

TD – Actions mécaniques et énergétique

Bras robotisé

I. Présentation

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.

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

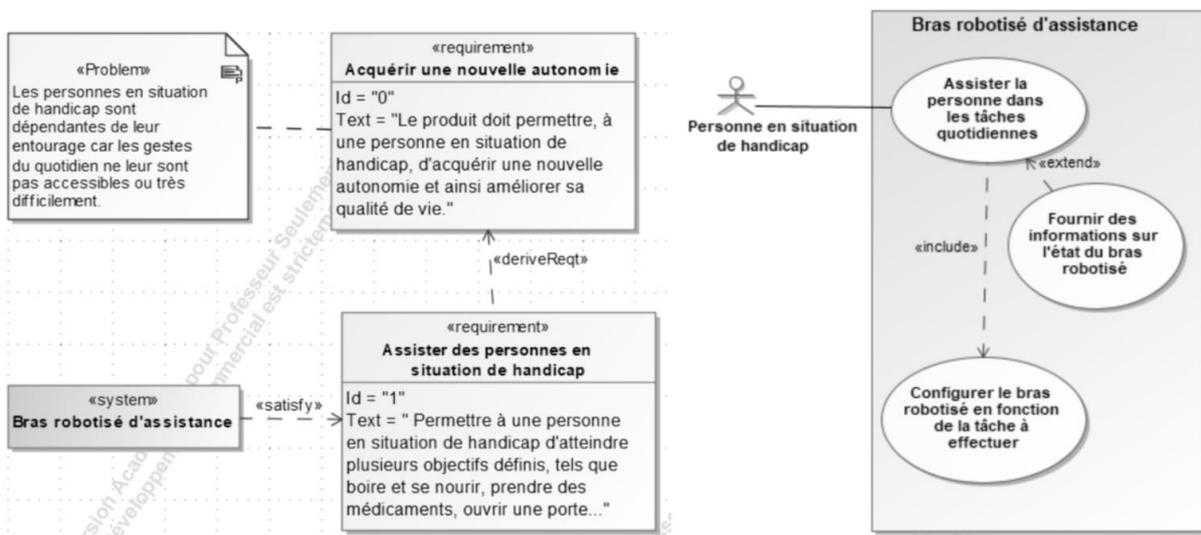
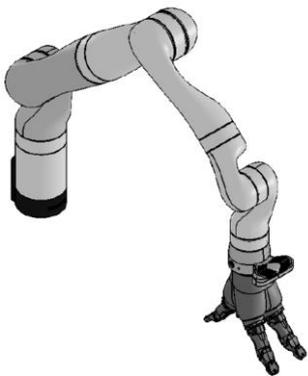


Figure 1 : mission et cas d'utilisation du bras robotisé d'assistance

II. Problématique



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

Le bras robotisé d'assistance (figure 2) 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.

Figure 2 : Bras robotisé

Etude statique de la situation la plus contraignante pour l'actionneur 2 de l'articulation de l'épaule :

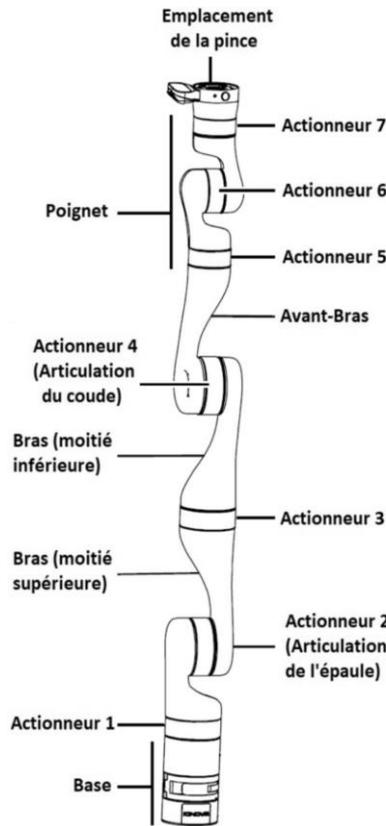


Figure 3 : composants principaux du bras robotisé

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}_{mot2} : couple moteur (moment engendré par les forces électromagnétiques du moteur) de l'actionneur 2 autour de l'axe (O, \vec{z}) .

Données :

$$\|\vec{OG}_{bras}\| = 491mm$$

$$\|\vec{OP}\| = 902.5mm$$

$$m_{bras} = 5.12kg$$

$$m_{charge} = 4kg$$

$\|\vec{P}_i\|$ est la norme du vecteur poids avec :

$$\|\vec{P}_i\| = m_i \times g$$

$$g = 9.81m \cdot s^{-2}$$

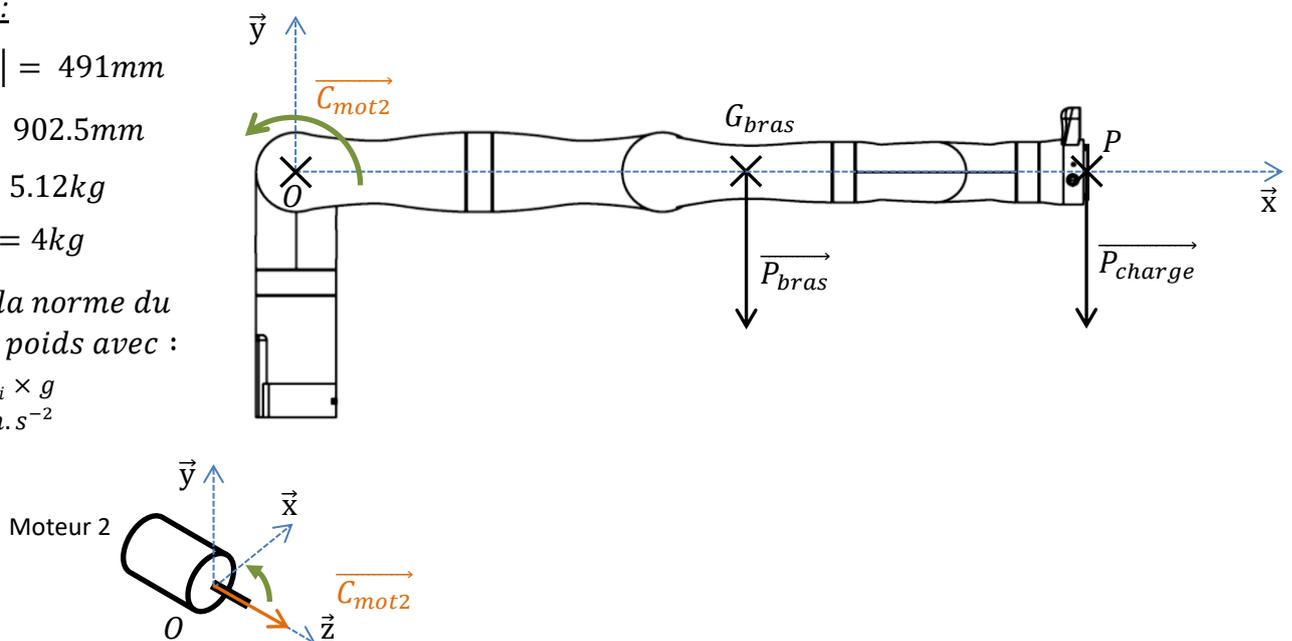


Figure 4 : étude statique du bras robotisé en position horizontale

La configuration étudiée est celle où le bras est en position horizontale (figure 4) avec la charge maximale à son extrémité.

III. Etude statique

Approche vectorielle :

Q1. Donner l'expression littérale liant le vecteur moment $\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{bras}})}$, associé au moment engendré par la force (poids) $\overrightarrow{P_{bras}}$ au point O, en fonction des vecteurs $\overrightarrow{P_{bras}}$ et $\overrightarrow{OG_{bras}}$.

Q2. Calculer le moment $M_O(\overrightarrow{P_{bras}})$ à l'aide du produit vectoriel.

Q3. Donner l'expression littérale liant le vecteur moment $\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{charge}})}$, associé au moment engendré par la force (poids) $\overrightarrow{P_{charge}}$ au point O, en fonction des vecteurs $\overrightarrow{P_{charge}}$ et \overrightarrow{OP} .

Q4. Calculer le moment $M_O(\overrightarrow{P_{charge}})$ à l'aide du produit vectoriel.

Q5. Ecrire le torseur d'action mécanique associé à l'action de la terre sur le bras (poids du bras) $\overrightarrow{P_{bras}}$ au point de réduction G, puis l'écrire au point de réduction O.

Q6. Ecrire le torseur d'action mécanique associé à l'action du poids de la charge $\overrightarrow{P_{charge}}$ au point de réduction P, puis l'écrire au point de réduction O.

Approche scalaire :

Q7. Donner l'expression littérale de la norme du vecteur moment $\|\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{bras}})}\|$, associé au moment engendré par la force (poids) $\overrightarrow{P_{bras}}$ au point O à l'aide du « bras de levier ». Calculer la valeur du moment $M_O(\overrightarrow{P_{bras}})$.

Q8. Donner l'expression littérale de la norme du vecteur moment $\|\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{charge}})}\|$, associé au moment engendré par la force (poids) $\overrightarrow{P_{charge}}$ au point O à l'aide du « bras de levier ». Calculer la valeur du moment $M_O(\overrightarrow{P_{charge}})$.

Utilisation du théorème du moment statique :

Le bras étant en équilibre, on peut ici appliquer ce que l'on appelle le théorème du moment statique en O :

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

La somme des vecteurs-moment engendrés par les forces extérieures au point O est égale au vecteur nul.

Dans notre cas :

$$\overrightarrow{C_{mot2}} + \overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{bras}})} + \overrightarrow{M_O(\overrightarrow{P_{charge}})} = \vec{0}$$

Q9. A l'aide de la relation précédente, déterminer les composantes du vecteur-couple \vec{C}_{mot2} puis le couple $\|\vec{C}_{mot2}\|$ permettant de maintenir le bras dans la position étudiée.

IV. Etude énergétique

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 5) :

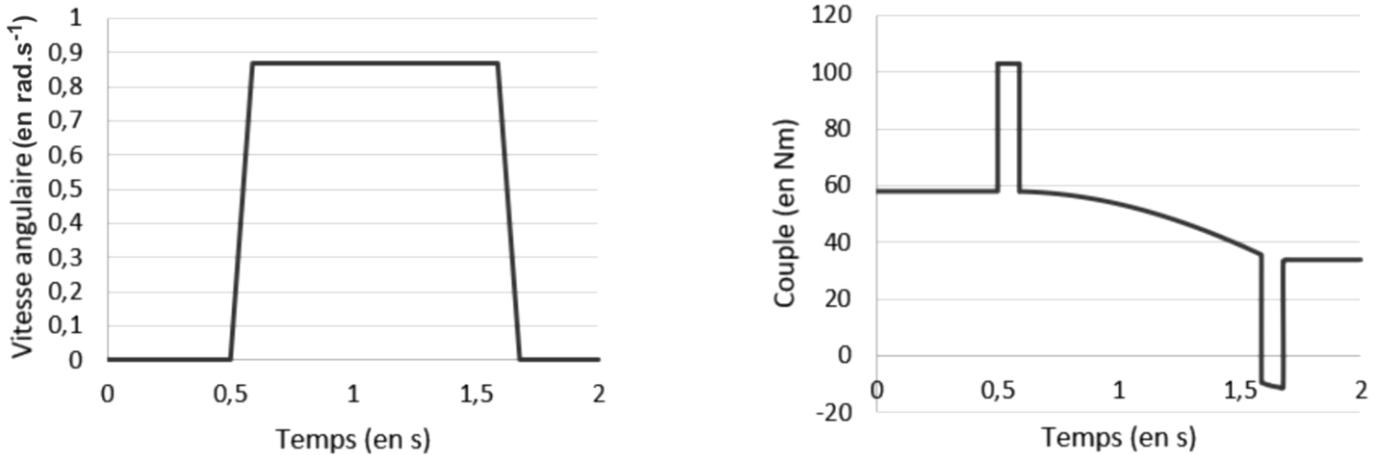


Figure 5 : loi de mouvement en trapèze de vitesse et couple de l'actionneur 2

Q10. Relever sur la figure 5, le couple C_{repos} correspondant à la situation décrite par la figure 4 et le couple maximum C_{maxi} lorsque l'accélération angulaire est maximale. En déduire la puissance maximale $P_{actionneur\ max}$ en sortie de l'actionneur 2 pour effectuer ce mouvement à charge maximale.

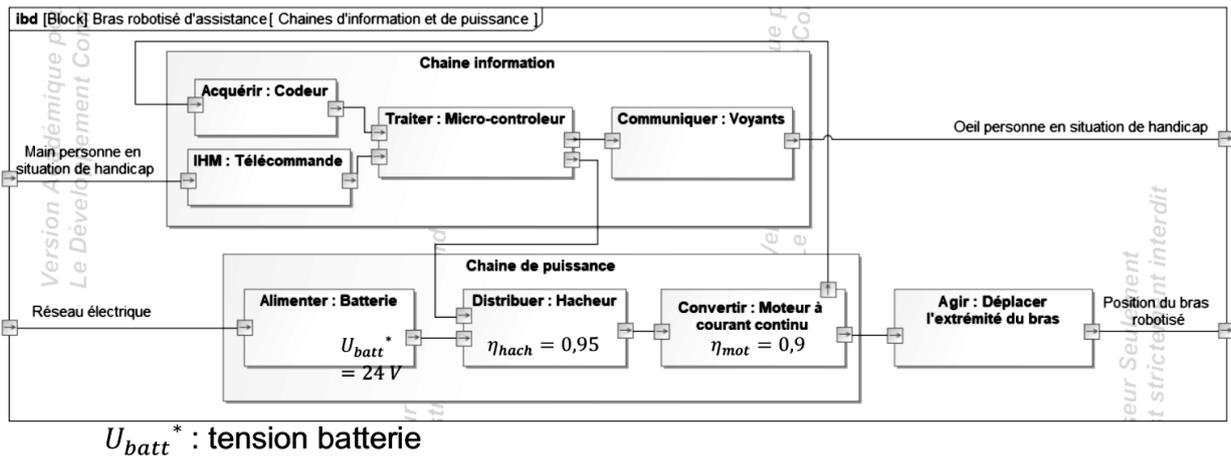


Figure 6 : diagramme de bloc interne

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

Q11. A partir des éléments figurant sur la figure 6 :

- Calculer le rendement global de l'ensemble « Hacheur + Moteur à courant continu »
- Déterminer la puissance électrique P_{bat} que doit délivrer la batterie pour fournir la puissance maximale en sortie du moteur.

Une analyse de l'utilisation du bras robotisé a permis de déterminer le cycle de fonctionnement caractéristique de l'utilisation du bras pendant 8 heures par jour (voir figure 7).

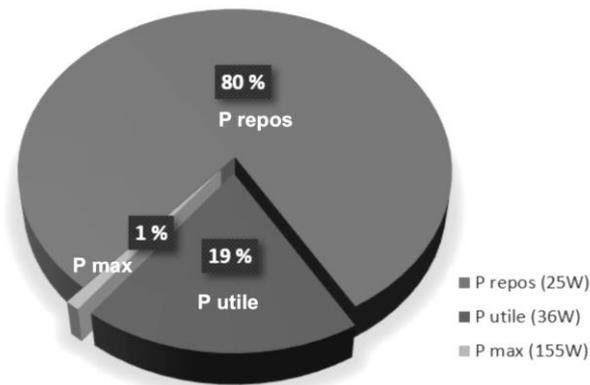


Figure 7 : Puissance délivrée par la batterie lors d'un cycle de fonctionnement caractéristique

Q12. Déterminer l'énergie nécessaire avec le cycle de fonctionnement caractéristique (figure 7) en Joule et en Wh pour une journée d'utilisation.

Q13. Déterminer la capacité de la batterie en Ah nécessaire si l'on souhaite effectuer une seule recharge par semaine du système.

Q14. Conclure sur l'utilisation d'une batterie au Lithium-Ion de 24V 100Ah.