

SUJET SI-E3C-22-03

## Constitution du sujet

- **Étude d'une performance du produit**..... Pages 3 à 7
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** ..... Pages 8 à 12
- **Documents réponses** ..... Page. 13

### Rappel du règlement de l'épreuve

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

## PRÉSENTATION DU PRODUIT ETUDIÉ

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) via "la classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé" a défini plusieurs objectifs à atteindre afin de favoriser l'autonomie des personnes en situation de handicap (boire et se nourrir, prise de médicaments, sécurité personnelle, ...).

Un robot d'assistance permet d'atteindre ces objectifs et ainsi d'améliorer leur qualité de vie.

Le sujet porte sur l'étude d'un bras robotisé d'assistance aux personnes en situation de handicap lourd (dystrophie musculaire, tétraplégie, ...).



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

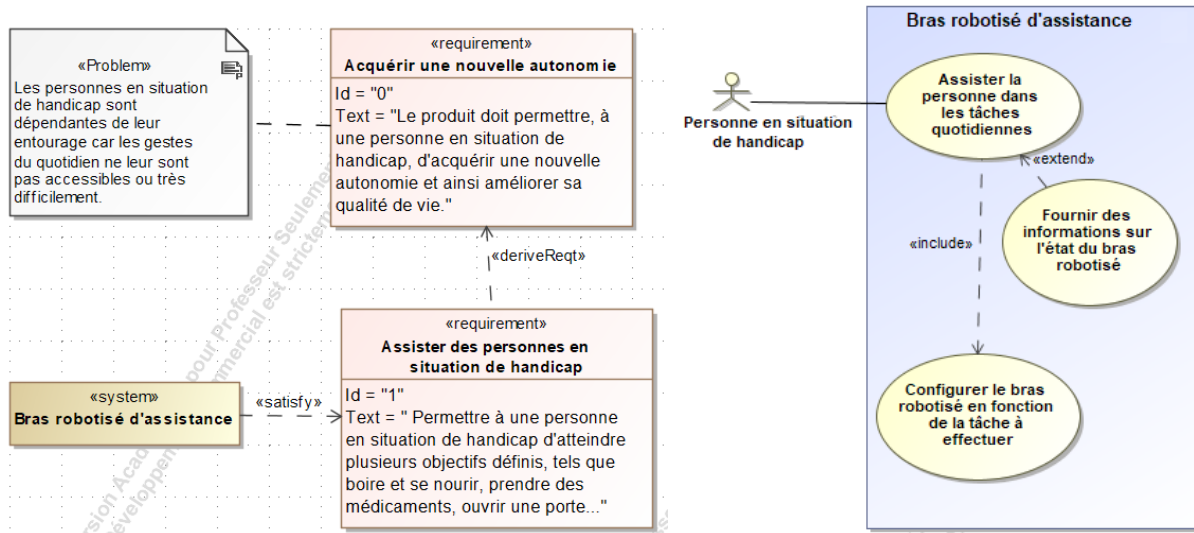


Figure 1 : mission et cas d'utilisation du bras robotisé d'assistance

## ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

**Problématique :** Quelle est la capacité de la batterie nécessaire au fonctionnement du bras robotisé ?

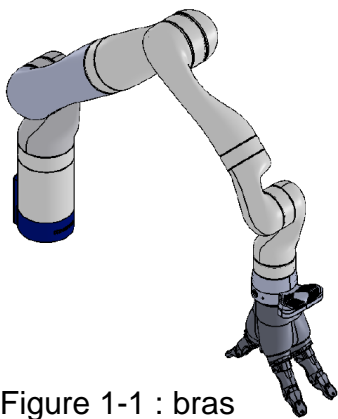


Figure 1-1 : bras robotisé d'assistance

Le bras robotisé d'assistance (figure 1-1) utilisé est un bras poly-articulé 7 axes. Une main artificielle, que l'on dénommera pince, est fixée à son extrémité afin de manipuler les objets.

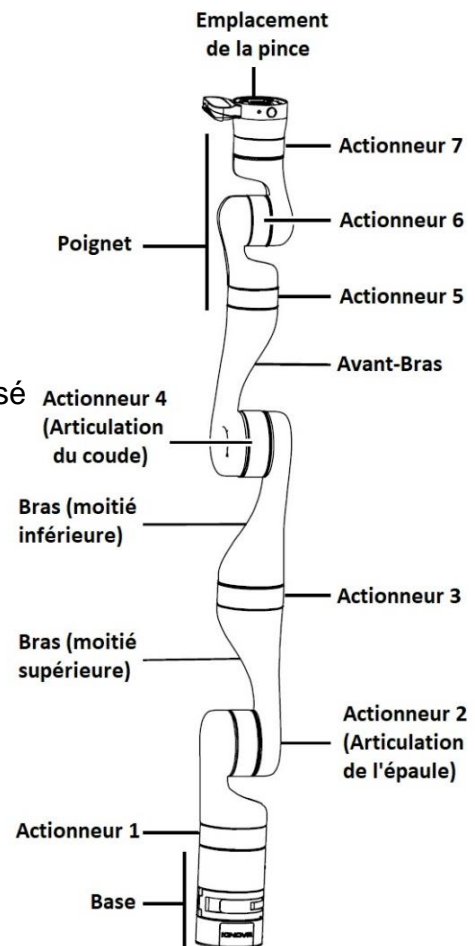
L'objectif de l'étude est de vérifier l'autonomie de la batterie.

Une étude des efforts dans la situation la plus contraignante sera réalisée. L'énergie nécessaire pour un cycle de fonctionnement sera ensuite estimée. Pour terminer, une validation de la capacité de la batterie sera faite.



Une étude statique de la situation la plus contraignante pour l'actionneur 2 de l'articulation de l'épaule (figure 1-2 et 1-3).

Figure 1-2 : composants principaux du bras robotisé



Le bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur le système étudié est le suivant :

- $\vec{P}_{bras}$  : poids du bras robotisé appliqué en son centre de gravité  $G_{bras}$  ;
- $\vec{P}_{charge}$  : poids de la charge à l'extrémité du bras robotisé (point P) ;
- $\vec{C}_{mot 2}$  : couple moteur de l'actionneur 2 autour de l'axe (O ;  $\vec{z}$ ).

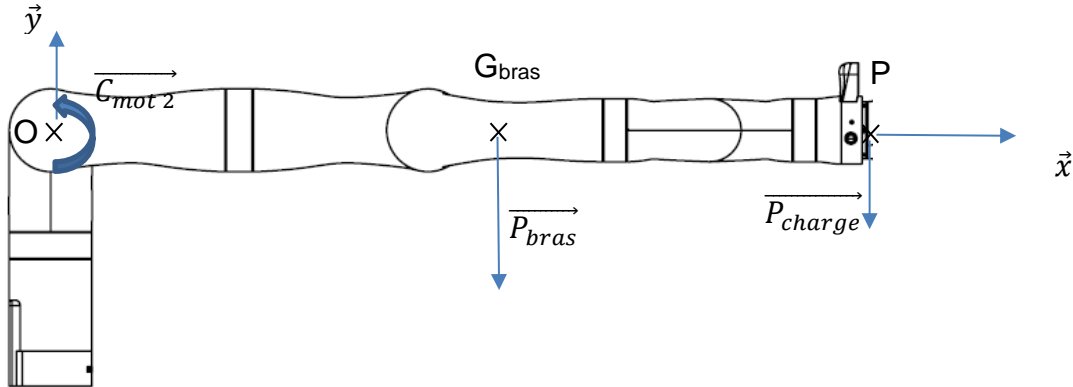


Figure 1-3 : étude statique bras robotisé en position horizontale

La configuration étudiée est celle où le bras est en position horizontale (figure 1-3) avec la charge maximale à son extrémité.

Théorème du moment en statique en O :

$$\sum \overrightarrow{M_O(\vec{F}_{ext})} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{C_{mot\ 2}} + \overrightarrow{M_O(\vec{P}_{bras})} + \overrightarrow{M_O(\vec{P}_{charge})} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{C_{mot\ 2}} + \overrightarrow{OG_{bras}} \wedge \vec{P}_{bras} + \overrightarrow{OP} \wedge \vec{P}_{charge} = \vec{0}$$

$$\text{Dans notre cas, } \|\overrightarrow{C_{mot\ 2}}\| = \|\overrightarrow{OG_{bras}}\| \cdot \|\vec{P}_{bras}\| + \|\overrightarrow{OP}\| \cdot \|\vec{P}_{charge}\|$$

où  $\|\vec{P}_i\|$  est la norme du poids de  $i$  avec  $\|\vec{P}_i\| = m_i \cdot g$  où  $m_i$  est la masse de  $i$  et  $g$  l'accélération de la pesanteur de valeur  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Données :  $\|\overrightarrow{OG_{bras}}\| = 491 \text{ mm}$ ,  $\|\overrightarrow{OP}\| = 902,5 \text{ mm}$ ,  $m_{bras} = 5,12 \text{ kg}$

et  $m_{charge} = 4 \text{ kg}$

Question I-1 En utilisant les relations précédentes, **déterminer** le couple nécessaire à l'actionneur 2 noté  $\|\overrightarrow{C_{mot\ 2}}\|$  permettant de maintenir le bras dans la position étudiée.

Figure 1-3

Une loi de mouvement en trapèze de vitesse (position initiale : bras horizontal) a été imposée en entrée du modèle simulé du système mécanique. Cette étude a permis d'obtenir la courbe de variation du couple de l'actionneur 2 (figure 1-4).

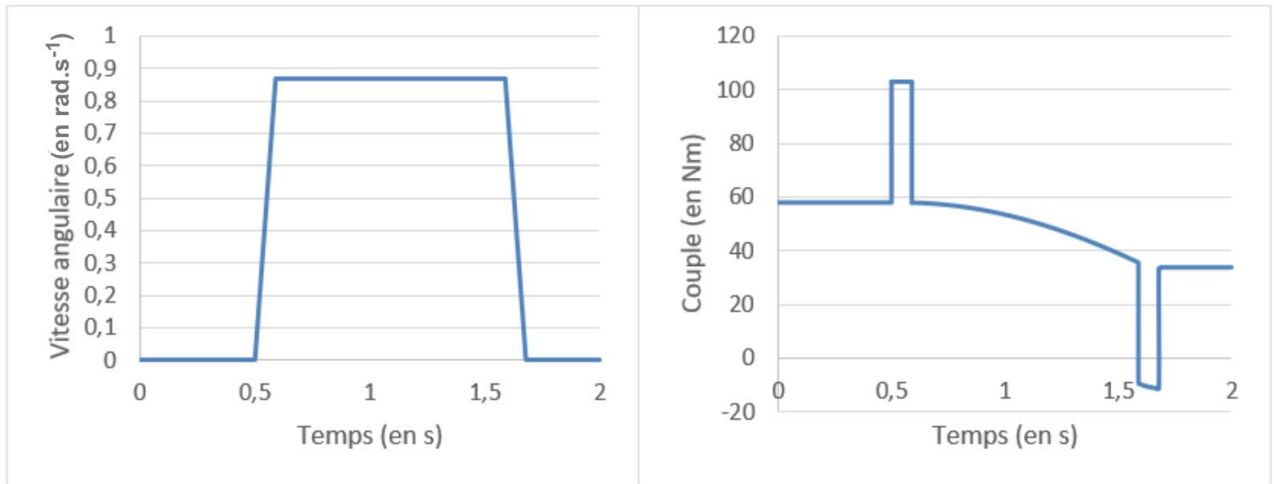
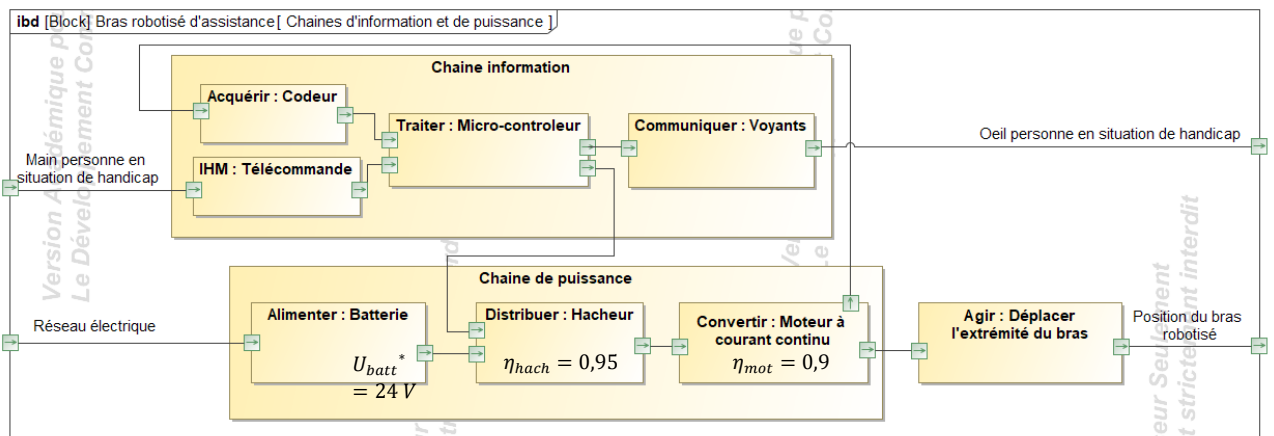


Figure 1-4 : loi de mouvement en trapèze de vitesse et couple de l'actionneur 2

Question I-2

Figure 1-3  
Figure 1-4

**Relever sur** la figure 1-4 le couple  $C_{repos}$  correspondant à la situa décrite par la figure 1-3 et le couple maximum  $C_{maxi}$  lors l'accélération angulaire est maximale. **En déduire** la puissa maximale  $P_{actionneur\ max}$  en sortie de l'actionneur 2 pour effectue mouvement à charge maximale.



$U_{batt}^*$  : tension batterie

Figure 1-5 : diagramme de blocs Internes

La puissance maximale en sortie du moteur à courant continu  $P_{MCC}$  est fixée à 100 W.





## COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DU PRODUIT OU MODIFICATION DE SON COMPORTEMENT

**Problématique** : Peut-on établir la commande de fonctionnement du mode d'approche « pas à pas » du bras robotisé ?

Les personnes en situation de handicap n'ont pas toutes la même mobilité au niveau des membres supérieurs. Il est donc nécessaire d'adapter la commande du bras robotisé d'assistance en fonction du niveau du handicap.

Pour les personnes ayant les handicaps les plus lourds, l'interface homme machine, ici un joystick, propose un mode manuel avec possibilité d'approche pas à pas. Chaque action sur le joystick provoque une amplitude de déplacement de la pince limitée à 5 mm (+ ou - 10 %) et cela quel que soit le positionnement du bras.

Le bras robotisé d'assistance est composé de 7 actionneurs (moteurs à courant continu) reliés par 6 segments de bras. Les actionneurs du poignet sont de type 1 (petit) et les autres actionneurs de type 2 (grand). Le contrôle des mouvements est assuré par 7 codeurs optiques incrémentaux intégrés sur les actionneurs. Pour faciliter la maintenance, les 7 codeurs sont identiques.

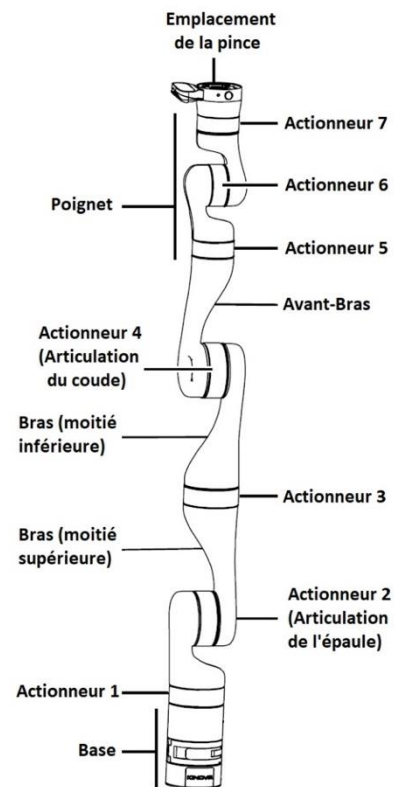


Figure 2-1 : composants principaux du bras robotisé

Pour permettre une amplitude de déplacement de la pince limitée à 5 mm (+ ou - 10%), une étude des actionneurs est nécessaire.



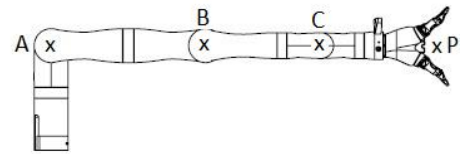
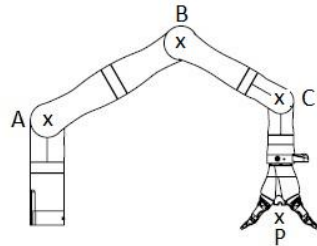
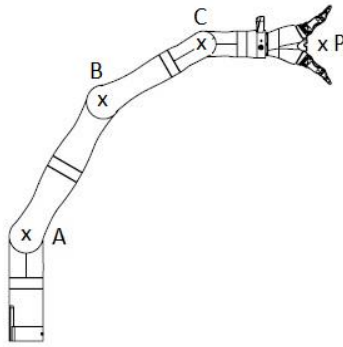


Figure 2-2-1: position 1

Figure 2-2-2 : position 2

Figure 2-2-3 : position 3

Question II-1

**Déterminer** quels sont les actionneurs à piloter afin de passer de la position 1 à la position 2 puis à la position 3. **Justifier** que la configuration représentée sur la figure 2-2-3 est la situation la plus contraignante pour respecter l'exigence imposée.

Figure 2-1

Figures 2-2-x

Il est maintenant nécessaire d'établir la relation entre la commande en rotation de l'actionneur 2 et le déplacement correspondant de la pince. Pour assurer le contrôle du déplacement des actionneurs, l'acquisition de l'information de leur position est assurée par un codeur optique incrémental associé à un compteur (fonction assurée par un microcontrôleur).

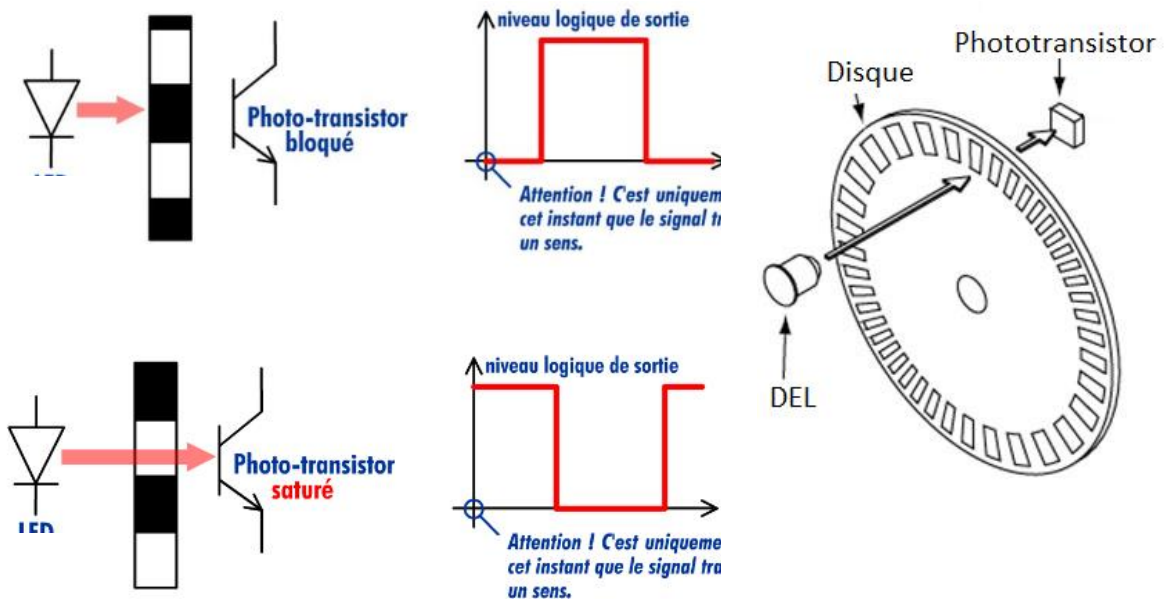


Figure 2-3 : fonctionnement d'un codeur optique incrémental

Un codeur optique incrémental est composé d'un disque comportant des segments opaques et transparents. Le nombre de ces segments détermine le nombre



d'informations obtenues pour un tour et donc la précision de la mesure. Une diode électroluminescente (DEL ou LED en anglais) émet une lumière qui traverse les segments transparents. Un phototransistor, situé de l'autre côté du disque, capte alors cette lumière et délivre un signal électrique.

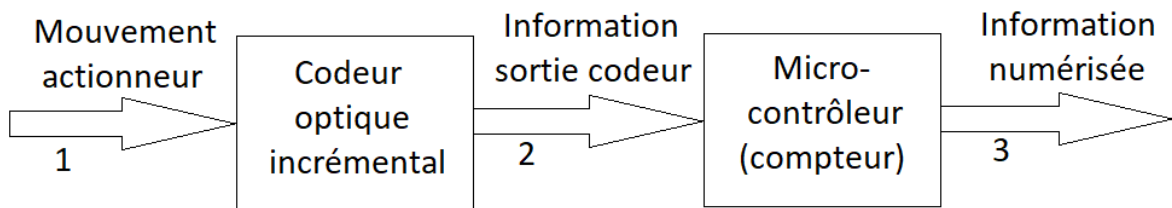


Figure 2-4 : schéma de description de l'acquisition de la position de l'actionneur 2

Question II-2 **Préciser** la nature du flux d'information (analogique, logique ou numérique) pour chaque flèche numérotée.

Figure 2-4

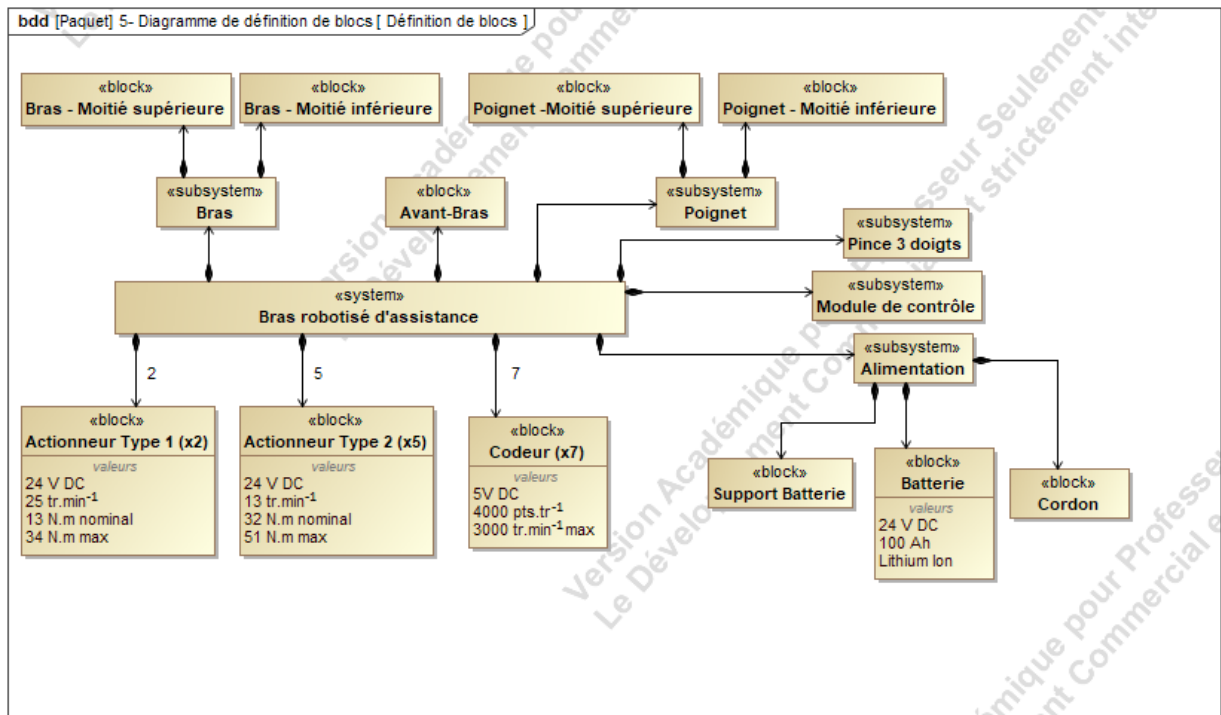


Figure 2-5 : diagramme partiel de définition des blocs du bras

Question II-3

Figure 2-5

**Retrouver** sur le diagramme de définition de blocs, la caractéristique de résolution des codeurs incrémentaux. **Calculer** la précision angulaire en degré du codeur.

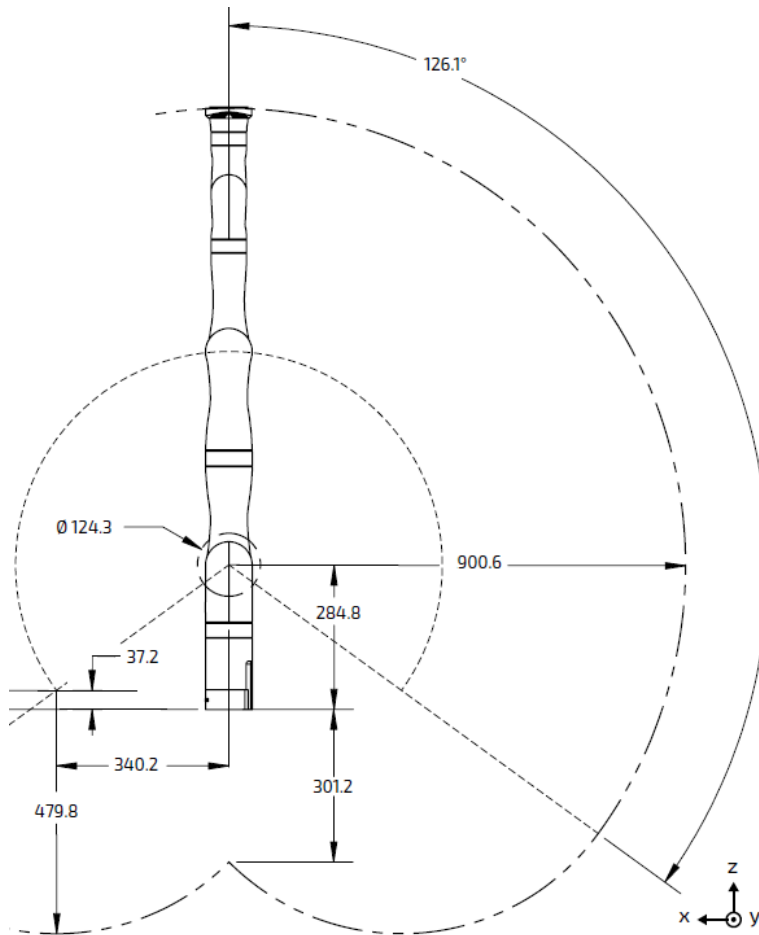


Figure 2-6 : espace de travail du robot  
(Cotation en mm)

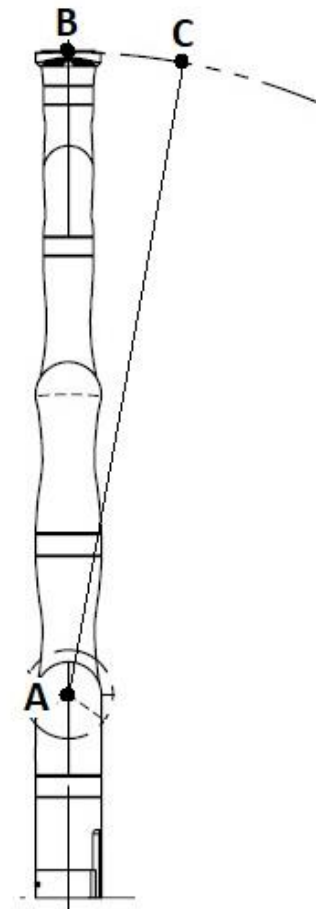


Figure 2-7 : schéma de simplification de l'étude

Pour une faible amplitude de commande de l'actionneur 2 et afin de simplifier les calculs, on peut assimiler la figure ABC à un triangle rectangle en B.



Question II-4

Figure 2-6  
Figure 2-7  
DR1

**Calculer** l'angle de rotation de l'actionneur 2 pour un déplacement de la pince de 5 mm sur le segment [BC] et le nombre d'impulsions correspondant (permettant de s'approcher des 5 mm de déplacement sans les dépasser). **Compléter** l'algorithme de la gestion d'un pas du mode d'approche pas à pas de l'actionneur 2 sur le DR1.

Question II-5

Si on admet que la commande de l'actionneur 2 pour 3 impulsions détectées du codeur permet de commander une rotation de  $0,27^\circ$ , **déterminer** l'amplitude du déplacement réel de la pince. **Calculer** les écarts entre l'exigence de départ, une amplitude de déplacement de la pince de 5 mm (+ ou - 10%), et le déplacement réel précédemment déterminé.

Question II-6

À partir des écarts calculés précédemment, **conclure** quant à la conformité avec l'amplitude du déplacement souhaité et **proposer** une évolution matérielle ou logicielle permettant de satisfaire l'exigence de précision.

