

Evaluation cours Etude des systèmes

durée 30 min

Calculatrice non autorisée

Aucun document autorisé

Question Bonus à traiter lorsque toutes les autres questions ont été traitées

Etude du Bras collaboratif ZE Solution (inspiré de Centrale MP 2016)

I. Mise en situation

I.1. Contexte

Dans le contexte industriel actuel, il existe encore un grand nombre de tâches pénibles qui ne peuvent pas être automatisées et où le geste humain reste indispensable. L'introduction d'une assistance robotique peut alors être envisagée pour réduire les efforts que l'opérateur doit fournir et ainsi éviter l'occurrence de troubles musculo-squelettiques. Le bras collaboratif de l'entreprise Sapelem, nommé ZE Solution, permet de manipuler intuitivement différents types de charges allant jusqu'à 200 kg «sans effort».

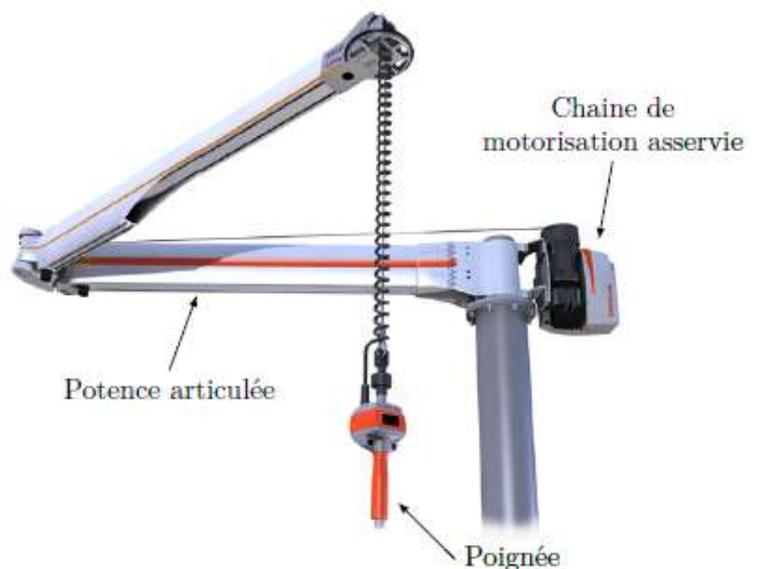


Figure 1 : illustrations du bras manipulateur collaboratif SAPELEM et d'un environnement de manutention

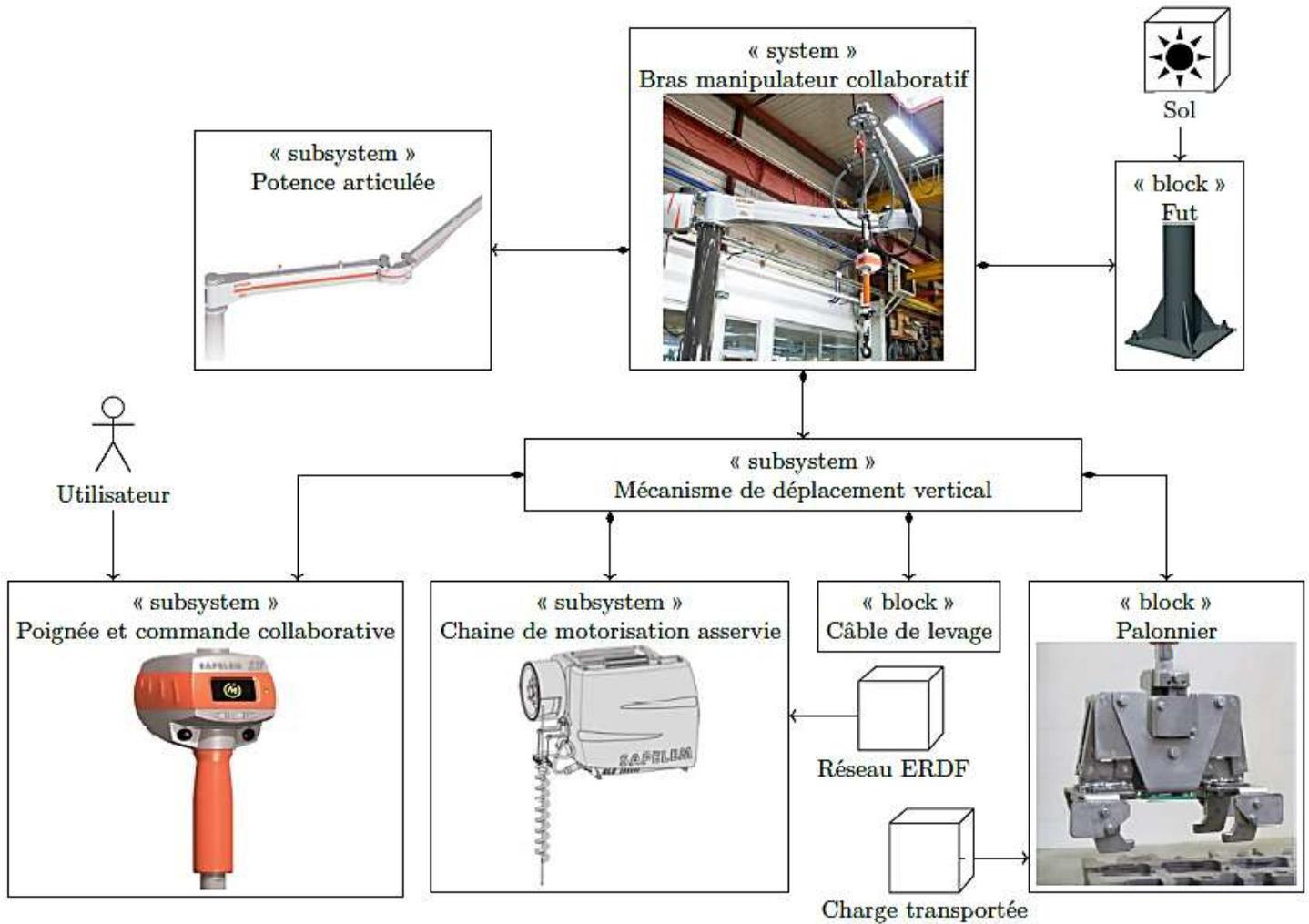


Figure 2 : diagramme de définition de blocs du bras manipulateur collaboratif

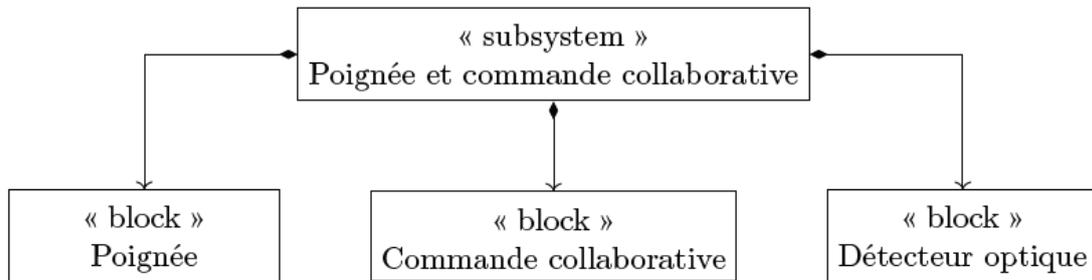


Figure 3 : Diagramme de définition de blocs du sous-système poignée et commande collaborative

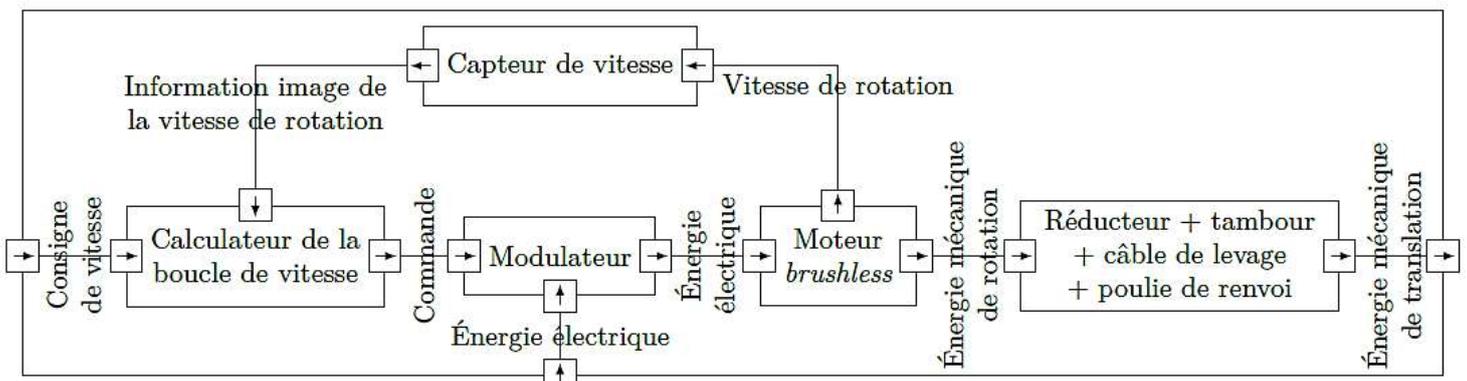


Figure 4 : Diagramme de blocs internes de la chaîne de motorisation asservie



Figure 5 : Illustrations fournies par SAPELEM concernant la poignée et la commande collaborative

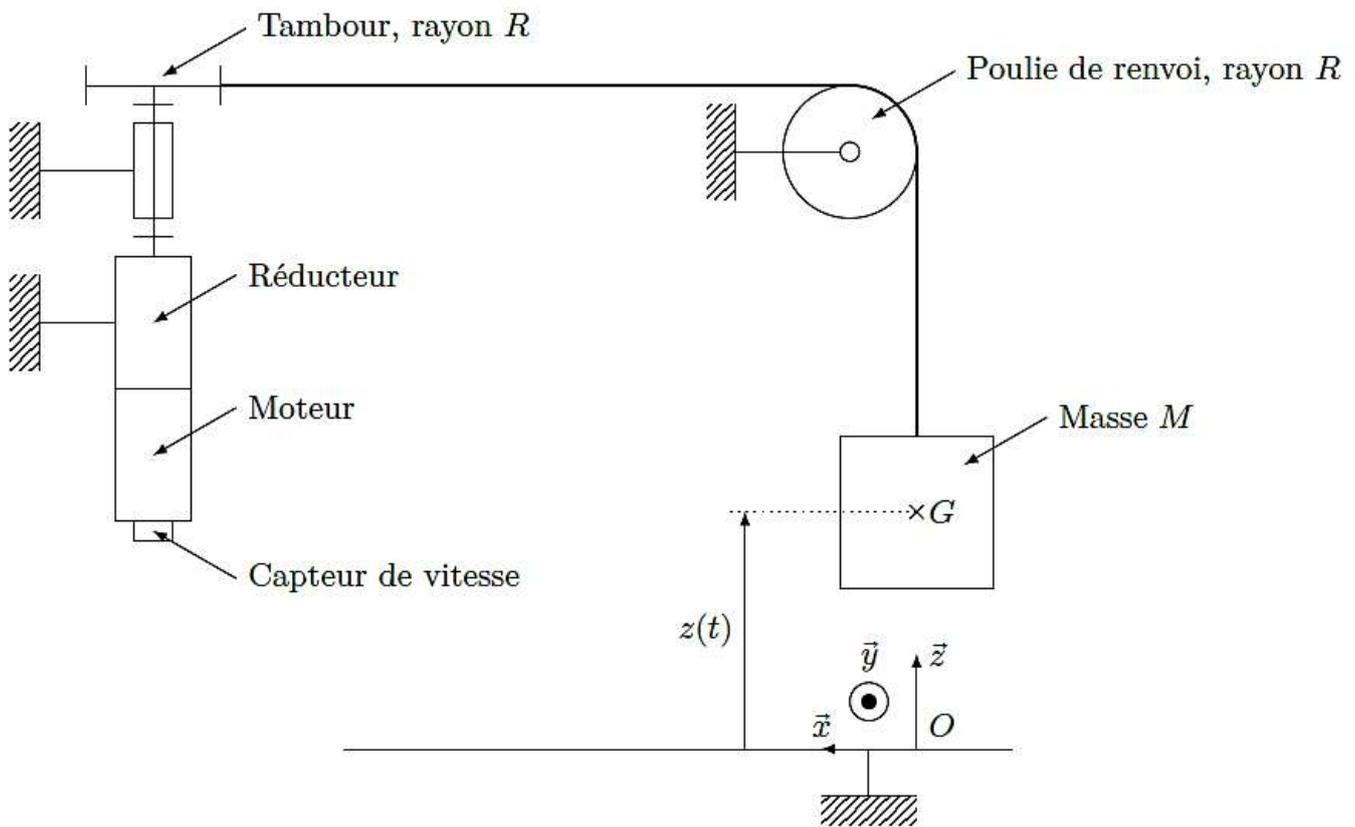


Figure 6 : Schéma de principe du déplacement vertical de la charge

Description du fonctionnement de la chaîne motorisée : la charge de masse M , accrochée au câble, est mise en mouvement par un ensemble moteur électrique + réducteur + tambour. Le câble s'enroule sans glisser autour de ce tambour, qui est un simple cylindre. Une poulie de renvoi permet de rendre le mouvement vertical.

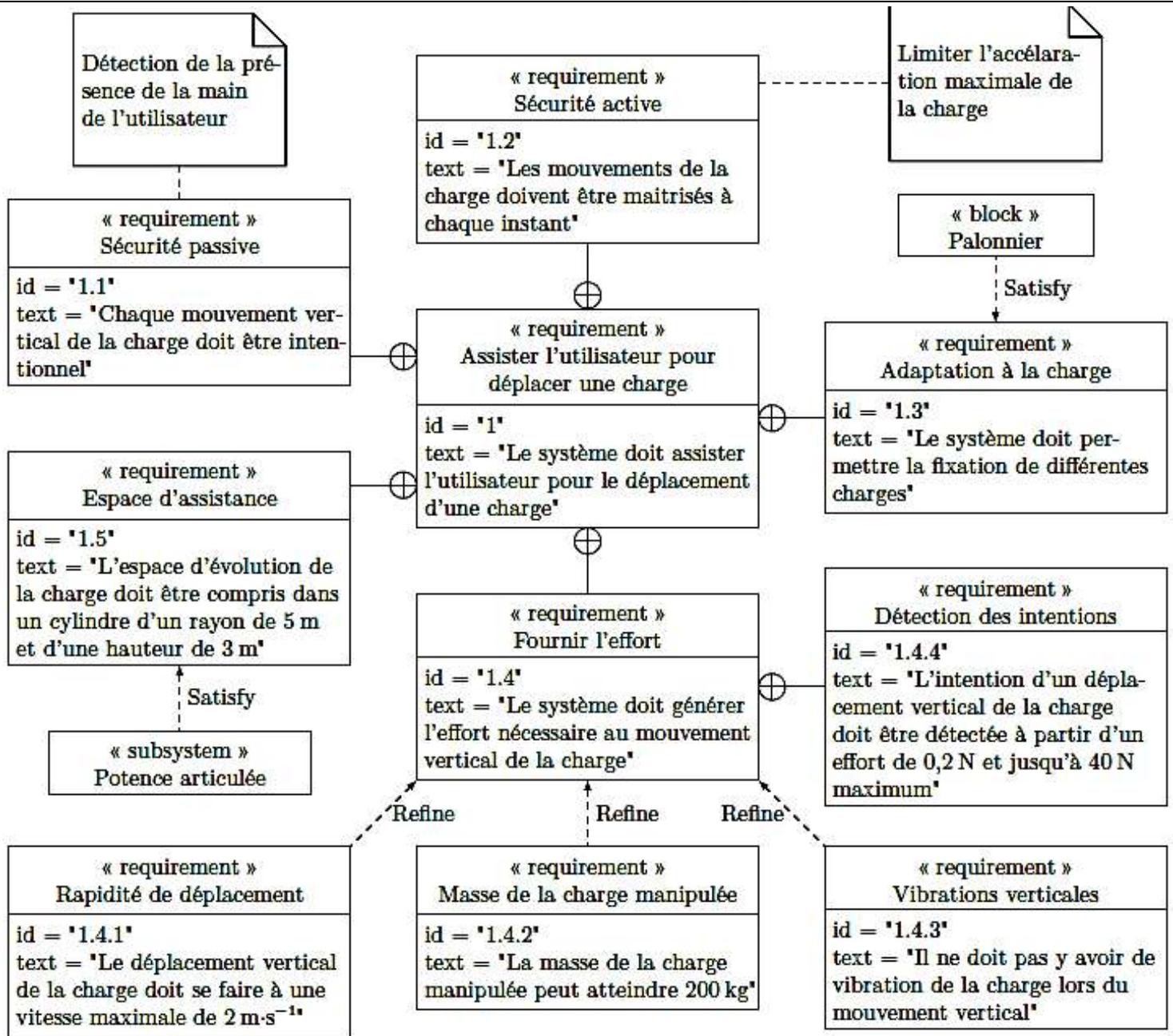


Figure 7 : diagramme d'exigences du bras manipulateur collaboratif

Travail demandé : les réponses attendues doivent être succinctes mais précises...

- Q1.** Compléter le diagramme élémentaire de cas d'usage (du document réponses) dans la phase de vie « utilisation » du système. Caractériser fonction réalisée et éléments environnants.
- Q2.** Dans le diagramme d'exigences, que signifient les mots « satisfy » et « refine ».
- Q3.** Identifier le composant « Palonnier » sur les illustrations de la figure 1. Le décrire.
- Q4.** Proposer un composant et son lieu d'implantation pour satisfaire l'exigence 1.4.4. Repérer l'évocation de la satisfaction de cette exigence dans la figure 5.
- Q5.** la figure 5 indique « Sécurisée : détecteur de présence ». Quel composant participe à cette performance annoncée par le constructeur ?
- Q6.** A partir de tous les éléments à votre disposition, compléter le schéma d'architecture des chaînes fonctionnelles modélisant le système (en intégrant la réponse à la question 4). Puis entourer en rouge les éléments de la chaîne d'énergie et en bleu ceux de la chaîne d'information.

Le schéma de la figure suivante décrit le principe de la boucle collaborative. On considère dans un premier temps que l'ensemble poignée et commande collaborative est modélisé par un gain proportionnel ou gain pur. Dans ce cas, la consigne de mouvement de la charge envoyée à la chaîne de motorisation asservie est proportionnelle à l'effort vertical exercé par l'utilisateur sur la poignée. Plusieurs consignes de mouvement de la charge peuvent être envisagées :

- consigne d'accélération verticale
- consigne de vitesse verticale

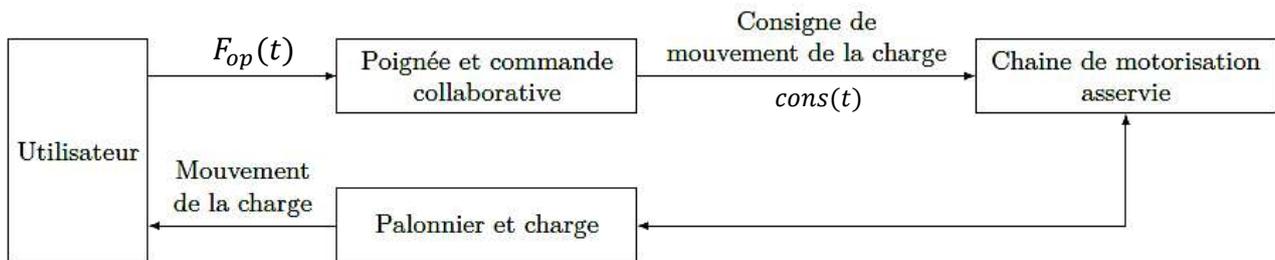


Figure 8 : architecture de la boucle collaborative

On se propose de justifier que seule une consigne de vitesse permet de satisfaire au comportement attendu.

a) Considérons une **masse en translation verticale possédant**, à l'instant initial $t = 0$, une vitesse linéaire verticale V_0 et une position verticale z_0 .

- Q7.** Donner l'expression de la position verticale $z(t)$ de cette masse lorsqu'elle est soumise à une accélération \mathbf{a} constante. On utilisera les modèles cinématiques $\mathbf{a}(t) = \frac{dv(t)}{dt}$ et $v(t) = \frac{dz(t)}{dt}$ (accélération et vitesse instantanées sont les dérivées respectivement de la vitesse et de la position verticale).

On rappelle que l'ensemble poignée et commande collaborative est modélisé par un gain pur (noté K). La consigne de mouvement, notée $\text{cons}(t)$, peut donc s'écrire : $\text{cons}(t) = K \cdot F_{op}(t)$

b) Considérons maintenant que l'opérateur lâche la poignée ($F_{op}(t) = 0$) à l'instant t , alors que la charge est en mouvement vertical à vitesse V_0 .

- Q8.** Préciser la nature du mouvement si la consigne choisie est une vitesse puis si la consigne choisie est une accélération. Quelle consigne doit être adoptée pour avoir le comportement voulu.
- Q9.** Expliquer la nécessité d'une boucle d'asservissement en vitesse angulaire du moteur.
- Q10. (Bonus).** On veut justifier l'accélération maximale de la charge (exigence 1.2.). Pour cela, considérer une charge suspendue à un câble, exprimer la tension du câble et donner la valeur max de l'accélération verticale que peut subir la charge garantissant une tension (positive) du câble.