

**EXERCICE 1 ETUDE D'UN ROBOT DELTA 2D**

## Élaboration d'un modèle articulaire inverse

Description du robot : Les actionneurs sont deux moteurs qui animent les bras principaux  $bp_1$  et  $bp_2$ , Un système à double parallélogramme permet de maintenir l'effecteur dans un plan parallèle au sol. Pour la suite de l'étude, le schéma cinématique de la figure 1 sera utilisé.

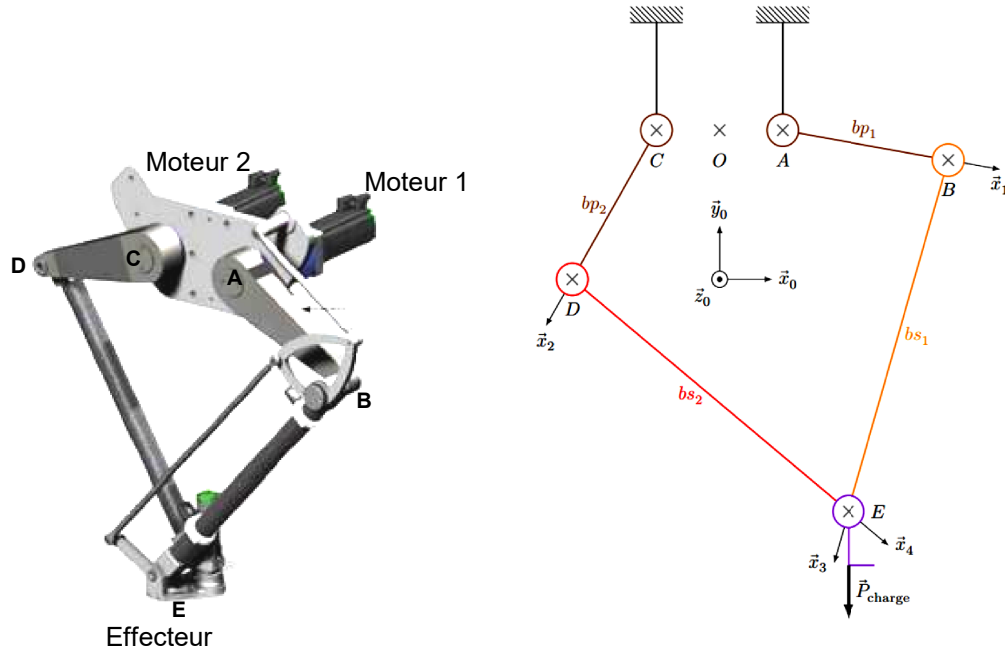


Figure 1

## Hypothèse

Le référentiel lié au repère  $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est galiléen et est fixe par rapport à la terre.  
Données :

- $\theta_{10} = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$ ,  $\theta_{20} = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$ ,  $\theta_{30} = (\vec{x}_0, \vec{x}_3)$ ,  $\theta_{40} = (\vec{x}_0, \vec{x}_4)$ ;
- $\vec{OA} = a.\vec{x}_0$ ,  $\vec{OC} = -a.\vec{x}_0$ ,  $\vec{AB} = b.\vec{x}_1$ ,  $\vec{CD} = b.\vec{x}_2$ ,  $\vec{BE} = c.\vec{x}_3$ ,  $\vec{DE} = c.\vec{x}_4$ ;
- $a = 150 \text{ mm}$ ,  $b = 400 \text{ mm}$ ,  $c = 850 \text{ mm}$ .

**Question 1 :** Déterminer littéralement  $(x_E, y_E)$ , les composantes du vecteur  $\vec{OE}$  correspondant à la position du point E appartenant à l'effecteur par rapport à  $R_0$ , en fonction des coordonnées articulaires et  $\theta_{10}$  et  $\theta_{30}$  et des paramètres dimensionnels  $a$ ,  $b$  et  $c$ . Exprimer ces coordonnées opérationnelles dans le repère  $R_0$ .

Nous allons maintenant déterminer les coordonnées articulaires  $\theta_{10}$  et  $\theta_{30}$  en fonction des longueurs  $x_E$ ,  $y_E$ ,  $a$ ,  $b$  et  $c$ .

**Question 2 :** À partir des deux relations scalaires trouvées à la question 1, provenant du modèle géométrique direct, exprimer  $c.\cos\theta_{30}$  et  $c.\sin\theta_{30}$  en fonction de  $x_E$ ,  $y_E$ ,  $a$ ,  $b$  et  $\theta_{10}$ .

**Question 3 :** En sommant les carrés des sinus et cosinus de l'angle  $\theta_{30}$ , établir une équation de la forme  $A.\cos\theta_{10} + B.\sin\theta_{10}=C$ .

**Question 4 :** Montrer alors qu'il est possible, en posant un angle  $\varphi$  tel que  $\tan\varphi = \frac{A}{B}$ , d'écrire cette équation sous la forme :

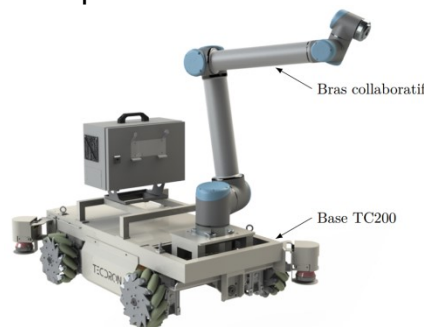
$$\sin(\theta_{10} + \varphi) = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

**Question 5 :** Exprimer  $\theta_{10}$  en fonction des coefficients  $A$ ,  $B$  et  $C$  puis en fonction des grandeurs du texte.

**Question 6 :** Déterminer l'expression de  $\theta_{30}$  à partir d'une des deux relations trouvées à la question 1.

## **EXERCICE 2 CHAÎNE DE PUISSANCE ET D'INFORMATION SUR LE ROBOT TC200**

Dans l'industrie, il est désormais possible d'associer des tâches robotisées et des tâches manuelles. Après l'essor des robots collaboratifs, Tecdron, entreprise Française basée à La Rochelle, propose une base mobile nommée TC200, capable de recevoir différents types de bras robotisés dont des bras collaboratifs mais aussi de se déplacer de manière autonome dans un environnement industriel complexe composé de robots et d'humains.



Le diagramme de définition de blocs de la base TC200 est donné à l'annexe 1 page 6/7.

**Question 7 :** Sur le document réponse 1 page, à partir du diagramme de définition de blocs, indiquer en entourant avec des couleurs différentes, la chaîne de puissance et la chaîne d'information qui correspondent à une des motorisations.

**Question 8 :** Compléter les cases vides en indiquant la fonction et/ou le support technique suivant les cas. Indiquer également le type de puissance qui entre et qui sort de chacun des blocs de la chaîne de puissance.

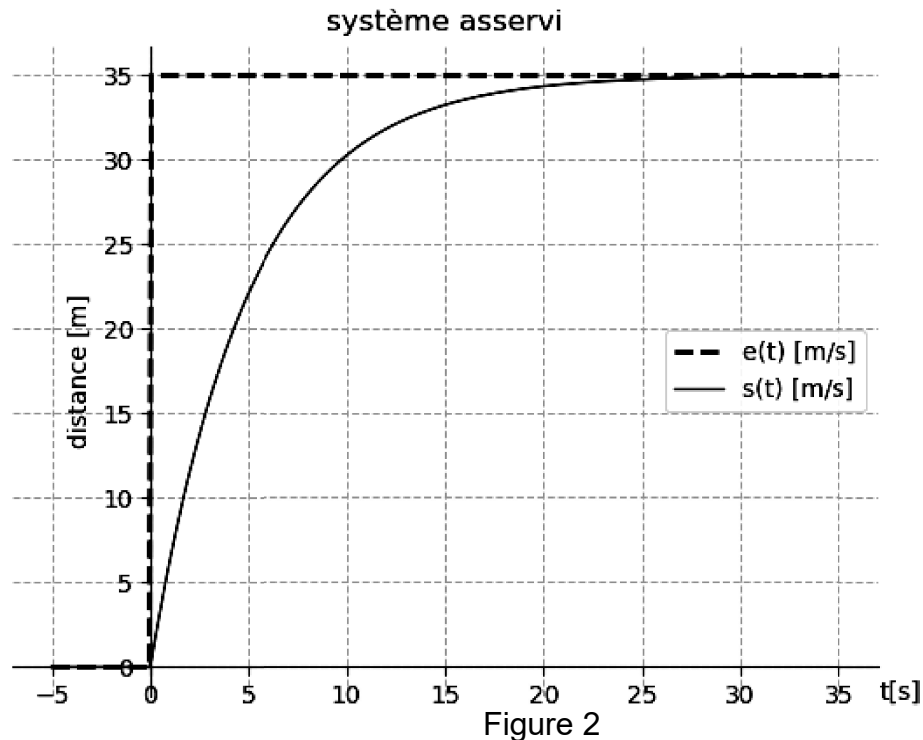
**EXERCICE 3 PERFORMANCES D'UN SYSTEME ASSERVI**

Asservissement de position :

– Cahier des charges

| Critères    | Niveaux                                |
|-------------|----------------------------------------|
| Stabilité   | Le système doit être stable            |
| Précision   | Erreur statique inférieure à 5%        |
| Rapidité    | Temps de réponse à 5% inférieur à 20 s |
| Dépassement | Premier dépassement inférieur à 10%    |

Ce système est soumis à une consigne en échelon. La réponse temporelle de cet essai est proposée figure 2.



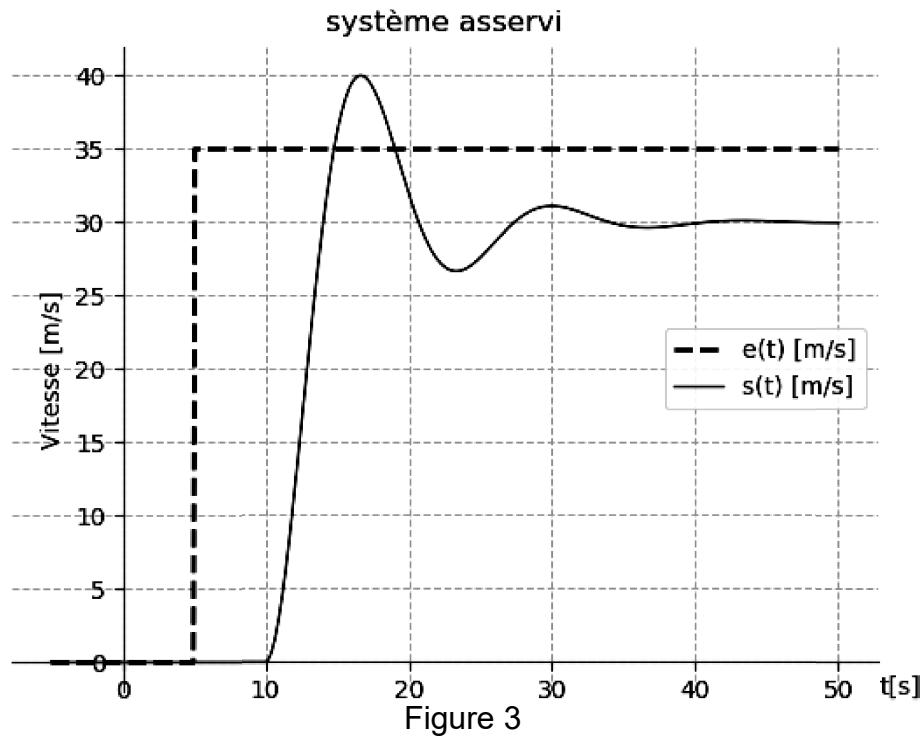
**Question 9 :** Déterminer pour chaque critère si le cahier des charges est respecté. Dessiner sur le Document Réponse 2 toutes les constructions utiles pour étayer les réponses.

Asservissement de vitesse :

– Cahier des charges

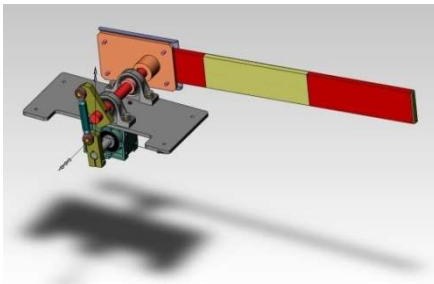
| Critères    | Niveaux                                |
|-------------|----------------------------------------|
| Stabilité   | Le système doit être stable            |
| Précision   | Erreur statique inférieure à 10%       |
| Rapidité    | Temps de réponse à 5% inférieur à 25 s |
| Dépassement | Premier dépassement inférieur à 20%    |

Ce système est soumis à une consigne en échelon. La réponse temporelle de cet essai est proposée figure 3.



**Question 10 :** Déterminer pour chaque critère si le cahier des charges est respecté. Dessiner sur le Document Réponse 3 toutes les constructions utiles pour étayer les réponses.

#### EXERCICE 4 DETERMINATION DE LA LOI ENTREE SORTIE SUR LA BARRIERE DECMA



La barrière DECMA est utilisée pour les entrées de parking. L'actionneur est un moteur asynchrone choisi pour sa robustesse, sa vitesse de rotation est réduite par un réducteur qui anime un système de double manivelle bielle. L'objectif de cet exercice est de déterminer une relation entre l'angle à la sortie du réducteur (entrée) et l'angle de rotation de la barrière (sortie).

$\overrightarrow{AB} = a.\overrightarrow{x_0} + b.\overrightarrow{y_0}$  ;  $\overrightarrow{BN} = c.\overrightarrow{x_1^*}$  ;  $\overrightarrow{NM} = -d.\overrightarrow{x_2}$  ;  $\overrightarrow{MA} = -e.\overrightarrow{x_3}$  avec  $a=15$  mm ;  $b=138$  mm ;  $c=83$  mm ;  $d=153$  mm ;  $e=60$  mm

$\theta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1})$  ;  $\theta + \frac{2\pi}{3} = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1^*})$  ;  $\beta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_2})$  ;  $\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_3})$

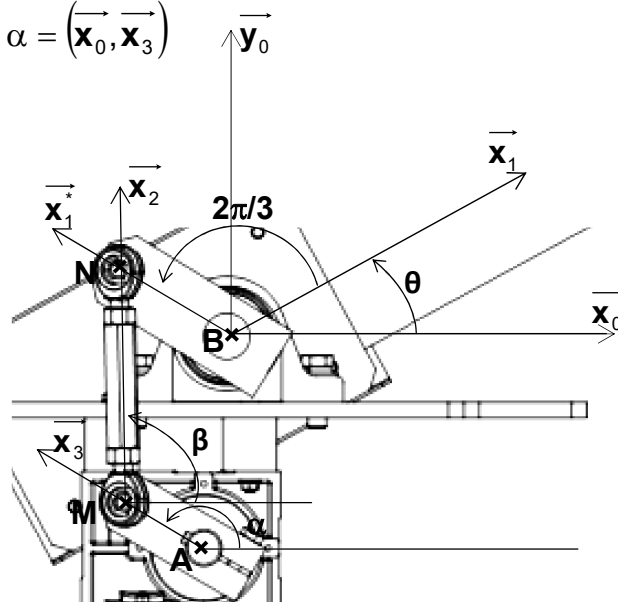


Figure 4

**Question 11 :** A partir du paramétrage et de la figure 4 écrire la fermeture géométrique du mécanisme en fonction de  $a, b, c, d, e, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{x}_1, \vec{x}_2$  et  $\vec{x}_3$ .

**Question 12 :** Dessiner les figures de changement de bases appropriées pour la projection de la fermeture géométrique sur les axes  $\vec{x}_0$  et  $\vec{y}_0$ . En déduire les deux équations de projection sur  $\vec{x}_0$  et  $\vec{y}_0$ .

**Question 13 :** Montrer qu'on peut trouver une relation entre  $\alpha$  et  $\theta$  de la forme :

$$D^2 = (A + C \cdot \cos(\theta + 2\pi/3) + E \cdot \cos \alpha)^2 + (B + C \cdot \sin(\theta + 2\pi/3) + E \cdot \sin \alpha)^2$$

Donner les valeurs de A, B, C, D et E en fonction de a, b, c, d et e faire les applications numériques.

Une résolution numérique de l'expression non linéaire de la question 13 est donnée figure 5

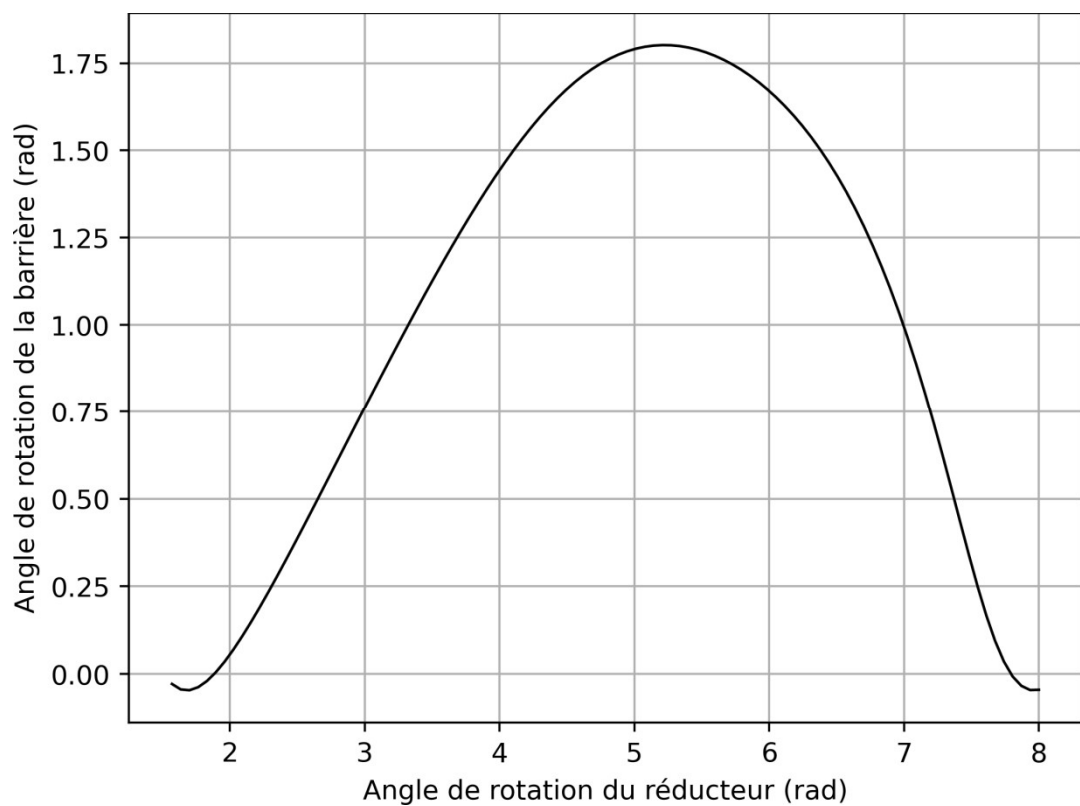
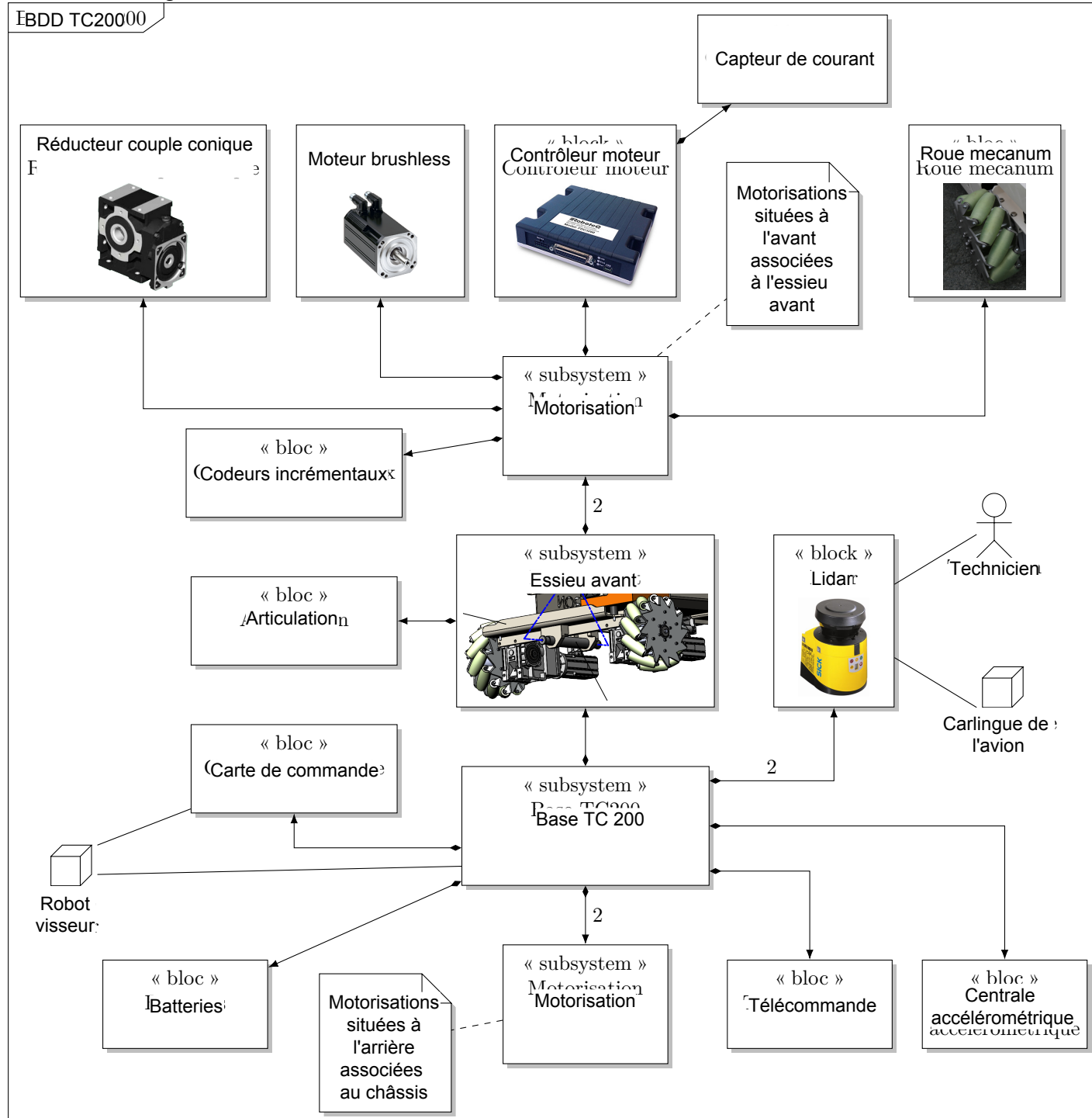


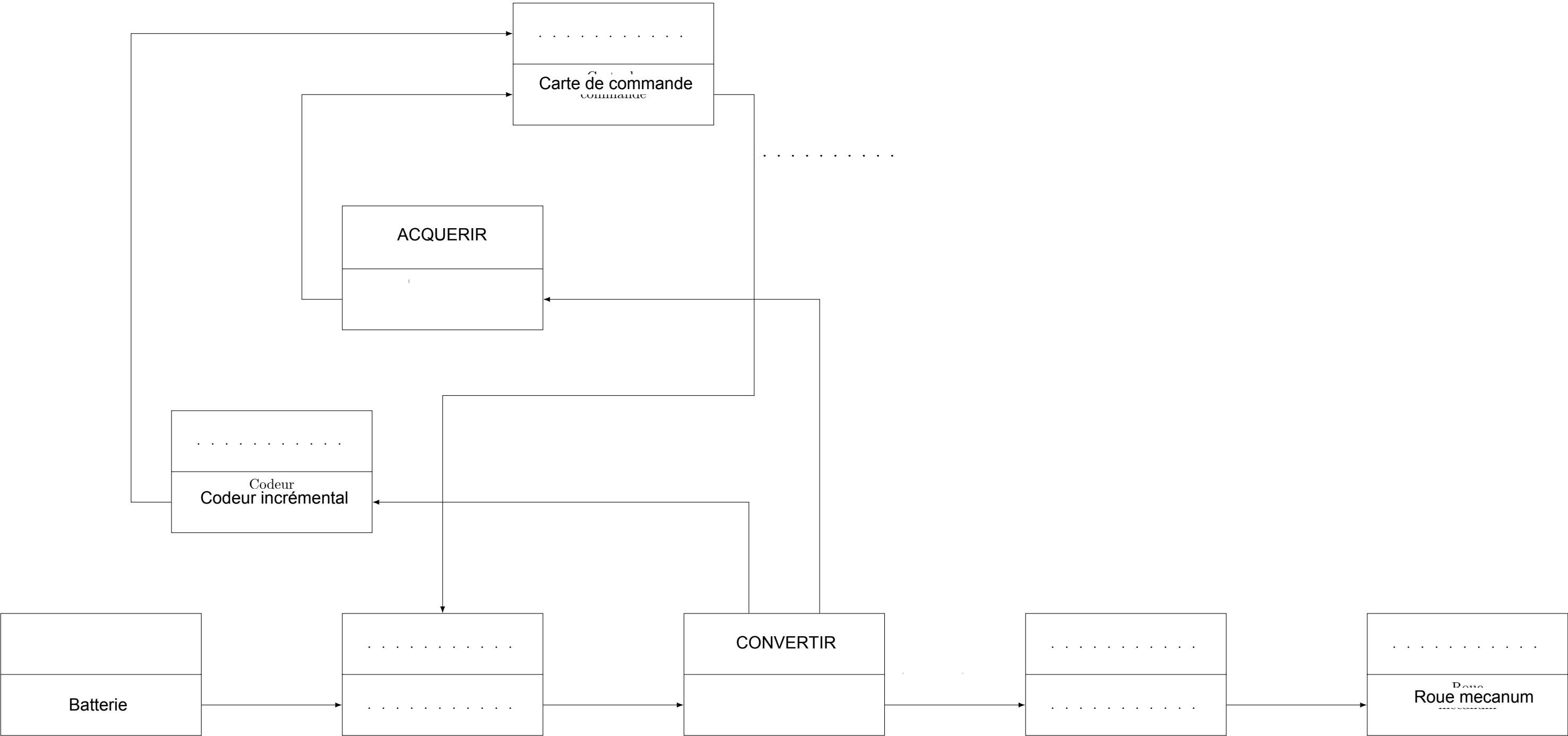
Figure 5

**Question 14 :** Dans quelle position se trouve la barrière lorsque  $\alpha = 4$  rad ? Que peut-on dire de l'évolution de  $\theta$  lorsque  $\alpha$  est compris dans l'intervalle  $[2, 4]$  ? Déterminer la fonction  $f$  telle que  $\theta = f(\alpha)$  sur cet intervalle.

# Annexe 1: Diagramme de définition de blocs



Question 7 et 8

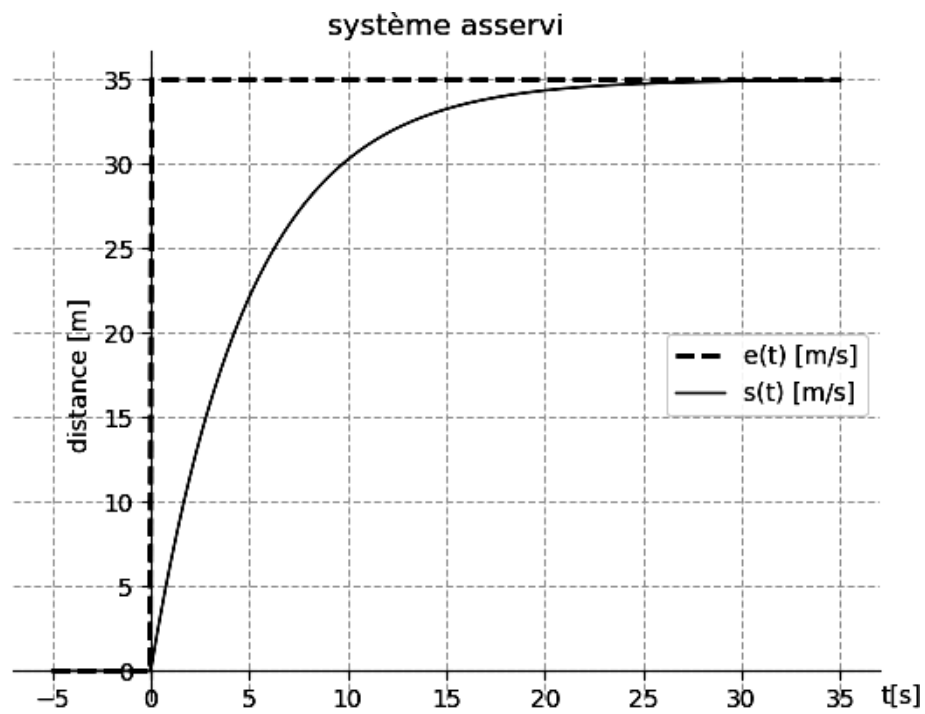


Nom : .....

Prénom : .....

Classe : .....

## Document réponse 2



## Document réponse 3

