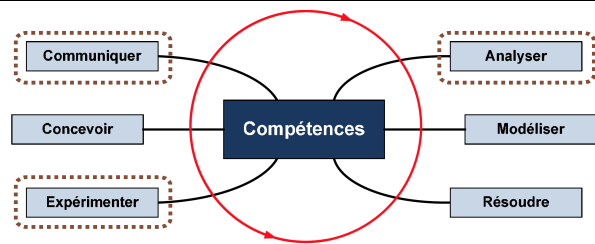


Cycle 1 : Modélisation des systèmes pluritechniques complexes

ROBOT COLLABORATIF COMAX



Problème technique :

Analyser la solution technique permettant d'assurer les exigences du système

Le système étudié est une partie d'un robot collaboratif. Ayant des domaines d'application très variés d'assistance à l'humain (domaine d'assistance à la personne, domaine médical), le contexte d'utilisation est ici le domaine manufacturier.

Ce type d'équipement permet d'assister l'humain dans les tâches industrielles où il est nécessaire d'appliquer un effort répétitif pendant le travail. Le robot collaboratif est commandé de manière continue et intuitive par l'utilisateur ; pour cette raison, il est dit collaboratif puisque l'humain se trouve déchargé des efforts dans sa tâche.

Cette solution limite les risques des Troubles Musculo Squelettiques (maladies TMS) et l'utilisateur peut alors uniquement se concentrer sur le contrôle du travail à accomplir.




Objectif : Réaliser des mesures afin de justifier l'évolution du couple moteur pour une entrée en trapèze de vitesse, avec différentes masses additionnelles et pour différentes accélérations.


I. Analyse expérimentale de la commande collaborative

- Mettre en route le système en appuyant sur le bouton situé à côté du câble d'alimentation du pupitre d'alimentation



- Démarrer l'EMP CoMax en cliquant sur  et appuyer sur le bouton « Continuer... »
- L'interface CoMAX étant lancée, cliquer sur Connexion puis sur Activation (boutons de sélection en haut à gauche de l'écran). L'axe se positionne par défaut en position Basse.



- En cliquant sur l'icône , commander l'axe en position *Inter*

Activer la commande collaborative en cliquant sur le bouton de sélection « collaboration » en haut à gauche de l'écran.

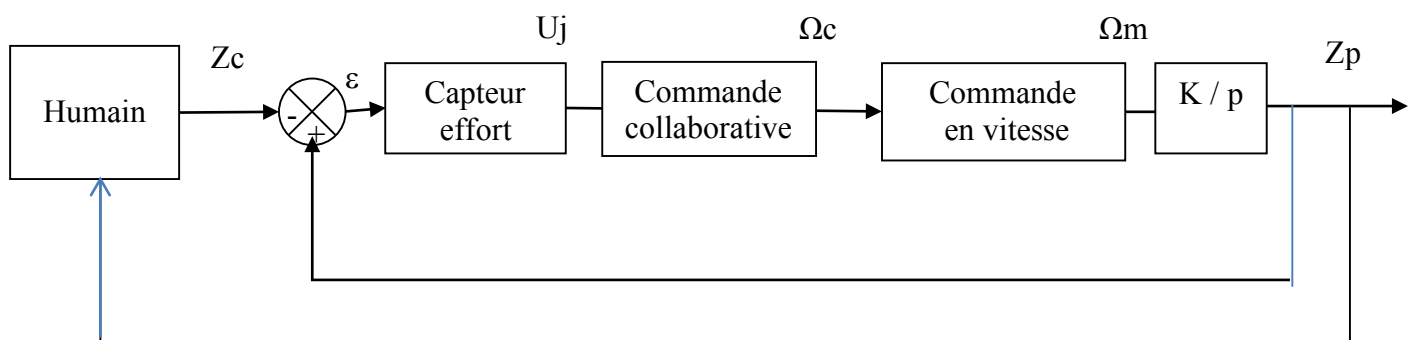
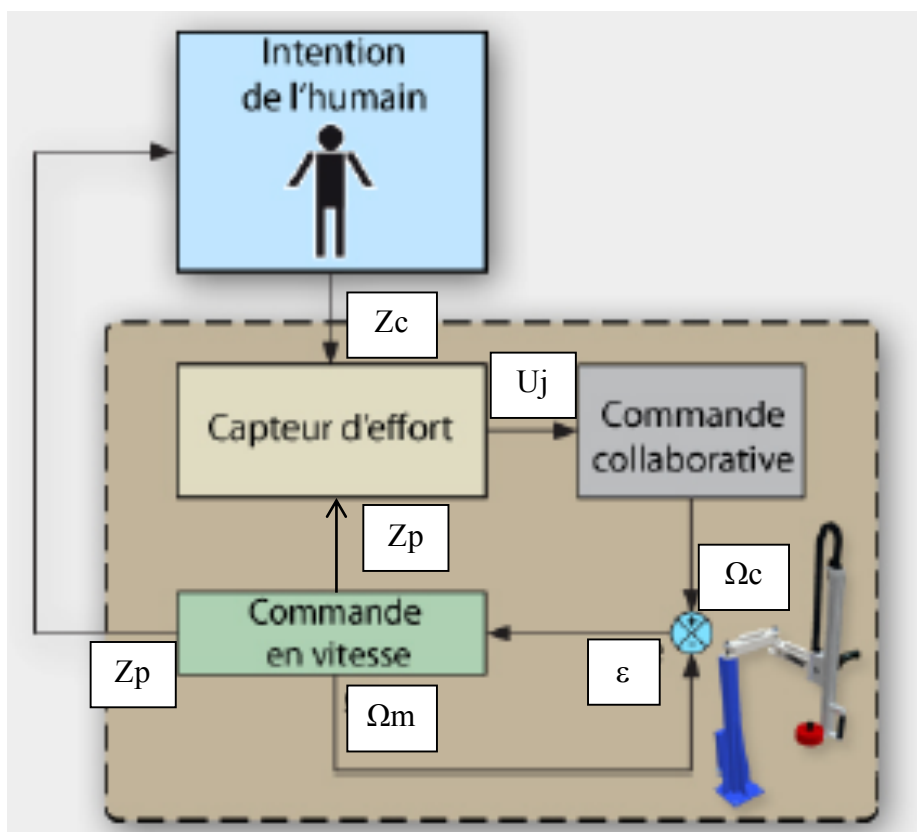
Tester le comportement de l'axe lors d'une action sur la poignée.

- Placer alors 4 masses supplémentaires de 1 kg sur le support de masse et tester à nouveau le comportement collaboratif.

question 1. Quelle est l'influence de l'ajout de masses additionnelles sur les performances de la boucle collaborative ?

question 2. Quelles sont les grandeurs physiques asservies ?

question 3. Repérer le(s) capteur(s) qui permettent de mettre en place cet asservissement ; identifier les et expliquer leur principe de fonctionnement.



II. Analyse expérimentale de la chaine d'asservissement

La Commande collaborative est exécutée en continu par l'interface du PC.

La Commande collaborative envoie (via la liaison USB) une consigne de vitesse Ω_c à la carte de commande EPOS de l'axe asservi en vitesse, en fonction de la tension U_j image de la mesure effectuée par le capteur (intention de l'opérateur).

Le synoptique à l'écran reprend les éléments ci-dessus.

Il montre de plus que la commande asservie (avec un correcteur Proportionnel Integral) en vitesse possède une boucle interne de courant (avec aussi un correcteur PI).

Un codeur incrémental optique placé à l'arrière du moteur renvoie la valeur mesurée de l'angle et de la vitesse de rotation du moteur.

Nous allons nous intéresser uniquement à la structure de **l'asservissement de position**, qui est mis en œuvre par exemple lors du positionnement de l'axe dans les positions *Basse*, *Inter* et *Haute* en cliquant, dans le menu de base de l'interface, sur

l'icône  .

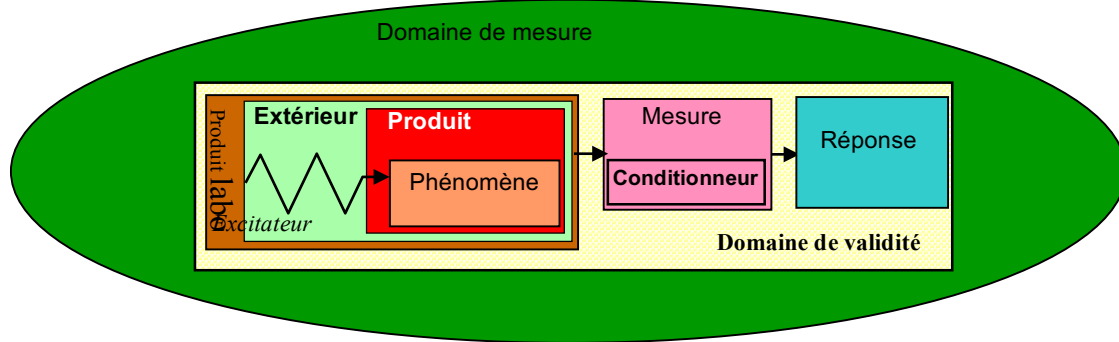
L'objectif est de faire évoluer le modèle proposé de l'axe asservi en position et de le valider en comparant les résultats théoriques aux résultats mesurés.

La structure de l'asservissement de position est donnée sur le schéma de la page suivante.

Dans cette situation, l'utilisateur agit depuis le PC pour prépositionner l'axe et donne ses consignes de position *Basse*, *Inter* et *Haute*, *sans agir sur la poignée* .




Le capteur d'effort ne figure donc pas dans ce schéma.

Objectif : réaliser des mesures afin de justifier l'évolution du couple moteur pour une entrée en trapèze de vitesse, avec différentes masses additionnelles et pour différentes accélérations.



Question 1 : Remplir le tableau ci-dessous

Ne pas oublier que le coefficient K_m reliant le courant et le couple moteur sur un moteur à courant continu est donné par le constructeur avec une précision de plus ou moins 10%

- Dans l'interface, sélectionner l'icône « Acquisition axe »  puis sélectionner l'acquisition de la consigne de vitesse et de position (icône ).
- Solliciter l'axe  muni de **deux masses additionnelles** par une consigne en profil de position avec un échelon de valeur 250 mm, en partant de la position Basse.
- Vérifier que la vitesse et l'accélération du moteur sont aux valeurs maxi : 5000 rpm et

Chaîne de mesure		
CAPTEUR	<p>Grandeur à évaluer Couple moteur</p> <p>Grandeur à mesurer Courant moteur</p> <p>CHAÎNE D'ADAPTATION</p> <p>CAPTEUR de courant</p> <p>Grandeur évaluée utilisation et/ou affichage</p> <p>Signal, image de la grandeur mesurée</p> <p>CONDITIONNEUR / TRAITEMENT DU SIGNAL</p>	<p>Sources principales d'erreurs (chaîne d'adaptation et conditionneur)</p>
	<p>Principe de la mesure :</p>	<p>Caractéristiques : précision, linéarité,(voir document industriel)</p> <p>Montage du capteur : (isostatique, compensation jeux,...)</p> <p>Industriel ou pédagogique (entourer)</p>

20 000 rpm/s

- Avant chaque manipulation, et pour revenir dans une position initiale correcte dans le cas d'un mouvement de l'axe, on se placera au préalable en position Basse. Pour cela, il suffit de revenir dans l'écran de base de l'interface de mesure et de cliquer



sur puis Inter.

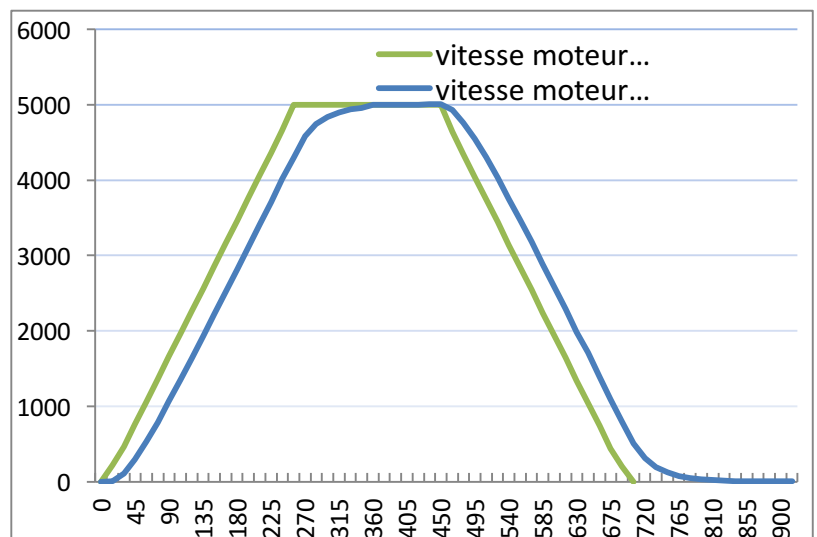
Profil de Position demandé		Valeurs actuelles	
Consigne :	111541 qc	Consigne :	58706 qc
	380.00 mm	Position :	58706 qc
			200.00 mm
Type :	Trapézoïdal ▼	Echelon de Position demandé	
Vitesse :	5000 rpm	Echelon :	52835 qc
Accél. :	20000 rpm/s		250.00 mm
Décél. :	20000 rpm/s		

- Mettre l'échelle de courant à gauche et l'échelle de vitesse à droite en cliquant sur l'icône .
- Choisir un échantillonnage de 15ms pour avoir une visualisation sur toute la durée de fonctionnement (0.7s au moins)



Question 2 : Decrire l'évolution du courant dans les différentes phases de mouvement. Indiquer pourquoi le couple moteur est maxi au démarrage . Pourquoi le moteur force t'il en phase d'accélération nulle? Pourquoi est il non nul en début et fin de mouvement ? Decrire sur la sortie imprimante les zones où le moteur est « moteur » et celles où il est « receveur ».

Question 3 : Commenter les courbes ci-dessous en comparant la consigne en trapèze de vitesse et sa mesure. Justifier en particulier le retard. Pourquoi les changements de phase de mouvement ne sont ils pas discontinus en réalité ?

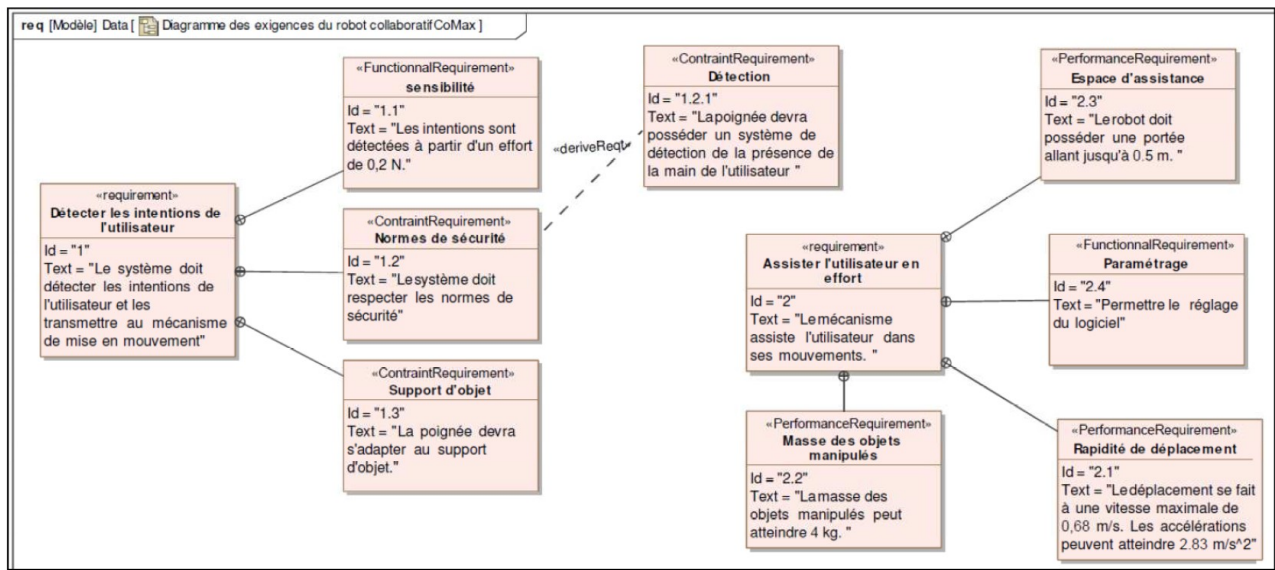


Question 4 : Ajouter 2 masses sur l'axe . Comment le courant et donc le couple moteur ont-ils évolué ? Expliquer et conclure.

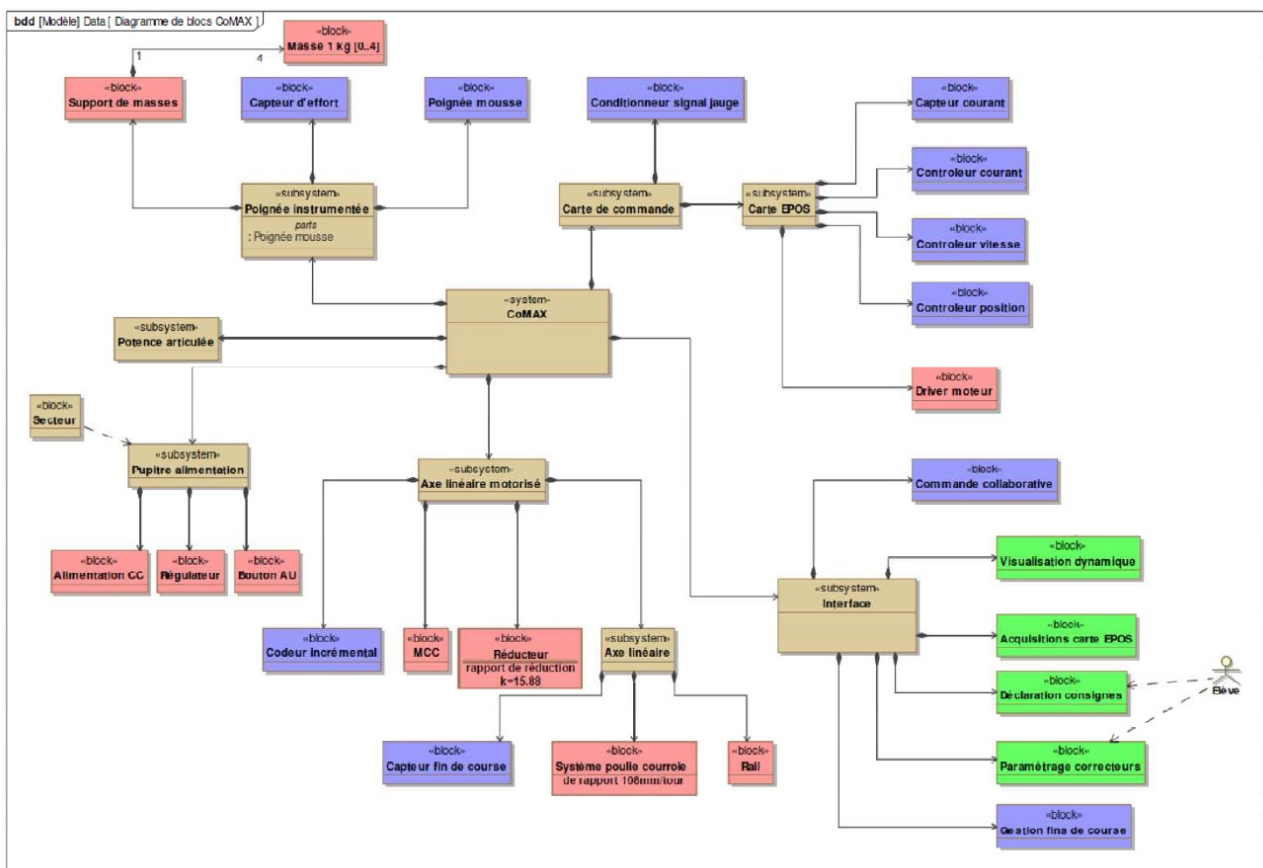
Modifier l'accélération en prenant le quart de la précédente.
Comment le courant et donc le couple moteur ont-ils évolué ? Expliquer

III. Annexes

1. Diagramme des exigences

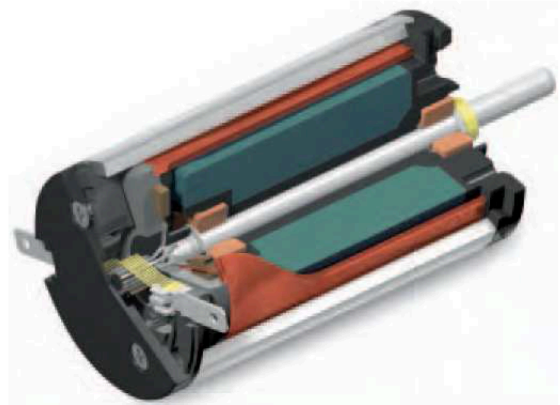


2. Diagramme de définition de bloc



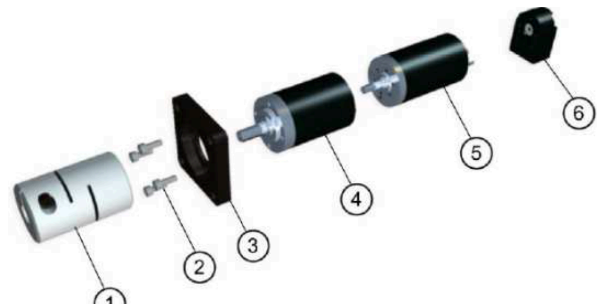
3. Caractéristiques du moteur

Motor Data		148866	148867
Values at nominal voltage			
1 Nominal voltage	V	12.0	24.0
2 No load speed	rpm	6920	7580
3 No load current	mA	241	137
4 Nominal speed	rpm	6370	6930
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	94.9	170
6 Nominal current (max. continuous current)	A	6.00	5.77
7 Stall torque	mNm	1680	2280
8 Starting current	A	102	75.7
9 Max. efficiency	%	88	91
Characteristics			
10 Terminal resistance	Ω	0.117	0.317
11 Terminal inductance	mH	0.0245	0.0823
12 Torque constant	mNm / A	16.4	30.2
13 Speed constant	rpm / V	581	317
14 Speed / torque gradient	rpm / mNm	4.15	3.33
15 Mechanical time constant	ms	6.03	4.81
16 Rotor inertia	gcm ²	139	138

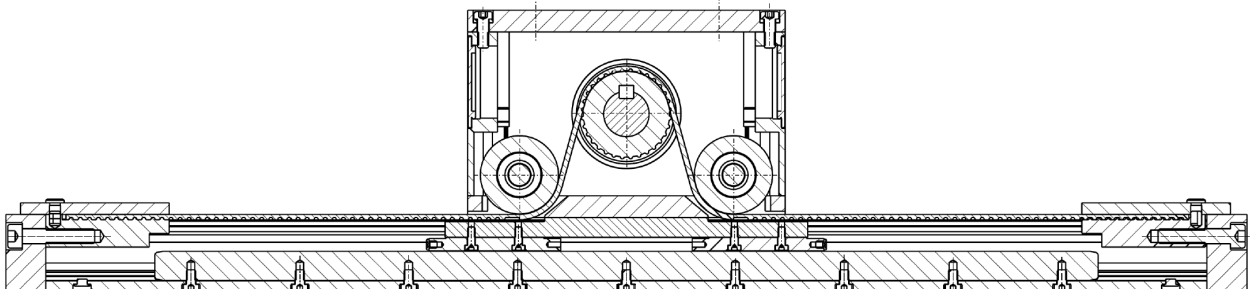


4. Vue éclatée de l'ensemble motorisation.

1. Accouplement élastique de compensation des défauts de coaxialité entre l'axe du réducteur et l'axe linéaire;
- 2-3. Bride et vis de fixation du bâti du réducteur sur le bâti de l'axe linéaire;
- 4-5. Association moto-réducteur à double train épicycloïdal Maxon DP RE040 (148867) G/PM42 (24V/0016): puissance 150W; rapport de réduction 15,88
6. Codeur incrémental opto-électrique HEDL 5540 à 500 impulsions /tour;



5. Axe linéaire à poulie crantée rapport de transmission: 108mm/ tour



6. Architecture

