

# DS 3 Sciences de l'ingénieur

## PCSI

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

Il est demandé au candidat de formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour répondre aux questions posées.

**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 littéraux et **souligner** les résultats numériques.

**Toutes les réponses doivent être inscrites sur le document réponse.**

*Certaines questions sont très calculatoires, vous devez utiliser du brouillon !*

*Utiliser un stylo avec du contraste, pas de crayon papier !*

*Je ne lirai pas vos réponses si je juge que c'est illisible. Attention à vos développements de calculs, ils doivent être bien présentés et lisibles.*

*La taille des zones réponses ne présage pas de la longueur des réponses attendues, il y a souvent trop de place !*

### Contenu du sujet : 2 documents

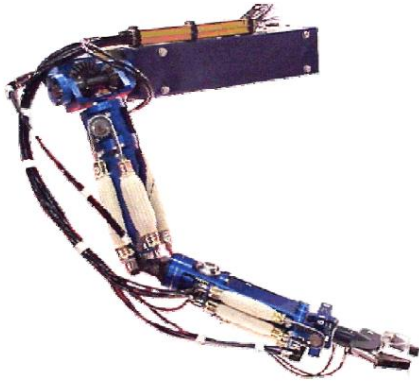
- Énoncé de 10 pages
- Document réponse de 6 pages

**Durée : 2h**  
**Calculatrice autorisée**

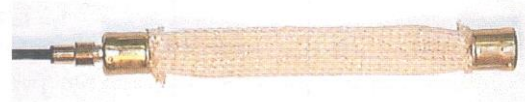


## PARTIE I : Cinématique : Bras de robot à muscles artificiels :

L'étude suivante porte sur un manipulateur à structure anthropomorphe à 7 degrés de liberté activé par des paires de muscles artificiels montés en opposition.



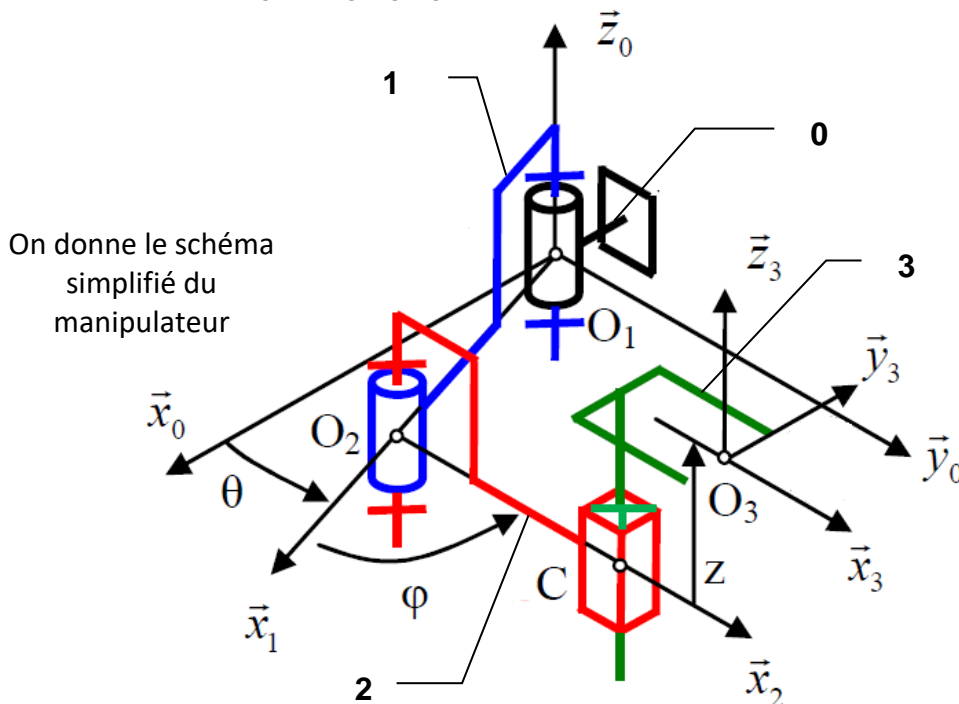
Muscle rétracté (sous pression)



Muscle libre (sans pression)

L'utilisation de l'énergie pneumatique pour l'actionnement des manipulateurs peut être intéressante pour des utilisations en biomécanique. Les muscles artificiels engendrent des forces de contraction du même type que celles produites par les muscles humains, leur puissance massique est très élevée par rapport à un actionneur classique. On modéliser le manipulateur (qui a la morphologie d'un bras humain) ainsi :

- $\overrightarrow{O_1O_2} = L \cdot \vec{x}_1$  ;  $\overrightarrow{O_2C} = L \cdot \vec{x}_2$  ;  $\overrightarrow{CO_3} = z \cdot \vec{z}_3 + l \cdot \vec{x}_3$
- $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$  ;  $\varphi = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$
- la base directe  $b_0 = (\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est associée au bâti **0** ;
- la base directe  $b_1 = (\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$  est associée au bras **1** ;
- la base directe  $b_2 = (\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$  est associée à l'avant-bras **2** ;
- la base directe  $b_3 = (\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  est associée à la pince **3** ;



- Le mouvement de 1/0 est une rotation autour de l'axe  $(O_1, \vec{z}_0)$  de paramètre  $\theta$  ;
- Le mouvement de 2/1 est une rotation autour de l'axe  $(O_2, \vec{z}_0)$  de paramètre  $\varphi$  ;
- Le mouvement de 3/2 est une translation de direction  $\vec{z}_3$  de paramètre  $\mathbf{z}(t)$  ;

**QUESTIONS :**

**Q1** Faire les figures planes associées aux angles  $\theta$  et  $\varphi$ .

**Q2** Déterminer  $\overrightarrow{\Omega_{1/0}}$  et  $\overrightarrow{\Omega_{2/1}}$ . En déduire  $\overrightarrow{\Omega_{2/0}}$ .

**Q3** En vous aidant des figures planes associées aux angles  $\theta$  et  $\varphi$ , déterminer la vitesse  $\overrightarrow{V_{O_2 \in 1/0}}$ .

**Q4** Déterminer par la méthode de votre choix la vitesse  $\overrightarrow{V_{C \in 2/0}}$ .

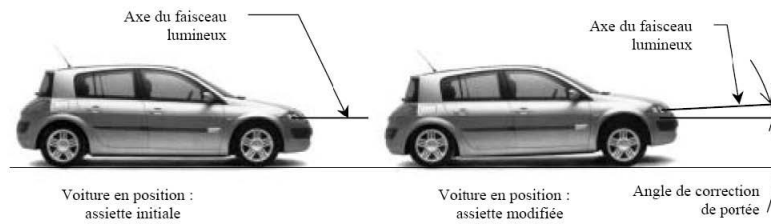
**Q5** Après avoir étudié le mouvement de 3/2, déterminer, par la méthode de votre choix, la vitesse  $\overrightarrow{V_{O_3 \in 3/2}}$ .

**Q6** Calculer (par la méthode de votre choix – les calculs des Q3 à Q5 peuvent potentiellement vous aider) la vitesse  $\overrightarrow{V_{C \in 3/0}}$ .

**Q7** Déterminer l'accélération  $\overrightarrow{\Gamma_{C \in 3/0}}$ .

## PARTIE II : Automatique : Système de correction de portée d'un phare automobile :

### Présentation du système



L'assiette d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée.

Certaines voitures sont équipées de système de correction de portée. Ce système fait appel à des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Les données sont traitées électroniquement par un calculateur et transmises aux actionneurs situés derrière les projecteurs. La position du projecteur est ajustée en maintenant un angle de faisceau optimal évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route.

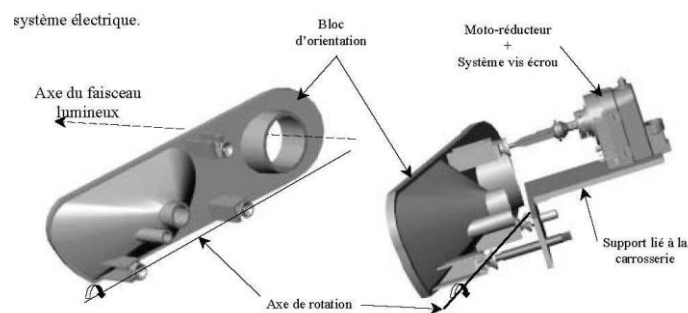
Le système étudié est un correcteur de portée statique, qui corrige la portée lorsque le véhicule est à l'arrêt et conserve cette correction lorsque le véhicule roule (le correcteur ne tient compte que de la variation d'assiette due à la charge).

Le but de l'étude est d'analyser le système et de montrer s'il est capable de corriger la portée de manière dynamique, c'est à dire en tenant compte des variations d'assiette dues au profil de la route.

Les éléments constitutifs du correcteur de portée sont les suivants :

- capteurs d'assiette : codeurs optiques permettant de mesurer le débattement des suspensions,
- système d'orientation : bloc d'orientation + moto-réducteur + système vis écrou.

Le bloc d'orientation supporte les différentes lampes du phare (codes, clignotants). Il peut pivoter par rapport au support lié à la carrosserie autour d'un axe horizontal (axe de rotation indiqué sur la figure ci-après).



Le bloc est protégé par une vitre liée à la carrosserie. Ce mouvement est motorisé grâce au moto-réducteur + système vis écrou. Il existe aussi une possibilité de réglage manuel en sortie d'usine ou en cas de défaillance du système électrique. A partir des données des capteurs d'assiette, le calculateur pilote le moto-réducteur.

## Etude de la chaîne d'action complète

La chaîne d'action complète comprend :

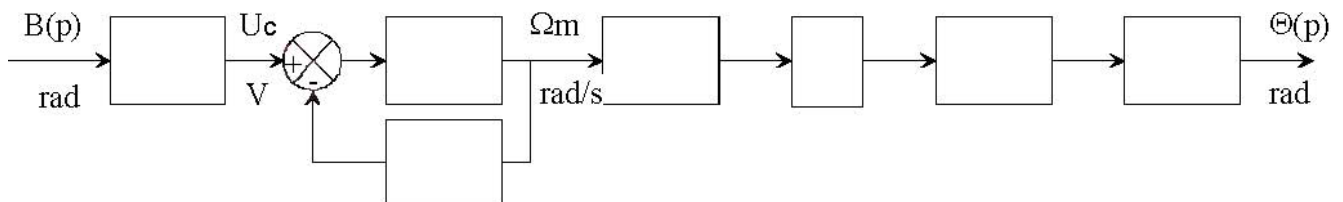
- l'ensemble transducteur (capteur + amplificateur + calculateur) qui mesure l'angle de tangage  $\beta(t)$  du véhicule et commande le moteur du système, l'ensemble est assimilable à un gain pur :  $K_c$ ,
- le moteur à courant continu dont la fonction de transfert est notée  $M(p)$ ,
- la génératrice tachymétrique assimilable à un gain pur :  $K = 0,03 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$ ,
- le réducteur de vitesse dont le rapport de réduction est de  $\lambda$  (avec  $\lambda < 1$ ),
- l'ensemble vis-écrou (de pas (noté **PAS**) en m/tour), qui transforme la rotation de l'axe du réducteur en translation de l'axe de sortie,
- le bloc d'orientation : l'angle de correction de portée  $\theta(t)$  étant petit, on peut linéariser la loi entrée/sortie sur le domaine d'utilisation :  $\theta(t) = K_1 \cdot x(t)$  avec  $\theta(t)$  en rad et  $x(t)$  en mm.

On rappelle que  $\Omega_m(t)$  correspond à la vitesse de rotation du moteur et  $U_c(t)$  correspond à la tension de consigne.

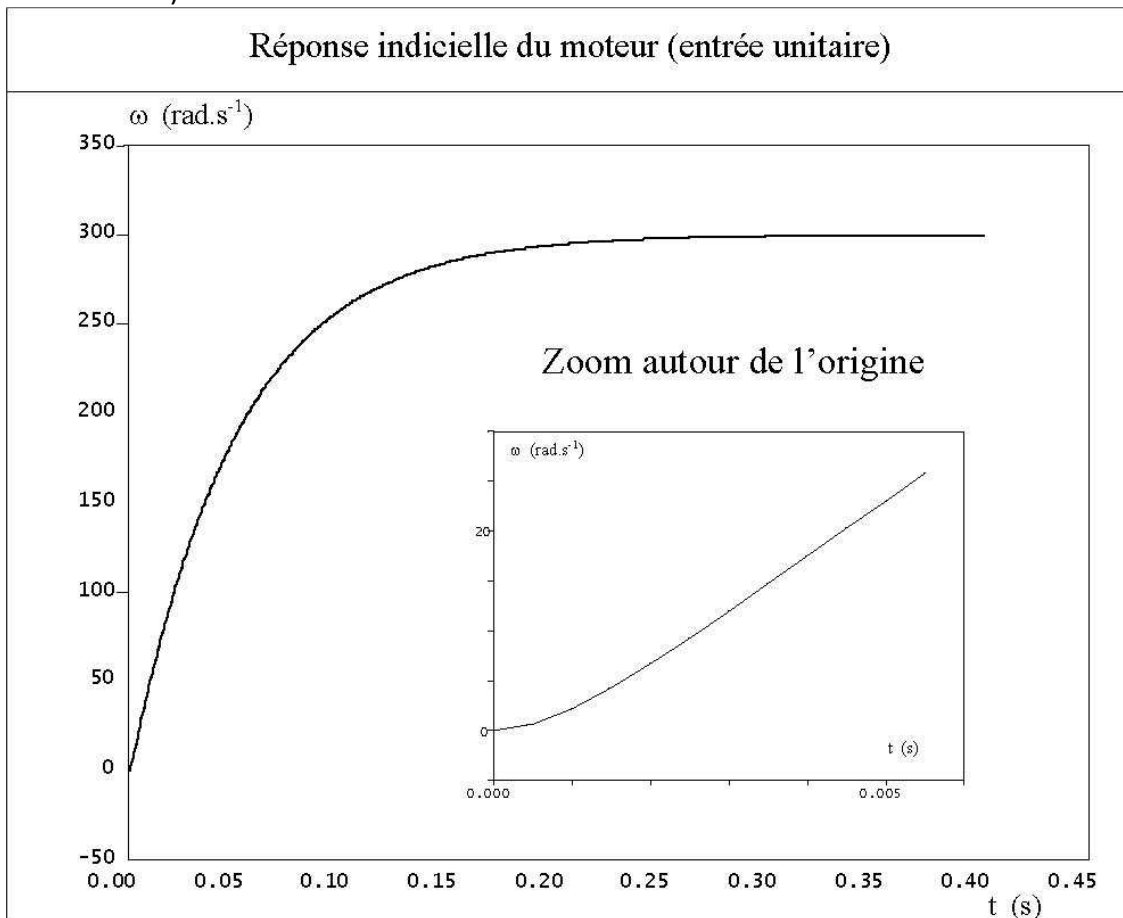
Remarque : La transformée de Laplace de  $\beta(t)$  donne  $\mathcal{L}(\beta(t)) = B(p)$ . Il en sera de même pour les autres grandeurs physiques.

### QUESTIONS :

**Q1** Compléter sur le document réponse le schéma-bloc (**avec les expressions littérales !!!**) de la chaîne d'action ci-dessous (question indépendante des autres).



Pour déterminer la fonction de transfert du moteur  $M(p)$ , on dispose de sa réponse indicielle (entrée unitaire).



**Q2** Quelle est la forme de la fonction de transfert du moteur et pourquoi ?

**Q3** Quelle hypothèse pouvons-nous faire pour modéliser le système par un système du 1<sup>er</sup> ordre ? Cette hypothèse semble-t-elle justifiée ici au vu de la réponse indicielle ?

**Q4** Identifier alors  $M(p)$  à un 1<sup>er</sup> ordre. Pour cela, déterminer les paramètres caractéristiques sur la courbe.

**Q5** En déduire la fonction de transfert  $M'(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)}$  du moteur équipé du retour tachymétrique. Mettre  $M'(p)$  sous forme canonique et identifier ces paramètres caractéristiques.

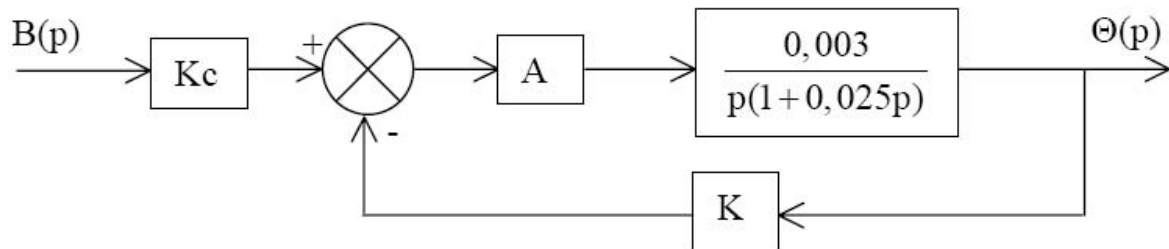
La fonction de transfert de la chaîne d'action complète est donnée approximativement par :

$$H(p) = \frac{0,003 \cdot K_c}{(1 + 0,025 \cdot p) \cdot p}$$

Le véhicule est brusquement chargé à l'arrière. Après analyse des résultats temporels, on se rend compte que le système n'est pas précis.

Pour remédier à ce problème on asservit le système en position en plaçant :

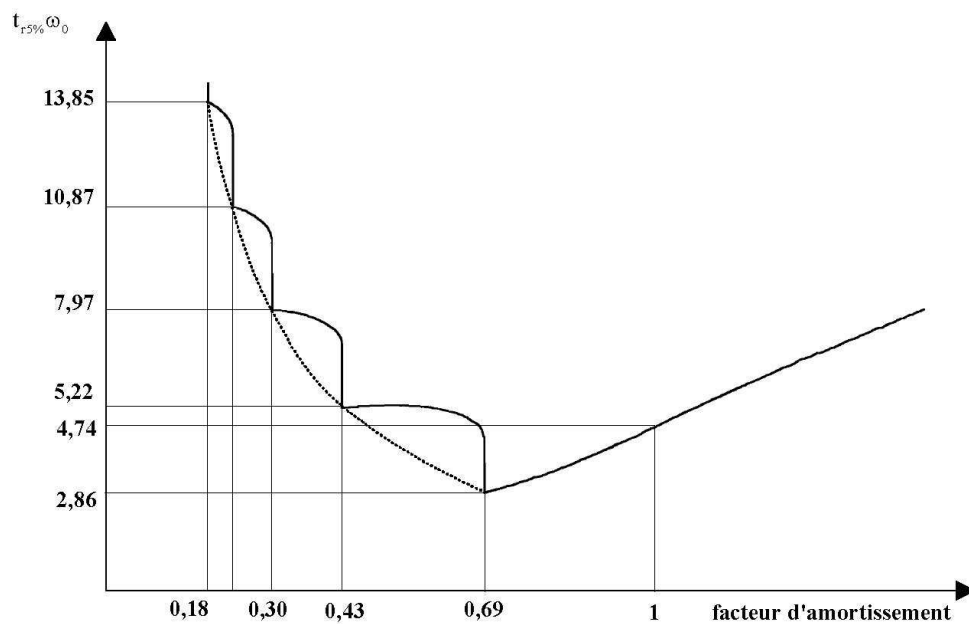
- un capteur de position, de gain  $K$ , qui mesure l'angle ;
- un amplificateur de gain  $A$ .



**Q6** Déterminer la nouvelle fonction de transfert  $\frac{\Theta(p)}{B(p)}$ .

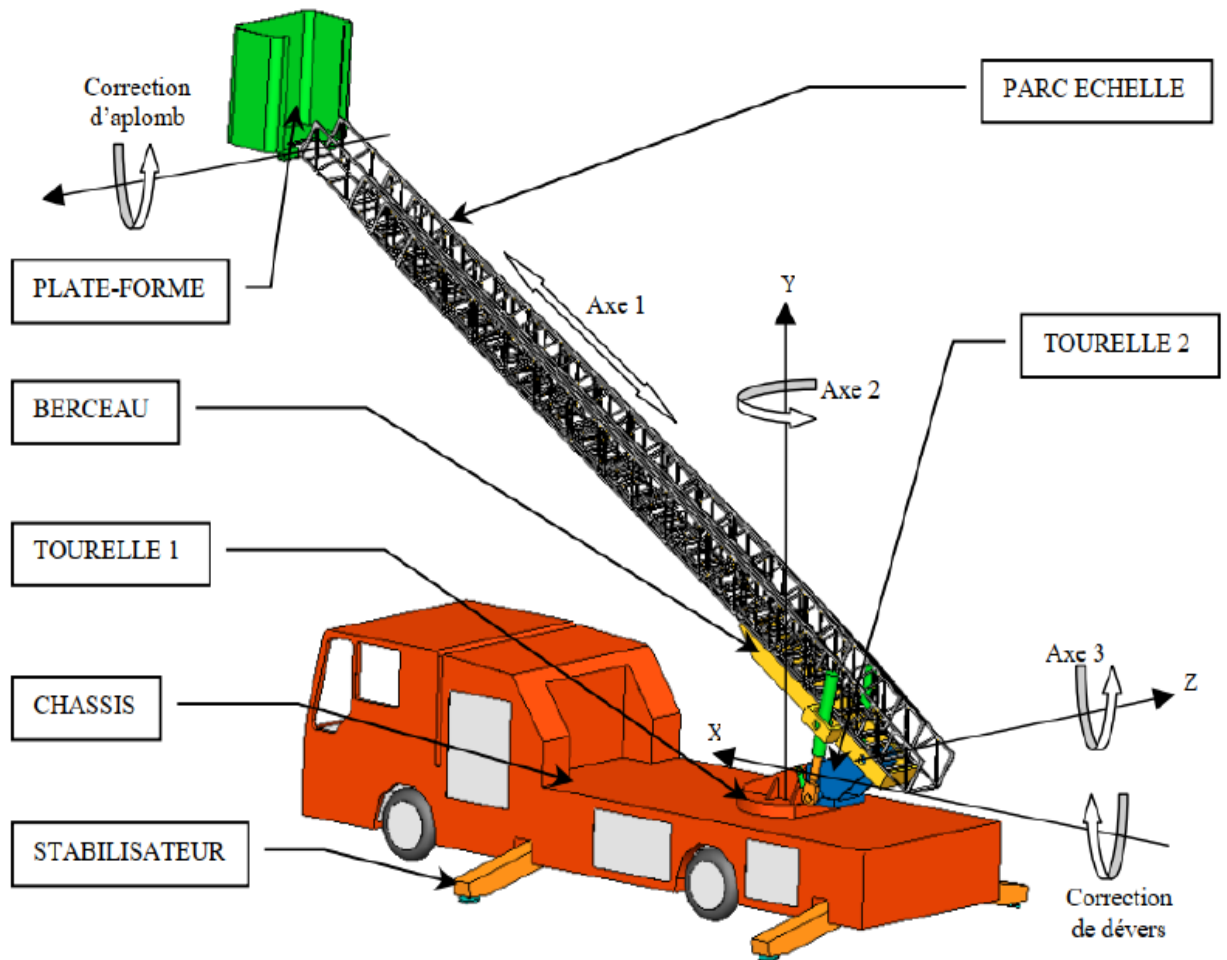
**Q7** Expliquer rapidement pourquoi le problème a été remédié.

**Q8** Déterminer la quantité  $A.K$  qui permet d'avoir le système le plus rapide. Calculer le temps de réponse à 5% du système.



## PARTIE III : Cinématique : E.P.A.S. Echelle pivotante Automatique à commande Séquentielle :

### 1 Présentation



Une *E.P.A.S.* est une Échelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle.

Ce système conçu et commercialisé par la société *CAMIVA* est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate-forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard le plus rapidement possible et en toute sécurité.

Le déplacement de la plate-forme est réalisé suivant trois axes :

- Le déploiement du parc échelle (axe 1) : Chaque plan de l'échelle peut se translater par rapport aux autres ; seul le quatrième plan d'échelle est solidaire du berceau.
- Le pivotement autour de l'axe Y (axe 2) : La tourelle 1 peut pivoter par rapport au châssis autour d'un axe vertical.
- La rotation autour de l'axe Z (axe 3) : Le berceau peut tourner par rapport à la tourelle 2 autour d'un axe horizontal.



Pour garantir la sécurité, le système maintient toujours la plate forme en position horizontale :

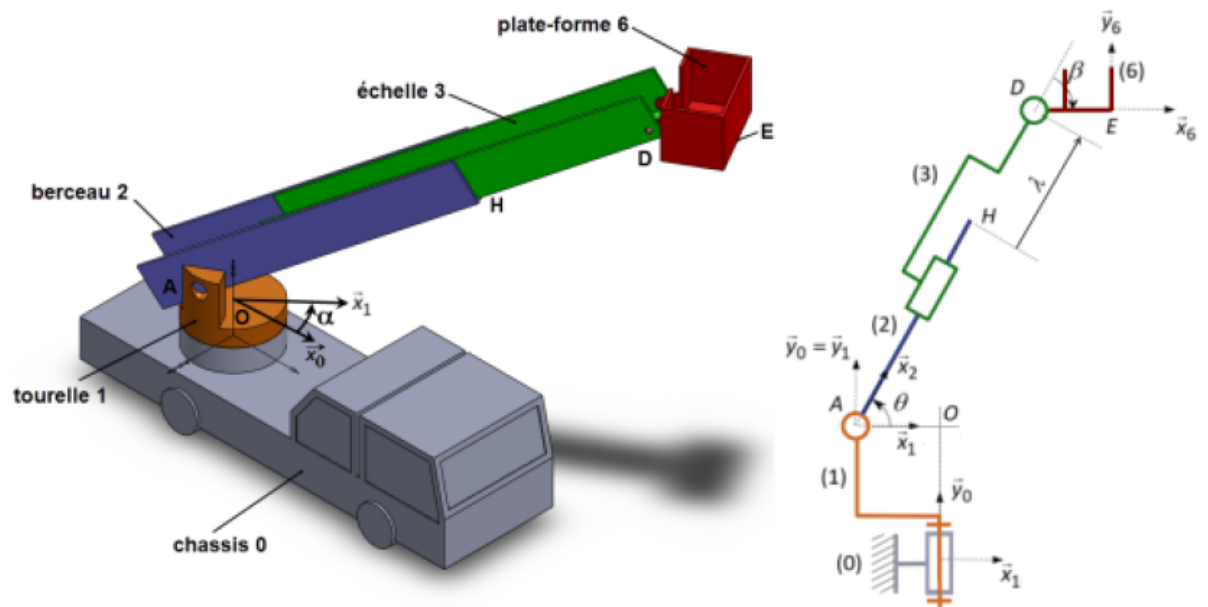
- La correction d'aplomb oriente la plate-forme autour d'un axe horizontal parallèle à l'axe Z.
- La correction de dévers oriente l'ensemble parc échelle et plate-forme autour de l'axe X : la tourelle 2 s'oriente par rapport à la tourelle 1 suivant un axe perpendiculaire aux axes 3 et 2.

Lors des déplacements suivant les axes 2 et 3, le système *VARIMAX* de commande des actionneurs maintient la vitesse de la plate-forme la plus constante possible afin de limiter les mouvements de balancier qui résulteraient d'une commande trop brusque.

## 2 Étude cinématique globale de l'échelle EPAS (partie indépendante)

Dans cette partie on ne tiendra pas compte de la correction de dévers. La *tourelle 2* et le *berceau* sont donc solidaires et seront appelés *berceau*.

### 2.1 Le modèle cinématique simplifié de l'échelle EPAS



Le paramétrage est le suivant :

- Le châssis 0 de repère lié :  $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ;
- La tourelle 1 de repère lié :  $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_0, \vec{z}_1)$  avec  $\alpha(t) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$  avec  $-180^\circ \leq \alpha(t) \leq 180^\circ$ ,  $\vec{OA} = -R.\vec{x}_1$ ;
- Le berceau 2 de repère lié :  $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_1)$  avec  $\theta(t) = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$  avec  $0^\circ \leq \theta(t) \leq 70^\circ$ ,  $\vec{AH} = L.\vec{x}_2$ ,  $\vec{HD} = \lambda(t).\vec{x}_2$ ;
- Le parc échelle 3 de repère lié :  $R_3(D, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_1)$ ;
- La plate-forme 6 de repère lié :  $R_6(D, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_1)$  avec  $\beta(t) = (\vec{x}_2, \vec{x}_6)$  avec  $-80^\circ \leq \beta(t) \leq 10^\circ$ ,  $\vec{DE} = a.\vec{x}_6$ ;

**QUESTIONS :**

**Q1** Réaliser le graphe des liaisons du mécanisme complet (axes et points des liaisons !!).

**Q2** Réaliser le schéma cinématique **3D** du système complet (en respectant les couleurs du sujet).

Pour toute la suite du sujet, afin que la plateforme reste horizontale lors du mouvement, on a  $\theta = -\beta$  et **Base 6 = Base 1**.

**On rappelle également que l'échelle peut se translater et donc que  $\lambda(t)$  dépend du temps.**

**Q3** Faire les figures planes associées aux angles  $\alpha$  et  $\theta$ .

**Q4** Déterminer les torseurs cinématiques suivants :

$\{\mathcal{V}_{1/0}\}$  au point O en base 1.

$\{\mathcal{V}_{2/1}\}$  au point A en base 1.

$\{\mathcal{V}_{3/2}\}$  au point H en base 1.

$\{\mathcal{V}_{6/3}\}$  au point D en base 1.

**Q5** Déterminer, par la méthode de votre choix, la vitesse  $\overrightarrow{V_{E \in 6/0}}$  en fonction des différents paramètres du système.

**Fin du sujet**