FS2 : « assurer le confort et la sécurité des visiteurs ».

Lorsque le chariot est à un étage, la variation de poids exercé par l'ensemble des visiteurs, lors de la montée ou de la descente des cabines, engendre des variations de longueur non négligeables des câbles. Un vérin d'isonivelage, entrainé par une machine asynchrone triphasée, permet de compenser cette variation de longueur des câbles. Il permet une rotation de plus ou moins 5° de l'ensemble réducteur et machine à courant continu, autour de l'axe des poulies motrices (**figure 8**).

BY-NC-SA

Objectif

Vérifier la résistance statique des câbles puis valider que la rotation, de plus ou moins 5° de l'ensemble réducteur et machine à courant continu, permet de rattraper la variation de longueur des câbles.

Le chariot tracteur est soutenu par quatre câbles.

Hypothèses :
- les quatre câbles ont une tension identique ;
- la résistance au glissement entre le chariot tracteur et les rails est négligée.

Données :
- masse du chariot tracteur $M_c = 12\,750$ kg ;
- masse des cents dix passagers $M_p = 8\,250$ kg ;
- accélération de la pesanteur $g = 9{,}81$ m $\cdot$ s^{-2}.

Q 27. Calculer la tension T dans chacun des câbles quand le chariot se situe au deuxième étage.

Q 28. Calculer la variation de cette tension ΔT quand les cent dix passagers quittent les cabines.

Le câble est assimilé à une poutre homogène. L'acier utilisé pour le câble a une limite d'élasticité $R_e = 355$ MPa. On considère la section utile d'un câble $S_u = 536$ mm^2.

Q 29. Vérifier la résistance des câbles. Conclure quant à la résistance statique des câbles.

Le module d'Young de l'acier utilisé pour les câbles est $E = 125\,000$ N $\cdot$ mm^{-2}. La longueur d'un câble est $L_c = 360$ m. Pour ce calcul, on prendra $\Delta T = 19\,450$ N.

Q 30. Calculer l'allongement du câble quand les passagers montent dans les cabines.

Les poulies motrices ont un diamètre $\phi_{pm} = 2{,}764$ m.

Q 31. Vérifier que la rotation de 5° de l'ensemble réducteur et machine à courant continu par le vérin d'isonivelage est suffisante.

V Conclusion et mise en perspective de l'étude

Le transport par câble désigne tout système de transport guidé dans lequel les véhicules sont mus par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs câbles.

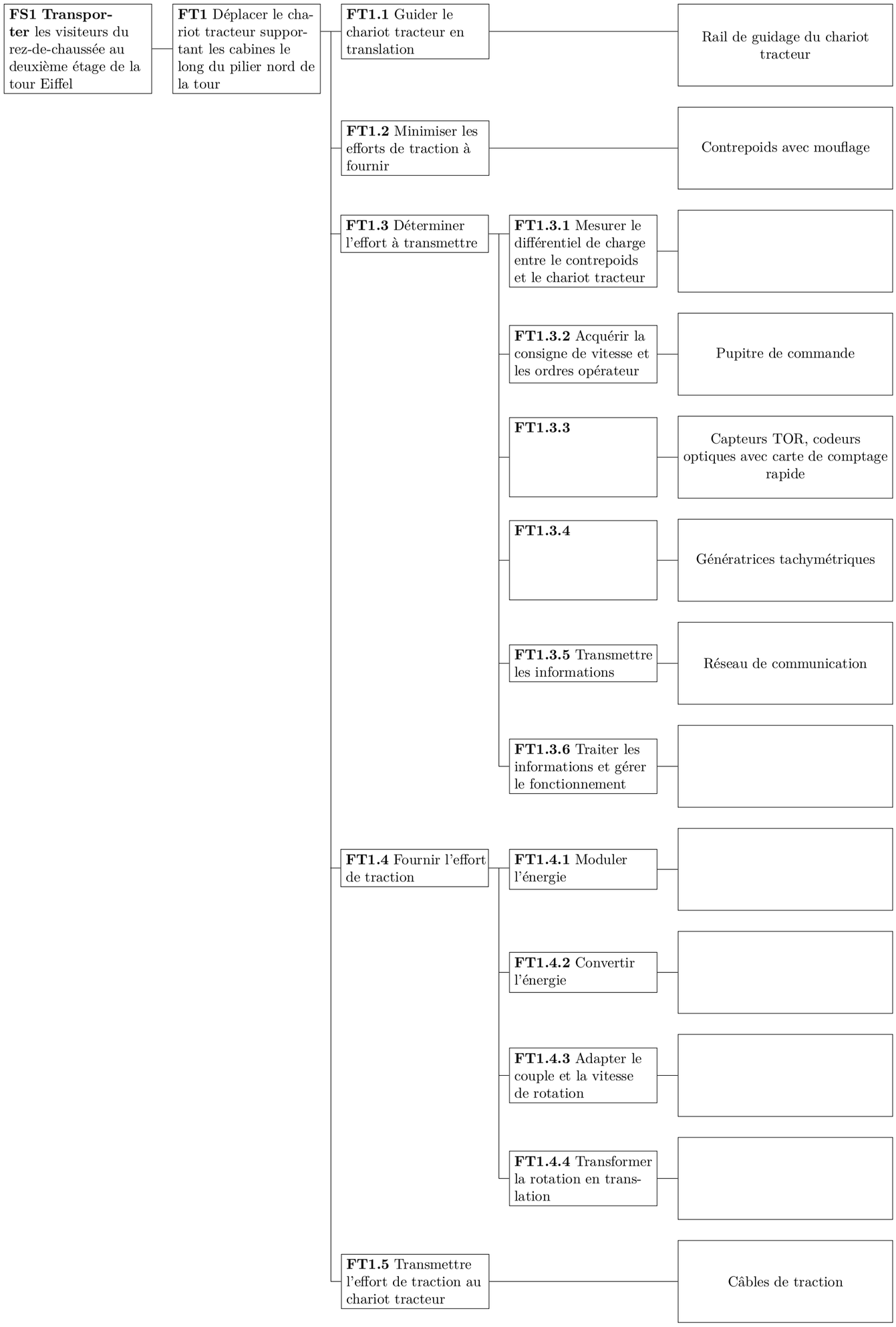
Q 32. Indiquer brièvement, dans le contexte actuel de réduction des dépenses et de prises en compte croissante des enjeux énergétique et écologique si ce principe de traction semble adapté et intéressant pour le transport urbain, donner un ou plusieurs exemples (voir **figure 15**).

	Consommation énergétique kWh $\cdot$ passager^{-1} $\cdot$ km^{-1}	**Consommation CO_2** kg $\cdot$ passager^{-1} $\cdot$ km^{-1}	**Investissement** M€ $\cdot$ km^{-1}	**Coût total** € $\cdot$ passager^{-1} $\cdot$ km^{-1}	**Vitesse commerciale** km $\cdot$ h^{-1}
Piéton	0,12	0	0	0	4 — 6
Télécabine 8 passagers	0,28	0	5 — 7	0,017	20 — 27
Tramway 320 passagers	1	0	20 — 50	0,06	15 — 17
Bus 60 passagers	1,35	0,016	16,5	0,1	8 — 15
Voiture 4 passagers	4,7	0,04	15,4	0,125	0 — 50
Voiture 1 passager	13,7	0,15	15,4	0,5	0 — 50

Figure 15 Tableau comparatif pour différents modes de transport

• • • FIN • • •

BY-NC-SA



Ne rien écrire dans la partie barrée

2012-004-DR

2013-05-01 18 :18 :42

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

NOM :

Prénom :

Épreuve de **S2I 2** Filière **TSI**

NUMÉRO DE PLACE

Signature :

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir rempli complètement l'en-tête

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Correction des systèmes asservis : correcteurs P, PI et à avance de phase
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Filtrage linéaire
- Électronique numérique
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/tsi