

SESSION 2011

**AGRÉGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE

**Options : ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE,
ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE**

ÉPREUVE PORTANT SUR L'ÉTUDE D'UN PROBLÈME D'AUTOMATISATION

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

La Tour de la Terreur : Un Saut dans la Quatrième Dimension™

Ce sujet comporte 3 dossiers distincts :

📁 Dossier de présentation et travail demandé	24 pages
📁 Documents réponses	4 pages
📁 Annexes	6 pages

Ce sujet comporte quatre parties :

- Partie A : Contraintes sur la chaîne d'énergie liées aux besoins de l'attraction,
- Partie B : Commande en couple du moteur d'entraînement de la cabine,
- Partie C : Commandes en vitesse et position,
- Partie D : Réseaux de communication utilisés.

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Il sera tenu compte de la cohérence avec laquelle les candidats traiteront chaque partie, le jury préférant une réflexion d'ensemble de la partie abordée à un éparpillement des réponses.

Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème sur feuilles séparées et clairement repérées.

Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Pour la présentation des applications numériques, il est rappelé que lors du passage d'une forme littérale à son application numérique, il est recommandé aux candidats de procéder comme suit : après avoir rappelé la relation littérale, chaque grandeur est remplacée par sa valeur numérique en respectant la position qu'elle avait dans la relation puis le résultat numérique est donné sans calculs intermédiaires et sans omettre son unité.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans votre copie.

La Tour de la Terreur : Un Saut dans la Quatrième Dimension™

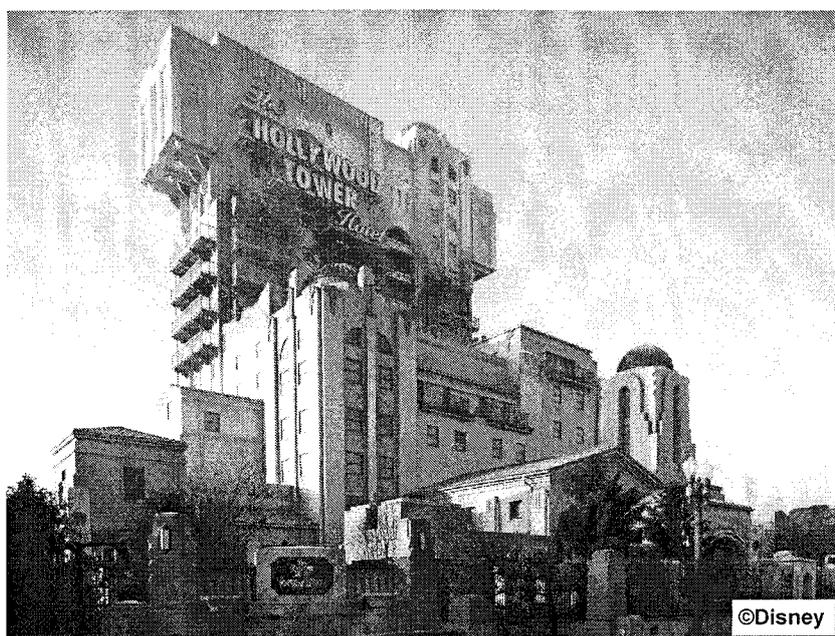
Présentation de l'attraction (Extrait d'un dossier de presse)



« ... Depuis janvier 2008, les visiteurs du parc Walt Disney Studios® peuvent faire une chute plus rapide que la gravité dans l'attraction la plus palpitante de toutes à Disneyland Paris, La Tour de la Terreur : Un Saut dans la Quatrième Dimension™, élément phare du très glamour Hollywood Boulevard.

Cette aventure surnaturelle s'inspire d'un « épisode perdu » de La Quatrième Dimension®, série télévisée américaine à suspense diffusée entre 1959 et 1964. Les visiteurs de Disneyland Paris peuvent désormais participer activement à cette histoire intemporelle.

Surplombant le Parc Walt Disney Studios® du haut de ses 13 étages (ce qui en fait l'attraction la plus haute de Disneyland Paris), La Tour de la Terreur : Un Saut dans la Quatrième Dimension™ pousse les visiteurs à oublier la réalité et à entrer dans le Hollywood Tower Hotel. Avant même de pénétrer dans le hall de l'hôtel abandonné, la façade du sinistre édifice laisse filtrer les signes d'un danger imminent. L'enseigne lumineuse « Hollywood Tower Hotel » clignote et tient en équilibre instable au-dessus d'un trou béant.



Les visiteurs traversent le vestibule autrefois somptueux, puis sont introduits dans la bibliothèque par l'un des étranges grooms de l'hôtel. Ils sont ensuite invités à monter dans l'un des ascenseurs de service délabrés pour un terrifiant voyage vers La Quatrième Dimension®.



Lors de cette effrayante ascension, l'ascenseur parcourt les mystérieux couloirs de l'hôtel où des images fantomatiques de clients disparus semblent apparaître et disparaître sans crier gare. Tandis que l'ascension suit son cours, la cage d'ascenseur plongée dans le noir absolu fait une chute vertigineuse plus rapide que de la gravité, basculant ainsi dans l'univers mystérieux d'une dimension parallèle : alors, prêt pour le grand saut ?... »



Description matérielle

Afin d'augmenter la capacité horaire de l'attraction « La Tour de la Terreur : Un Saut dans la Quatrième Dimension™ », trois systèmes de descente indépendants configurés de manière quasiment identique ont été prévus.

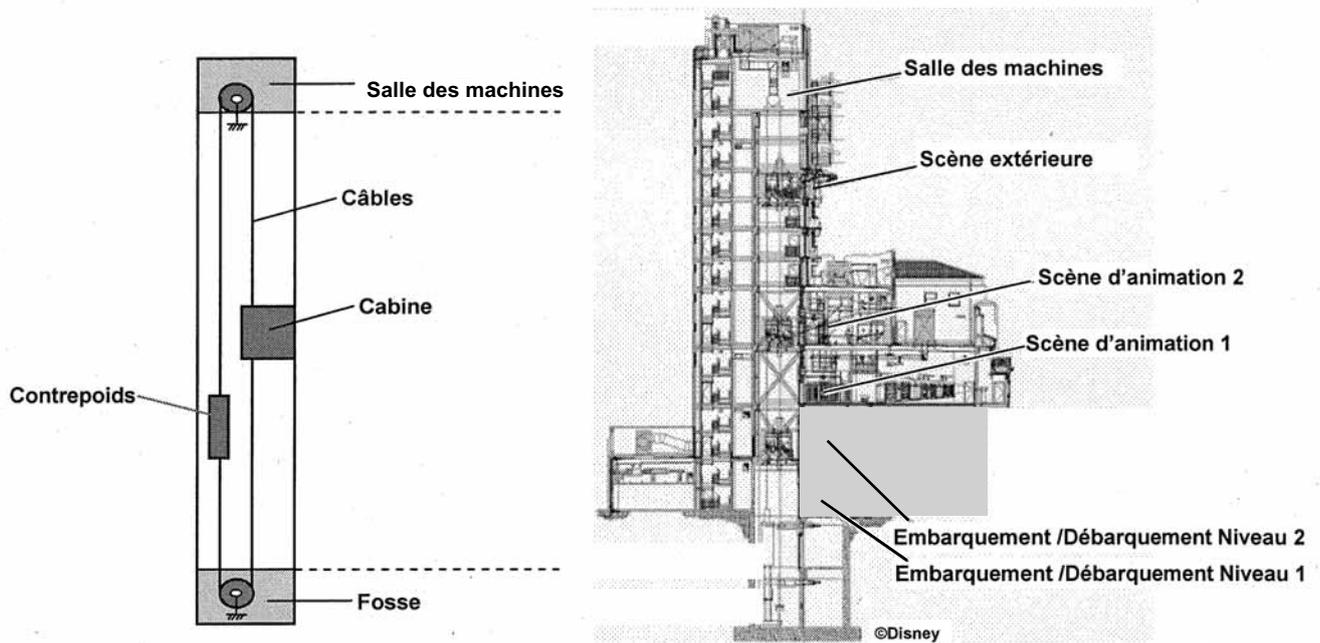
Chaque système de descente est constitué d'une gaine d'ascenseur et de deux zones d'embarquement/débarquement situées à des étages différents. Ces trois systèmes doivent pouvoir fonctionner de manière totalement indépendante.

La seule différence en matière de configuration se situe au niveau des emplacements des deux scènes d'animation qui sont inversés dans l'une des gaines et de l'emplacement des halls de sortie principaux par rapport aux portes d'embarquement/débarquement.

Les principes de fonctionnement des trois gaines sont identiques, tout comme les propriétés de leur dispositif d'automatisation. Nous nous intéresserons donc au fonctionnement d'un seul système de descente (une seule gaine).

La configuration d'un système de descente est similaire à celle d'un ascenseur classique, à savoir une structure porteuse suspendue à des câbles métalliques et se déplaçant verticalement dans une gaine fermée.

Les figures ci-dessous représentent une vue en coupe d'un système de descente ainsi qu'un schéma général de l'attraction.



Vue en coupe d'un système de descente et schéma général de l'attraction

Partie A : Contraintes sur la chaîne d'énergie liées aux besoins de l'attraction

Objectifs : Déterminer les éléments nécessaires au dimensionnement de la chaîne d'énergie pour une des gaines d'ascenseur permettant de répondre au cahier des charges fonctionnel de l'attraction « la Tour de la Terre : Un Saut dans la Quatrième Dimension™ ». Valider les profils en accélération, vitesse et position de la cabine permettant de répondre aux besoins de l'attraction. Dimensionner le moteur pour obtenir ces profils.

Pour simplifier l'étude, seules trois phases du cycle seront traitées :

- Phase 1 : passage de l'étage embarquement/débarquement niveau 2 à l'animation 1 ;
- Phase 2 : passage de l'animation 1 à l'animation 2 ;
- Phase 3 : chute finale jusqu'à l'étage embarquement/débarquement niveau 2.

Le schéma suivant (figure A.1) représente les différents étages utilisés lors de ces phases. Les hauteurs y sont reportées ; les valeurs sont données en mètre. L'attraction ayant été conçue aux Etats-Unis, les dimensions sont en réalité en pied (5,48 m correspond à 18 pieds), ce qui explique les valeurs non arrondies !

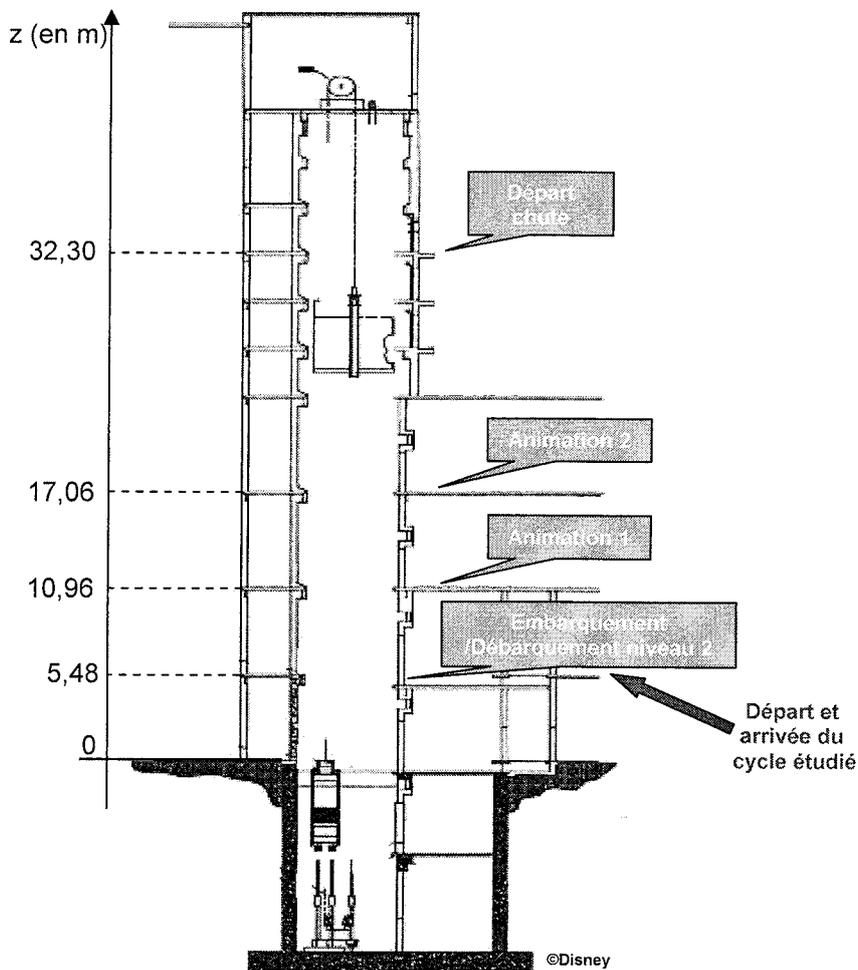


Figure A.1 : Hauteurs des différents étages utilisés

Le cahier des charges fonctionnel de l'attraction impose au niveau de la cabine les limites suivantes en valeur absolue suivant l'axe z :

Critère	Niveau
Vitesse notée v_{max}	49 km/h
Accélération notée a_{max}	10 m/s ²

Pour que le visiteur ait de fortes sensations, l'accélération et la décélération au niveau de la cabine doivent être élevées : lors de la chute finale, l'accélération doit être plus grande que la gravité afin de donner une impression de chute vertigineuse.

A.1. Contraintes cinématiques pour la réalisation d'un cycle

QA.1 Déterminer les variations de hauteur désirées, notées Δz_1 , Δz_2 , et Δz_3 , respectivement lors des phases 1, 2 et 3.

Le profil simplifié des phases étudiées est donné sur le document réponse DRA.1, les notations et certaines applications numériques sont reportées sur ce document.

La phase 1 est définie de la façon suivante : on souhaite parcourir la variation de hauteur Δz_1 en un temps noté Δt_1 , fixé à 4s. On impose une accélération constante (notée a_1) et une décélération identiques en valeur absolue.

QA.2 Déterminer la valeur numérique de l'accélération a_1 permettant d'obtenir la phase 1. Tracer sur le document réponse DRA.1 le profil de la vitesse de la cabine v ainsi que celui de la position z correspondant. On précisera la valeur maximale de la vitesse atteinte.

La phase 2 reprend le même profil d'accélération que la phase 1. La variation de hauteur Δz_2 étant différente, sa durée, notée Δt_2 , change.

QA.3 Déterminer la valeur numérique de Δt_2 sachant que $a_2 = a_1$. Tracer sur le document réponse DRA.1 le profil de la vitesse de la cabine v ainsi que celui de la position z correspondant à cette phase 2. On précisera la valeur maximale de la vitesse atteinte.

La phase 3 concerne la chute finale. Cette phase se décompose en deux parties : accélération constante, égale à la valeur maximale admissible ($a_{31} = -10 \text{ m/s}^2$), pendant Δt_{31} puis décélération constante a_{32} pendant Δt_{32} .

QA.4. Déterminer pour la phase 3, les valeurs numériques de Δt_{31} , Δt_{32} et a_{32} sachant que la vitesse limite atteinte est v_{\max} (49 km/h). Finir de compléter le document DRA.1 en traçant les profils de v et z .

Un enregistrement de l'accélération a été réalisé lors de la mise au point de l'attraction (figure A.2). Les 3 phases décrites précédemment y sont retranscrites.

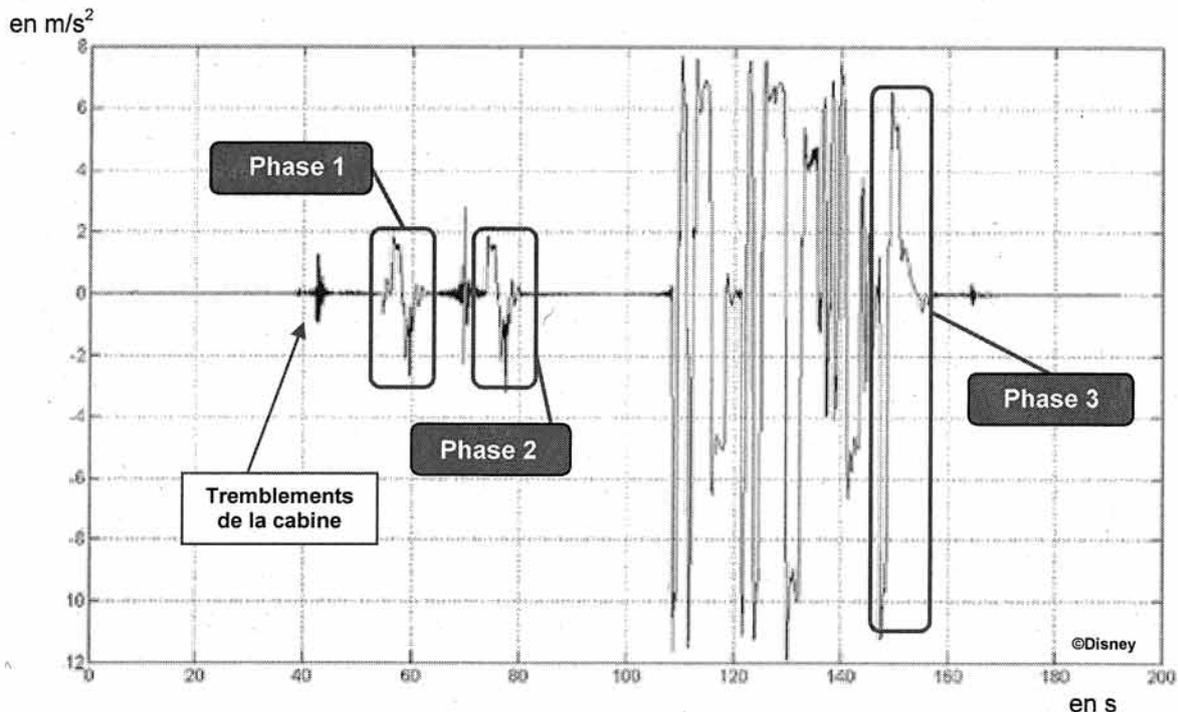


Figure A.2 : Variation de l'accélération de la cabine pendant un cycle

A.2. Contraintes électromécaniques

Un schéma et des photos de l'installation sont donnés figure A.3. La configuration de l'installation est similaire à celle d'un ascenseur classique, à savoir une structure porteuse suspendue à des câbles métalliques et se déplaçant verticalement dans une gaine fermée.

- **Equipements de la salle des machines**

La salle des machines est située à l'étage supérieur du bâtiment, juste au-dessus de la gaine. Cette salle abrite les équipements mécaniques et électroniques.

Le groupe d'entraînement fournit la force motrice nécessaire pour lever et abaisser la cabine. Il s'agit d'une unité intégrée constituée d'une machine électrique, de deux tambours d'enroulement, d'un accouplement flexible, de paliers, de freins (photo n°1). La masse totale de ce groupe d'entraînement est d'environ 59 tonnes.

Deux tambours d'enroulement des câbles (photo n°3) sont fixés sur un arbre commun qui s'étend sur environ deux tiers de la longueur de l'ensemble du groupe. Les câbles, fixés à la cabine et au contrepoids, sont enroulés sur ces tambours.

Un accouplement élastique (photo n°2) relie l'arbre de sortie du moteur à une extrémité de l'arbre du tambour.

Chaque groupe est doté de quatre paires de freins à tambour à sabot externe (photo n°1), à raison d'une paire sur chaque extrémité de chacun des arbres. Dans des conditions normales de fonctionnement, le freinage est assuré par la machine électrique. Les freins à tambour ne servent qu'au stationnement et au freinage d'urgence.

- **Equipements de la gaine**

Le puits de descente s'étend de la salle des machines jusqu'à l'étage le plus bas : la fosse. Il consiste en un espace vide permettant le déplacement vertical de la cabine. L'équipement de la gaine comprend les rails de guidage de la cabine et du contrepoids, les câbles de levage, les câbles de compensation, l'équipement d'actionnement du frein de secours et les portes. Par sécurité, tous les câbles sont doublés.

- **Equipements de la fosse**

La fosse se trouve en bas du puits de descente et s'enfonce à environ 12 m dans le sous-sol du bâtiment (photo n°4). Les câbles de compensation qui relient le fond de la cabine et le contrepoids passent autour de deux grosses poulies intégrées dans un cadre commun. Ces poulies et le cadre peuvent flotter verticalement, guidés par une structure fixée au fond de la fosse. En laissant les câbles et le cadre flotter par l'intermédiaire d'un amortisseur hydraulique, le poids des poulies et du cadre maintient une tension constante sur les câbles de compensation et empêche que du jeu ne se forme avec l'étirement à long terme. On négligera cependant ce degré de liberté par rapport au mouvement de la cabine.

Six butoirs (amortisseurs hydrauliques), quatre entre les rails de la cabine et deux entre le châssis du contrepoids permettent d'absorber les chocs en cas d'incident.

Les principales notations et données techniques sont indiquées dans le tableau A.1 :

Machine	Moment d'inertie du rotor $J_{mac} = 810 \text{ kg.m}^2$ Couple délivré C
Accouplement	Moment d'inertie $J_{acc} = 14 \text{ kg.m}^2$
Tambour	Moment d'inertie $J_{tam} = 940 \text{ kg.m}^2$ Diamètre $D_{tam} = 1,27 \text{ m}$ (50 pouces)
Arbre	Moment d'inertie $J_{arb} = 150 \text{ kg.m}^2$
Câbles	Nombre de câbles en parallèle : 2 Longueur totale d'un câble en mouvement $L_{cable} = 106 \text{ m}$ Masse linéique $\mu = 3,6 \text{ kg/m}$
Contrepoids	Masse $M_{cp} = 4\,350 \text{ kg}$
Cabine	Cabine en charge (21 passagers) $M_{cab} = 8\,460 \text{ kg}$
Poulies	Moment d'inertie $J_{pou} = 22 \text{ kg.m}^2$ Diamètre $D_{pou} = 0,76 \text{ m}$

Tableau A.1 : Principales notations et données techniques du groupe d'entraînement

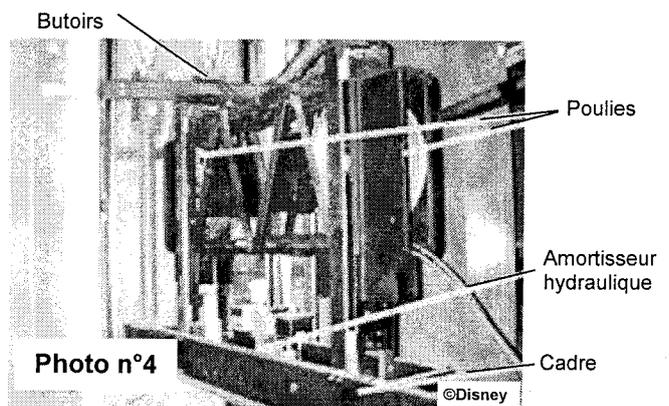
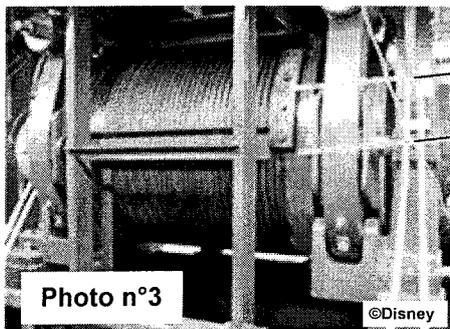
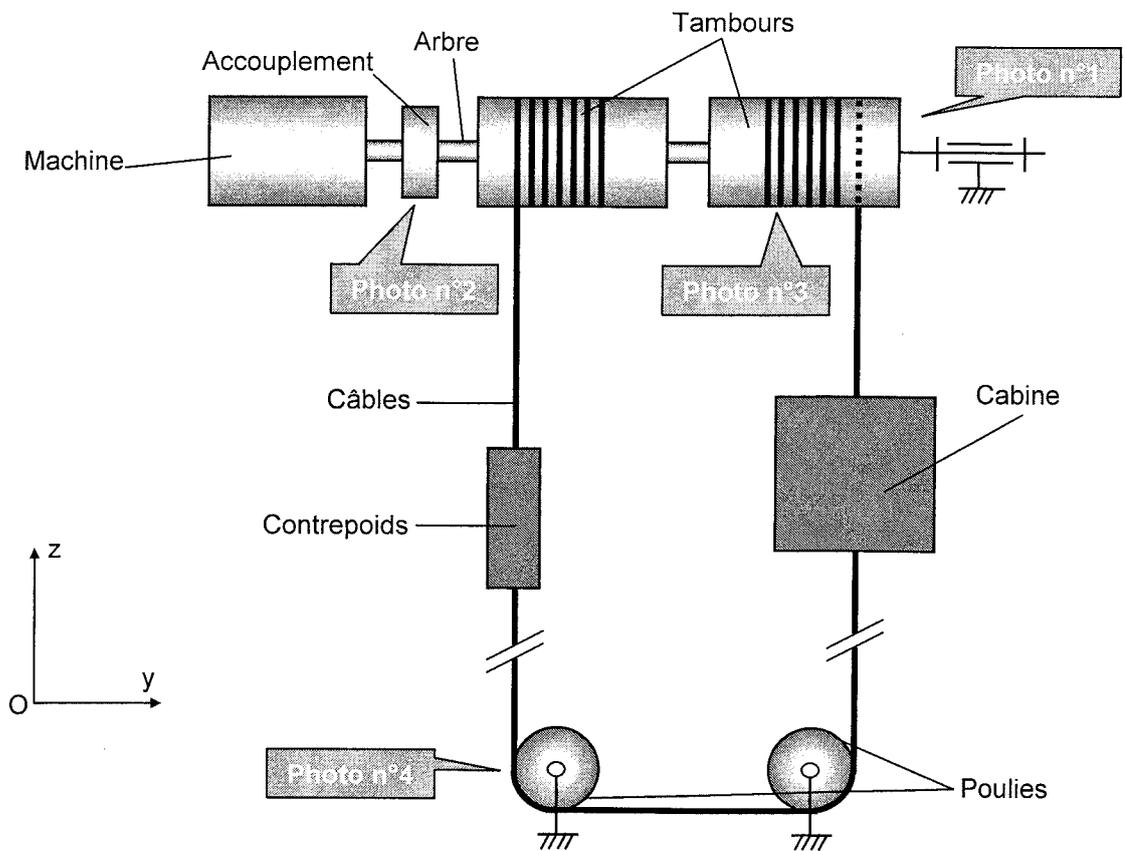
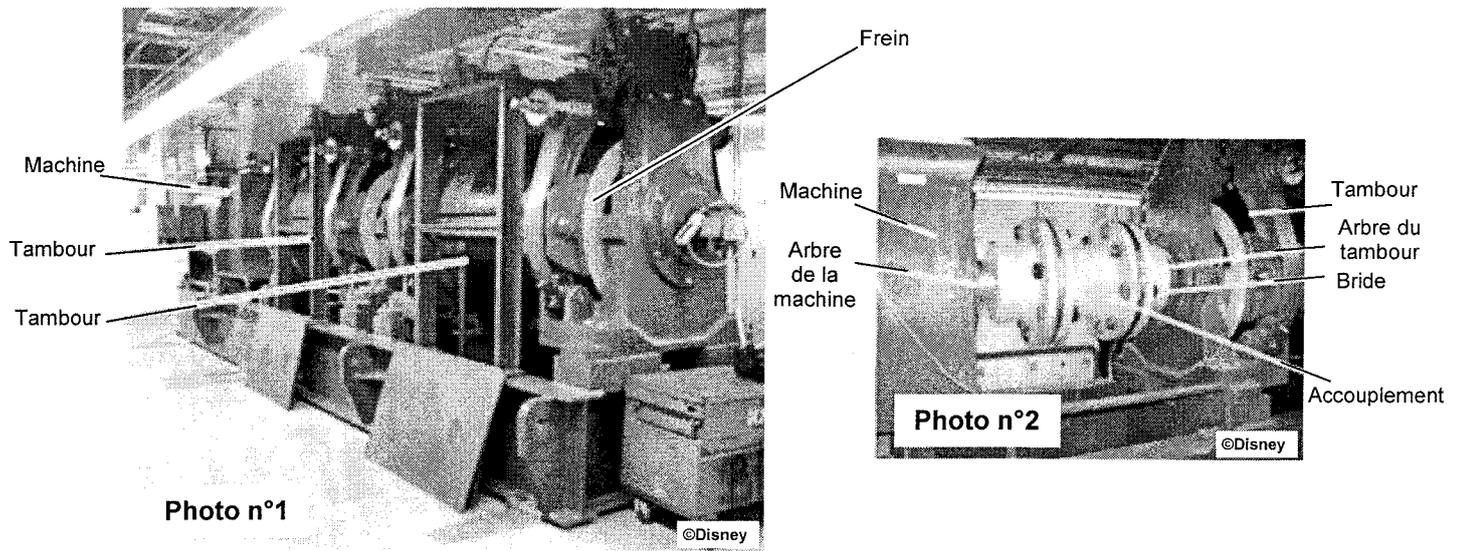


Figure A.3 : Schéma et photos de l'installation

On note :

- Ω la vitesse de rotation de la machine en rad/s,
- v la vitesse verticale de la cabine en m/s suivant l'axe Oz,
- a l'accélération verticale de la cabine en m/s^2 suivant l'axe Oz (supposée constante par morceaux),
- g l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 m/s^2$.

QA.5 Exprimer la vitesse de rotation Ω de la machine en fonction de la vitesse de la cabine v et des dimensions de l'installation.

QA.6 Donner la valeur numérique de la vitesse de rotation maximale de la machine Ω_{max} pour la vitesse maximale de déplacement de la cabine ($v_{max} = 49 km/h$). On exprimera le résultat en rad/s puis en tr/min.

QA.7 Déterminer numériquement la masse totale des câbles, notée M_{cable} .

On isole le système S en mouvement par rapport au bâti (se référer à la figure A.3) :

$S = \{\text{rotor de la machine} + \text{arbre} + \text{accouplement} + \text{tambours} + \text{câbles} + \text{contreponds} + \text{cabine} + \text{poulies}\}$.

QA.8 Déterminer l'énergie cinétique, notée E_C , du système isolé.

QA.9 Mettre le résultat sous la forme : $E_C = \frac{1}{2} J_{eq} \Omega^2$. Donner l'expression littérale du moment d'inertie équivalente J_{eq} et faire l'application numérique.

Quel que soit le résultat précédent, on prend pour la suite $J_{eq} = 8500 kg.m^2$.

Pour déterminer le couple de la machine nécessaire pour obtenir le profil de vitesse, on propose d'appliquer le théorème de l'énergie puissance au système S par rapport au bâti soit :

$$\frac{dE_C}{dt} = P_{ext} + P_{int}$$

où P_{int} représente la puissance des efforts intérieurs de liaisons du système S et P_{ext} la puissance des efforts extérieurs au système S.

On suppose que les liaisons sont sans frottement, on a donc $P_{int} = 0$.

QA.10 Déterminer P_{ext} après avoir réalisé un bilan des actions extérieures au système S, le raisonnement pourra être réalisé pour une phase de montée de la cabine où C , v et Ω sont positifs. Le résultat ne sera exprimé qu'en fonction de la vitesse de rotation Ω et non de la vitesse v .

QA.11 Appliquer le théorème de l'énergie puissance au système S. Montrer que le couple de la machine C peut s'exprimer en fonction de J_{eq} , D_{tam} , M_{cab} , M_{cp} , g et de l'accélération verticale de la cabine a .

QA.12 En déduire l'allure du couple C nécessaire lors de la phase 3. Préciser les valeurs numériques.

La machine est une machine à courant continu de la division gros moteurs de la société General Electric de type CDF 1956. La plaque signalétique porte les indications reportées dans le tableau A.2.

8 pôles	205 tr/min	1,6 MW	18 600 kg
Induit	$U = 630 V$	$I = 2 797 A$	$R = 15 m\Omega$
Inducteur	$U_e = 300 V$	$I_e = 39,6 A$	

Tableau A.2 : Plaque signalétique de la MCC

QA.13 Déterminer le rendement nominal, noté η_n , ainsi que le couple utile nominal, notée C_{un} , de cette machine.

Le couple crête supportable lors des transitoires peut être de l'ordre du double du couple nominal ; en effet, les valeurs de la plaque signalétique s'appliquent à un fonctionnement continu.

QA.14 La machine est-elle bien dimensionnée d'un point de vue mécanique ?

A.3. Contraintes électriques

L'organisation fonctionnelle de la chaîne d'énergie ainsi que les solutions constructives associées aux différentes fonctions sont représentées figure A.4.

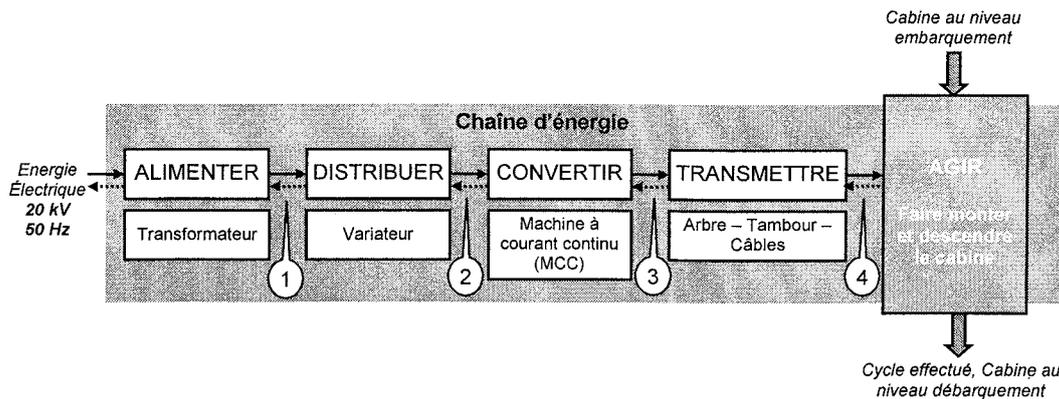


Figure A.4 : Chaîne d'énergie associée à une gaine d'ascenseur de l'attraction

QA.15 Déterminer, le plus précisément possible, la nature et la forme des flux d'énergie identifiés par les numéros 1, 2, 3 et 4 repérés figure A.4.

QA.16 En utilisant les résultats du paragraphe précédent, définir, en justifiant les résultats, les quadrants de fonctionnement utilisés dans le plan $C(\Omega)$ de la machine pour le cycle complet défini figure A.2. Préciser, pour chaque quadrant utilisé, le type de fonctionnement de la machine (moteur ou générateur).

QA.17 Quel doit être le type de réversibilité du variateur si on suppose le flux inducteur constant dans la MCC ?

La fonction « distribuer » est réalisée par des variateurs DC2000 de General Electric (Annexe 1). Le schéma synoptique de ce variateur est donné figure A.5.

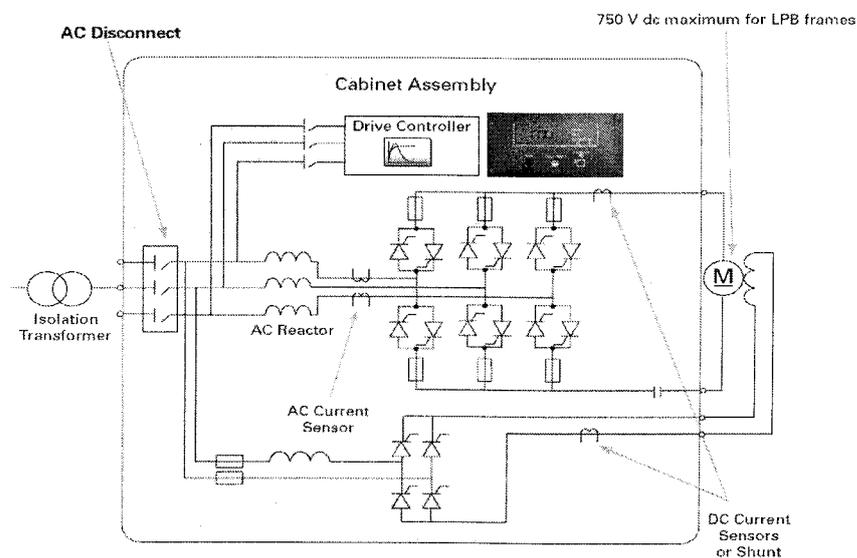


Figure A.5 : Schéma fonctionnel d'un variateur DC2000

QA.18 Quels sont les types de convertisseurs utilisés pour l'alimentation de l'induit et de l'inducteur de la MCC ? Préciser la nature des interrupteurs utilisés. Quel est le paramètre de réglage de ces convertisseurs ?

Le convertisseur alimentant l'inducteur de la MCC est utilisé en cas de problème pour défluxer rapidement la machine. Nous supposons, qu'en fonctionnement normal, le courant inducteur reste constant.

QA.19 Quels sont les propriétés en termes de réversibilité énergétique du variateur de l'induit ? Répond-il aux besoins définis précédemment ? Justifier votre réponse.

Il y a en réalité deux variateurs DC2000 par système de descente, un configuré comme « maître » et l'autre configuré comme « esclave » (figure A.6). Le variateur maître assure la régulation et indique au variateur esclave la quantité de couple qu'il génère. Le variateur esclave s'aligne en fournissant alors la même quantité de couple.

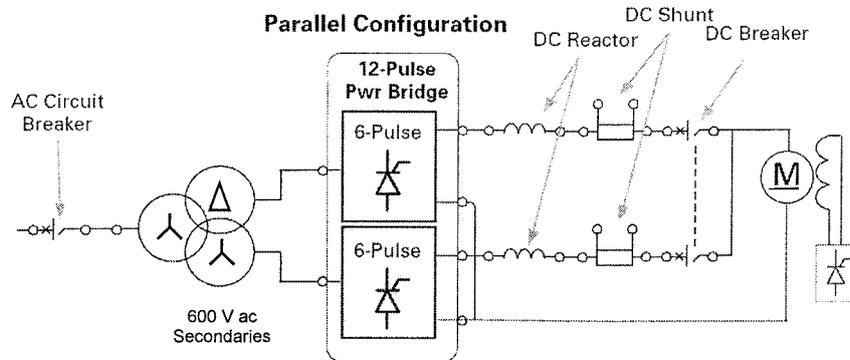


Figure A.6 : Schéma fonctionnel de l'alimentation de la MCC

QA.20 Quel est l'intérêt de cette configuration parallèle des variateurs ?

QA.21 Pourquoi est-il nécessaire de placer des inductances en sortie des 2 ponts ?

Partie B : Commande en couple du moteur d'entraînement de la cabine

Objectifs : Valider la nécessité d'une commande en couple du moteur. Déterminer et régler les paramètres du correcteur utilisé.

Le cahier des charges de l'attraction impose, comme nous l'avons vu dans la partie A, des profils en termes d'accélération, vitesse et position. La structure de régulation choisie, par le constructeur, est à boucles imbriquées comme le montre la figure B.1. Elle inclue des boucles de régulation de courant, vitesse et position.

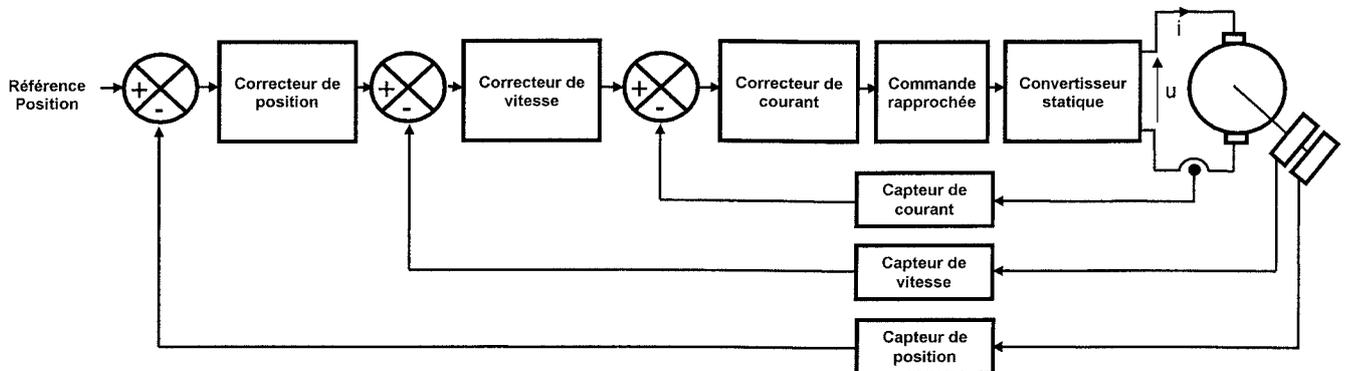


Figure B.1 : Structure fonctionnelle de la régulation choisie

B.1. Etude préliminaire

QB.1 Pourquoi est-il nécessaire de prévoir une boucle interne de courant ?

La motorisation choisie est, comme nous l'avons vu dans la partie A, un moteur à courant continu. Le tableau A.2 (partie A) donne les valeurs nominales de la machine. On suppose que le courant inducteur est constant et égal au courant nominal.

Si on néglige les différents frottements, les effets de la saturation ainsi que la réaction magnétique d'induit, les équations électromécaniques permettant de décrire le fonctionnement de la machine sont les suivantes :

$$e(t) = u(t) - Ri(t) - L \frac{di}{dt} = k \Omega(t)$$

$$C(t) = k i(t) = J_{eq} \frac{d\Omega(t)}{dt} + C_r(t)$$

- avec :
- $u(t)$ tension appliquée aux bornes de l'induit du moteur en V,
 - $\Omega(t)$ vitesse angulaire de l'arbre moteur en rad.s^{-1} ,
 - $e(t)$ force contre-électromotrice en V,
 - R résistance de l'induit avec $R = 15 \text{ m}\Omega$,
 - L inductance totale du circuit induit (induit de la MCC + inductance de lissage) avec $L = 0,5 \text{ mH}$,
 - k constante de force contre-électromotrice en V.s.rad^{-1} ou constante de couple en Nm.A^{-1} ,
 - C couple fourni par la machine à courant continu en Nm,
 - C_r couple total résistant ramené à l'axe du moteur en Nm,
 - J_{eq} moment d'inertie équivalent rapporté à l'arbre moteur en kg.m^2 .

QB.2 Déterminer la valeur numérique de k en utilisant les données du tableau A.2.

QB.3 Déterminer les valeurs numériques du courant d'induit pour un couple C variant de 110 kNm à -110 kNm.

Le schéma bloc aux variations de la MCC permettant de déterminer la fonction de transfert en courant est représenté figure B.2.

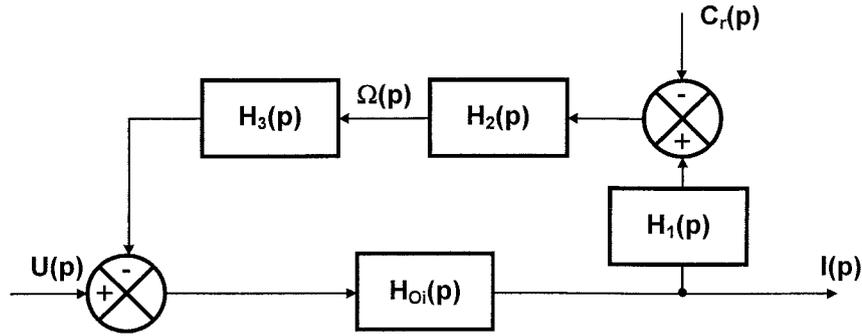


Figure B.2 : Schéma bloc de la MCC

QB.4 Donner les fonctions de transfert de $H_1(p)$, $H_2(p)$, $H_3(p)$ et $H_{O_i}(p)$.

L'étude de la boucle de courant se fera en utilisant un modèle simplifié de cette représentation en considérant la force électromotrice comme une perturbation.

Le variateur utilisé a été abordé dans la partie A (figure A.5). La période d'échantillonnage du variateur maître alimenté à 50 Hz est de 3,33 ms. Ce convertisseur et sa commande sont modélisés par une fonction de transfert simplifiée $H_{conv}(p)$ du premier ordre :

$$H_{conv}(p) = \frac{K_{conv}}{1 + T_c p}$$

Avec $T_c = 1,66$ ms la constante de temps égale à la moitié de celle du convertisseur, K_{conv} le gain du convertisseur avec $K_{conv} = 12,3 \cdot 10^{-3}$.

Le schéma fonctionnel de la boucle de courant est alors le suivant :

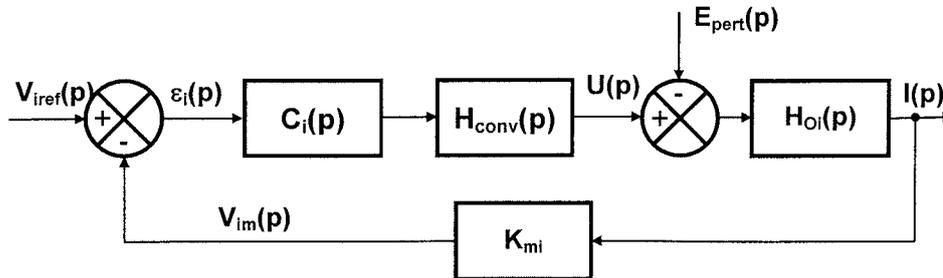


Figure B.3 : Schéma fonctionnel de la boucle de courant

Dans ce schéma :

$H_{O_i}(p)$ a été définie figure B.2,

$C_i(p)$ est la fonction de transfert du correcteur de courant,

K_{mi} représente le gain du capteur de courant avec $K_{mi} = 2,3 \cdot 10^{-3}$ V/A.

QB.5 Montrer que la fonction de transfert en boucle ouverte si $E_{pert}(p) = 0$ peut se mettre sous la forme :

$$H_{BOi}(p) = C_i(p) \frac{K_i}{(1 + T_c p)(1 + T_e p)}. \text{ Déterminer numériquement } K_i \text{ et } T_e.$$

Le cahier des charges fonctionnel impose que le module de la fonction de transfert en boucle fermée de la boucle de courant soit le plus constant possible dans la bande passante et que l'erreur statique soit nulle.

QB.6 Rappeler la signification des termes suivant : erreur statique, régulation et asservissement.

QB.7 Que peut-on dire ici de l'erreur statique si le correcteur utilisé est du type proportionnel ? Justifier votre réponse.

Deux méthodes de correction vont être étudiées pour répondre au cahier des charges :

- la compensation du pôle dominant,
- l'optimum symétrique.

Ces corrections permettent de privilégier le comportement du système à l'entrée de consigne et/ou à l'entrée de perturbation en régime statique et dynamique.

B.2. Correction par compensation du pôle dominant

Le correcteur choisi a pour fonction de transfert : $C_{i1}(p) = k_1 \frac{1 + \tau_1 p}{\tau_1 p}$.

QB.8 Comment appelle-t-on ce correcteur ? Quelles sont ses propriétés ? A quelles exigences du cahier des charges répond-il ?

QB.9 Quels sont les pôles de $H_{B0i}(p)$ définie à la question QB.5 ?

La constante de temps τ_1 est choisie pour compenser le pôle dominant.

QB.10 Déterminer τ_1 . En déduire l'expression littérale simplifiée de $H_{B0i}(p)$ notée $H_{B0i1}(p)$.

QB.11 Ainsi corrigée, la boucle de courant est-elle stable ? Justifier votre réponse.

QB.12 Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BFi1}(p) = \frac{l(p)}{V_{ref}(p)}$ si $E_{pert}(p) = 0$ en fonction de K_{mi} , k_1 , K_i , T_e et T_c . Donner le résultat sous la forme canonique d'un système du second ordre en définissant la pulsation propre ω_{0i1} , le coefficient d'amortissement m_{i1} et le gain statique K_{i1} .

QB.13 Déterminer la valeur numérique à donner au coefficient d'amortissement m_{i1} pour que la réponse fréquentielle de H_{BFi1} soit la plus plate possible dans la bande passante. En déduire littéralement puis numériquement k_1 .

QB.14 Montrer que la bande passante ω_{0i1} de la boucle de courant obtenue par cette méthode de correction par compensation de pôle dominant est limitée uniquement par le pôle de commande du convertisseur. Déterminer numériquement ω_{0i1} .

QB.15 Représenter la réponse indicielle $i(t)$ obtenue pour une consigne v_{iref} d'amplitude V_0 si on suppose l'effet de la force électromotrice $e_{pert}(t)$ nulle. Préciser la pente à l'origine, le(s) dépassement(s), la valeur finale ainsi que le temps de réponse à 5%. On pourra utiliser l'annexe 2.

La figure B.4 représente la réponse indicielle $v_{im}(t)$ (après le capteur de courant) pour un échelon unitaire de consigne puis de perturbation.

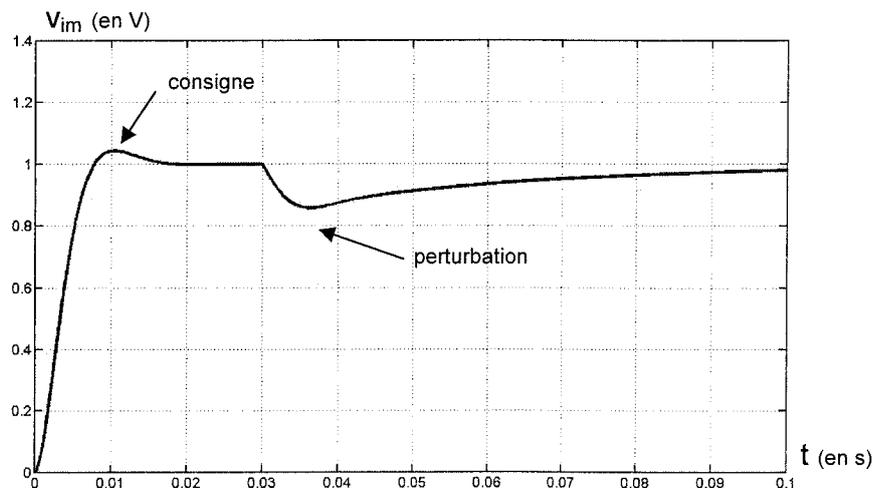


Figure B.4 : Réponse indicielle avec le correcteur réglé par la compensation du pôle dominant

QB.16 Conclure sur les performances de la boucle de courant avec ce réglage de correcteur.

B.3. Correction par la méthode de l'optimum symétrique

Le correcteur utilisé est le même que dans la méthode précédente, mais le calcul des coefficients est différent. On note :

$$C_{i2}(p) = k_2 \frac{1 + \tau_2 p}{\tau_2 p}$$

Le pôle dominant n'est pas compensé, mais est assimilé à un intégrateur pur au voisinage de sa pulsation de coupure. Ainsi, on utilisera l'expression suivante pour la fonction de transfert en boucle ouverte de courant si $E_{\text{pert}}(p) = 0$:

$$H_{\text{BOi2}}(p) = C_{i2}(p) \frac{K_i}{(1 + T_c p) T_e p}$$

QB.17 Déterminer la nouvelle fonction de transfert en boucle fermée $H_{\text{BFi2}}(p) = \frac{l(p)}{V_{\text{ref}}(p)}$ si $E_{\text{pert}}(p) = 0$ en

fonction de K_{mi} , k_2 , K_i , τ_2 , T_e et T_c . Mettre le résultat sous forme canonique (produit d'un gain statique et d'une fraction de deux polynômes en p avec le coefficient du terme p^0 unitaire). On notera $D_{\text{BFi2}}(p)$ le dénominateur de $H_{\text{BFi2}}(p)$.

Le critère sur la bande passante conduit à identifier le dénominateur D_{BFi2} de la fonction de transfert en boucle fermée H_{BFi2} avec la fonction d'approximation d'un polynôme de Butterworth notée P_{But} de comportement fréquentiel :

$$\left| P_{\text{But}} \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right) \right| = \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{2n}} \quad \text{si } n \text{ est l'ordre du polynôme et } \omega_0 \text{ sa pulsation de coupure.}$$

QB.18 En calculant $|D_{\text{BFi2}}(j\omega)|^2$ et en identifiant cette réponse fréquentielle à celle d'un polynôme de Butterworth P_{But} , déterminer littéralement puis numériquement τ_2 et k_2 .

QB.19 En déduire la valeur numérique de la pulsation de coupure ω_{0i2} de la boucle de courant obtenue par la méthode de l'optimum symétrique. Comparer ce résultat à celui trouvé question QB.14.

QB.20 En utilisant les résultats précédents, montrer que l'expression littérale de $H_{\text{BOi2}}(p)$ ne dépend que de T_c .

QB.21 Tracer sur le document réponse DRB.1 les diagrammes de Bode asymptotiques en module et phase de $H_{\text{BOi2}}(p)$ ainsi corrigée puis esquisser la courbe réelle de la phase de $H_{\text{BOi2}}(p)$ en précisant les points remarquables.

QB.22 Justifier le nom donné à cette méthode de correction : optimum symétrique.

QB.23 Déterminer graphiquement la marge de phase obtenue avec ce correcteur en justifiant la méthode utilisée.

La méthode de correction par optimum symétrique introduit un zéro dans la fonction de transfert en boucle fermée, son effet peut être éliminé en plaçant un filtre de référence en amont de la boucle (figure B.5).

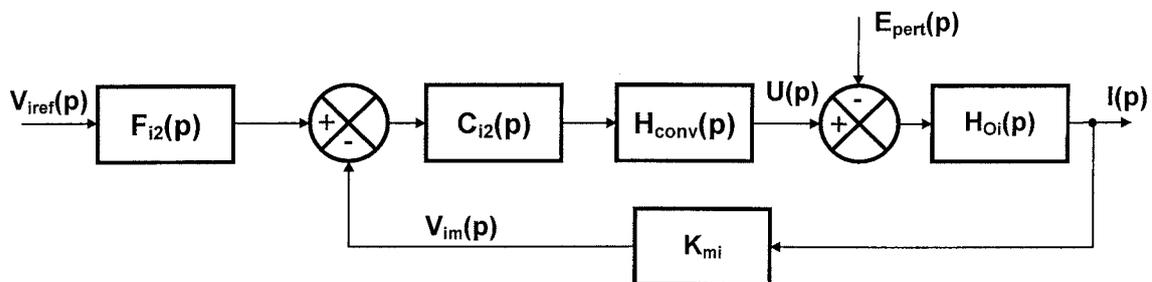


Figure B.5 : Schéma fonctionnel de la boucle de courant avec filtre de référence

QB.24 Donner la fonction de transfert de ce filtre $F_{i2}(p)$ permettant de compenser le zéro de $H_{\text{BFi2}}(p)$.

On reprend la même démarche que pour le paragraphe B.2. La figure B.6 représente la réponse indicielle $v_{im}(t)$ (après le capteur de courant) pour un échelon unitaire de consigne puis de perturbation avec le réglage calculé par la méthode de l'optimum symétrique avec filtre de référence.

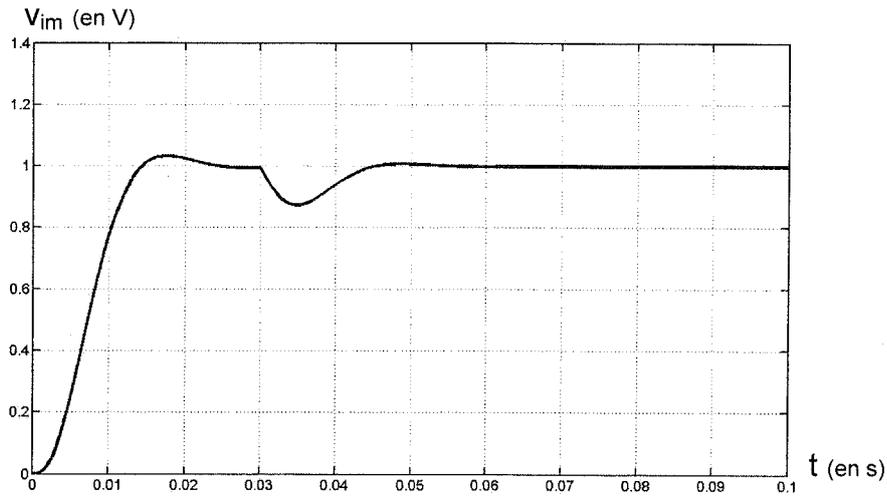


Figure B.6 : Réponse indicielle avec le correcteur réglé par la méthode de l'optimum symétrique avec filtre de référence

QB.25 Conclure sur les performances de ce réglage correcteur.

B.4. Modèle équivalent de la boucle de courant

La réponse harmonique en boucle fermée avec le second correcteur est donnée sur le document réponse DRB.2. Vu la dynamique de la boucle de courant par rapport à celle de la boucle de vitesse, la fonction de transfert de la boucle fermée de courant, notée H_{BFi} , sera modélisée par un premier ordre (figure B.7).

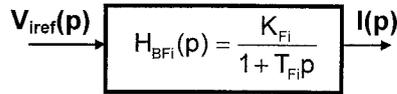


Figure B.7 : Fonction de transfert simplifiée de la boucle de courant

La constante T_{Fi} est choisie de façon que les réponses harmoniques en phase soient égales pour un déphasage de -45° .

QB.26 En utilisant les courbes fournies sur le document réponse DRB.2, donner les valeurs numériques de K_{Fi} et T_{Fi} .

QB.27 Représenter sur le document réponse DRB.2, les diagrammes de Bode asymptotiques en module et phase de $H_{BFi}(p)$. Esquisser ensuite les 2 courbes réelles (module et phase). Dans quelle gamme de fréquences, peut-on utiliser cette approximation ?

Partie C : Commandes en vitesse et position

Objectifs : Identifier les capteurs utilisés dans la chaîne d'information pour les régulations en vitesse et position, puis définir la nature des informations issues de ces capteurs. Modéliser ces boucles de régulation, déterminer leurs performances et vérifier que le cahier des charges de l'attraction est bien respecté.

La structure fonctionnelle de la régulation choisie a été donnée figure B.1. L'étude de la commande en couple réalisée dans la partie B permet d'obtenir le schéma fonctionnel simplifié donné figure C.1.

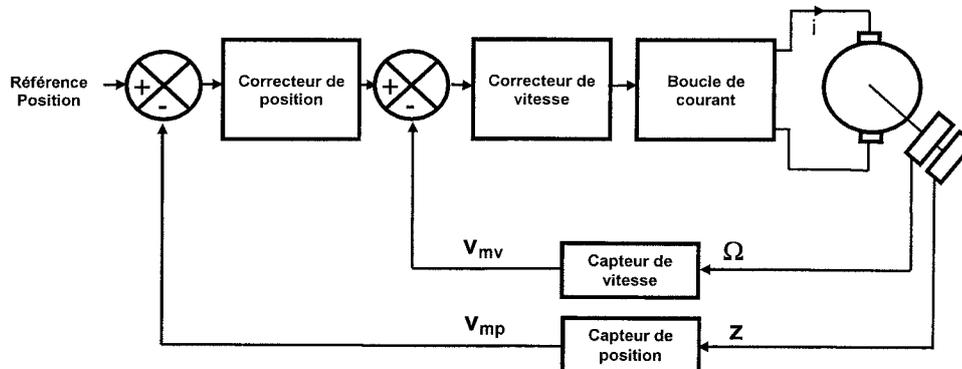


Figure C.1 : Structure fonctionnelle des régulations en vitesse et position

C.1. Mesures de la vitesse et de la position

Un schéma d'ensemble et des photos concernant le principe des mesures de vitesse et position sont donnés figure C.2. La vitesse du groupe d'entraînement est obtenue par une paire de tachymètres. La position de la cabine est mesurée par un capteur appelé : Transducteur de Position Principale Intelligent (TPPI).

Les tachymètres sont montés sur l'extrémité du moteur (photo n°1) et sur l'extrémité de l'arbre d'entraînement des tambours. Ils sont fixés à leurs arbres respectifs à l'aide d'un adaptateur spécial et d'un raccord flexible. Ces 2 tachymètres permettent de détecter tout glissement au niveau de l'accouplement entre l'arbre du moteur et l'arbre sur lequel sont montés les tambours d'enroulement.

La bande (photo n°4) du TPPI est directement reliée à la cabine et passe par 2 poulies, l'une située dans la fosse (photo n°3) et l'autre dans la salle des machines (photo n°2). Le codeur du TPPI indique la position de la cabine et n'est pas affecté par l'étirement qui se produit au niveau du câble principal. En effet, le TPPI est fixé de manière indépendante à la cabine et ne supporte aucune charge particulière. Un capteur est installé dans le dispositif de fixation reliant la bande à la cabine, ce capteur est destiné à détecter une éventuelle rupture de la bande.

• Mesure de la vitesse du groupe d'entraînement

Les tachymètres ont pour référence M3 - 4T 2D 1024 L, la documentation technique est fournie en annexe 3.

QC.1 De quel type de capteurs s'agit-il ? Rappeler leur principe physique.

QC.2 A quoi correspondent les voies A, B, C et Z ?

QC.3 Quel est le nombre d'impulsions par tour délivrées par les tachymètres si on utilise la voie A ?
Même question avec la voie C.

QC.4 Représenter les chronogrammes des voies A et B pour les deux sens de rotation de l'arbre de la machine.

QC.5 Proposer un montage utilisant une bascule D permettant de détecter le sens de rotation.

QC.6 Comment peut-on obtenir la voie C à partir des informations issues des voies A et B ?

QC.7 Déterminer le paramètre image de la vitesse du groupe d'entraînement. Définir alors le gain du capteur de vitesse si la voie C est utilisée et si la vitesse angulaire est exprimée en rad/s.

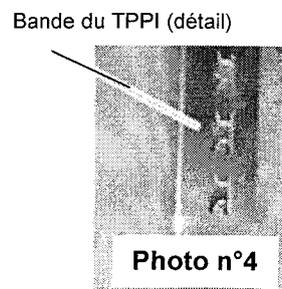
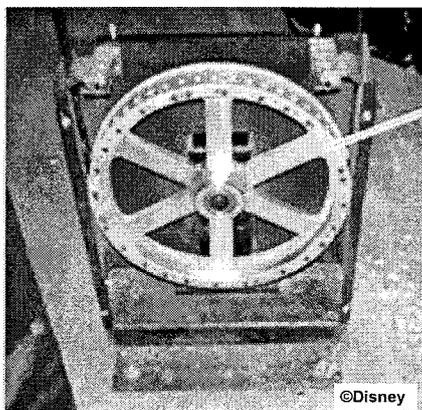
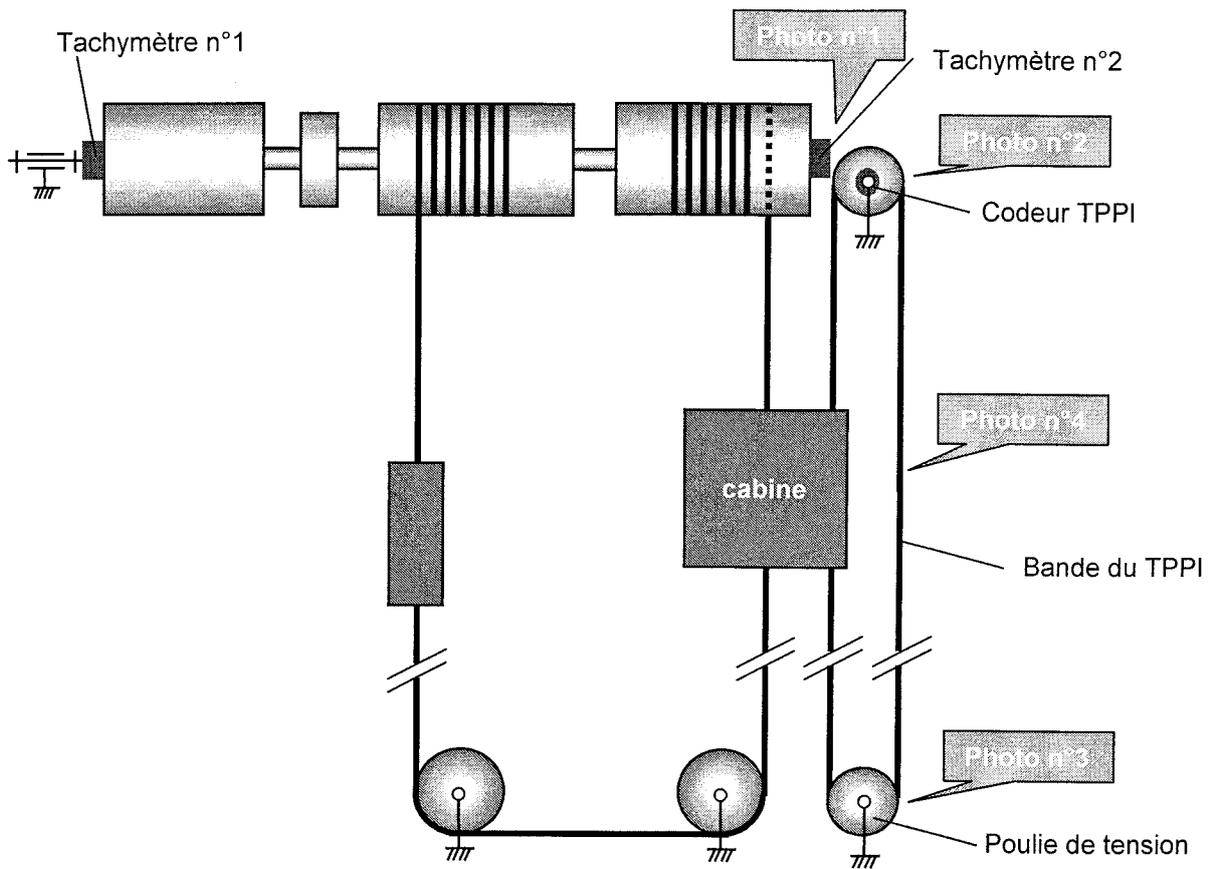
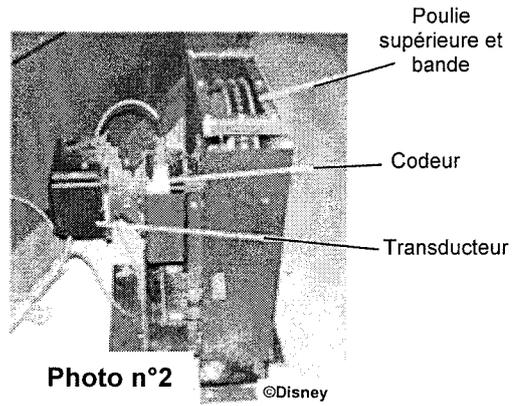
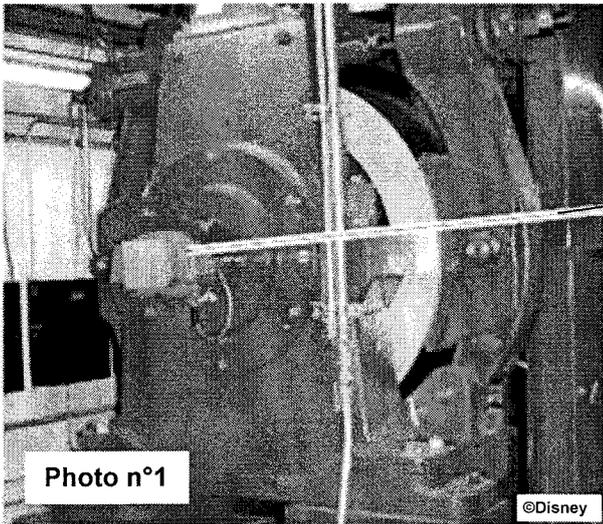


Figure C.2 : Schéma d'ensemble et photos concernant le principe des mesures de vitesse et position

• **Mesure de la position de la cabine par le TPPI**

Le principe de la mesure de la position de la cabine est détaillé figure C.3. Le codeur utilisé est basé sur le même principe que les tachymètres étudiés précédemment. L'image de la position est obtenue par comptage des impulsions issues du codeur. Ce comptage ainsi qu'un traitement de données sont réalisés par le transducteur. Les données sont ensuite transmises à l'aide d'une liaison série RS-422.

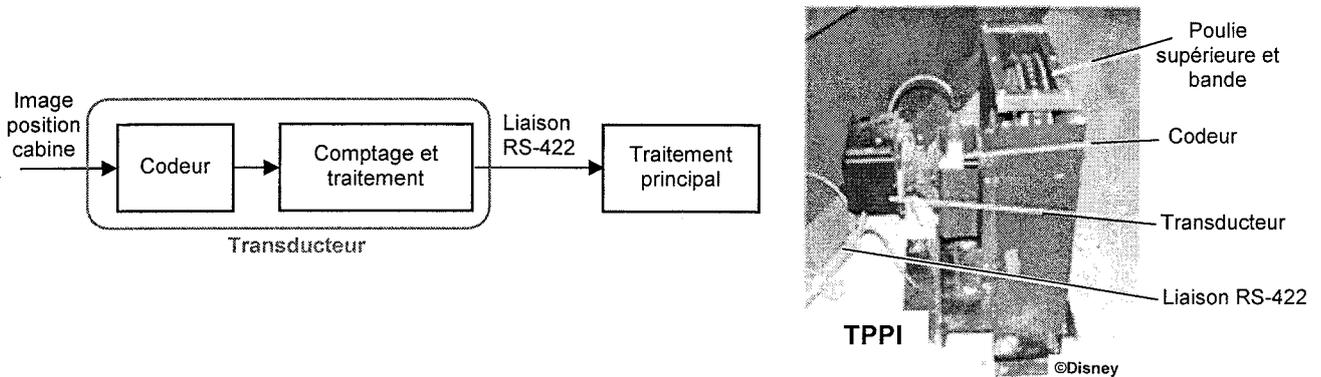


Figure C.3 : Principe de mesure de la position de la cabine réalisée par le TPPI

Le codeur du TPPI délivre 4096 impulsions par tour soit $N_{imp/tour} = 4096$. Le diamètre des poulies du TPPI est $D_{TPPI} = 50,8$ cm (soit 20 pouces).

On rappelle que la vitesse maximale de la cabine est $v_{max} = 49$ km/h et qu'on note z la position de la cabine.

QC.8 Quelle précaution est-il nécessaire de prendre pour avoir une image absolue de la position avec cette méthode de mesure ?

QC.9 Déterminer littéralement puis numériquement la plus petite variation de position de la cabine Δz mesurée par le TPPI.

On suppose que l'erreur sur la valeur de la position de la cabine, notée ϵ_{pos} , est de +/- 10 impulsions : cette erreur représente l'erreur due au codeur (+/- 1 impulsion) et celle attribuée aux effets dynamiques sur l'ensemble bande/poulies (+/- 9 impulsions).

QC.10 Déterminer numériquement l'erreur maximale sur la valeur de la position, notée ϵ_{pos_max} .

QC.11 Sachant que la cabine peut évoluer sur une hauteur de 52 m, déterminer le nombre maximal d'impulsions N_{pos_max} qu'il faudra compter pour la mesure de la position. Combien d'octets sont-ils nécessaires ?

Le protocole utilisé pour la transmission de l'information « mesure de position » n'est pas abordé. Le support de transmission est de type RS-422 (régie par la norme V11) à 9600 bauds.

Les principales caractéristiques des normes RS-232, RS-423, RS-422 et RS-485 et les niveaux de tension de la norme V11 sont données en annexe 4.

QC.12 Quels sont les avantages d'une liaison différentielle ?

QC.13 Justifier le choix d'une liaison RS-422.

QC.14 Quel est le rôle de la résistance R_c apparaissant sur l'annexe 4 figure 1 ? Quelle est l'ordre de grandeur de R_c ? De quels paramètres dépend-elle ?

QC.15 Déterminer la durée T_b de transmission d'un bit de donnée ?

La figure C.4 donne une partie de la trame correspondant à la mesure de position. On s'intéresse au décodage du premier octet transmis représenté sur le document réponse DRC.1.

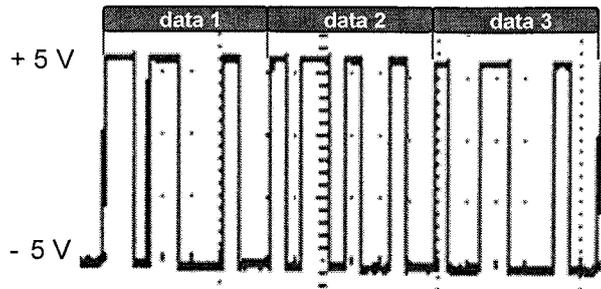


Figure C.4 : Partie de la trame émise par le TPPI

QC.16 Sur le document réponse DRC.1, identifier le bit de Start, les bits de Stop et les bits de données transmis. En déduire les valeurs binaire et hexadécimal de l'octet transmis.

C.2. Boucle de régulation de vitesse

Le schéma fonctionnel de la boucle de vitesse est donné figure C.5. On note $C_v(p)$ la fonction de transfert du correcteur de vitesse et K_{mv} le gain du capteur de vitesse. Les autres fonctions de transfert ont été définies partie B figures B.2 et B.7.

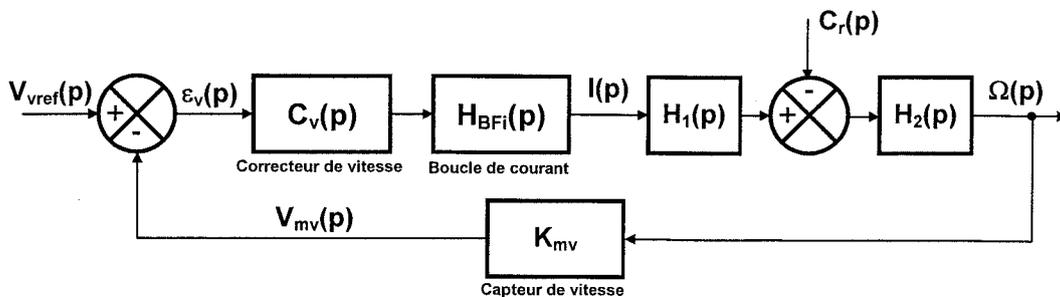


Figure C.5 : Schéma fonctionnel de la boucle de vitesse

Avec $K_{mv} = 0,4 \text{ V}/(\text{rad}\cdot\text{s}^{-1})$ le gain du capteur de vitesse après traitement.

On supposera que $C_r(p) = 0$.

QC.17 Montrer que, si $C_v(p) = 1$, la fonction de transfert en boucle ouverte de cette boucle de vitesse, notée $H_{BOv1}(p)$, peut se mettre sous la forme : $H_{BOv1}(p) = \frac{K_{BOv}}{p(1+T_{Fi}p)}$. Déterminer littéralement K_{BOv} .

Pour la suite, on prendra $K_{BOv} = 0,56$.

QC.18 Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques (module et phase) de $H_{BOv1}(p)$. Préciser les points remarquables. Le système est-il stable ? Justifier votre réponse.

Le profil de vitesse souhaité a été étudié en partie A, la vitesse doit évoluer linéairement en fonction du temps par morceaux. Le cahier des charges impose une erreur statique nulle pour une entrée de type rampe de la forme : $v_{ref}(t) = at$ (pour $t > 0$).

QC.19 Calculer, si $C_v(p) = 1$, en justifiant la démarche, l'erreur en régime permanent notée $\epsilon_v(\infty)$ pour cette entrée de type rampe. Conclure.

Le correcteur choisi a pour fonction de transfert : $C_v(p) = k_s \frac{1 + \tau_3 p}{\tau_3 p}$.

QC.20 Répond-il au cahier des charges de la boucle de vitesse en termes de précision ? Justifier votre réponse.

QC.21 Montrer que le réglage du correcteur $C_v(p)$ par compensation du pôle dominant n'est pas possible. Justifier votre réponse.

QC.22 Proposer, en justifiant votre démarche, un réglage pour τ_3 .

La constante τ_3 étant réglée, le diagramme de Black de la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé $H_{BOv2}(p)$ pour $k_3 = 1$ est donné sur le document réponse DRC.2.

QC.23 Indiquer sur le document réponse DRC.2, ce que représentent les axes ainsi que le sens croissant des pulsations.

QC.24 En justifiant votre démarche, déterminer graphiquement sur le document réponse DRC.2, la valeur k_3 permettant d'obtenir le maximum de marge de phase $\Delta\varphi_{max}$. Préciser $\Delta\varphi_{max}$.

On suppose la boucle de vitesse ainsi réglée avec son filtre de référence. Une simulation pour un essai indiciel en boucle fermée est donnée sur le document réponse DRC.3. On souhaite, vue la dynamique de cette boucle par rapport à celle de la boucle de position, approximer la fonction de transfert H_{BFv} , par un premier ordre (figure C.6).

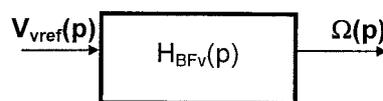


Figure C.6 : Fonction de transfert simplifiée de la boucle de vitesse

QC.25 Déterminer littéralement et numériquement $H_{BFv}(p)$ en utilisant la valeur à 63%. Positionner ce point sur le document réponse DRC.3.

C.3. Boucle de régulation de position

La boucle de vitesse ayant été étudiée, il reste à définir et vérifier les performances de la boucle de position représentée figure C.7.

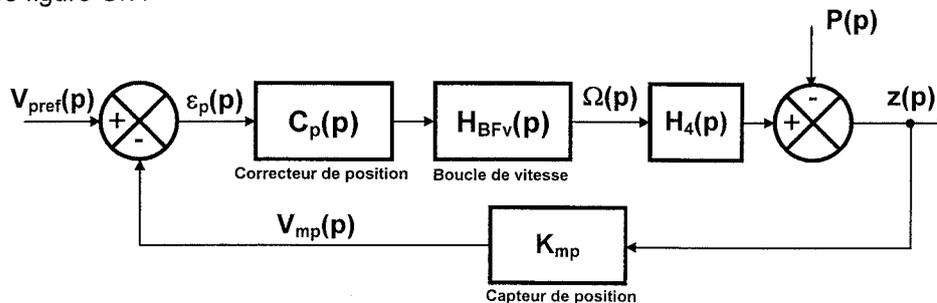


Figure C.7 : Schéma fonctionnel de la boucle de vitesse

Avec $K_{mp} = 0,25$ V/m le gain du capteur de position après traitement.

QC.26 Déterminer $H_4(p)$ et donner la signification physique de $P(p)$.

L'évolution de la position de la cabine $z(t)$, permettant de répondre au cahier des charges de l'attraction, a été étudiée dans la partie A.1 (document réponse DRA.1). On souhaite, lors d'un cycle, que l'erreur de position reste inférieure à l'erreur maximale de position, ϵ_{pos_max} , obtenue à la question QC.10.

QC.27 Déterminer le type de correcteur $C_v(p)$ répondant à la condition donnée ci-dessus en justifiant votre réponse.

Partie D : Réseaux de communication utilisés

Objectifs : Analyser, optimiser et faire évoluer les réseaux de communications utilisés dans l'attraction.

Dans les parties précédentes, seule l'étude du mouvement d'une cabine d'un système de descente a été menée. En fait, l'attraction possède trois systèmes de descente pour augmenter sa capacité horaire. Ils s'intègrent dans un environnement technique (portes, animations, éclairage, sécurité, bruitage...) nécessitant une coordination. La communication entre les différents éléments assurant le contrôle commande de l'attraction est abordée dans cette partie.

L'attraction utilise trois niveaux de communication illustrés par la figure D.1 :

- le niveau « Ride control » qui gère la communication entre les systèmes de contrôle du mouvement vertical de la cabine (Motion Control System : MCS) et de la conduite de l'attraction (Ride Control System : RCS). Deux technologies différentes sont utilisées, DH+ et Ethernet/TCP-IP ;
- le niveau « Messages/Diagnostics » qui gère l'émission de messages, le diagnostic des défauts et les mises à jour de programme. Ce réseau est de type Ethernet/TCP-IP ;
- le niveau « Client messagerie » qui transmet les messages du serveur APEX à éditer vers des clients de messagerie. Ce réseau est de type Ethernet/TCP-IP.

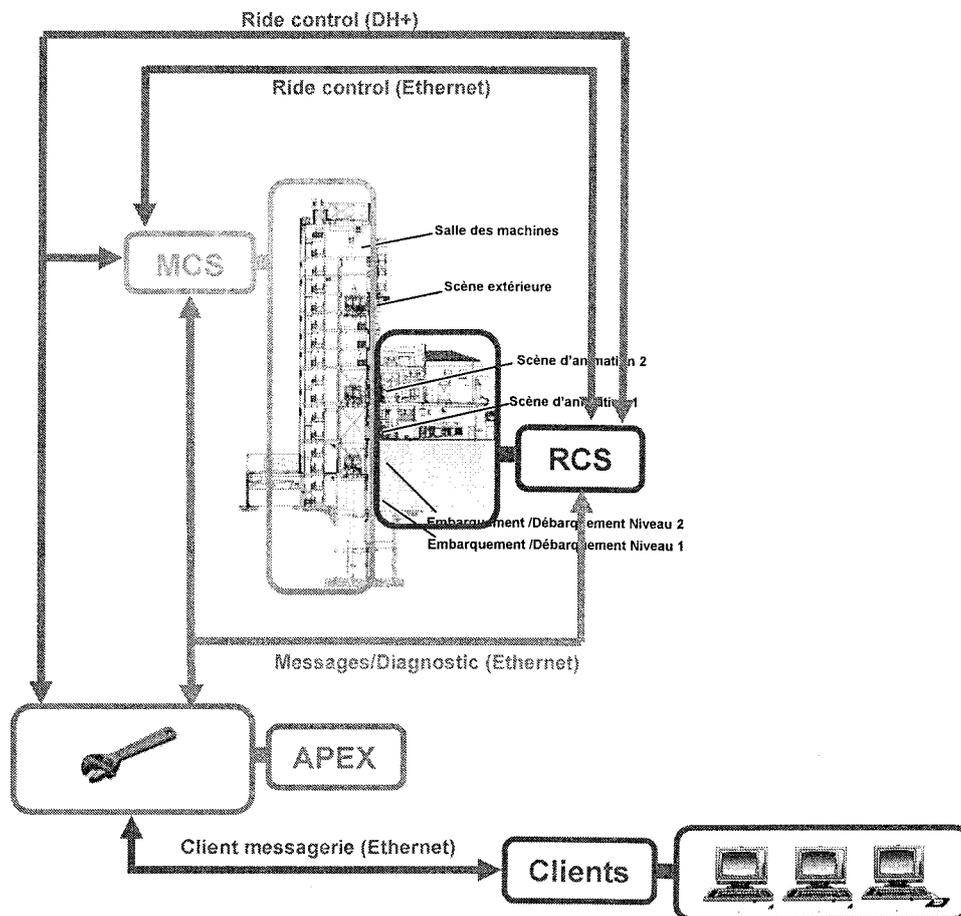


Figure D.1 : Besoins en communication de l'attraction

Le système de messagerie est de type APEX dont les deux composantes principales sont :

- un serveur de messagerie appelé « Hub Apex » qui concentre (d'où le terme Hub) les messages émis par les composantes de la tour, les envoie vers les clients APEX et propose d'éditer les messages reçus vers :
 - l'écran,
 - un fichier historique des événements (Logfile),
 - l'imprimante,
 - Internet.
- des clients de messagerie répartis dans les sous-systèmes de l'attraction.

D.1. Réseau « Ride Control » DH+

On utilise les notations suivantes (figure D.2) :

- GPC : General Purpose Computer (calculateur de type PC industriel),
- PLC : Programmable Logic Controller (calculateur de type automate industriel).

La communication entre les PLCs et le système de messagerie est assurée par un réseau propriétaire (Allen-Bradley) Data Highway Plus (DH+) comme le montre la figure D.2. Les aspects techniques du réseau DH+ sont donnés en annexe 5.

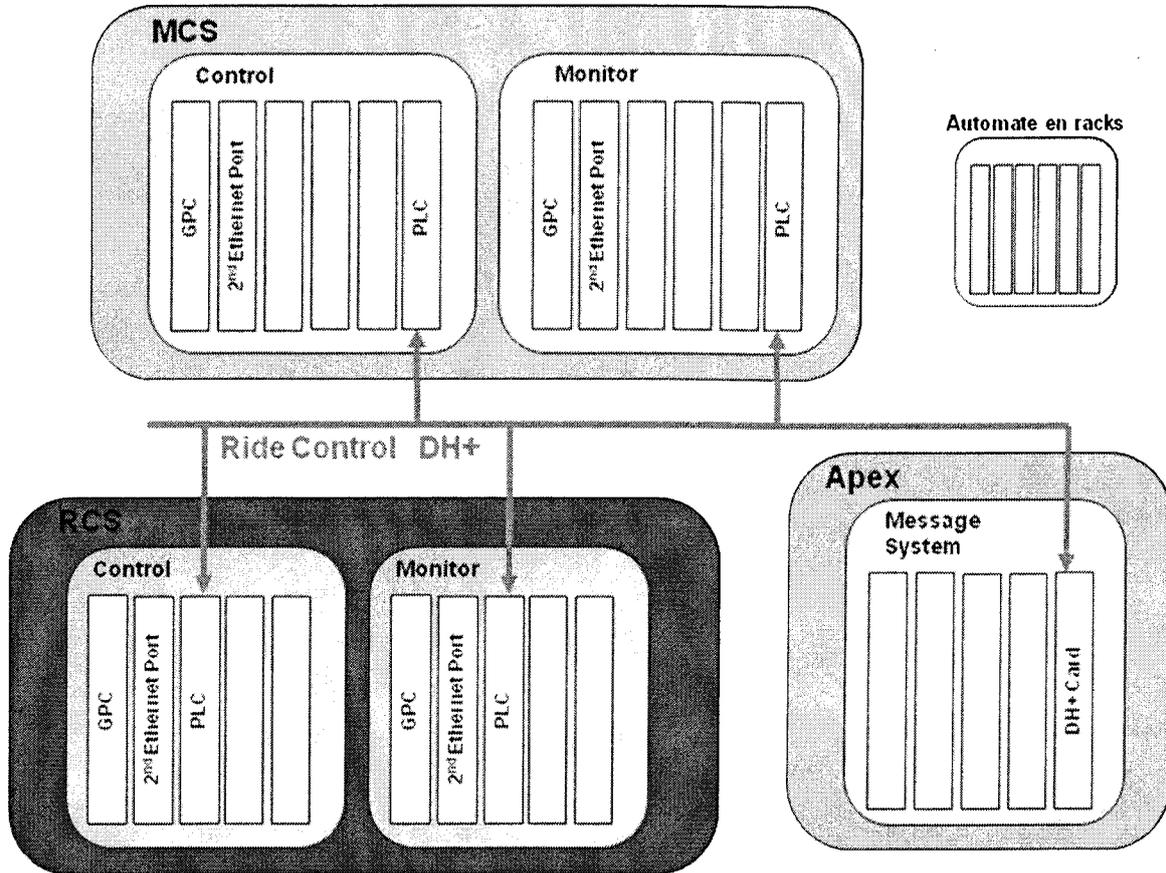


Figure D.2 : Organisation du réseau DH+

Le réseau Data Highway Plus (DH+) est basé sur une topologie dite « Token Ring ».

QD.1 Expliquer à l'aide d'un schéma le principe de fonctionnement de ce type de réseau.

QD.2 Préciser si ce réseau est déterministe ou probabiliste.

QD.3 Préciser si ce réseau est un réseau « d'égal à égal » ou « maître esclave » en expliquant chacun de ces termes.

QD.4 Citer trois autres topologies de réseaux existantes.

Supposons que les stations connectées au réseau n'ont pas de message à transmettre.

QD.5 Indiquer si un trafic réseau est décelable et si oui donner sa nature.

D.2. Réseaux Ethernet/TCP-IP

Le tableau D.1 est un extrait d'un document constructeur qui récapitule les adresses IP utilisées pour les réseaux Ethernet/TCP-IP sur l'attraction. Le paramètre « y » peut prendre les valeurs 1, 2 ou 3 car l'attraction a été dupliquée en trois exemplaires correspondant aux trois systèmes de descente.

		Réseaux		
		Ride Control	Messages/ Diagnostics	Clients Messagerie
MCS GPC	Contrôleur	192.168.y2.100	192.168.y7.10	
	Moniteur	192.168.y2.150	192.168.y7.15	
RCS GPC	Contrôleur	192.168.y2.200	192.168.y7.20	
	Moniteur	192.168.y2.250	192.168.y7.25	
Ordinateurs de Diagnostic (salle des machines)			192.168.y7.100	
Ordinateurs de Diagnostic (EER)			192.168.y7.105	
Ordinateurs de Programmation (EER)			192.168.y7.101 192.168.y7.150	
Système APEX	Hub		192.168.y7.200	192.168.70.10y
	Tour			192.168.70.11y
	Salle des machines			192.168.70.13y
Ordinateurs du Show			192.168.y7.224	

Tableau D.1 : Adresses IP utilisées

QD.6 Donner la classe des réseaux utilisés, leur nature (publique ou privée) et leur masque de réseau associé.

QD.7 Préciser l'utilité du masque de réseau.

QD.8 Dénombrer les réseaux utilisés dans le tableau D.1 en donnant pour chacun son numéro.

QD.9 Indiquer, dans un tableau de synthèse, le nombre d'hôtes pour chacun des réseaux identifiés.

QD.10 En supposant que le masque utilisé est celui du réseau de la classe, donner le nombre d'hôtes réseau possible pour chacun des réseaux.

QD.11 Donner une critique basée sur le taux d'emploi des adresses IP utilisées pour chacun des réseaux.

QD.12 Proposer une solution précise pour améliorer ce taux d'emploi.

Les différents hôtes de chacun des réseaux sont connectés en utilisant un concentrateur. Sur ce dernier, le voyant « collision » s'allume trop souvent au gré de l'ingénieur réseau.

QD.13 Indiquer à quoi fait référence ce voyant collision et les raisons éventuelles de ces collisions.

L'ingénieur réseau propose de remplacer ces concentrateurs par des commutateurs afin de bénéficier d'une communication « full duplex ».

QD.14 Expliquer pourquoi ce mode de communication « full duplex » n'est pas utilisable avec un concentrateur.

L'ingénieur réseau s'inquiète des temps de latence introduits par ces commutateurs.

QD.15 Préciser la provenance de ces temps de latence.

L'ingénieur réseau souhaite faire communiquer les hôtes du réseau « Messages/Diagnostics » du système de descente n°1 avec ceux du réseau « Client Messagerie »

QD.16 Proposer une solution pour assurer cette communication.

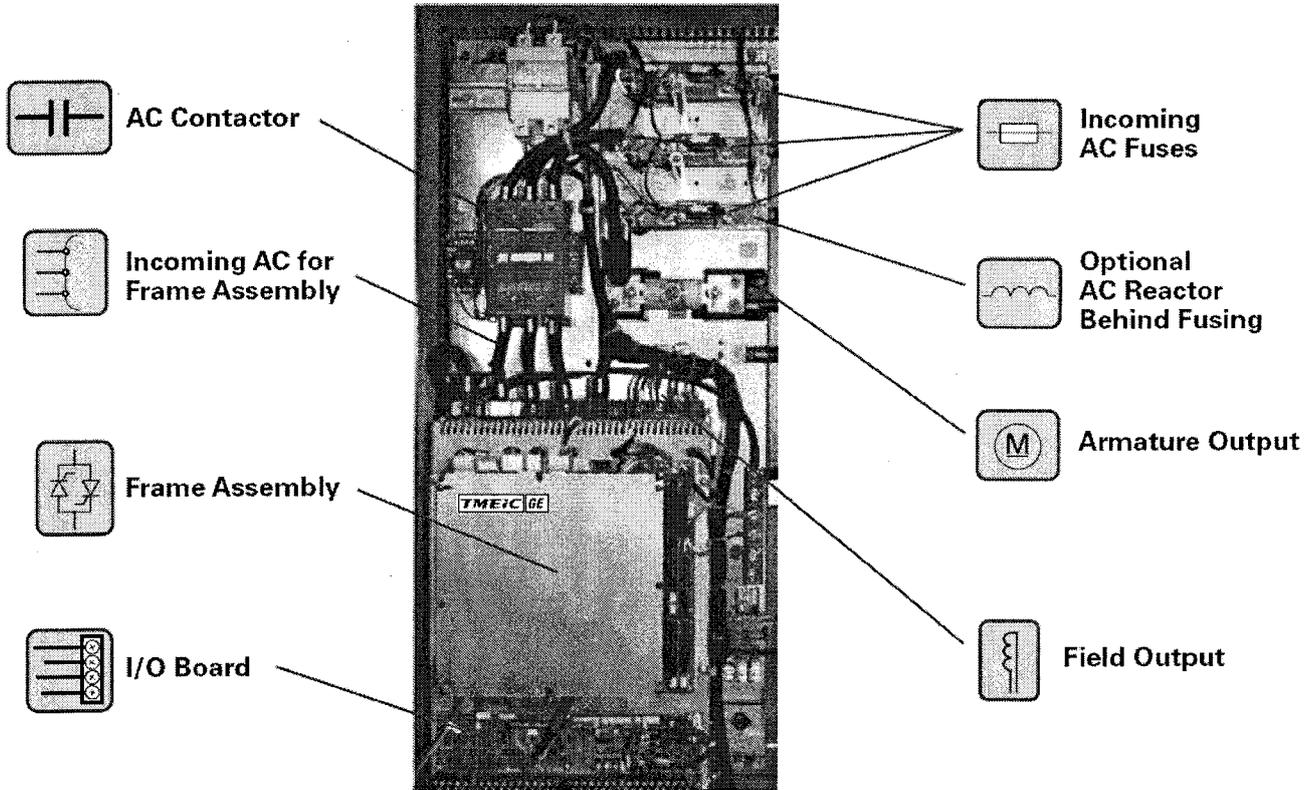
Pour assurer une télémaintenance, le « Hub Apex » doit être accessible de l'extérieur de l'entreprise soit par à un navigateur Web (pour webmail) soit par un client de messagerie (outlook, thunderbird...).

QD.17 Indiquer, en justifiant votre réponse, si la solution retenue dans la question précédente est suffisante.

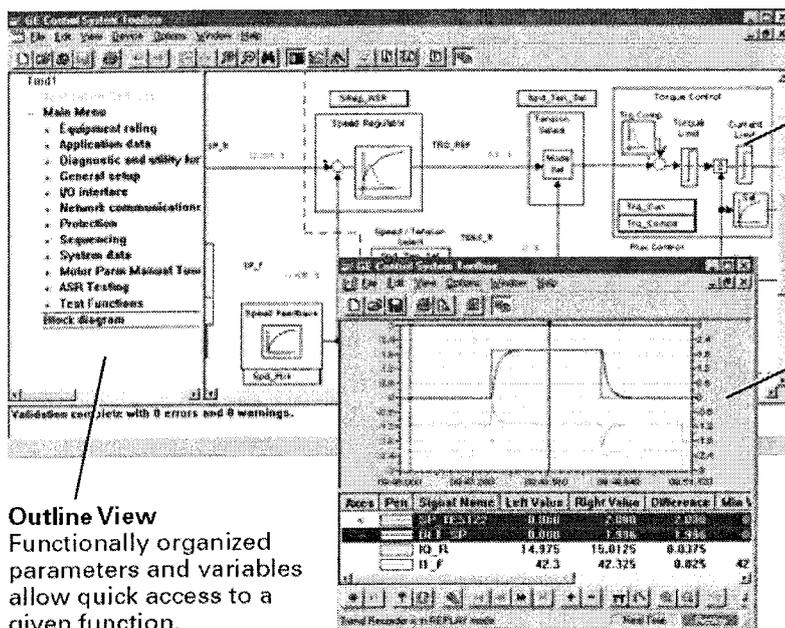
QD.18 Proposer une solution qui évite toute modification sur les clients internet de consultation.

Annexe 1 (page 1/2)

Extrait de documentation TMdrive DC



Toolbox for Configuration & Monitoring



Outline View
Functionally organized parameters and variables allow quick access to a given function.

Block Diagram
Provides an animated graphical display of drive sequencing and regulation functions. Animated variables are shown in green. Buttons are used to navigate to associated functions.

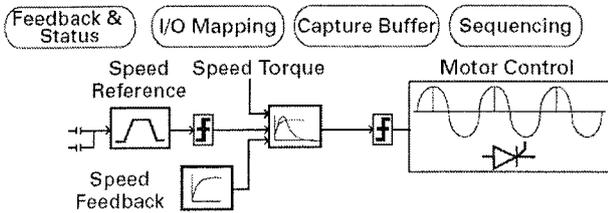
Trend Window
Integrated trend window featuring:

- Real-time trending of drive variables with drag-and-drop configuration.
- Configurable capture buffer based trending for process analysis.
- Trace back buffer based trending for after the fact analysis of drive faults.
- Fast Fourier Transform plots for frequency-based analysis.



A Common Control To Reduce Cost of Ownership

Control Functions



LAN Interface Options

ISBus

- Supports both run-time control (10 words in and 10 words out) and Toolbox configuration/monitoring using the Innovation Series controller as a gateway between the ISBus and Ethernet
- RS-485 or optional fiber-optic bus in a synchronous ring configuration
- 5 Mbps master/follower (drive is the follower) protocol using copper or fiber; bus scan time based on the number of nodes:

Quantity of Nodes	Bus Scan Time
2-4	1 ms
17-32	8 ms

TOSLINE-S20

- Supports run-time control (6 words in and 10 words out) from an Innovation Series controller or V Series controller
- Drives can directly exchange data between themselves (4 words)
- Fiber-optic bus in a star configuration
- 2 Mbps peer-to-peer protocol; bus scan time based on the number of nodes:

Quantity of Nodes	Bus Scan Time
2-3	1 ms
9-64	25 ms

Profibus-DP™

- Supports run-time control (6 words in and 10 out) from a Profibus-DP master controller
- Copper bus in a daisy-chain configuration
- 9.6 kbps to 12 Mbps master/follower protocol; bus scan time based on the number of nodes

DeviceNet™

- Supports run-time control (4 words in and 10 words out) from a DeviceNet master controller
- Copper bus in a daisy-chain configuration
- 125 kbps to 500 kbps master/follower protocol; bus scan time based on the number of nodes

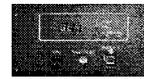
Ethernet Global Data (EGD)

- Supports run-time control (10 Words in/out)
- RJ-45 Ethernet interface
- Update rates up to 20 ms using standard 10 Mbps hardware or rates up to 2 ms with optional 100 Mbps card
- Drives can exchange data directly
- Supports peer to peer operation (No master needed)
- No limit to maximum number of nodes

Note: 1 word = 16 bits

Instrumentation Interface

Standard Display



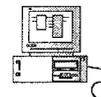
- The digital display alternates between speed, current, and fault code in the event of an error
- RJ-45 Ethernet port for local/remote toolbox connection
- Ready, Run, and Alarm/Fault LEDs
- Interlock button disables drive

Optional Graphic Keypad



- Four configurable variable bar graphs with descriptive legends
- Status icons reflecting health of drive at a glance
- Dedicated drive control keys for manual operation of the drive
- Full access to all parameters and variables

Configuration



- RJ-45 Ethernet interface
- 10 Mbps maximum
- Drive Navigator option of TOSLINE-S20 to Ethernet connection using V-Series controller as gateway
- Toolbox option of ISBus to Ethernet using Innovation Series controller as gateway

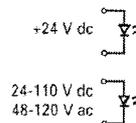
Meter Outputs



- Motor current A and B, ± 10 V
- Quantity 5 configurable, ± 10 V, 8-bit resolution

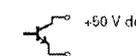
I/O Interface

Digital Inputs



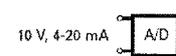
- Opto-coupled 20 mA
- Quantity 6 configurable mapping
- Opto-coupled 10 mA
- Quantity 1 configurable mapping
- Quantity 1 dedicated mapping

Digital Outputs



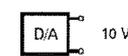
- Open collector 70 mA
- Quantity 6 user defined

Analog Inputs



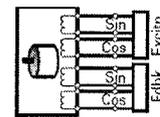
- Quantity 2 ± 10 V or 4-20 mA
- Differential 8 k Ω input impedance
- 12-bit resolution
- Optional Quantity 2 ± 10 V
- 12 bit resolution

Analog Outputs



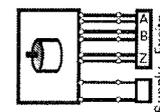
- Quantity 3 ± 10 V, 10 mA max
- User defined
- 8-bit resolution

(Optional) Speed Feedback Resolver Input



- Excitation frequency of 1 or 4 kHz
- Source for resolvers is Tamagawa: www.tamagawa-seiki.co.jp

Speed Feedback Encoder Input



- A quad B with marker
- Maximum frequency of 100 kHz
- Differential 5 or 15 V dc
- 5 or 15 V dc at 200 mA supply

Speed Tach Follower Output

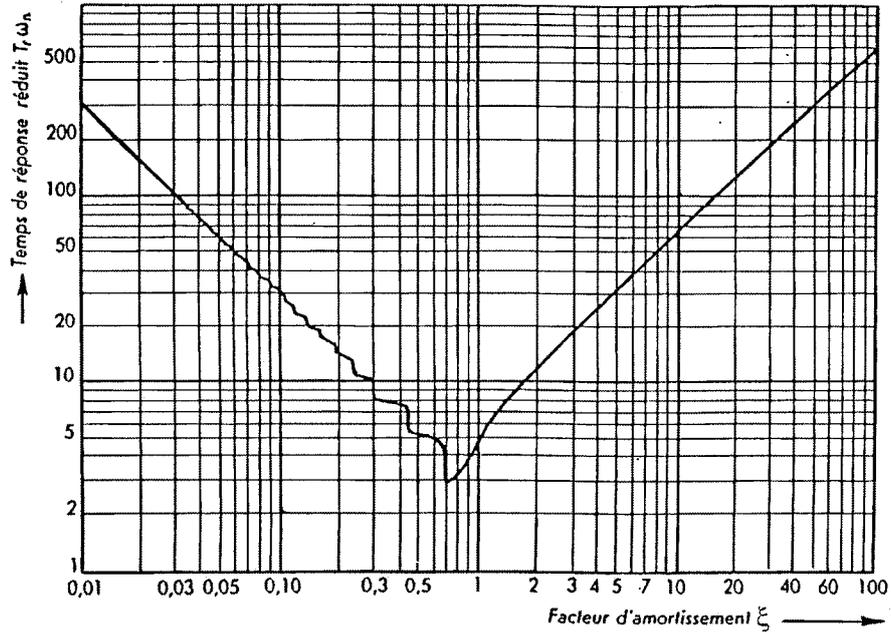


- Maximum frequency of 10 kHz
- External 15-24 V dc at 100 mA max

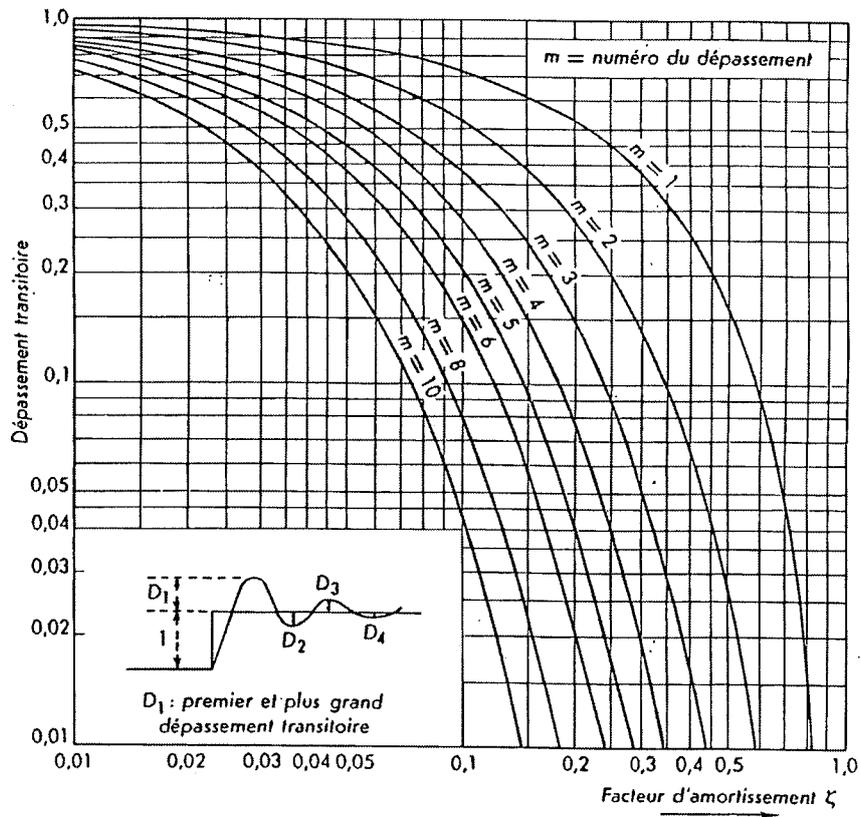
Annexe 2

Caractéristiques d'un système du second ordre

- Abaque des temps de réponse réduits



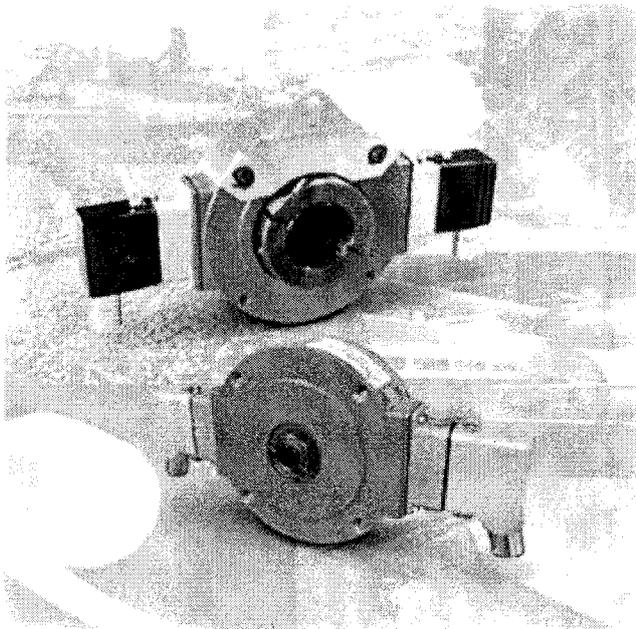
- Abaque des dépassements transitoires



Annexe 3
Extrait de documentation du tachymètre

Avtron M3 Hollow Shaft

Optical Hollow Shaft Mount Encoder, 5/8" to 2 3/8"



MORE M3 ADVANTAGES

- Highly resistant to electrical and magnetic motor and brake noise
- Auxiliary channel offers separate low frequency outputs (1/4) at no extra charge on each output
- Marker Pulse Standard
- Electrically isolated shafts available
- Optional stub shaft kits for GE motors, 180-6000 Frame
- Available C-Face tether kits (4.5" to 16")
- Available threaded rod torque arm
- Optional OSHA finger guard

M3 SPECIFICATIONS

Operating Power: 5-24 VDC; Current 120mA, no load
Output Format: A, \bar{A} , B, \bar{B} , C, \bar{C} ; Marker Z, \bar{Z}
Frequency Range: 0 to 150 KHz
PPR: 240-2500
Speed: 5000 RPM Max. Std., shafts 5/8" to 1 5/8"
 3600 RPM Max. Std., shafts 2" to 2 3/8"
 (for higher speeds, consult factory)
Temperature: -40° to 85°C (-20° standard)
Chemical: Polyurethane enamel paint protects against salt spray, mild acids, and bases
Weight: 7 lbs.

All M3s utilize a photoelectric sensing system. All M3s can be equipped with one or two outputs. Each output is electrically independent and totally isolated. For many applications this feature provides a running spare output by simply interchanging the output connectors.

These outputs are available as single phase, two-phase (A, B) 90° apart for direction sensing; with complements (\bar{A} , \bar{B}) and with marker pulse (Z, \bar{Z}). Output resolution is determined by the PPR (pulses per revolution). Additionally, an auxiliary output is available (C, \bar{C}) at 1/4 the base PPR for instrumentation.

SELECTION GUIDE

Model	Bore Options	Mounting Style	Line Driver	Output Location	Base PPR	Connector	Modifications*		
M3-	0- Non-Standard 3- 5/8" 6- 2" A- 3/4" 7- 2 3/8" 4- 1" B- 12mm 5- 1 1/8" C- 16mm 8- 1 1/2" D- 52mm 9- 1 5/8" E- 58mm	S- End of Shaft T- Thru Shaft G- End of Shaft with Grounding	1- 5 to 24 VDC 2- 5 to 18 VDC 3- 18 to 24 VDC 4- 5 to 24 V in, 5 V out	L- Single output left side R- Single output right side D- Dual output	240 600 256 1024 360 1200 480 2048 500 2500 512		000- None 003- Torque Arm Mount 005- -40° C Rating 007- Fan Cover Mount 008- 4.5" C-Face Mount 009- Northstar Pinout 015- Stainless Steel Shaft 016- 8.5" C-Face Mount 023- Dynapar Pinout (MS) 028- 12.5" C-Face Mount 035- Insulated Shaft * See instruction sheet for full list.		
Connector									
10 Pin Connector				6 Pin MS		5 Pin MS		Conduit Box	3 ft. Flex. Cable
MS		MS mini		EPIC		M940 replacement D- with Plug ^b		M737A replacement E- without Plug ^b F- with Plug ^b M727A replacement H- without Plug ^b J- with Plug ^b	
A- without Plug ^b B- with Flex. Conduit Adapter ^b C- with Plug ^b	K- with Flex. Conduit Adapter ^b L- with Plug ^b M- without Plug ^b		S- Baldor on 3 ft. Pigtail		P- with Plug V- without Plug		N- with color coded leads T- with Terminal Block		W- Sealed, Pigtail X- Sealed, Industrial Connector without Plug Z- Sealed, Industrial Connector with Plug

^s side exit ^b bottom exit

All dimensions are in inches (millimeters).



8901 E. PLEASANT VALLEY RD., INDEPENDENCE, OH 44131, U.S.A. • (F) 216-642-1230 • FAX (F) 216-642-6037 • www.avtronencoders.com

Annexe 4

Normes RS-232, RS-423, RS-422 et RS-485

D'après Acquisition de données, du capteur à l'ordinateur, Georges Asch, Dunod.

Paramètre	RS 232	RS 423	RS 422	RS 485
Mode de fonctionnement	Asymétrique	Asymétrique	Symétrique	Symétrique
Nombre d'émetteurs et de récepteurs	1 émetteur 1 récepteur	1 émetteur 10 récepteurs	1 émetteur 10 récepteurs	32 émetteurs 32 récepteurs
Longueur maximum du câble (m)	$C_t < 2\,500 \text{ pF}$	1 200	1 200	1 200
Débit maximal (bps)	20 k	100 k	10 M	10 M
Tension maximum en mode commun (V)	± 3	± 3	± 7	12 à -7
Niveaux de sortie de l'émetteur	min	± 5	$\pm 3,6$	$\pm 1,5$
	max	± 15	± 6	± 5
Seuils du récepteur	$\pm 3 \text{ V}$	$\pm 200 \text{ mV}$	$\pm 200 \text{ mV}$	$\pm 200 \text{ mV}$

Tableau 1 : Normes de transmission

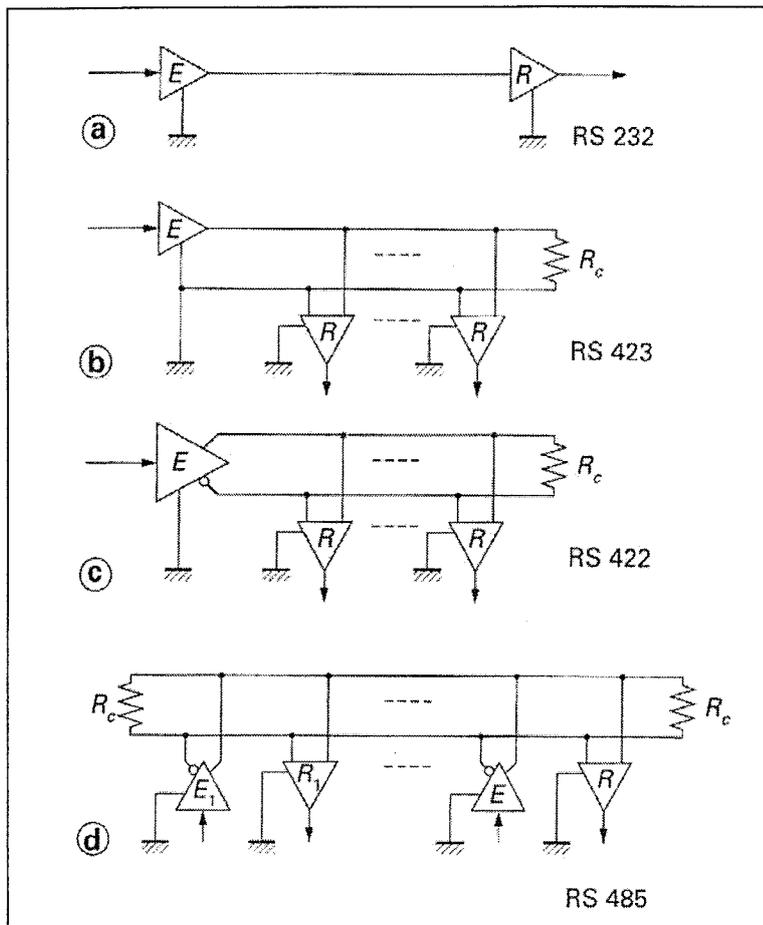


Figure 1 : Configuration des liaisons correspondant aux diverses normes

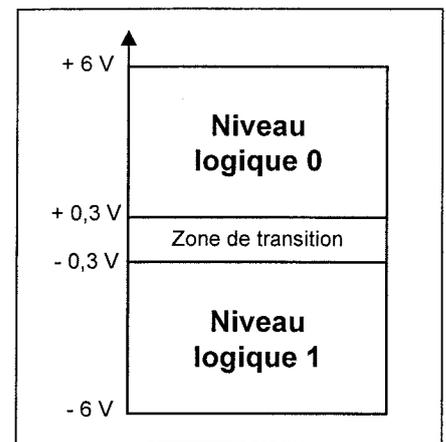


Figure 2 : Niveaux de tension de la norme V11

Annexe 5



Technical Aspects of Data Highway Plus

Media Access Method / Protocol

Token Passing

- Proprietary Allen-Bradley token passing Protocol
- The node that has the right to transmit is said to have the Token.
- The node that has the token may send one or more messages, or pass the token on to the next node.
- A node should not hold the token for longer than 38 ms (many short messages, few long messages)
- In some situations AB PLCs may hold the token for as long as 100 ms.
- The token is always passed up to the next active node.
- The node numbers on a Data Highway Plus network range from 0-77 octal (0-63 decimal).
- A proprietary solicitation scheme is used to allow new nodes to join the network.

Messages

- When a node sends a message, the receiving node must send either an acknowledge (ACK) or a negative acknowledge (NAK).
- If the receiving node sends a NAK, the message is given an error status of 01h (destination could not buffer command). NAK'ed messages are not retried.
- If the sending node receives a packet that it does not recognize as an ACK or NAK, it retries the message. If the incorrect response persists after three tries, the message is given an error status of 03h (contention or duplicate node).
- If the node sending the message does not get an ACK or a NAK within a specified time, it retries the message.
- A message is retried up to two times (three tries in total).
- If no response is received after all retries are exhausted, the message is given an error status of 02h (destination did not respond).
- After a node has sent as many messages as it can, it must pass the token on to the next node.
- If an attempt is made to send a message while a node is not passing the token (it's the only node on the network), the message is given an error status of 04h (local port disconnected).

W Woodhead Connectivity

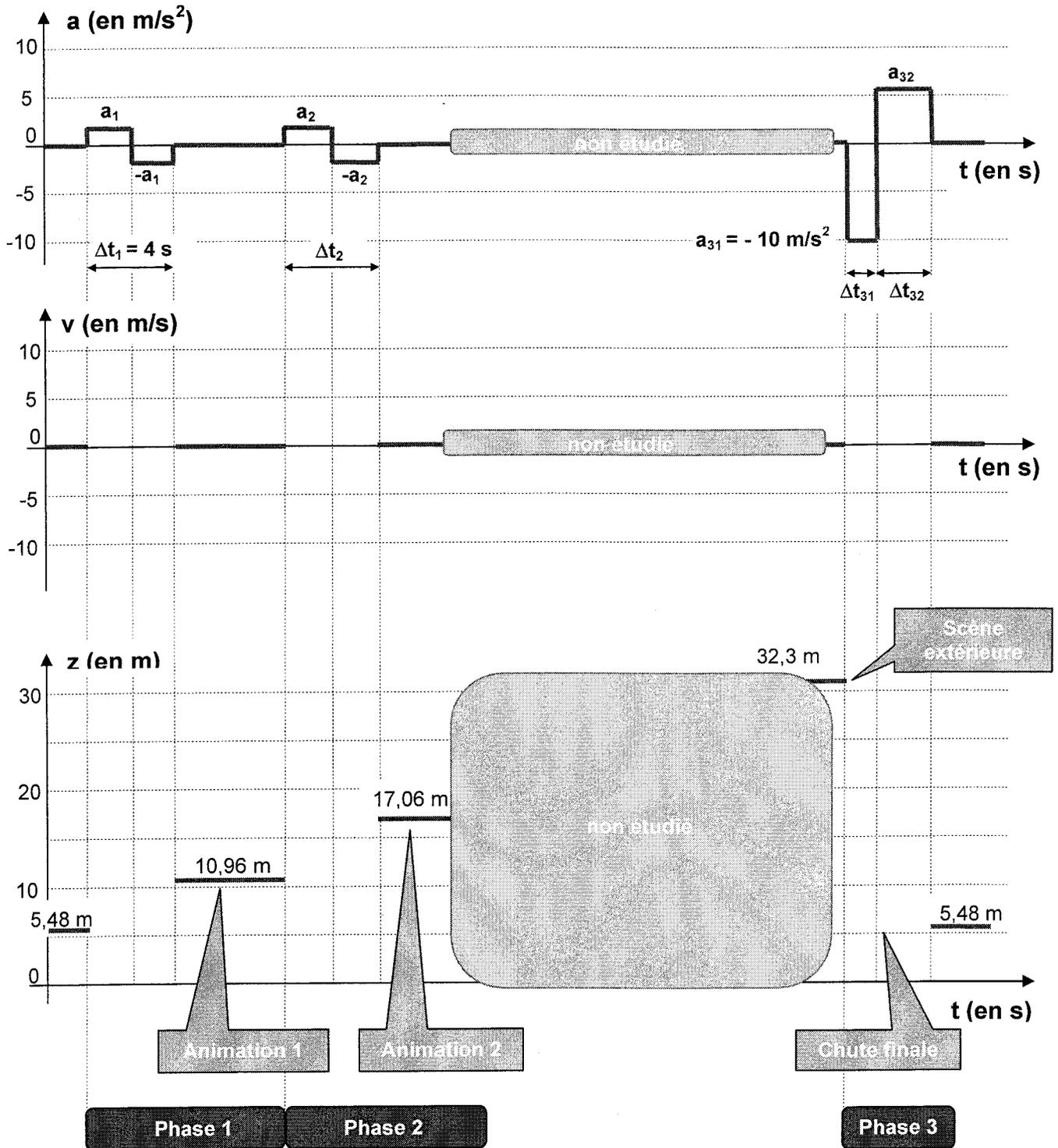
SST • Brad Harrison • mPm

THE GLOBAL LEADER IN INDUSTRIAL COMMUNICATIONS AND CONNECTIVITY

Document réponse DRA.1

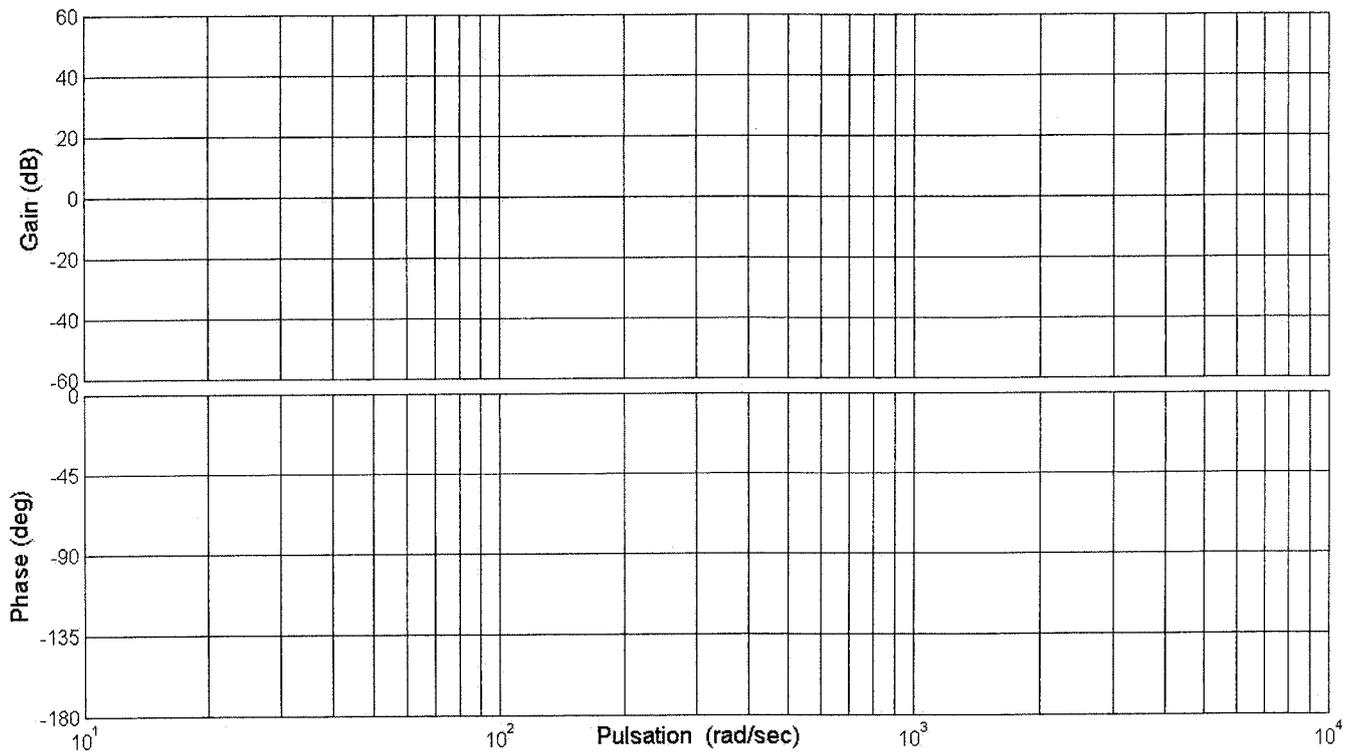
Profils simplifiés d'accélération, vitesse et position de la cabine lors d'un cycle

Questions QA.2, QA.3 et QA.4



Document réponse DRB.1

Diagramme de Bode de $H_{Boi2}(p)$
Correction par la méthode de l'optimum symétrique
Question QB.21

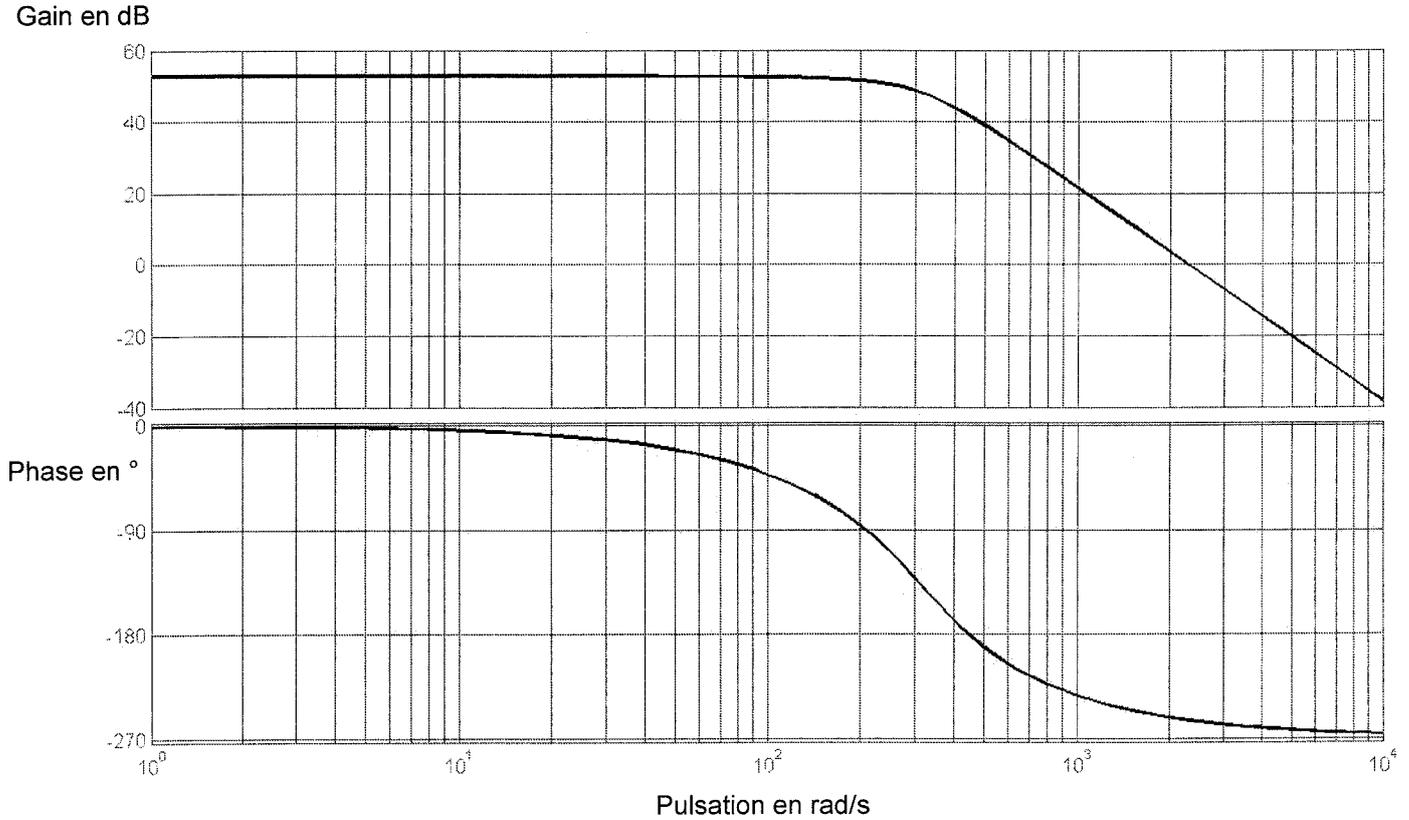


Document réponse DRB.2

Diagramme de Bode de $H_{BFI(p)}$

Correction par la méthode de l'optimum symétrique avec filtre de référence

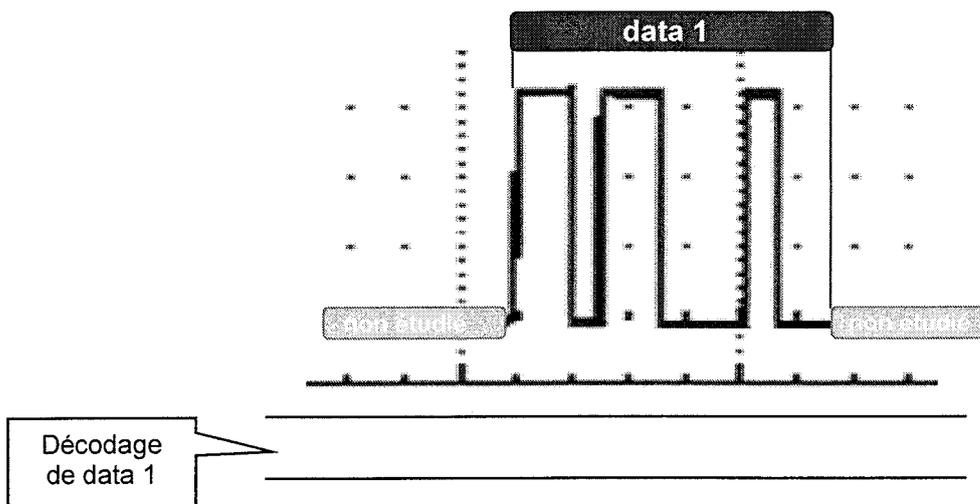
Questions QB.26 et QB.27



Document réponse DRC.1

Extrait de la trame émise par le TPPI (envoi d'un octet)

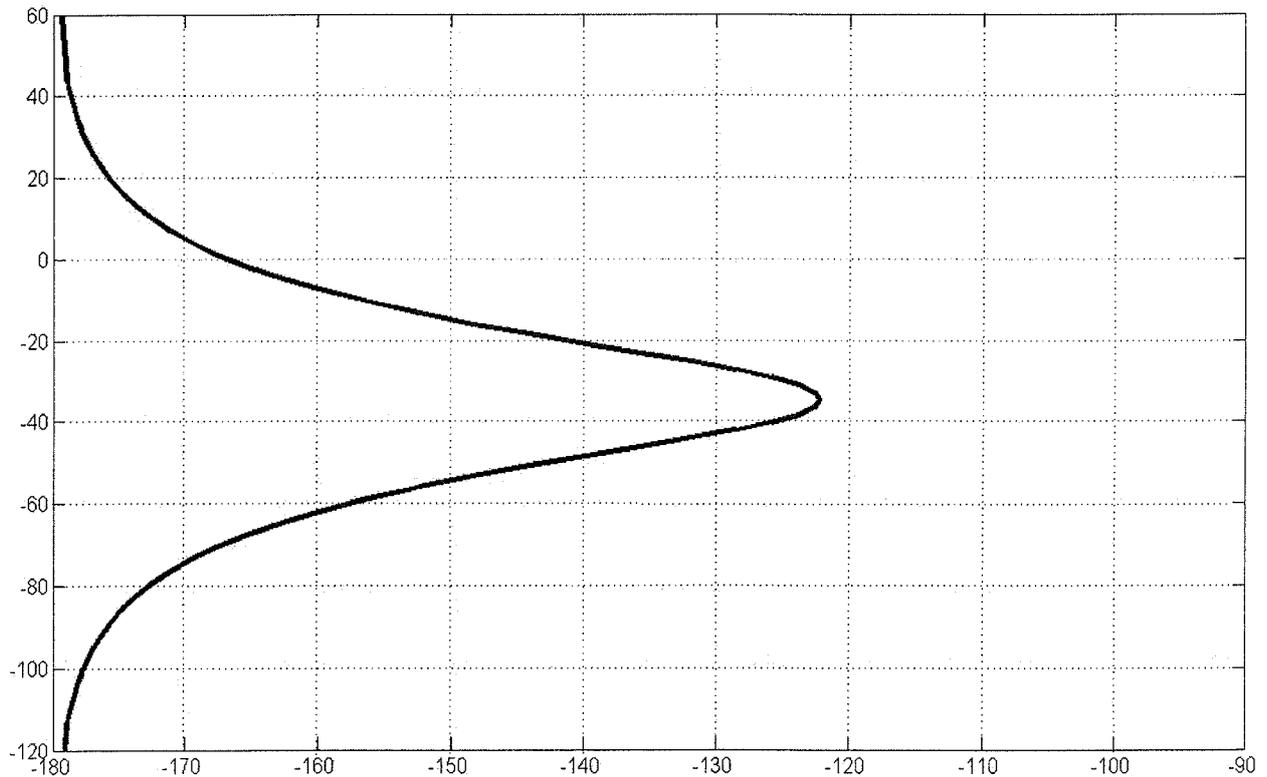
Question QC.16



Valeur binaire de l'octet :

Valeur hexadécimale de l'octet :

Document réponse DRC.2
Diagramme de Black de H_{BOV2} pour $k_3 = 1$
Questions QC.23 et QC.24



Document réponse DRC.3
Réponse à un échelon unitaire de la boucle de vitesse corrigée
Question QC.25

