

## Exercice 1 HUBLEX

### Présentation générale

Le système étudié dans ce sujet, appelé Hublex, est un gyropode professionnel destiné à faciliter le déplacement des collaborateurs au sein d'entreprises, administrations, hôpitaux... lorsque ces lieux sont de grandes tailles. La **figure 1** montre un exemple d'utilisation dans l'entrepôt d'une entreprise de logistique.



**Figure 1** - Hublex en utilisation dans une entreprise de logistique

Il est en effet prouvé que les déplacements piétons sur les lieux de travail peuvent générer, s'ils sont répétitifs, des fatigues extrêmes ainsi que des troubles musculo-squelettiques. Il n'est pas rare, par exemple, qu'au cours d'une journée, des employés marchent plusieurs kilomètres sur leur lieu de travail, parfois sous la forme de micro-déplacements. C'est dans ce contexte qu'a été conçu, en France, le Hublex.

Ce gyropode doit permettre de réduire la fatigue des collaborateurs afin d'augmenter leur bien-être. Sa particularité est d'avoir été spécifiquement créé pour s'intégrer dans un environnement de travail. Voici ses caractéristiques principales.

- Prise en main en moins de 5 minutes.
- Maniabilité optimisée.
- Faible largeur, inférieure à 40 cm.
- Léger, moins de 12 kg.
- Utilisable 24 h/24 grâce à sa batterie interchangeable.

On peut voir, **figure 2**, une vue générale du produit. Les principales exigences du système sont présentées dans le diagramme d'exigences (voir **D6**).

### Description du produit

Le Hublex se caractérise par une conception originale alliant une structure et une motorisation à la fois épurées mais aussi très modernes (voir **figure 3**). Le châssis est constitué de pièces évidées et les roues sont sans moyeu (« hubless » en anglais). La liaison pivot entre chaque roue et le châssis est astucieusement réalisée par l'intermédiaire de liaisons quasi ponctuelles, ce qui permet de limiter le coût et la quantité de matière nécessaire à sa réalisation.

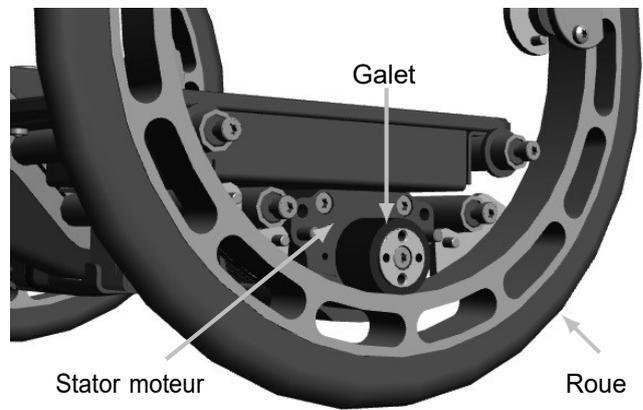


**Figure 2** - Vue générale du Hublex

Chaque roue possède sa propre motorisation constituée d'une machine synchrone avec autopilotage permettant de s'affranchir de l'utilisation d'un réducteur. La transmission se résume à un galet directement lié à l'arbre moteur entraînant la roue (voir **figure 4**).



**Figure 3** - Vue extérieure de la structure

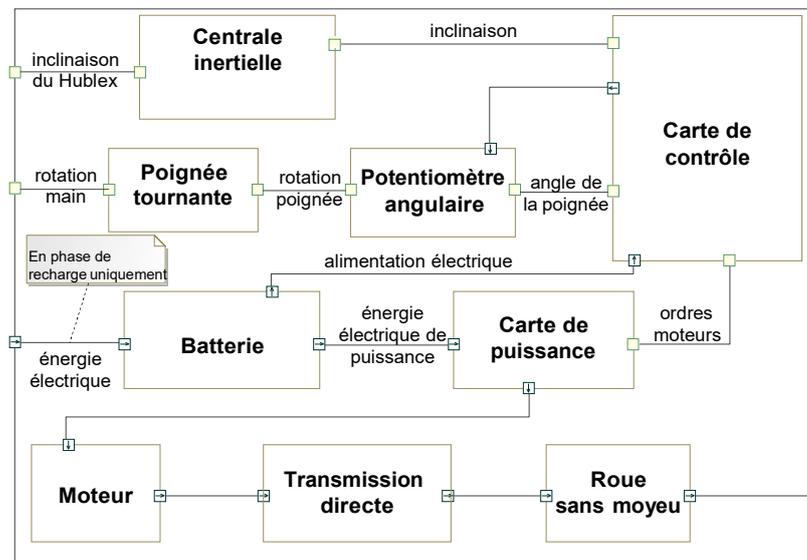


**Figure 4** - Détail de la transmission par galet (sans croissant de guidage)

### Principe de fonctionnement général

Les principaux composants constituant un Hublex sont rassemblés dans le diagramme de bloc interne (**figure 5**).

Le pilote commande la direction et la vitesse. Pour avancer ou reculer, il influe sur l'inclinaison du châssis du Hublex en se penchant en avant ou en arrière. Cette inclinaison, mesurée grâce à une centrale inertielle, correspond à une consigne d'accélération imposée par le pilote. Lorsqu'il se penche, l'équilibre de l'ensemble {Hublex + pilote} est assuré par le Hublex lui-même grâce à un asservissement visant à le redresser. La vitesse est réglée grâce à une poignée tournante.



**Figure 5** - Diagramme de bloc interne

**Question 1 :** A quel besoin répond le Hublex? Donner une réponse précise et argumentée.

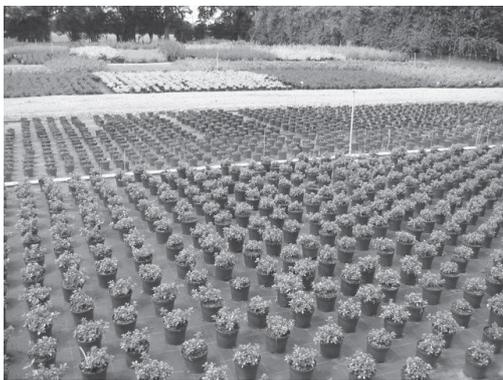
**Question 2 :** D'après la description du système, et du diagramme des exigences, donner trois arguments qui pourraient être pertinents pour distinguer le Hublex des autres gyropodes vendus sur le marché par des entreprises concurrentes.

**Question 3 :** En se référant au diagramme de bloc interne, quelle est la nature de l'énergie entrant dans le moteur. Quelle est la nature de l'énergie sortant du moteur.

**Question 4 :** Donner le(s) information(s) qui entre(nt) dans la carte de contrôle. Donner le(s) information(s) qui sorte(nt) de la carte de contrôle.

## **Exercice 2 Le robot TROOPER**

En culture hors-sol (**figure 1**), il faut constamment déplacer les pots pour profiter de la lumière, pour regrouper les cultures, isoler celles qui posent problème, ... Ce travail est pénible physiquement et les pépiniéristes peinent à trouver de la main d'oeuvre pour réaliser ces tâches quotidiennes difficiles.



**Figure 1** - Exemple de culture hors-sol



**Figure 2** - Robot TROOPER

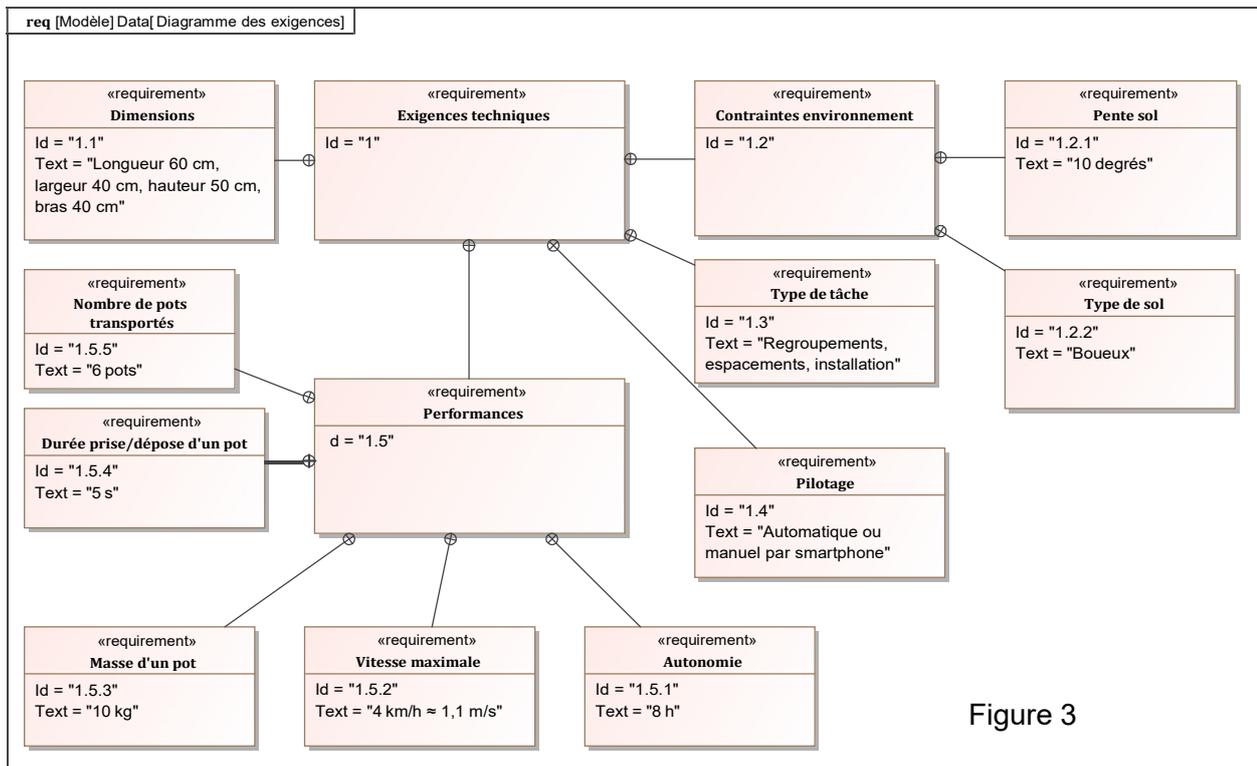
Les spécifications que doit respecter le robot sont directement liées aux contraintes imposées par la culture hors-sol.

Une des contraintes majeures est la vitesse à laquelle le robot doit se déplacer et réaliser les opérations de prise/dépose de pots afin d'être si possible aussi rapide qu'une personne.

Un exemple de tâche à réaliser consiste à déplacer 4 rangées de 6 pots d'une zone à une autre. Le robot doit prendre les 6 pots de la rangée 1 de la zone 1, puis les déplacer dans la rangée 1 de la zone 2, de même pour les autres rangées.

La société INSTAR ROBOTICS a déposé un brevet concernant la solution permettant de prendre les pots (**figure 4**). Cette solution utilise deux moteurs, l'un pour rapprocher les bras et l'autre pour les lever et placer un pot dans une zone pouvant contenir 6 pots (magasin). Des capteurs permettent de détecter lorsque les bras sont en position ouverte (bras complètement écartés) ou en position fermée (pinces en contact l'une avec l'autre). De même, des capteurs permettent de détecter la position haute et la position basse des bras. En position haute, il suffit d'ouvrir les bras pour que le pot soit bien placé dans la zone de stockage des pots. Pour détecter qu'il est possible de lever un pot, le courant  $i$  parcourant les moteurs est utilisé. S'il dépasse une valeur  $i_0$ , cela veut dire que le pot est serré suffisamment fort entre les deux mains et qu'il est possible de le lever.

La figure 3 donne les exigences du robot TROOPER.



**Question 5 :** Grâce au diagramme des exigences, donner les critères pour évaluer les performances du robot. Pour chaque critère indiquer le niveau. Quel est le critère sur lequel on ne peut pas imaginer de flexibilité ?

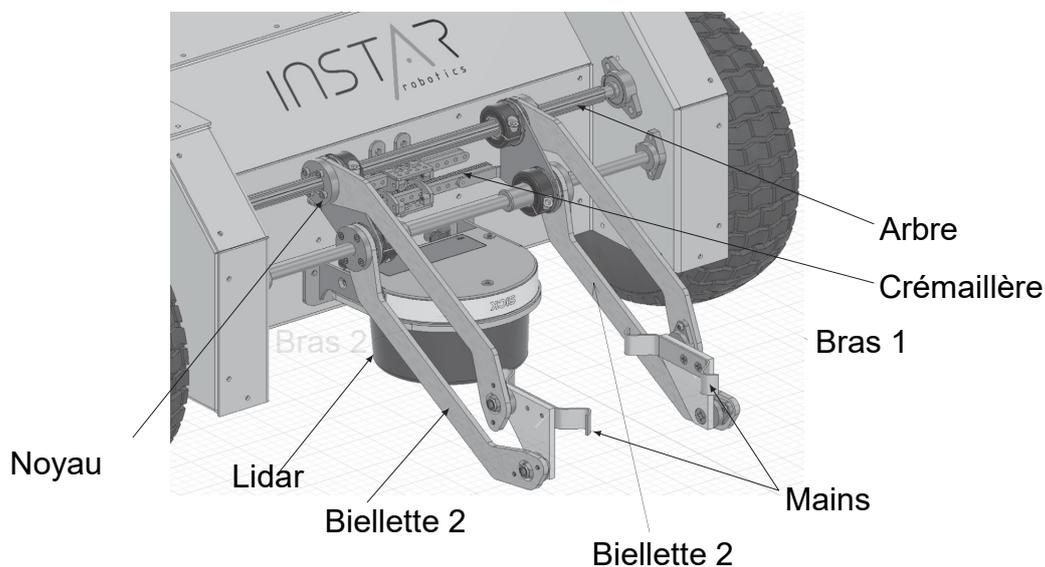


Figure 4 Système réel

**Question 6 :** Sur le schéma cinématique complet (figure 5) du système de levage, colorier en rouge les 2 mains, en bleu les 2 bras, en vert les 2 biellettes, en noir le châssis, en violet les 2 crémaillères et en jaune l'arbre cannelé.

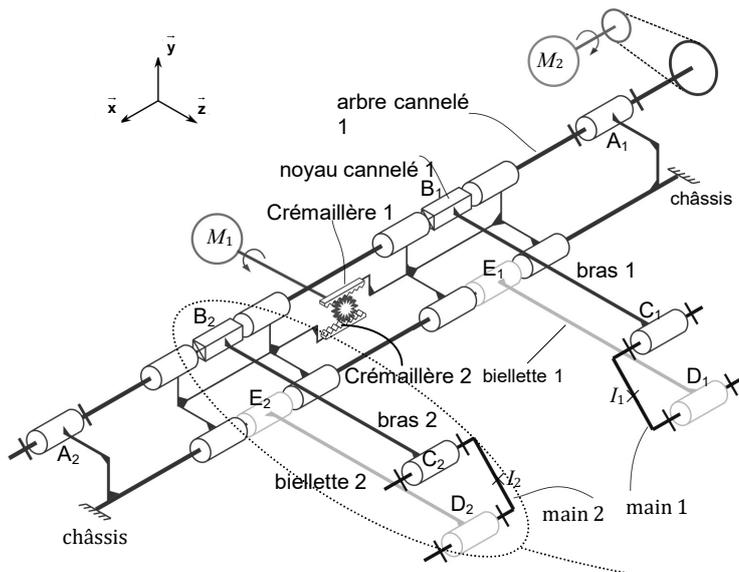


Figure 5 Schéma cinématique en 3D

Ensemble étudié à partir de la question 8.

**Question 7 :** Compléter le graphe des liaisons (Figure 6) en indiquant le type de liaison mécanique, le point et l'axe.

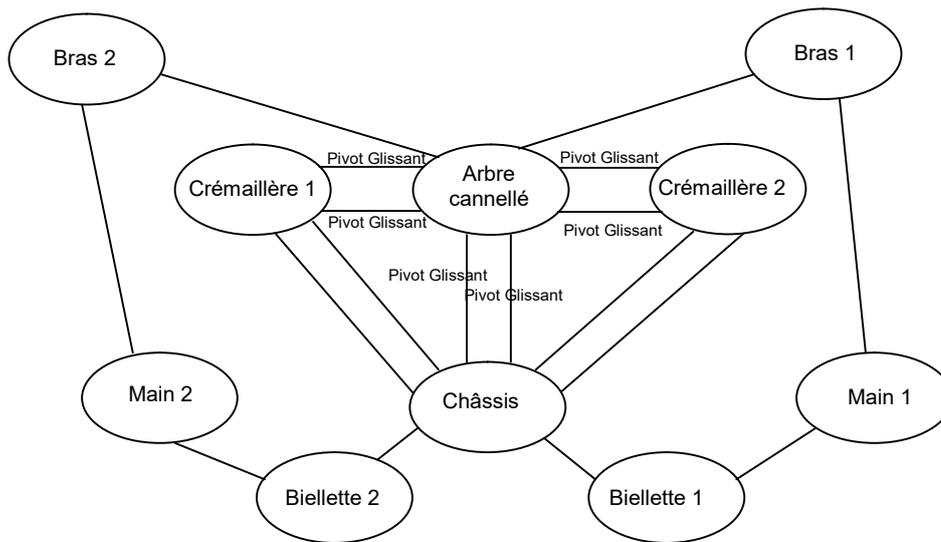


Figure 6

Vu de côté un bras peut être représenté avec le schéma cinématique Figure 7 :

$$\alpha = (\vec{y}, \vec{y}_1), \quad \overline{ED} = \overline{BC} = L \cdot \vec{y}_1, \quad \overline{DI} = b \cdot \vec{y} + c \cdot \vec{z}$$

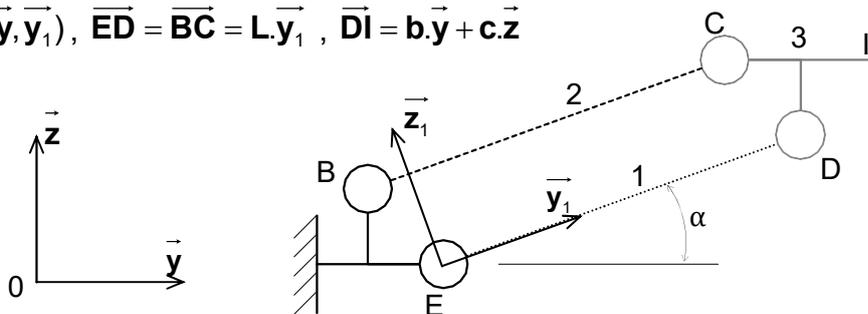
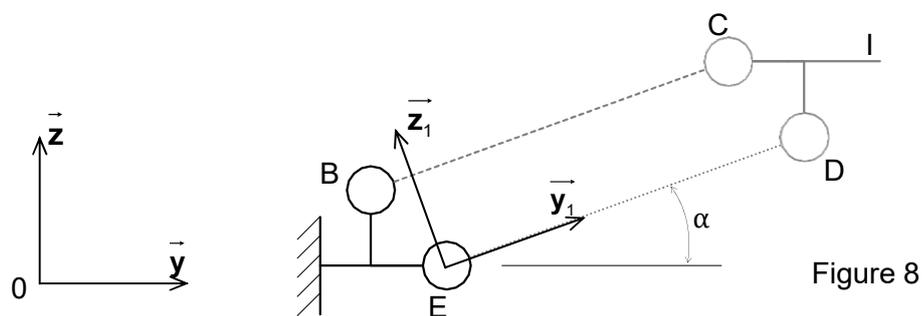


Figure 7

**Question 8 :** Nommer à l'aide la figure 4, les solides 1, 2 et 3. Pour chacun indiquer quels sont les points fixes.

**Question 9 :** Dessiner la figure de changement de base entre les repères  $R = (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  et  $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ .

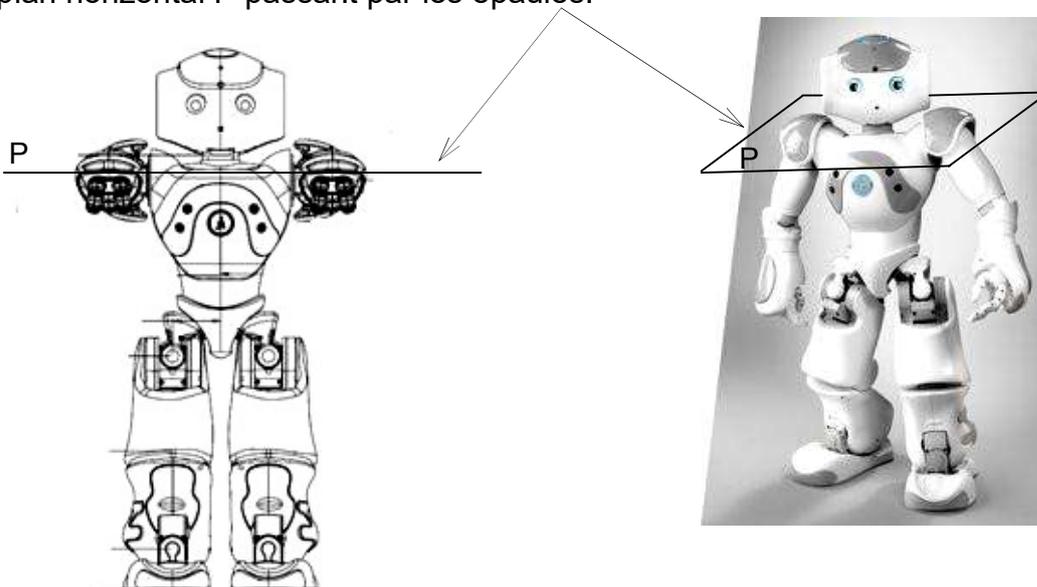
**Question 10 :** Dessiner sur le schéma Figure 8 le mécanisme avec  $\alpha=90^\circ$ . Dessiner en pointillé les trajectoires de C, D et I et noter C', D' et I' les positions finales des trois points. Qu'y-a-t-il de remarquable sur la position du segment CI ?

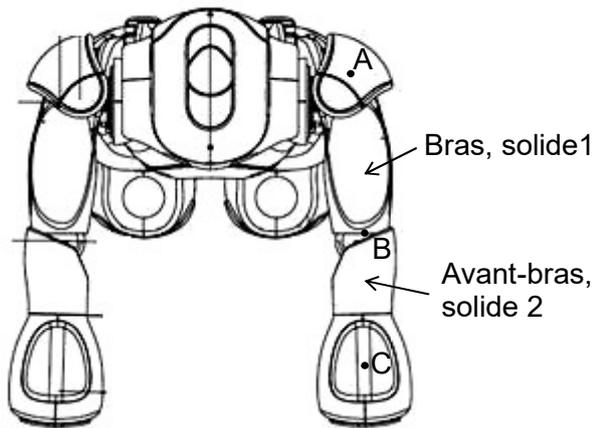


**Question 10 :** Donner l'expression du vecteur position du point I par rapport au repère R. Projeter ce vecteur dans la base  $R = (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .

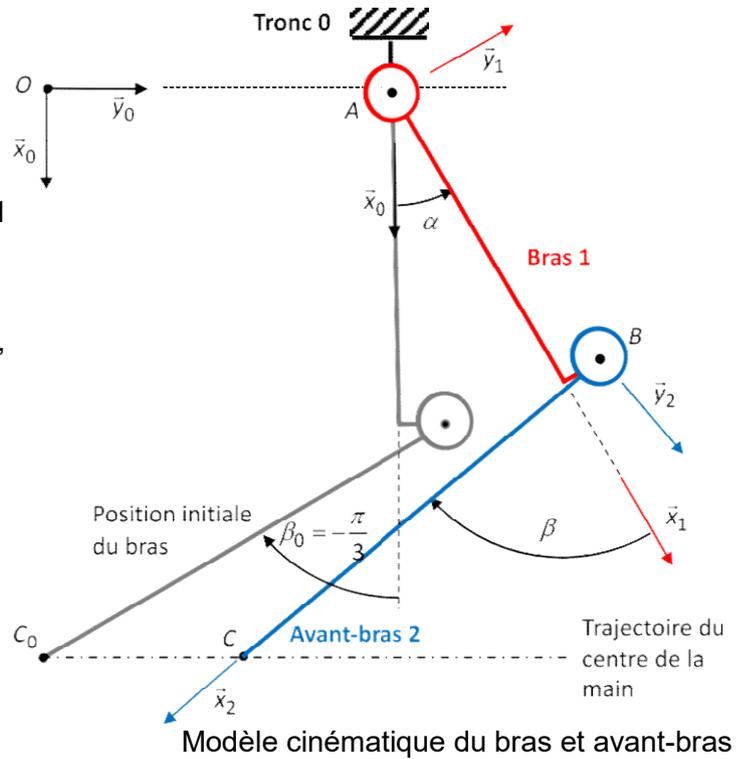
**Exercice 3 Le robot NAO**

Le robot NAO est un robot humanoïde qui peut avoir 25 mouvements possibles (chevilles, hanches, bras, épaules....). Dans le cadre de cette étude on va étudier le mouvement des bras dans le plan horizontal P passant par les épaules.





Vue de dessus



Le paramétrage est donné ci-dessous :

$$\overrightarrow{OC} = X.\overrightarrow{y_0} + Y.\overrightarrow{x_0}$$

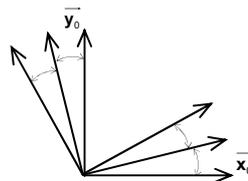
$$\overrightarrow{OA} = a.\overrightarrow{y_0} \quad a = 98 \text{ mm}$$

$$\overrightarrow{AB} = b.\overrightarrow{x_1} + c.\overrightarrow{y_1} \quad \text{avec } b = 105 \text{ mm et } c = 15 \text{ mm}$$

$$\overrightarrow{BC} = d.\overrightarrow{x_2} \quad \text{avec } d = 55,95 + 57,75 = 113,7 \text{ mm}$$

$$\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1}) \quad \text{et} \quad \beta = (\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{x_2})$$

**Question11** : Compléter la figure de changement de base ci-dessous :



**Question12** : Déterminer le vecteur position  $\overrightarrow{OC}$  et déduire le modèle géométrique direct qui consiste à donner X et Y en fonction de  $\alpha$  et  $\beta$ .

**Question13** : Après avoir posé  $\gamma = \alpha + \beta$ , déterminer une relation entre  $\alpha$  et  $\gamma$  sous la forme :  $A.\cos\alpha - B.\sin\alpha = C$  avec A, B et C qui ne dépendent pas de  $\alpha$ ;

Utiliser le résultat intermédiaire ci-dessous pour déterminer  $\alpha$  en fonction de  $\gamma$  en déduire  $\beta$  et Y

$$\text{Si } A.\cos\alpha - B.\sin\alpha = C \text{ alors } \alpha = \arccos\left(\frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right) - \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$$