

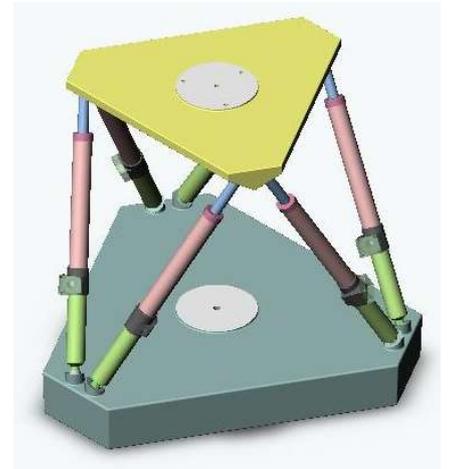
## Vérin électrique asservi

La plate-forme 6 axes est animée grâce à l'action coordonnée de 6 vérins électriques asservis.

Dans de ce TP, on étudiera uniquement le processus de commande de l'un des vérins.

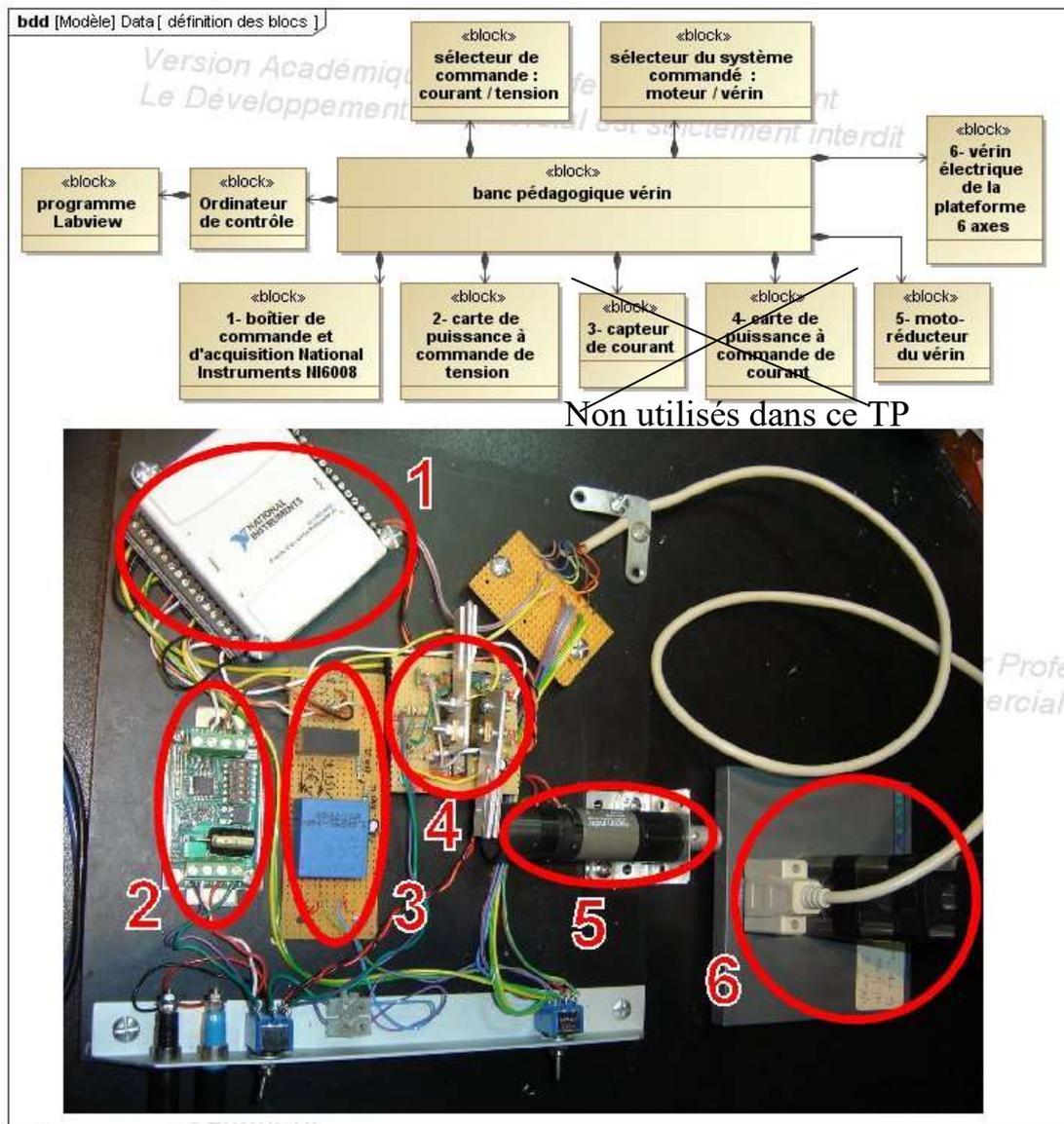
### Objectifs :

- Découvrir les fonctions d'un asservissement de position,
- Identifier les principaux constituants et construire le schéma –bloc,
- Reconnaître la boucle de rétro-action et distinguer les fonctionnements en boucle ouverte et boucle fermée.



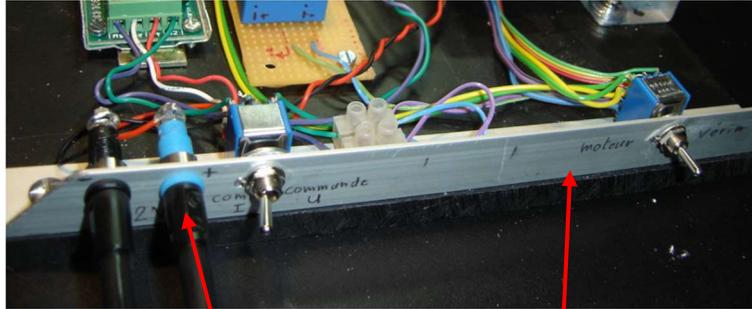
### 1. Fonction du vérin électrique asservi en position

Le BDD (diagramme de définition des blocs) du banc pédagogique d'expérimentations est présenté ci-dessous pour situer les composants :



### 1.1 Découverte expérimentale

**Mettre** l'alimentation sous tension et programmer la commande en tension du vérin à l'aide des 2 interrupteurs en face avant :



Commande :  
Courant / tension

Pilotage :  
moteur / vérin

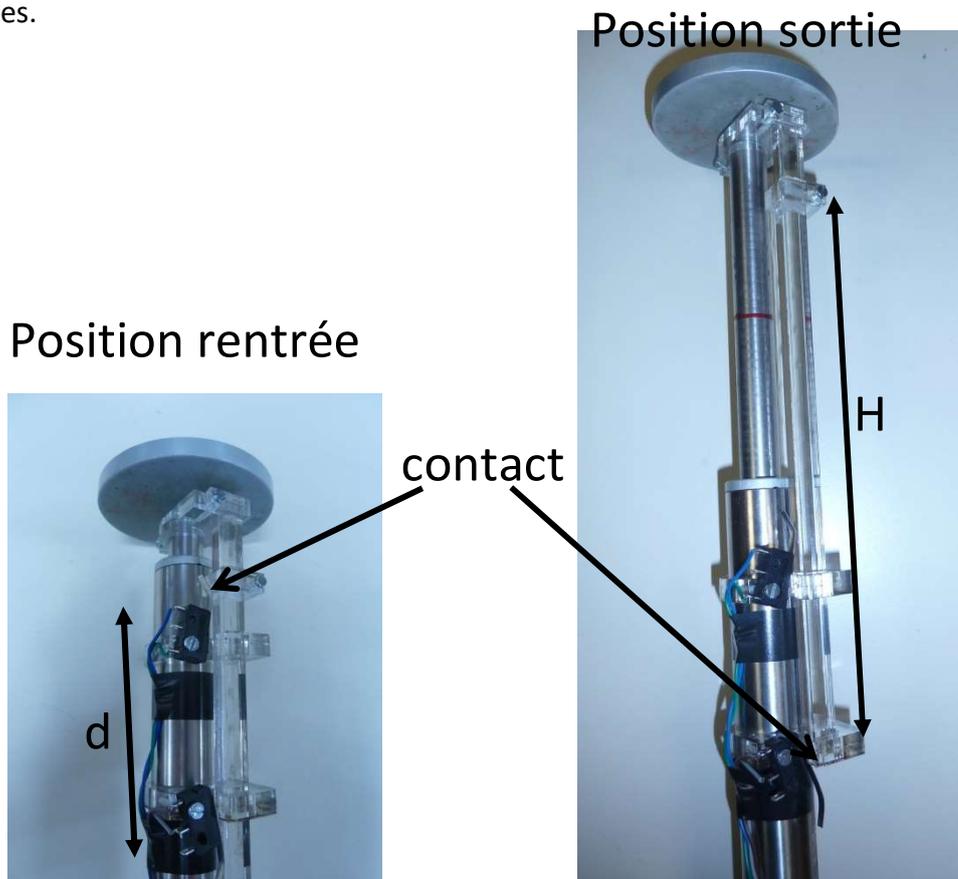
**Lancer** le programme labview « verin asservi en position » à partir du répertoire « Système » sur le bureau.  
**Lancer** l'exécution (flèche blanche) et basculer l'interrupteur sur Marche.

**Régler** à l'aide du curseur le gain du correcteur (cor P) à 50.

**Faire bouger** la consigne de position à l'aide du curseur, d'abord lentement puis plus vite.

**Relever** à l'écran la course du vérin.

**Vérifier** que l'étalonnage de l'affichage sur l'écran est correct en mesurant directement sur le vérin les grandeurs utiles.



## **1.2 Fonctions du vérin électrique asservi en position**

### **1.2.1 Fonction Asservissement**

**Faire un essai** en commandant un déplacement de type échelon en programmant la valeur 20 mm.

**Relever** l'écart statique de position (écart en régime permanent) entre la consigne et la position réelle sur le graphe déroulant, affichage en mm.

**Faire un essai** en commandant un déplacement de type rampe lente mais régulière.

**Constater et relever** l'écart de poursuite en position (écart en régime permanent) entre la consigne et la position réelle sur le graphe déroulant.

**Recommencer** les 2 essais après avoir modifié la valeur du correcteur (cor P) à 5.

**Enoncer** l'influence du correcteur sur la précision du système.

### **1.2.2 Fonction régulation**

Dans ce cas, l'objectif n'est plus de suivre une loi de consigne variable, mais de conserver une position de consigne fixe quelque soit l'environnement extérieur.

**Lancer** une mesure en restant à la même position de consigne et appuyer verticalement sur le vérin et relever l'écart de position.

L'effort que vous avez appliqué sur le plateau supérieur du vérin peut-être considéré comme une **perturbation** subie par le vérin.

Lorsque l'effort perturbateur est relâché, le vérin ne revient pas immédiatement dans sa position initiale, ceci est dû aux frottements internes assez importants.

**Recommencer** après avoir modifié la valeur du correcteur (cor P) à 50.

**Relever** la valeur du courant pendant la perturbation.

**Enoncer** l'influence du correcteur sur la résistance aux perturbations du système.

**Proposer** la valeur du gain qui semble la meilleure pour assurer les fonctions asservissement et régulation.

## **1.3 Vitesse maximale du vérin électrique**

**Réaliser** un échelon de position de 120mm en bougeant rapidement le curseur de 0 à 130mm.

**Attendre** l'arrivée du vérin en bout de course, puis appuyer sur le bouton rouge pour arrêter l'acquisition.

**Relever** sur le graphe déroulant la vitesse maximale de déplacement du vérin en mm/s.

## 2. Structure du vérin électrique asservi

### 2.1 Architecture mécanique de la Partie Opérative

Ce vérin électrique est un vérin à vis qui permet la transformation du mouvement de rotation de l'arbre moteur en un mouvement de translation de l'axe de sortie du vérin.

La figure 1 ci-contre montre les principaux éléments du vérin électrique :

La rotation de la vis est obtenue à partir du moto-réducteur : moteur à courant continu et réducteur principal. Le moteur est un moteur à courant continu de 4 W environ.

Le contrôle de la position de la tige est réalisé à partir d'un capteur de position angulaire, qui mesure après réduction, la position angulaire de la vis.

La mallette contient tous les composants du vérin démontés.

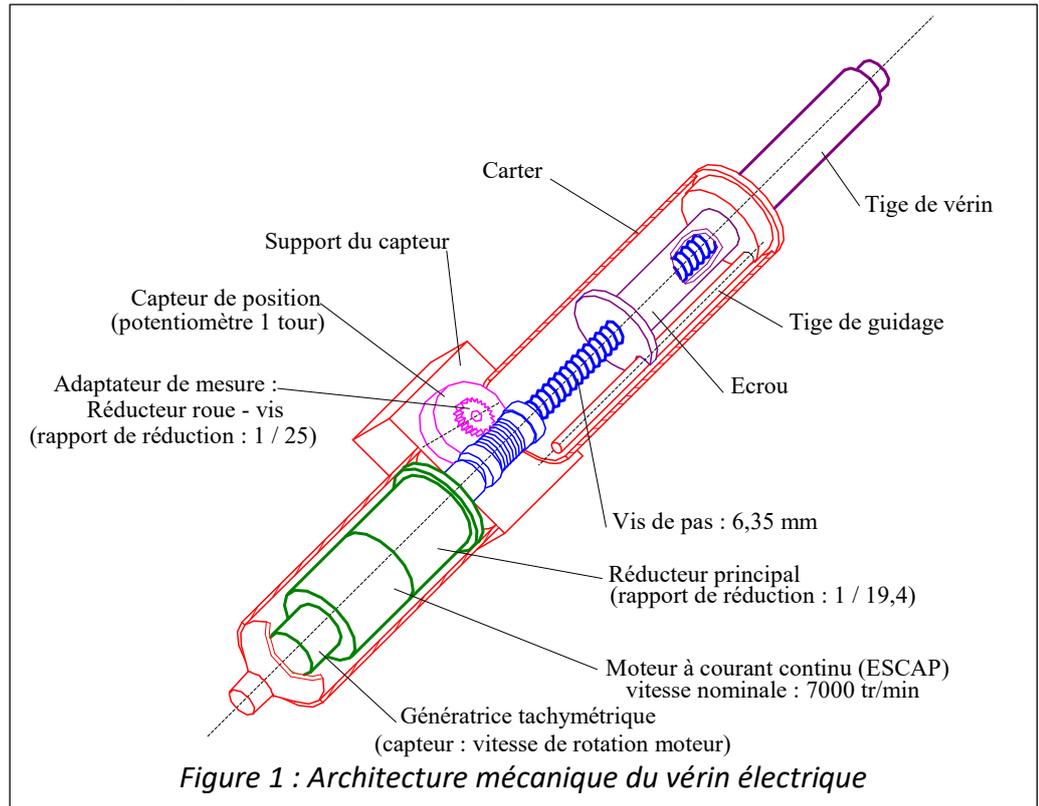


Figure 1 : Architecture mécanique du vérin électrique

### 2.2 Schéma-bloc de la chaîne directe

Composant	Entrée	Sortie
Moteur CC	Tension de commande $U_m$	Vitesse de rotation $\omega_m$
Réducteur principal	$\omega_m$	$\omega_r$
Ensemble vis/écrou	$\omega_v = \omega_r$	Vitesse de la tige $V_t$

**Construire** le schéma-bloc de la chaîne directe et préciser l'unité de la grandeur physique transitant entre chaque bloc.

#### 2.2.1 Etude de la réponse du moteur électrique (en boucle ouverte)

Le but est ici d'analyser la courbe de réponse lorsque l'on applique un échelon de tension à l'entrée du moteur électrique seul.

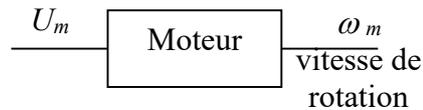
**Fermer** le programme et **lancer** le programme labview « moteur boucle ouverte » à partir du répertoire « Système » sur le bureau.

**Basculer** en face avant sur la maquette l'interrupteur de droite en position moteur.

**Lancer** l'exécution (flèche blanche) et basculer l'interrupteur sur Marche.

**Faire varier** la tension de consigne entre 0V et 5V.

**Relever** à l'aide du tachymètre les valeurs de la vitesse de rotation en sortie du réducteur, sans trop appuyer pour ne pas perturber la vitesse de rotation du moteur :  $\omega_{red\ max}$  quand  $U = 5V$  et  $\omega_{red\ min}$  quand  $U = 0V$



Dans ces conditions, le moteur pourra être modélisé par un système du premier ordre de fonction de transfert  $\frac{K}{1+Tp}$ , de constante de temps  $T$  ms et de gain  $K$  : en régime permanent,  $K = \frac{\omega_m}{U_m}$ .

**Déterminer** le gain  $K$  à partir des valeurs précédentes et préciser son unité.

**Exprimer**  $K$  en  $rad.s^{-1}.V^{-1}$

**Compléter** le schéma-bloc avec les fonctions de transfert de chaque bloc, cohérentes avec les unités de chaque variable intermédiaires.

### 2.2.2 Etude de la vitesse de translation de la tige

**Calculer** la vitesse maximale théorique de translation de la tige, en utilisant les données de la figure 1 et la vitesse maximale mesurée en sortie du réducteur.

**Comparer** cette valeur avec la vitesse maximale mesurée au paragraphe 1.3.

## 3. Modélisation du vérin électrique par schéma-bloc

### 3.1 Modélisation de la commande en vitesse du moteur (boucle fermée)

Pour améliorer les performances globales du vérin, on introduit une boucle d'asservissement de la tension de commande du moteur.

En effet, lorsqu'on applique une tension de commande au moteur, il en découle une vitesse de rotation dépendant bien sûr de cette consigne en tension mais aussi de la charge appliquée sur le vérin. Si la charge est très importante, la vitesse de rotation obtenue en sortie peut être très faible et sans rapport avec celle souhaitée lors de l'application de la consigne.

**Vérifier** ce phénomène en freinant à la main l'arbre de sortie.

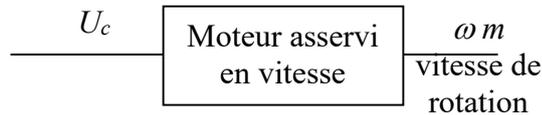
Il est donc nécessaire d'accroître en conséquence la tension d'entrée du moteur. C'est dans cette optique qu'on a prévu une boucle interne d'asservissement de la tension de commande permettant d'appliquer au moteur une tension proportionnelle à la différence entre la tension de consigne et la tension reflétant la vitesse de rotation effective du moteur. Cette tension est le paramètre de sortie de la génératrice tachymétrique dont le paramètre d'entrée est la vitesse effective du moteur.

**Tracer** le schéma-bloc de la commande en tension du moteur comprenant les composants suivants :

Composant	Entrée	Sortie
Moteur CC	Tension de commande $U_m$	Vitesse de rotation $\omega_m$
Génératrice tachymétrique	$\omega_m$	Tension $U_{tachy}$
Correcteur 1	$\varepsilon 1 = U_c - U_{tachy}$	$U_m$

La tension de consigne sera notée  $U_c$ , la sortie sera la vitesse de rotation du moteur  $\omega_m$ .

L'ensemble de cette boucle d'asservissement du moteur sera modélisé dans le paragraphe suivant par un seul bloc :



### 3.2 Modélisation de la commande en position du vérin

Un capteur de position angulaire permet de mesurer la position angulaire de la vis, donc de donner indirectement une image de la position longitudinale de la tige et de la comparer avec la position de consigne demandée en entrée. Ce capteur angulaire étant monotour, on dispose entre la vis et lui un réducteur roue / vis.

**Tracer** le schéma-bloc global du vérin comprenant les composants suivants:

Composant	Entrée	Sortie
Moteur asservi en vitesse	Tension de consigne $U_c$	Vitesse de rotation $\omega_m$
Intégrateur	$\omega_m$	Position de l'arbre moteur $\theta_m$
Réducteur principal	$\theta_m$	$\theta_r$
Ensemble vis/écrou	$\theta_v = \theta_r$	Position de la tige $z_t$
Réducteur roue / vis	$\theta_v$	$\theta_{roue}$
Capteur de position	$\theta_{roue}$	Tension $U_t$
Correcteur 2	$\varepsilon 2$	

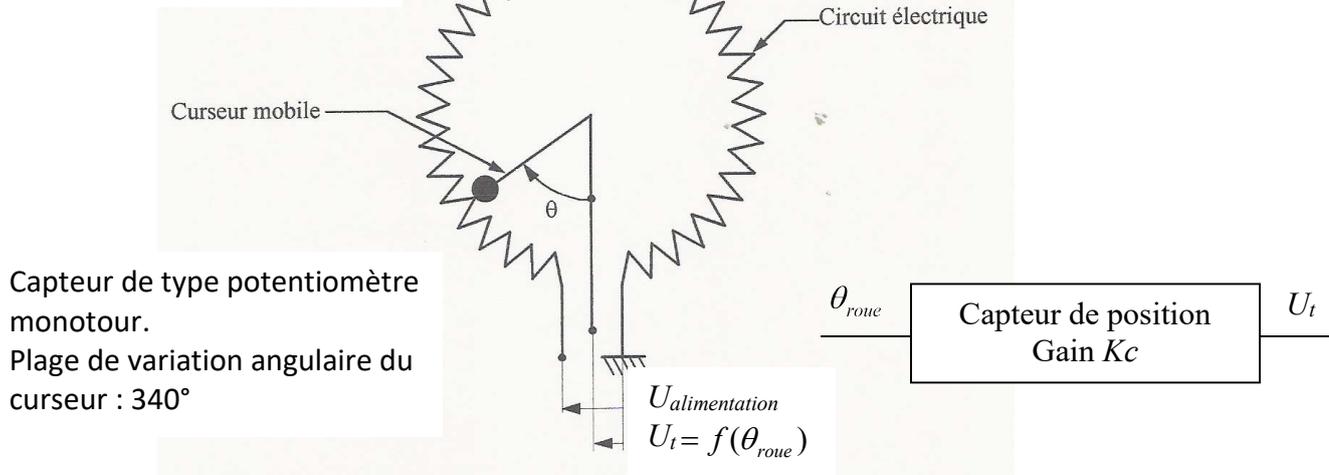
La consigne sera notée  $U_z$ , tension reflétant la consigne de position.

La sortie est  $z_t$ , position de la tige du vérin.

**Indiquer** le nombre de boucles imbriquées du schéma- bloc du vérin électrique.

### 3.3 Vérification de la course du vérin

Schéma de principe du capteur de position :



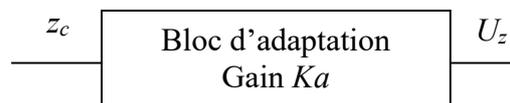
**Calculer** la course (plage de variation) maximale du vérin, sachant que la plage de variation du curseur est 340°, le rapport de réduction roue/vis  $\theta_{\text{roue}}/\theta_v = 1/R = 1/25$ , et le pas de la vis 6,35 mm.

**Comparer** avec les valeurs relevées au paragraphe 1.1.

### 3.4 Gain d'adaptation pour la commande en position

On souhaite modifier le schéma-bloc du paragraphe 3-2 pour ajouter une consigne en position  $z_c$  et non plus en tension  $U_z$ , comme cela est réalisé sur l'écran du logiciel de commande du vérin.

Pour cela on introduit devant le schéma-bloc, un bloc d'adaptation :



**Compléter** le schéma-bloc global.

**Exprimer** l'écart  $\varepsilon_2$  en fonction de  $z_c, z_t, K_a$  (gain du bloc d'adaptation),  $K_c$  (gain du capteur de position), du rapport de réduction roue/vis  $1/R$  et du pas de la vis ( $pas$ ).

Pour un bon fonctionnement de l'asservissement de position, on souhaite obtenir  $\varepsilon_2 = 0$  lorsque  $z_c = z_t$ .

**En déduire** l'expression du gain du bloc d'adaptation  $K_a$  en fonction de  $K_c, R$  et  $pas$ .

**Donner** l'unité de  $K_a$  et **vérifier** l'homogénéité de l'expression trouvée.

### 3.5 Analyse et câblage

Le diagramme IBD (Diagramme des blocs internes) du système est fourni page suivante. Les numéros sont les mêmes que les numéros portés sur la photo de la 1<sup>ère</sup> page.

**Identifier** l'élément (et son numéro) qui réalise l'ensemble « comparateur et correcteur » du système.

**Relever** le brochage (numéro du fil ou de la connexion) correspondant aux signaux  $U_{tachy}$ ,  $U_m$  et  $U_t$ .

**Relever** sur la maquette la couleur des fils correspondant à ces 3 signaux.

