Concours e3a-Polytech, France

Session 2018, filière MP

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 3 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I.1 : efforts de l'amarre sur le sabot
- Partie I.2 et I.3 : dynamique du bras télescopique et motorisation
- Partie I.4 et II : chaîne de mesure et performances du système
- Partie III.1 : mesure de la position du sabot par stéréovision
- Partie III.2 : influence de la stéréovision sur les performances

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/e3a/mp/2018/si

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

CONCOURS ARTS ET MÉTIERS ParisTech - ESTP - POLYTECH

Épreuve de Sciences Industrielles MP

Durée 3 h

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'usage de calculatrices est autorisé.

Composition du sujet :

- 1 cahier de 16 pages de texte numérotées de **1 à 16**.
- 5 pages d'annexes numérotées de **17 à 21**.

AVERTISSEMENT

Le candidat devra porter l'ensemble de ses réponses sur le cahier réponses, à l'exclusion de toute autre copie. Les résultats doivent être reportés dans les cadres prévus à cet effet.

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction, la clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans **l'appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

Tournez la page S.V.P.

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Système automatisé d'amarrage : *S.M.A.R.T.*

PRESENTATION DU SYSTEME

L'amarrage consiste à positionner un navire et à l'arrimer à un quai. Cette opération est primordiale pour assurer la sécurité du matériel lors des phases de transfert des marchandises et des personnes. Cela consiste à placer manuellement puis tendre des amarres (longs cordages) entre le bateau et les bittes d'amarrage sur les quais.

Afin de réduire le temps de chargement et de déchargement, des méthodes d'automatisation de ce procédé ont été développées.

Les systèmes automatiques actuels sont principalement basés sur des systèmes de succions (ventouses) montées sur une structure articulée permettant d'absorber les mouvements de pompage dus à la houle. Leur capacité de maintien est relativement modeste et requière la mise en place de plusieurs dispositifs en parallèle. L'utilisation prolongée engendre une consommation d'énergie importante induite par les pompes à vide. En cas de houle violente un amarrage classique est nécessaire.

La société NG3, en partenariat avec la société Vidéometric, développe le système ***SMART*** (***S****elf* ***M****ooring* ***A****utomated and* ***R****elease* ***T****echnology*). Ce nouveau système d'amarrage automatique permet de combler les faiblesses des technologies concurrentes.

Contrairement aux systèmes par succion, il présente des capacités de maintien bien plus importantes. Sa plage de fonctionnement est aussi accrue en cas de houle violente.

Les éléments constituants le système sont détaillés sur le schéma de principe (*figure 1 à 4*) ainsi que partiellement dans le diagramme de définition des blocs BDD (*figure 1a en annexe*).

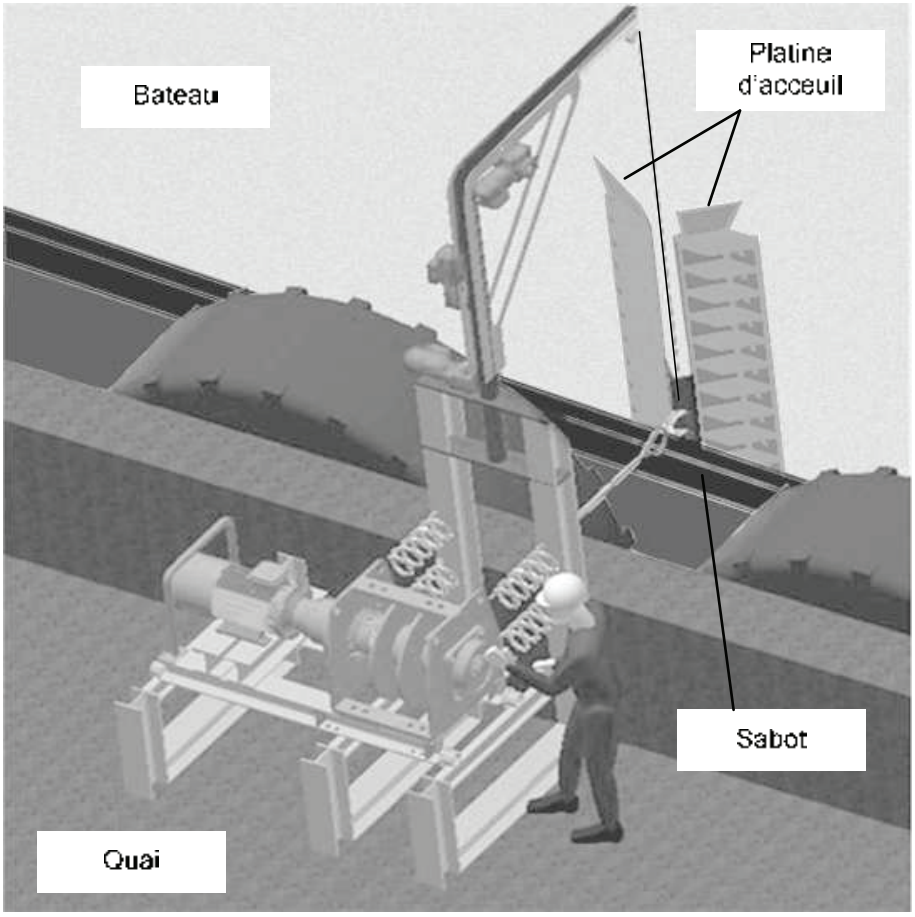


Figure 1 : Représentation 3D du système SMART

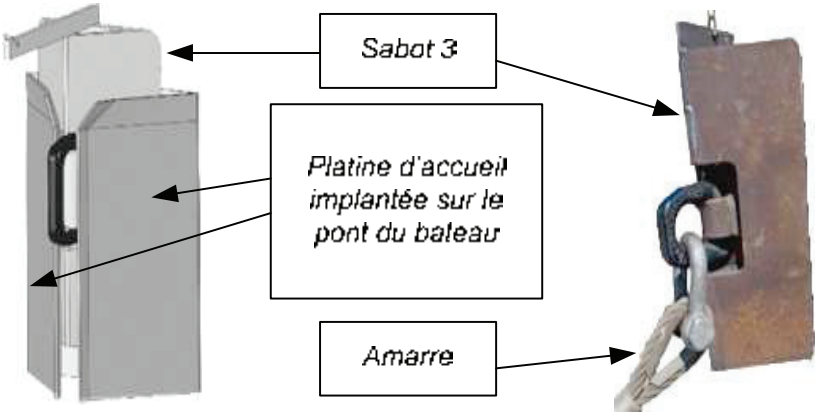


*Figure 2 : Sabot **3** en position dans la platine d'accueil*

*Figure 3 : sabot d'ancrage **3***

Tournez la page S.V.P.

Schéma de principe

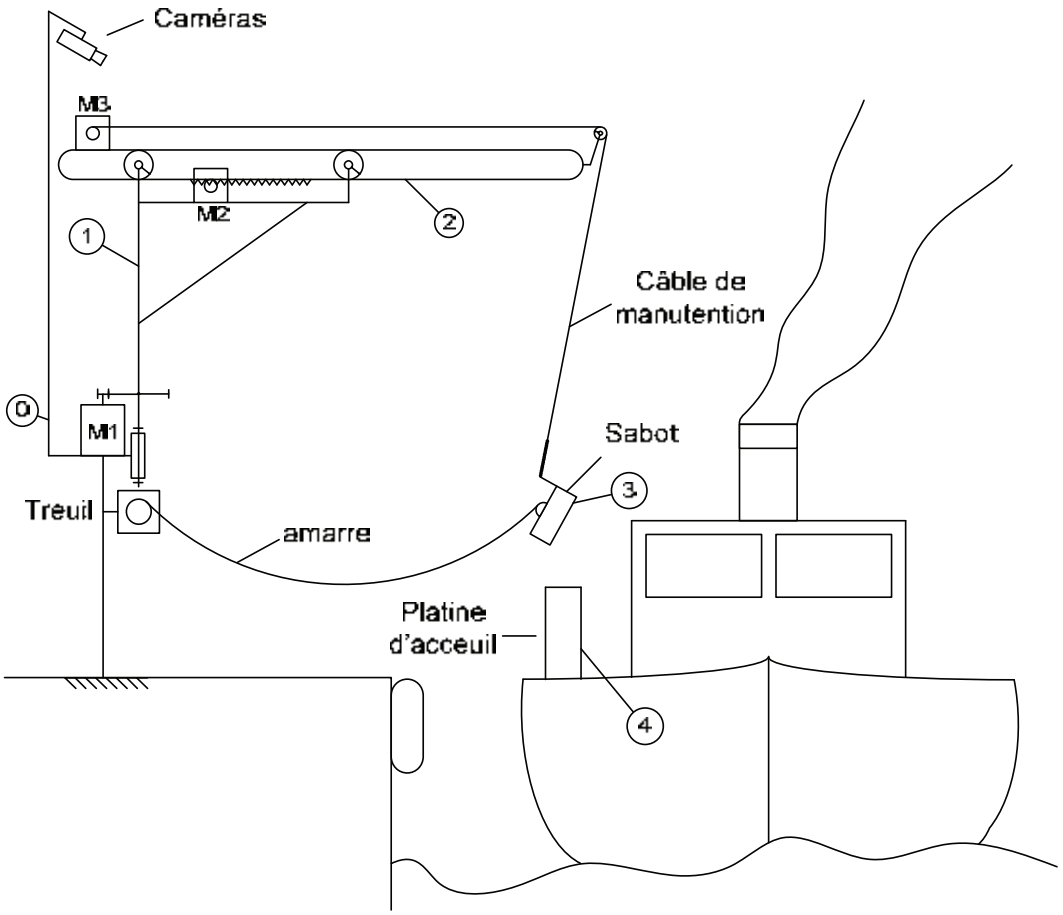


Figure 4 : Schéma de principe de mise en position du sabot

La structure s'articule de la façon suivante : le mât principal **0** est fixé au quai. En partie supérieure, un ensemble de deux caméras permet d'assurer un repérage 3D des objets. Le mât secondaire **1** est en liaison pivot d'axe vertical vis à vis du mât principal **0** et mis en mouvement par l'action du moteur M_1.

Le bras télescopique **2** est en liaison glissière sur le mât secondaire **1**. L'entrainement de ce bras est assuré par un ensemble pignon crémaillère couplé à un motoréducteur (moteur M_2 + Réducteur + Capteur angulaire implanté sur l'axe du moteur).

Sur la partie supérieure de ce bras on retrouve M_3, un treuil permettant de gérer le déroulement du câble de manutention du sabot **3**.

Sur le mât principal **0**, un treuil de forte capacité permet de gérer le déroulement de l'amarre et le rabattage à quai du navire.

Lors de l'approche du bateau, le système vidéo en stéréovision similaire au fonctionnement de nos yeux filme le bateau et le sabot **3** solidaire au bateau. Un ensemble de marques disposé sur la platine d'accueil du sabot **3** est repéré par le système informatique afin de déterminer le mouvement complexe du bateau.

Une fois la trajectoire déterminée, le système choisit une zone d'interception favorable et met en mouvement le dispositif. Compte tenu de l'architecture du système, cette mise en mouvement doit intégrer un ensemble complexe de paramètres tels que le poids de l'amarre (qui engendre un comportement élastique) et le câble de manutention du sabot **3** (qui engendre un effet de balancier).

L'objectif de cette étude est d'effectuer une estimation par simulation numérique des performances de l'asservissement de mise en position du sabot **3**, en vue de valider les exigences.

La partie I est dédiée à la modélisation de la chaîne d'énergie et d'information du système de manœuvre du sabot **3**.

Une première simulation issue de ce modèle de connaissance permettra en partie II, de vérifier si les performances obtenues sont satisfaisantes vis-à-vis des exigences globales.

La partie III met en œuvre et étudie l'influence du système de stéréovision.

Table des matières

PRESENTATION DU SYSTEME 1
PARTIE I.1 Modélisation statique des efforts de l'amarre sur le sabot **3** 5
PARTIE I.2 Modélisation dynamique du bras télescopique **2** 7
PARTIE I.3 Modélisation comportementale de la motorisation M2 8
PARTIE I.4 Modélisation de la chaîne de mesure en position du bras télescopique **2** 9
PARTIE II Vérification des performances du système 10
PARTIE III.1 Mise en œuvre de la mesure en position du sabot **3** par stéréovision 12
PARTIE III.2 Influence sur les performances du système de stéréovision 16
ANNEXES 17
DONNEES TECHNIQUES 21

Tournez la page S.V.P.

*Pour l'ensemble du sujet, on considère une mise en mouvement uniquement de l'ensemble **2**+**3** (La potence **1** reste fixe). Le mécanisme évoluant dans le plan $(O, \overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0})$, le problème sera considéré comme plan.*

PARTIE I.1 Modélisation statique des efforts de l'amarre sur le sabot **3**

L'amarre ne touche jamais le sol, elle est déroulée au fur et à mesure de l'avancement du bras télescopique **2** repéré par la position X_c.

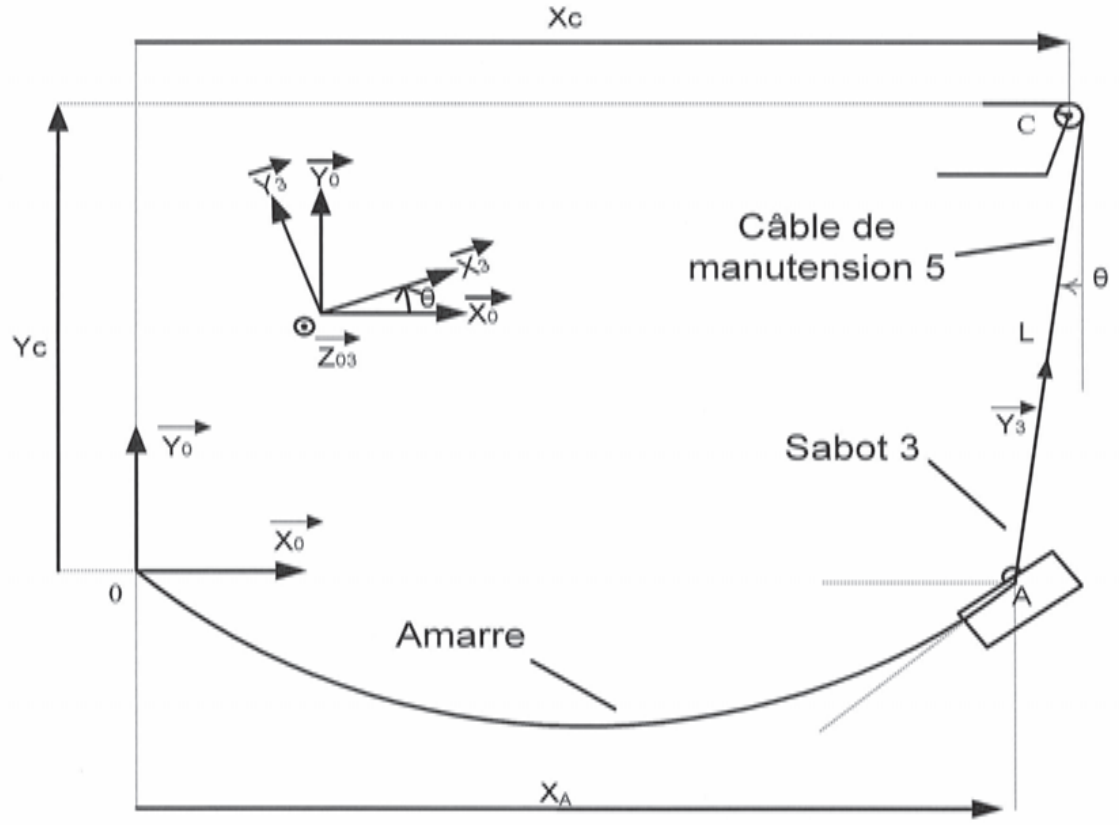


Figure 5 : Schéma paramétré pour étude des efforts de l'amarre

La force exercée par l'amarre sur **3** en A, $\overrightarrow{F_{amarre\to 3}}$ se décompose en deux composantes F_v et F_h (respectivement composante verticale et horizontale soit $\overrightarrow{F_{amarre\to 3}} = -F_h.\overrightarrow{X_0} - F_v.\overrightarrow{Y_0}$). La composante F_v correspond à la moitié du poids de l'amarre en l'air. La composante horizontale F_h dont l'évolution dépend de X_A a été tracée à l'aide de la théorie des chainettes (*figure 3a en annexe*). Pour la suite du sujet on choisit d'assimiler F_h à l'effort d'un ressort d'équation : $F_h = F_0 + K.X_A$

La position d'attente choisie par le concepteur correspond à la position telle que $X_A = 1,9\ m$.

L'étude ultérieure portera sur une mise en déplacement du sabot pour l'amener $20\ cm$ plus loin. Cette mise en déplacement correspond au cas moyen prévu dans le diagramme des exigences.

Question 1) A l'aide du graphique (*figure 3a en annexe*), déterminer les constantes F_0 et K correspondantes à la linéarisation proposée dans la zone d'étude.

On considèrera dans cette étude que le sabot **3** sera assimilé à une masse ponctuelle m_3 appliquée au point d'ancrage « A ». (Voir Données techniques).

A l'équilibre, le câble de manutention du sabot **3** forme un angle θ négatif vis-à-vis de la verticale.

Question 2) Etablir une relation géométrique liant L la longueur [AC] à θ, X_A et X_C. La valeur du rayon de la poulie en C sera négligée.

Dans la suite de cette modélisation, on considèrera l'angle θ comme petit.

Question 3) Proposer une simplification de l'expression précédente en intégrant l'hypothèse des petits angles.

Question 4) Isoler le sabot **3** et effectuer le bilan des actions mécaniques agissant sur le sabot **3** sous forme de torseurs exprimés au point A.

Question 5) En se plaçant à l'équilibre, déterminer la relation donnant l'angle θ en fonction de F_v, F_h et m_3 masse du sabot **3**.

Question 6) A l'aide des relations obtenues aux questions 3 et 5, déterminer la relation liant la position du sabot **3** (X_A) à la position du bras télescopique **2** (X_C), F_v, F_h et m_3.

Grace à cette relation, le logiciel de pilotage du bras peut estimer la position initiale du sabot **3** (X_A) en fonction de la position initiale du bras télescopique **2** (X_C).

Tournez la page S.V.P.

PARTIE I.2 Modélisation dynamique du bras télescopique **2**

Le bras télescopique **2** est entrainé en translation par la chaine de transmission comprenant le moteur M_2 (fournissant le couple moteur C_{m2}), un réducteur (de rapport cinématique $r > 1$) et un pignon de rayon R lié au bras **2** par une crémaillère. $\overrightarrow{F_{x52}} = F_{x52}.\overrightarrow{X_0}$ représente la composante horizontale engendrée par le câble de manutention **5** sur l'ensemble **2**. Le treuil M_3 est à l'arrêt.

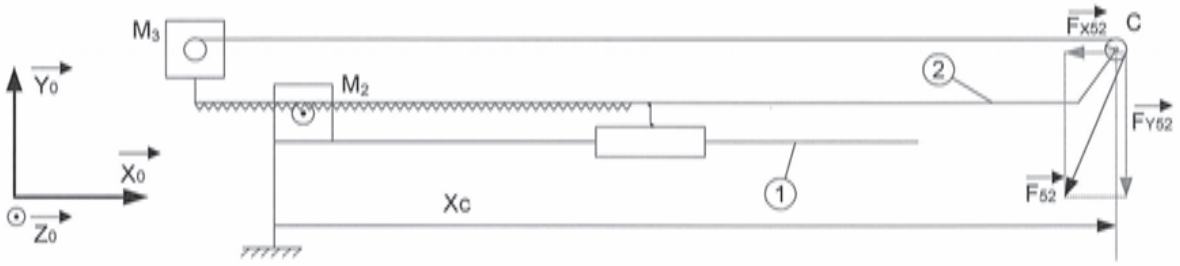


Figure 6 : Schéma simplifié du bras télescopique 2

Question 7) Déterminer la relation liant la vitesse de rotation ω_{m2} du rotor du moteur M_2 à la vitesse $\dot{X}_C = \frac{dX_C}{dt}$. Remarque : $\dot{X}_C > 0$ quand $\omega_{m2} > 0$

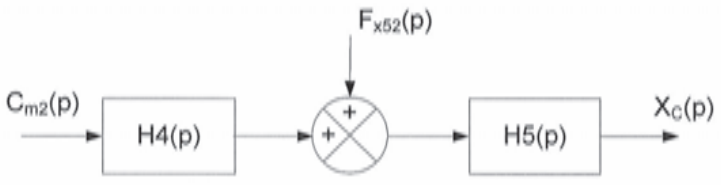
Question 8) Isoler l'ensemble {bras télescopique + axe moteur M_2} et exprimer les puissances extérieures de ce système. La liaison glissière entre **1** et **2** sera considérée parfaite.

Question 9) Exprimer l'énergie cinétique de cet ensemble en utilisant entre autres J_2 le moment d'inertie équivalent au moteur et réducteur ramené à l'arbre du moteur, et m_2 la masse du bras télescopique.

Question 10) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que l'on obtient une expression de la forme : $\left(\frac{J_2}{\alpha^2} + m_2\right).\ddot{X}_C = \frac{C_{m2}}{\alpha} + F_{x52}$, préciser l'expression littérale de α.

Question 11) Exprimer cette relation dans le domaine de Laplace en considérant les conditions initiales nulles.

En utilisant cette équation, on peut modéliser le comportement dynamique du bras télescopique **2** par le schéma bloc suivant :



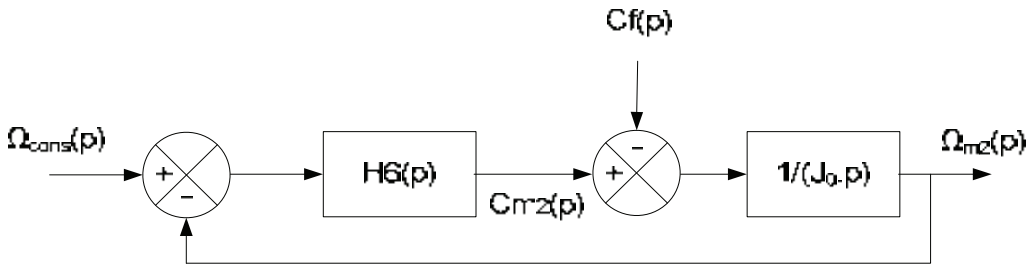
Question 12) En déduire les expressions littérales de H4(p) et H5(p).

PARTIE I.3 Modélisation comportementale de la motorisation M2

La mise en mouvement du bras télescopique **2** est assurée par le moteur asynchrone M_2 piloté en vitesse par un variateur. Cet ensemble a fait l'objet, à partir des données constructeur de la motorisation et du variateur, d'une simulation numérique d'essai à vide en vue d'identifier son modèle. Le résultat de l'évolution de $\mathrm{N}_{m2}(t)$ pour une consigne $\mathrm{N}_{cons}(t)$ échelon de $1500\ tr.min^{-1}$ est donné en annexe (*figure 4a*).

On note le moment d'inertie du rotor moteur seul J_0.

Le schéma bloc suivant décrit le fonctionnement de l'ensemble variateur moteur :



$H6(p) = \frac{K_6}{1+\tau_6.P}$ est retenue pour modéliser le comportement électrique du moteur couplé au variateur.

Dans cette configuration d'essai à vide, le couple résistant $C_f(t)$ peut raisonnablement être négligé.

Question 13) Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée de ce schéma bloc sous forme canonique.

Le résultat de la simulation a une allure semblable à la réponse d'un second ordre amorti que l'on écrira sous la forme : $H_{m2}(p) = \frac{\Omega_{m2}(p)}{\Omega_{cons}(p)} = \frac{K}{(1+\tau_1.p).(1+\tau_2.p)}$.

Question 14) En déduire les expressions littérales de $K_6\ et\ \tau_6$ en fonction de τ_1 , τ_2 et j_0 .

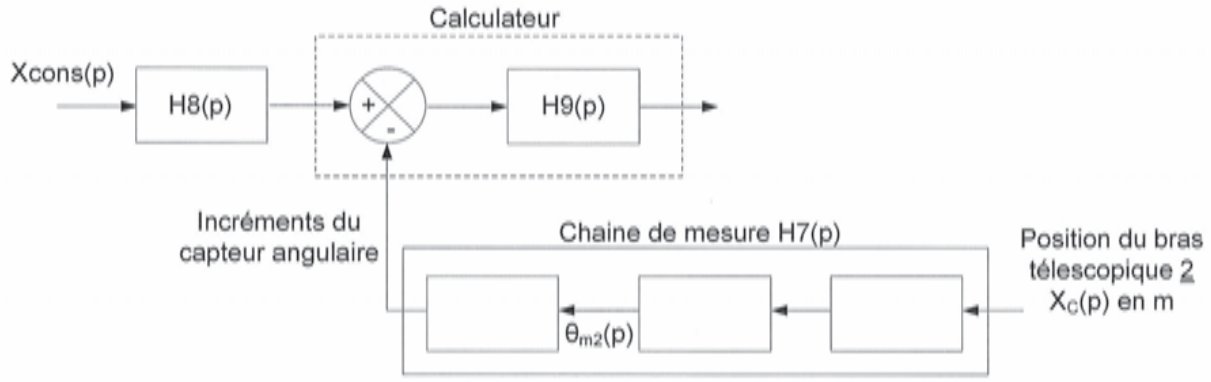
Question 15) Déterminer, par lecture sur la *Figure 4a en annexe*, les valeurs numériques de K, $\tau_1\ et\ \tau_2$.

Question 16) Déterminer numériquement $K_6\ et\ \tau_6$.

PARTIE I.4 Modélisation de la chaîne de mesure en position du bras télescopique 2

La transmittance H7(p) (*Cf. figure 7 défini en partie 2 et le schéma ci-dessous*) correspond à la modélisation de la chaîne de mesure en position du bras télescopique **2**.

Elle est composée d'organes mécaniques et d'un capteur angulaire implanté sur l'axe du moteur M_2. Ce dernier transmet des données numériques sous forme d'incréments au calculateur (voir *données techniques en annexe*).



Question 17) Quels composants mécaniques participent à la mesure de X_C?

Question 18) Déterminer la transmittance du bloc H7(p).

Pour piloter le système, le logiciel envoie un signal de commande X_{cons}(p) (exprimée en mètre) correspondant à la position souhaitée du bras télescopique **2**. La relation entre X_C et X_A est maitrisée d'une part par l'étude faite en partie I.1 et par une étude dynamique du mouvement pendulaire du sabot **3** non traitée dans le sujet.

Le calculateur ne traitant que des données numériques, une transmittance H8(p) permet de coder la consigne en incréments.

Question 19) Proposer une expression de H8(p) permettant au calculateur de comparer des images des positions X_{cons} et X_c compatibles en termes de grandeur.

PARTIE II Vérification des performances du système

Les parties précédentes couplées à une étude dynamique du mouvement pendulaire du sabot **3** conduisent à l'obtention du modèle suivant (*figure 7*).

En vue d'étudier les performances, on cherche la fonction de transfert globale, en fonction des transmittances Hi(p) du schéma bloc de la *figure 7*.

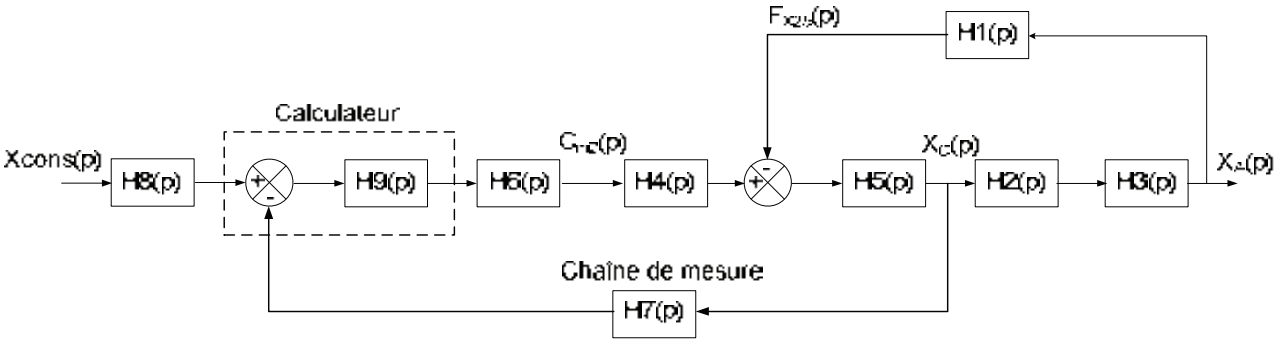


Figure 7 : Schéma bloc du système

Le schéma bloc étant composé de deux boucles imbriquées, on propose ici une étude par étapes pour établir la fonction de transfert globale du système.

La première simplification permet d'obtenir un comportement équivalent avec une boucle de retour unitaire.

La seconde opération de simplification permet de gérer la difficulté des retours entrelacés.

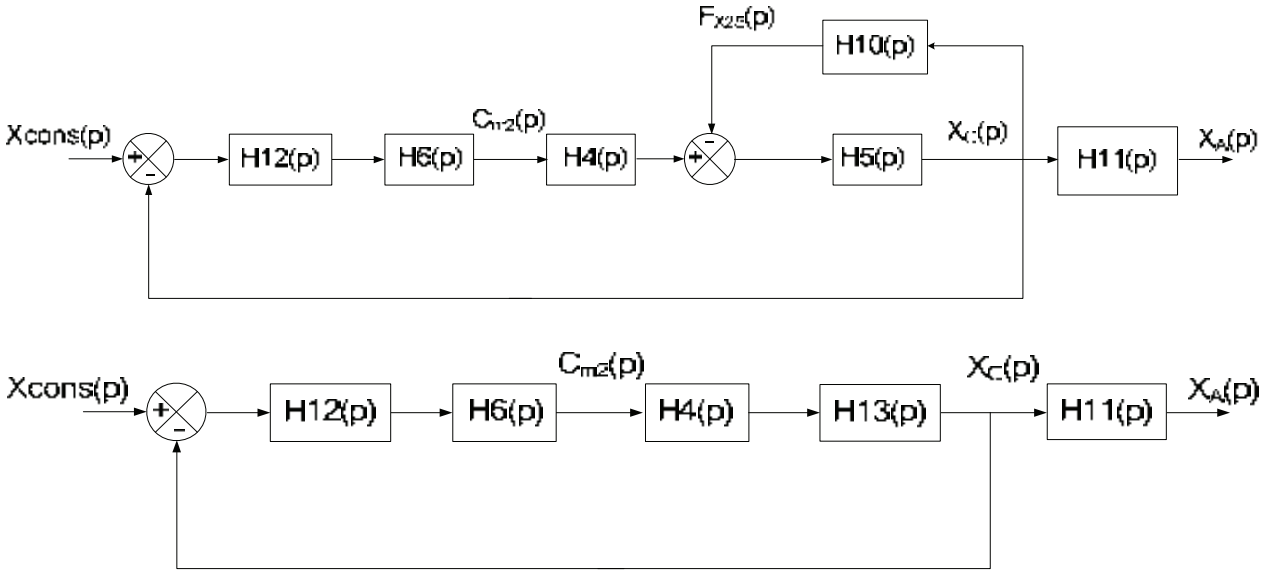


Figure 8 et 9 : Simplifications 1 et 2

Tournez la page S.V.P.

Question 20) Déterminer H10(p) en fonction des $H_i(p)$ définis *figure 7*.
Question 21) Déterminer H11(p) en fonction des $H_i(p)$ définis *figure 7*.
Question 22) Déterminer H12(p) en fonction des $H_i(p)$ définis *figure 7*.
Question 23) Déterminer H13(p) en fonction des $H_i(p)$ définis *figure 8*.
Question 24) En déduire la fonction de transfert globale en fonction des $H_i(p)$ définis en *figure 9*. (Aucun développement des fonctions $H_i(p)$ n'est demandé).

Compte tenu de l'ordre important de cette fonction de transfert, une étude analytique est délicate. La simulation numérique permet cependant de visualiser le comportement fréquentiel de la fonction de transfert en boucle ouverte de l'ensemble (*figure 5a*).

Question 25) Déterminer l'ensemble des marges de gain et de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte (*à partir de la figure 5a*).
Question 26) Conclure sur la stabilité de ce système.
Question 27) Proposer une valeur de correction proportionnelle minimale permettant de vérifier l'exigence « stabilité de la position ».

Une simulation complète correspondant à la stratégie de commande voulue par les concepteurs a été réalisée *(figure 6a)*. Elle correspond à un déplacement en échelon de $\mathbf{20}\ \boldsymbol{cm}$ à partir d'une position d'attente de $\mathbf{1,9\ m}$.

Question 28) A partir des exigences (*figure 2a)*, déterminer les bornes de l'intervalle de position pour lequel on peut considérer que le sabot (**3**) a atteint sa cible.
Question 29) Vis-à-vis du diagramme des exigences (*figure 2a*), quel est le temps de mise en position que ce système doit respecter ?
Question 30) A partir de la *figure 6a* et des questions 28 et 29, déterminer le temps de mise en position du système.
Question 31) Conclure vis-à-vis des exigences.

Les concepteurs décident de mettre en place une boucle de retour supplémentaire permettant l'asservissement de X_A.

La mesure de X_A est assurée par détection de cibles sur le sabot **3** à l'aide du système de stéréovision.

PARTIE III.1 Mise en œuvre de la mesure en position du sabot **3** par stéréovision

Afin de détecter la position du sabot (X_A) mais également de la platine d'accueil, deux caméras sont implantées sur le mât. Elles filment en permanence et un programme informatique traite les images extraites afin de repérer précisément en trois dimensions les cibles implantées sur le sabot **3** et sur la platine d'accueil **4**.

Le schéma ci-dessous illustre la configuration d'une détection de cible de coordonnées (X_A, Z_A) par les deux caméras pour le cas simplifié où la cible et les caméras sont dans le même plan $(0, \overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Z_0})$.

On note n_1, et n_2 les numéros des pixels des caméras 1 et 2 activés par la cible. Et N le nombre total de pixels par ligne sur les caméras.

Dans cet exemple (*figure 10*), la cible active le pixel $n_1 = 400$ sur la caméra 1 et le pixel $n_2 = 350$ sur la caméra 2. On admettra pour la suite que :

$$tan(\theta_1) = -\frac{(n_1 - N/2)}{N/2} \; et \; tan(\theta_2) = -\frac{(n_2 - N/2)}{N/2}$$

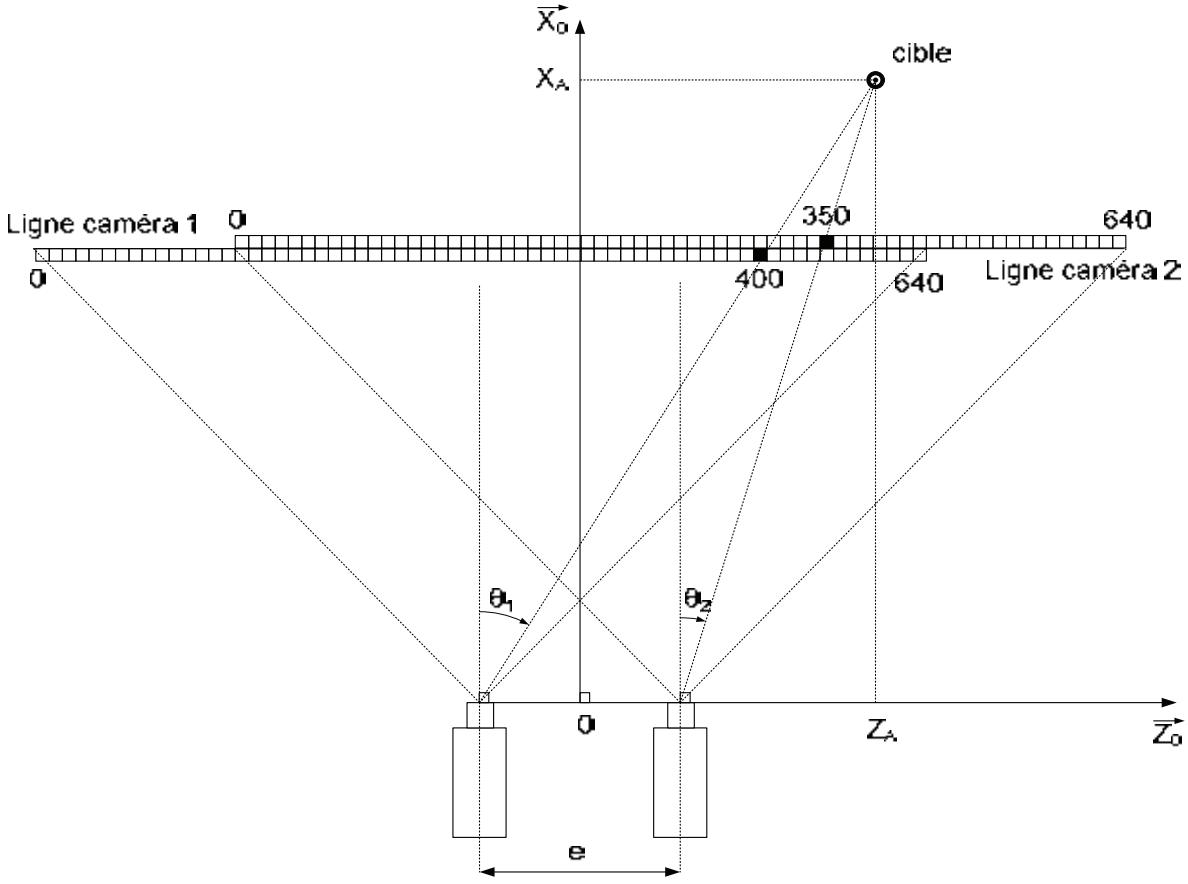


Figure 10 : Principe de fonctionnement du système de stéréovision

Question 32) Exprimer deux relations géométriques permettant de déterminer $tan(\theta_1)$ et $tan(\theta_2)$ en fonction de X_A, Z_A et *e* l'écartement entre les deux caméras situées symétriquement par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{X_0})$.

Question 33) En déduire l'expression littérale de X_A et Z_A en fonction de n_1, n_2 et N.

Question 34) Déterminer numériquement les coordonnées de la cible dans l'exemple proposé en *figure 10*.

La précision du repérage avec cette méthode est insuffisante, surtout pour une analyse du positionnement en trois dimensions. Pour l'améliorer, deux principes sont retenus. Augmentation du nombre de cibles à analyser et recherche affinée de la position de chaque cible.

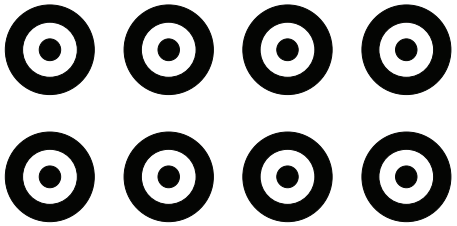


Figure 11 : Réseau de cibles

Une analyse fine de la zone de transition blanc/noir (frontière de la cible) laisse apparaitre un flou (zone dégradée de gris) (*figure 12.3*) provenant des aberrations optiques des lentilles, des défauts de mise au point ou encore des phénomènes de compression vidéo.

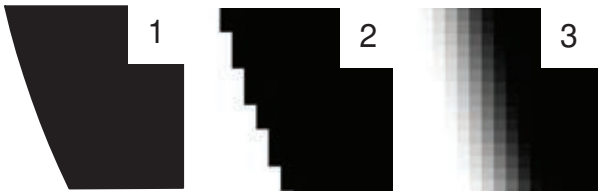


Figure 12 : Zoom sur frontière de cible

Frontière réelle (1) / Frontière filmée sans défaut (2) / Frontière réellement filmée (3)

Dans ce cas, la frontière blanc/noir filmée est définie sur quelques pixels. La présence de la zone de transition grisée ouvre la porte à une analyse de la position n_f de la cible bien plus précise pour chaque caméra.

L'histogramme dans l'illustration ci-dessous, matérialise la zone de transition. Il est construit en calculant le taux de « dilution » du noir dans le blanc en dehors de la cible et la dilution du blanc dans le noir dans la cible. Pour trouver la position précise de n_f ($n_{frontière}$), une simple moyenne pondérée est réalisée sur ce dernier.

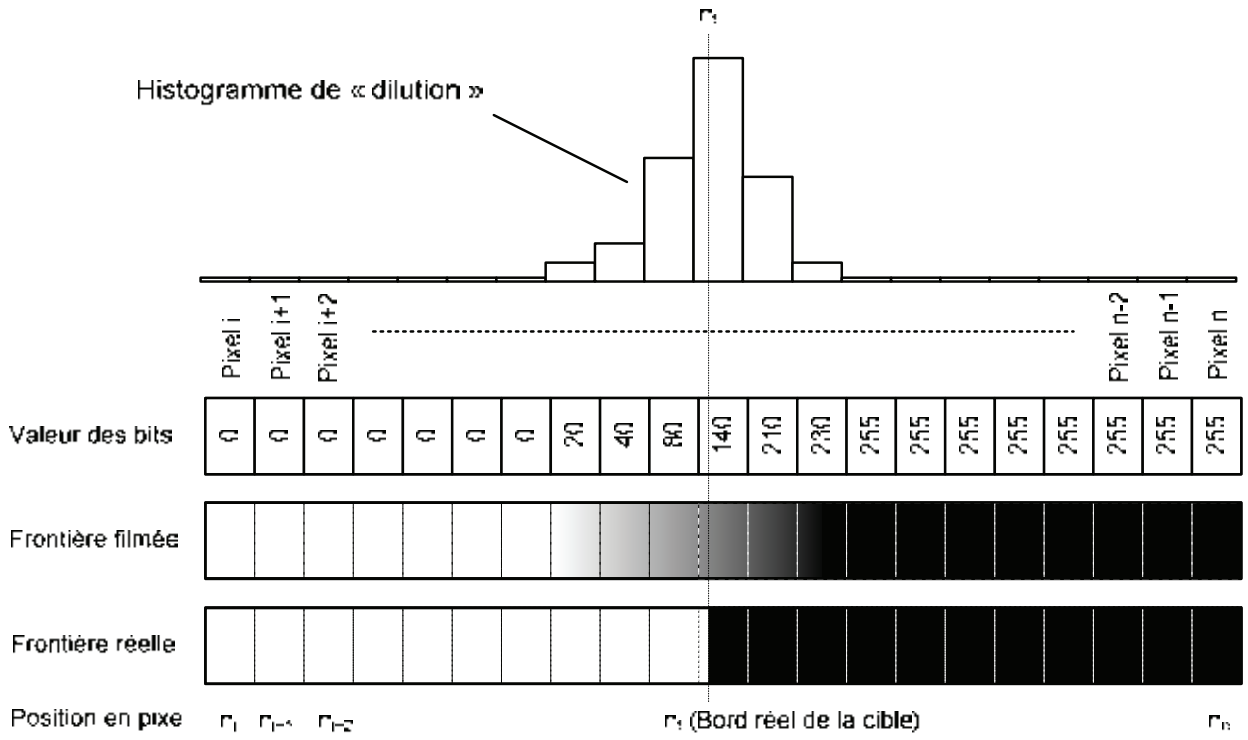


Figure 13 : Différence entre la frontière réelle et filmée

Une première fonction dans le programme d'analyse crée une liste représentant cet histogramme pour chaque ligne à traiter. Cette fonction n'est pas détaillée dans l'extrait du programme fourni (*Cf. figure 14*).

Question 35) Proposer un code pour compléter la zone 1 du programme permettant de déterminer la variable « denom » correspondant à la somme des valeurs de la liste.

Question 36) Proposer un code pour compléter la zone 2 du programme pour calculer n_{f1}, et n_{f2} les positions en pixel de la cible pour chaque caméra.

Question 37) Proposer un code pour compléter la zone 3 du programme pour calculer la position réelle de la cible de coordonnée (X_A, Z_A).

Tournez la page S.V.P.

```
6 ligne1 = [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,20,80,128,128,175,235,255]
7 ligne2 = [0,0,20,80,128,128,175,235,255,255,255,255,255,255,255,255,255]
8 entraxe=40                              # entraxe caméras
9
10 def histogramme(ligne):                 # création de l'histogramme de dilution
11     return tableau_corrigé
12
13 def recherche_nf(ligne):                # calcul la position nf médiane de la liste pondérée
14     i=0
15     denom=0                             # denom et num deux constantes pour le calcul
16     num=0                               # de la moyenne pondérée de la zone grisée
17         #
18         # ZONE 1 à COMPLETER
19         # compléter le code pour déterminer denom
20         # denom correspond à la somme des valeurs de la liste
21         #
22     for i in range (len(ligne)):
23         num+=ligne[i]*(i+1)             # num corespond à la somme des valeurs de la liste
24         i+=1                            # pondérée par leur position en pixel
25     position_pixel_nf=num/denom
26     return position_pixel_nf            # position de nf relatif dans la liste utilisée par la fonction
27
28 # ----------------------------------------
29 #corps du programme
30 # ----------------------------------------
31 #
32 # ZONE 2 à COMPLETER
33 # nf1 et nf2 sont les positions précises de la cible en pixel pour les deux caméras
34 # nf1=
35 # nf2=
36 #
37 #calcul de la position réelle de la cible
38 N=len(ligne1)                           # N=Résolution caméra
39 #
40 # ZONE 3 à COMPLETER
41 #
42 # XA=
43 # ZA=
44 #
45 print("Les coordonnées en X et Z de la cible sur le sabot 3 valent: Xa=", XA," m et Za=", ZA," m")
```

Figure 14 : Programme d'analyse de stéréovision

PARTIE III.2 Influence sur les performances du système de stéréovision

Le système intègre à présent une boucle de mesure de X_A par stéréovision et un correcteur PID dans la boucle de contrôle.

Une simulation fréquentielle a été effectuée.

Question 38) Déterminer l'ensemble des marges de gain et de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte (*à partir de la figure 7a*).

Question 39) Conclure sur la stabilité de ce système, vis-à-vis des exigences (*figure 2a*).

Une simulation d'approche est effectuée (*figure* 8*a*) dans les mêmes conditions que pour les questions 27 à 30.

Question 40) Déterminer, à partir de la *figure 8a*, le temps de mise en position vis-à-vis des exigences (ID 20) pour cette nouvelle configuration.

Question 41) Conclure vis-à-vis des performances exigées en termes de temps de réponse.

FIN DE L'ETUDE

ANNEXES

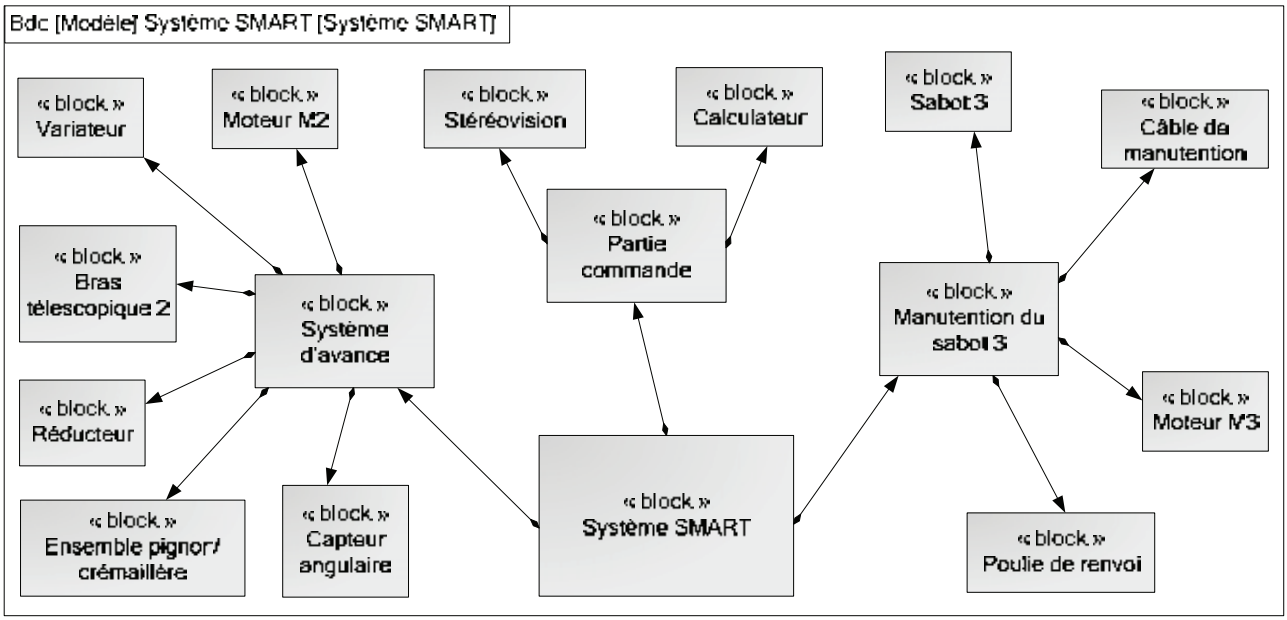


Figure 1a : Diagramme de Définition des Blocs (BDD) partiel

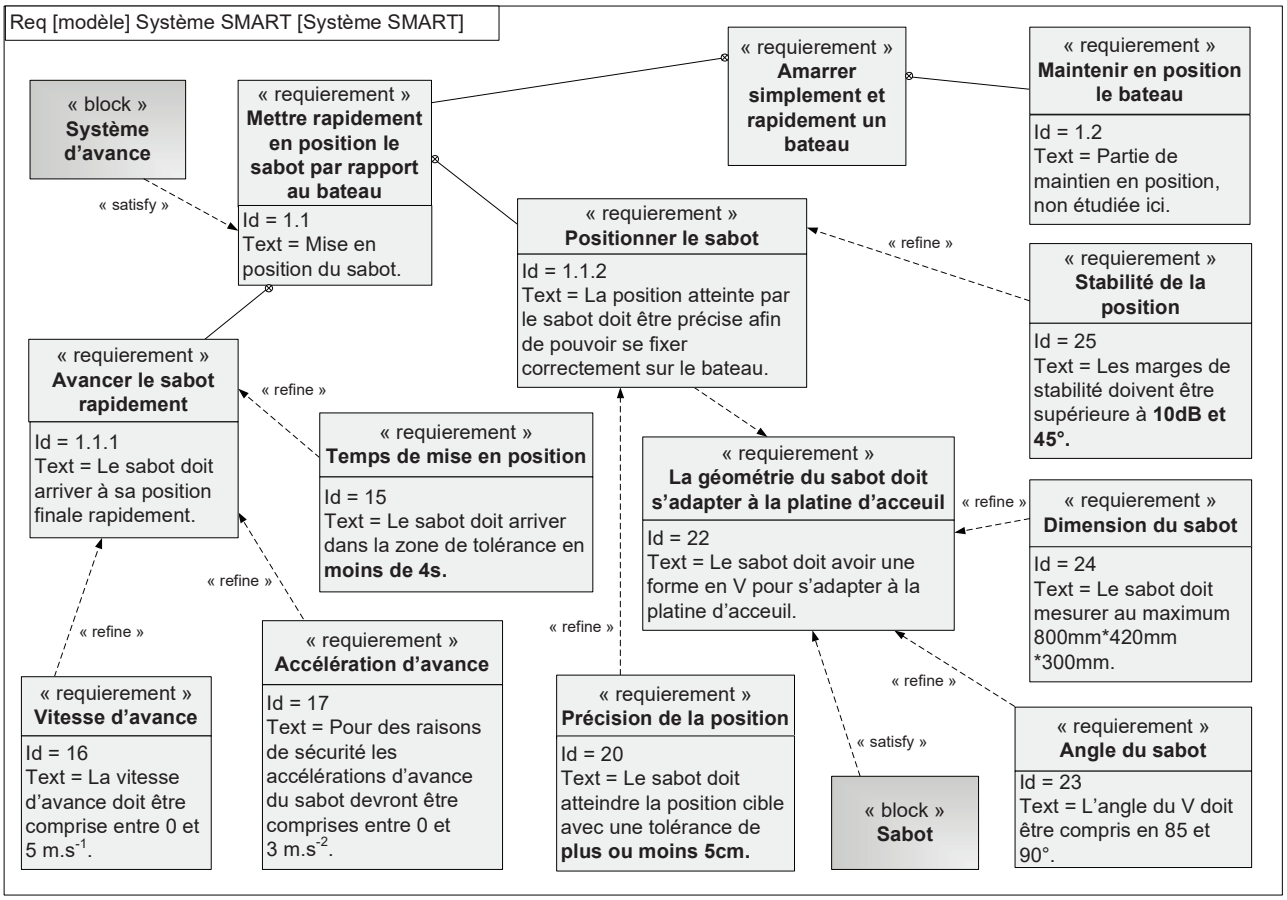


Figure 2a : Diagramme partiel des Exigences

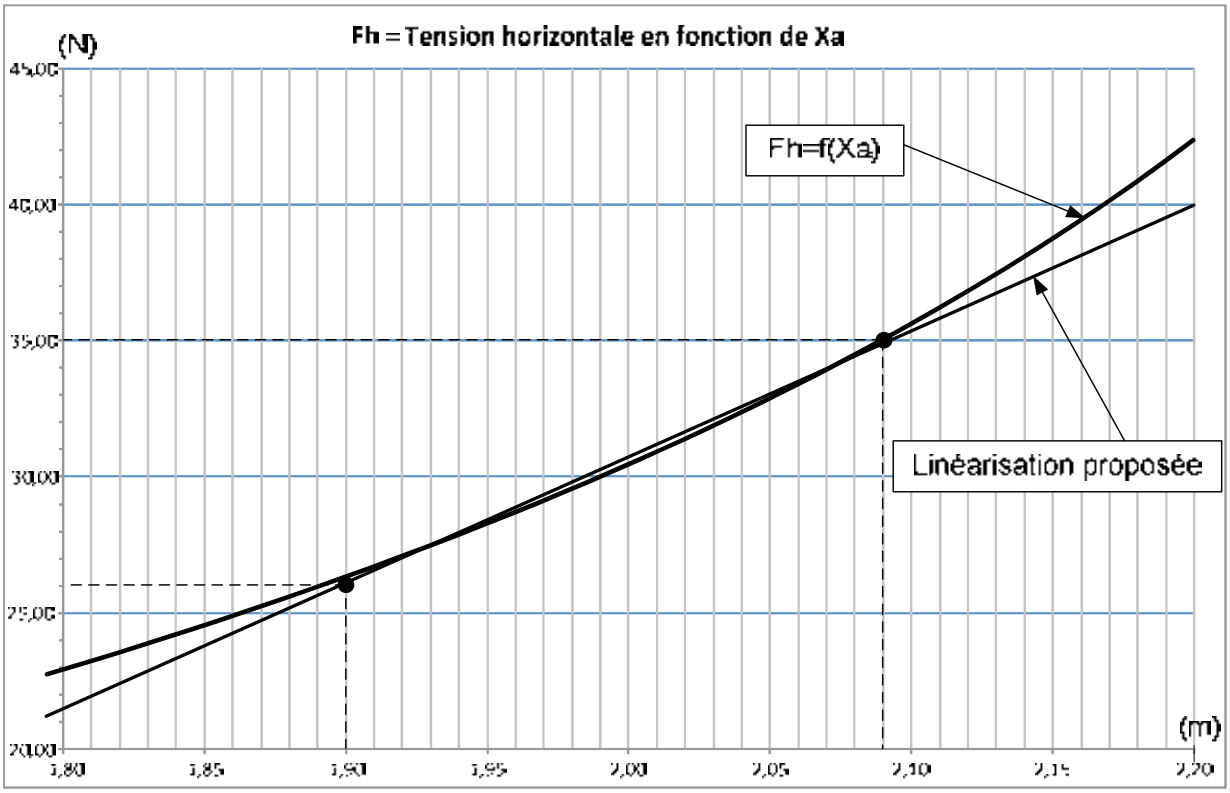


Figure 3a : Evolution de la tension horizontale de l'amarre

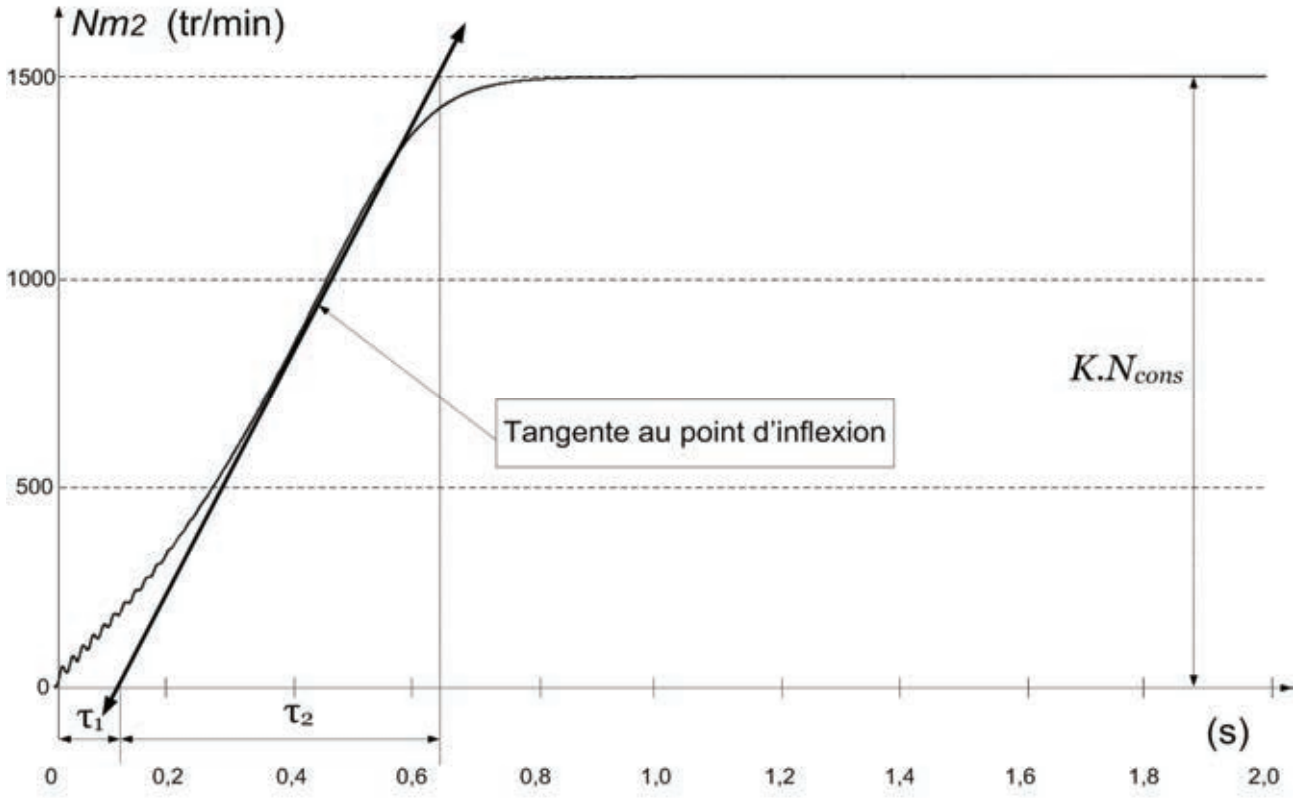


Figure 4a : Evolution de $N_{m2}(t)$ pour un échelon de consigne de 1500 tr.min^{-1}

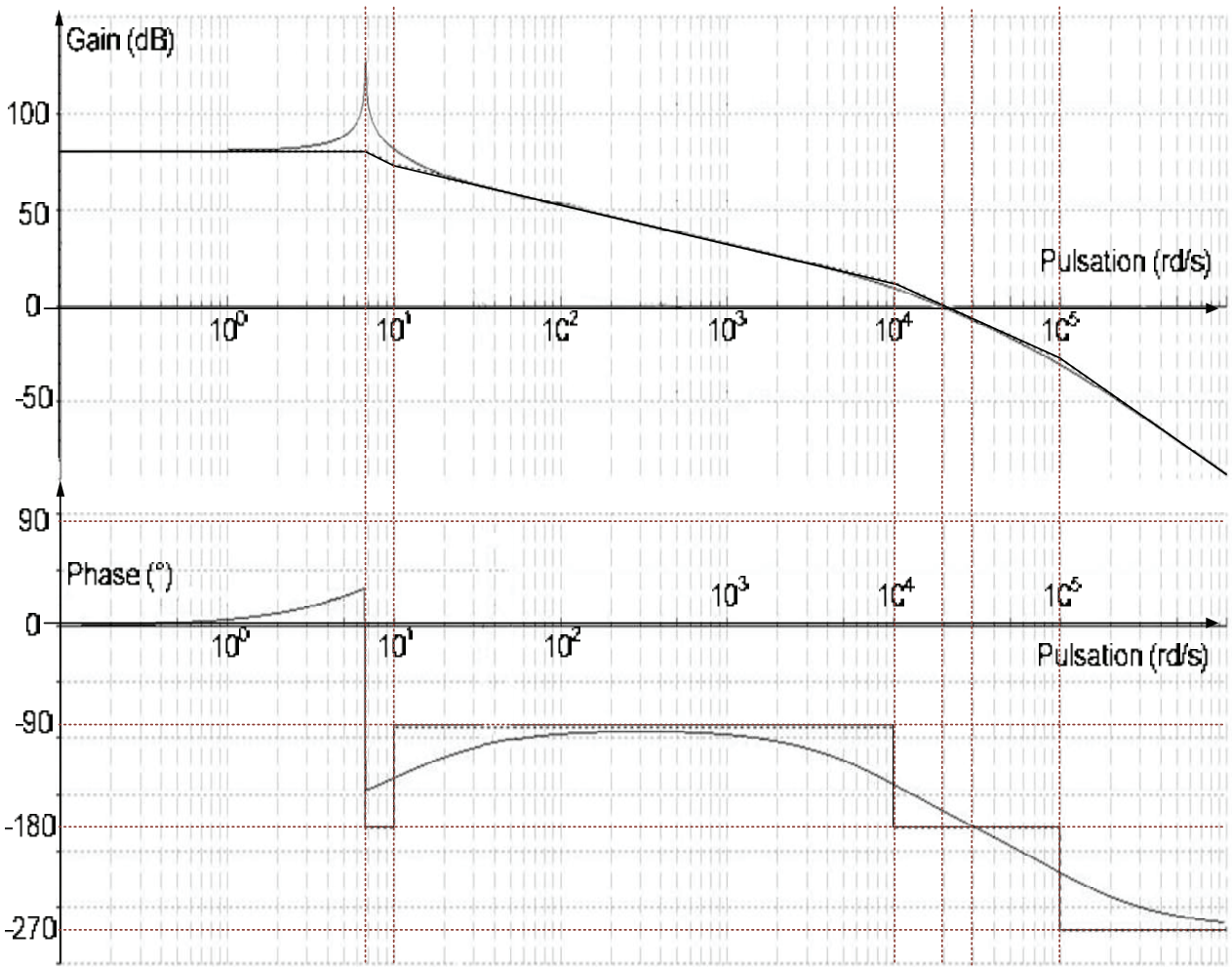


Figure 5a : Diagramme de Bode

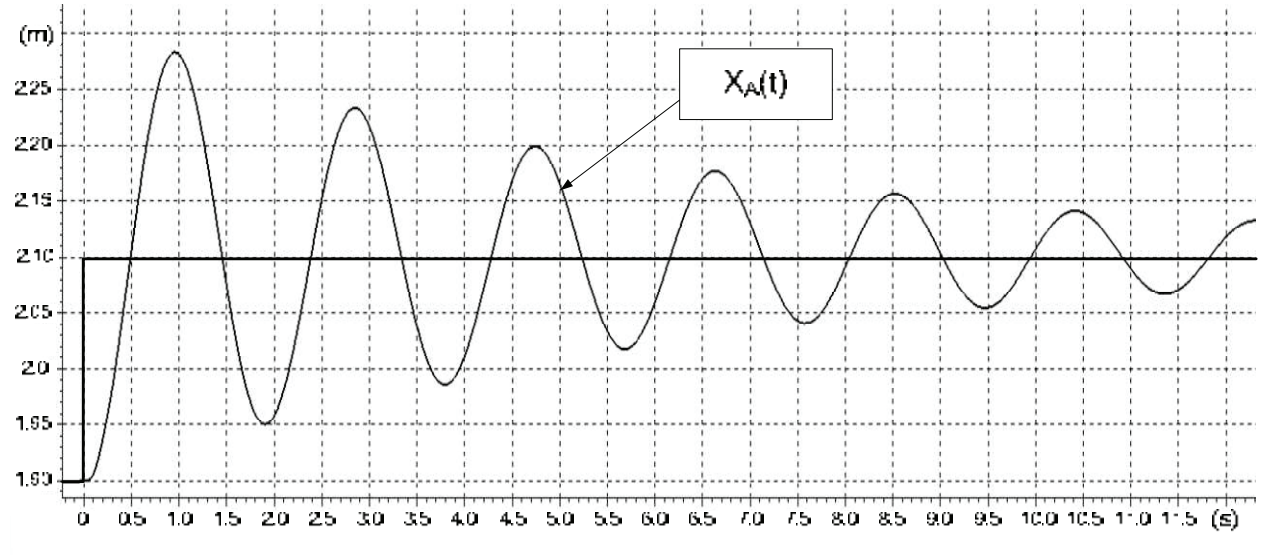


Figure 6a : Première simulation de déplacement

Tournez la page S.V.P.

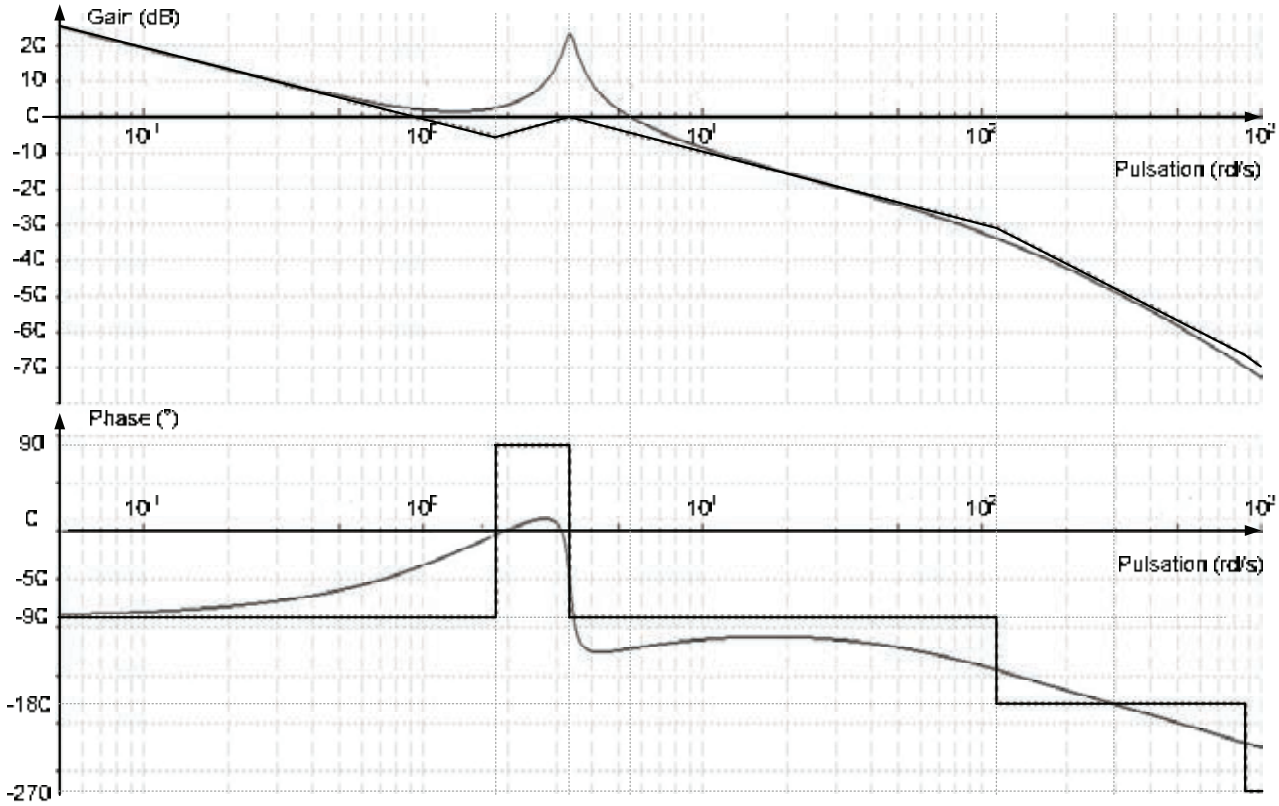


Figure 7a : Diagramme de Bode

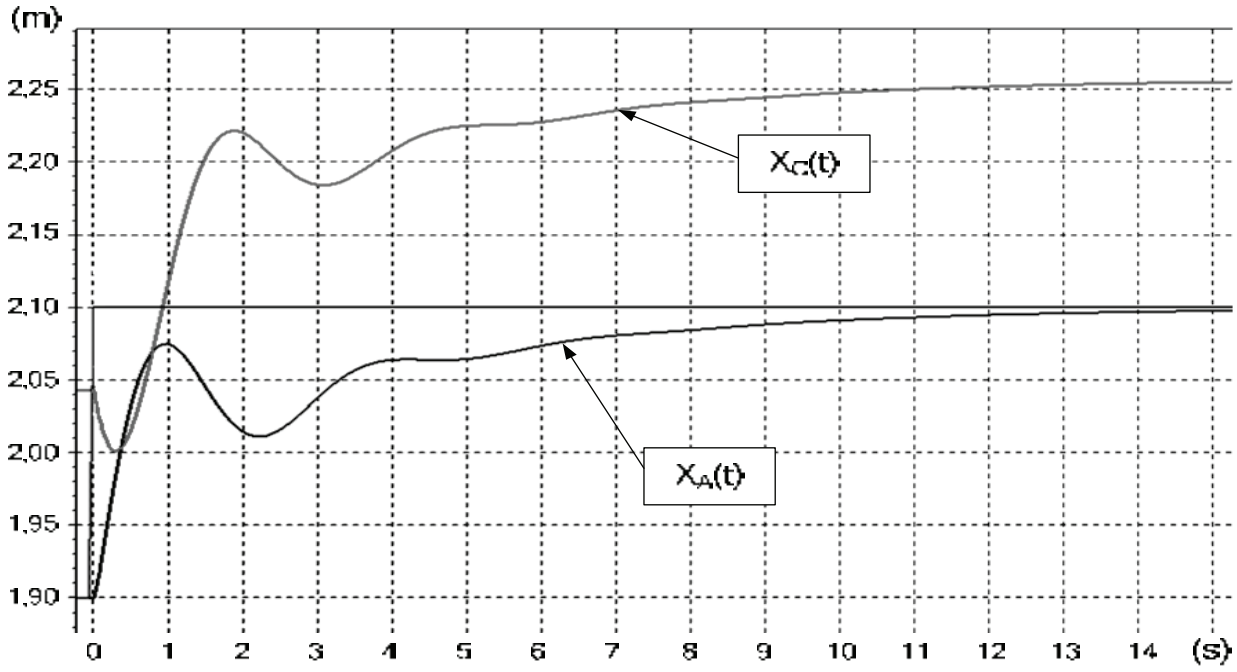


Figure 8a : Simulation du déplacement avec boucle de retour sur X_A et correcteur PID

DONNEES TECHNIQUES

- Données caméras :
  - Résolution : 640 pixels par ligne / 480 lignes
  - Champs de vision $90°$
  - Codage : 8 bits en niveaux de gris
  - Entraxe : $e = 40\,cm$

- Amarre :
  - Masse linéique : $5\ kg.m^{-1}$
  - F_v au voisinage de $1{,}9\ m$: $51\ N$
  - µ : $0{,}01\ N.s.m^{-1}$

- Chaine cinématique liée à la motorisation M_2 :
  - Moteur M_2 :
    - N_{max}: $1500\ tr.min^{-1}$
    - Jo : $7 * 10^{-4}\ kg.m^2$
  - Rapport cinématique du réducteur :
    - $r = \frac{\omega_m}{\omega_r} = 100$
  - Résolution capteur angulaire M_2 :
    - Codeur incrémental implanté sur l'axe du moteur M_2
    - 60 Incréments par tour
  - Pignon crémaillère :
    - Rayon pignon : $R = 5\,cm$

- Longueur AC :
  - L : $1\ m$

- Bras **2** :
  - Amplitude : 1 à $3\ m$ vis-à-vis de l'axe de rotation principal du système SMART

- Sabot **3** :
  - Masse Sabot : $m_3 = 40\,Kg$

Académie : Session : Modèle EN.

Examen ou Concours : Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

Né(e) le

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

L'usage de calculatrices est autorisé

SYSTEME SMART

Cahier réponses

Épreuve de Sciences Industrielles

Concours e3a - MP

Toutes les réponses seront portées sur ce cahier de réponses à l'exclusion de toute autre copie.

Ne pas dégrafer

C

Tournez la page S.V.P.

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE I.1 Modélisation statique des efforts de l'amarre sur le sabot 3

Question 1) A l'aide du graphique (*figure 3a en annexe*), déterminer les constantes F_0 et K correspondantes à la linéarisation proposée dans la zone d'étude.

Question 2) Etablir une relation géométrique liant L la longueur [AC] à θ, X_A et X_C. La valeur du rayon de la poulie en C sera négligée.

Question 3) Proposer une simplification de l'expression précédente en intégrant l'hypothèse des petits angles.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Question 4) Isoler le sabot **3** et effectuer le bilan des actions mécaniques agissant sur le sabot **3** sous forme de torseurs exprimés au point A.

Question 5) En se plaçant à l'équilibre, déterminer la relation donnant l'angle θ en fonction de F_v, F_h et m_3 masse du sabot **3**.

Question 6) A l'aide des relations obtenues aux questions 3 et 5, déterminer la relation liant la position du sabot **3** (X_A) à la position du bras télescopique **2** (X_C), F_v, F_h et m_3.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE I.2 Modélisation dynamique du bras télescopique 2

Question 7) Déterminer la relation liant la vitesse de rotation ω_{m2} du rotor du moteur M_2 à la vitesse $\dot{X_C} = \frac{dX_C}{dt}$.
Remarque : $\dot{X_C} > 0$ quand $\omega_{m2} > 0$.

Question 8) Isoler l'ensemble {bras télescopique + axe moteur M_2} et exprimer les puissances extérieures de ce système. La liaison glissière entre **1** et **2** sera considérée parfaite.

Question 9) Exprimer l'énergie cinétique de cet ensemble en utilisant entre autres J_2 le moment d'inertie équivalent au moteur et réducteur ramené à l'arbre du moteur, et m_2 la masse du bras télescopique.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Question 10) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que l'on obtient une expression de la forme : $\left(\frac{J_2}{\alpha^2} + m_2\right).\ddot{X_C} = \frac{C_{m2}}{\alpha} + F_{x52}$, préciser l'expression littérale de α.

Question 11) Exprimer cette relation dans le domaine de Laplace en considérant les conditions initiales nulles.

Question 12) En déduire les expressions littérales de H4(p) et H5(p).

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE I.3 Modélisation comportementale de la motorisation M2

Question 13) Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée de ce schéma bloc sous forme canonique.

Question 14) En déduire les expressions littérales de $K_6 \, et \, \tau_6$ en fonction de τ_1 , τ_2 et j_0 .

Question 15) Déterminer, par lecture sur la *Figure 4a en annexe*, les valeurs numériques de K, $\tau_1 \, et \, \tau_2$

Question 16) Déterminer numériquement $K_6 \, et \, \tau_6$.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE I.4 Modélisation de la chaîne de mesure en position du bras télescopique 2

Question 17) Quels composants mécaniques participent à la mesure de X_C?
Question 18) Déterminer la transmittance du bloc H7(p).
Question 19) Proposer une expression de H8(p) permettant au calculateur de comparer des images des positions X_{cons} et X_c compatibles en termes de grandeur.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE II Vérification des performances du système

Question 20) Déterminer H10(p) en fonction des $H_i(p)$ définis figure 7.

Question 21) Déterminer H11(p) en fonction des $H_i(p)$ définis figure 7.

Question 22) Déterminer H12(p) en fonction des $H_i(p)$ définis figure 7.

Question 23) Déterminer H13(p) en fonction des $H_i(p)$ définis figure 8.

Question 24) En déduire la fonction de transfert globale en fonction des $H_i(p)$ définis en figure 9. (Aucun développement des fonctions $H_i(p)$ n'est demandé).

Question 25) Déterminer l'ensemble des marges de gain et de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte (*à partir de la figure 5a*).

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Question 26) Conclure sur la stabilité de ce système.
Question 27) Proposer une valeur de correction proportionnelle minimale permettant de vérifier l'exigence « stabilité de la position ».
Question 28) A partir des exigences (*figure 2a)*, déterminer les bornes de l'intervalle de position pour lequel on peut considérer que le sabot (**3**) a atteint sa cible.
Question 29) Vis-à-vis du diagramme des exigences (*figure 2a*), quel est le temps de mise en position que ce système doit respecter ?
Question 30) A partir de la *figure 6a* et des questions 28 et 29, déterminer le temps de mise en position du système.
Question 31) Conclure vis-à-vis des exigences.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE III.1 Mise en œuvre de la mesure en position du sabot **3** par stéréovision

Question 32) Exprimer deux relations géométriques permettant de déterminer $tan(\theta_1)$ et $tan(\theta_2)$ en fonction de X_A, Z_A et *e* l'écartement entre les deux caméras situées symétriquement par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{X_0})$.

Question 33) En déduire l'expression littérale de X_A et Z_A en fonction de n_1, n_2 et N.

Question 34) Déterminer numériquement les coordonnées de la cible dans l'exemple proposé en *figure 10*.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Question 35) Proposer un code pour compléter la zone 1 du programme permettant de déterminer la variable « denom » correspondant à la somme des valeurs de la liste.
Question 36) Proposer un code pour compléter la zone 2 du programme pour calculer n_{f1}, et n_{f2} les positions en pixel de la cible pour chaque caméra.
Question 37) Proposer un code pour compléter la zone 3 du programme pour calculer la position réelle de la cible de coordonnée (X_A, Z_A).

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

PARTIE III.2 Influence sur les performances du système de stéréovision

Question 38) Déterminer l'ensemble des marges de gain et de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte (*à partir de la figure 7a*).

Question 39) Conclure sur la stabilité de ce système, vis-à-vis des exigences (*figure 2a*).

Question 40) Déterminer, à partir de la *figure 8a*, le temps de mise en position vis-à-vis des exigences (ID 20) pour cette nouvelle configuration.

Question 41) Conclure vis-à-vis des performances exigées en termes de temps de réponse.

FIN DE L'ETUDE

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de MP 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

- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Simplification d'un modèle : linéarisation, non-linéarités, pôles dominants, validité
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Modèles de comportement et réponse temporelle : premier ordre, second ordre, identification
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Réponse fréquentielle et diagrammes de Bode
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance

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/e3a/mp