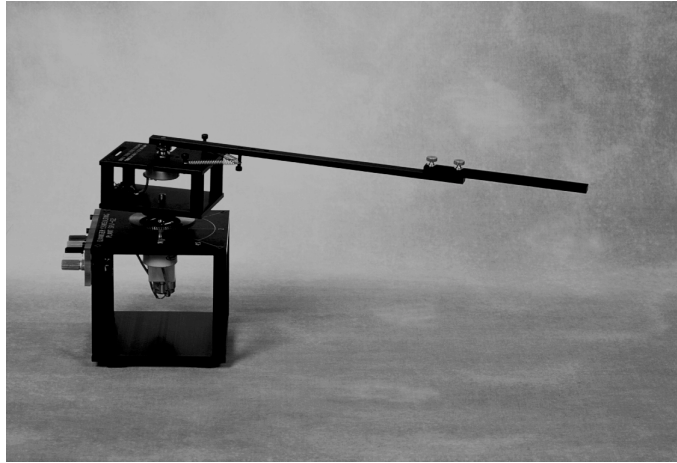


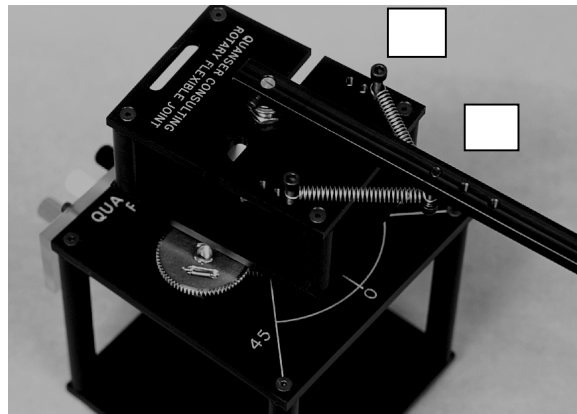
## 1. Description du système

Une vue globale du système est donnée dans la figure 1.



**Figure 1.** Ensemble plate-forme en rotation et bras à liaison flexible (Quanser)

Il s'agit d'un bâti sur lequel est monté un moteur électrique, un engrenage à roues dentées et un potentiomètre de mesure de l'angle de rotation. Sur le bâti est montée une plate-forme dont le mouvement de rotation est assuré par un couplage rigide à l'engrenage à roues dentées. Sur la plate-forme est monté un bras dont une extrémité est posée au centre de la plate-forme et dont les mouvements sont assurés par deux ressorts attachés à la plate-forme au bras (liaison flexible). La figure 2 donne une vue aérienne du système.



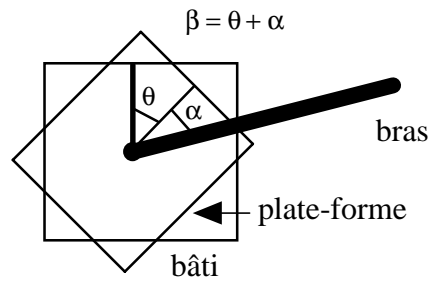
**Figure 2.** Vue aérienne du système

Les caractéristiques dynamiques peuvent être variées en changeant les points d'ancrage des ressorts et l'inertie du bras (qui est constitué de deux morceaux assemblés par des vis et permettant de modifier l'inertie).

Deux grandeurs peuvent être mesurées:

- l'angle de rotation de la plate-forme mobile par rapport au bâti (noté  $\theta$ ).
- L'angle du bras par rapport à l'axe de la plate-forme (défini par la position du bras au repos). Cet angle est noté  $\alpha$ .

L'angle  $\alpha$  est mesuré à l'aide d'un potentiomètre dont le corps est solidaire à la plate-forme et le curseur est solidaire à la base du bras. La figure 3 illustre la géométrie du système de mesure. La déflexion totale du bras par rapport au bâti est donnée par l'angle  $\beta$  :  $\beta = \theta + \alpha$



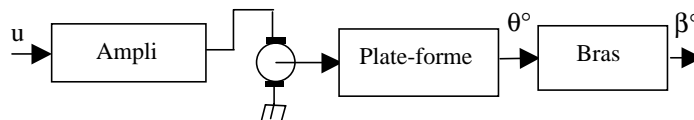
**Figure 3.** Géométrie du système de mesure

Un certain nombre d'expérimentations peut être réalisé avec ce dispositif. Parmi celles-ci nous mentionnerons:

- 1) En l'absence du bras, il s'agit d'un problème de positionnement d'une plate-forme en rotation (liaison rigide). L'entrée est la commande moteur et la sortie est l'angle  $\theta$ .
- 2) On peut remplacer la plate-forme en rotation par le bras qui sera fixé rigidement à l'engrenage permettant ainsi le positionnement du bras.
- 3) En présence du bras monté sur la plate-forme, on peut positionner la plate-forme (angle  $\theta$ ) et étudier le comportement de la position du bras ( $\alpha$  ou  $\beta = \theta + \alpha$ ) sous l'effet de la liaison élastique.
- 4) Sur le système complet, on s'intéresse au positionnement par contre-réaction du bras (c'est-à-dire le contrôle de l'angle  $\beta$ ).

Pour chacune de ces situations il faut identifier le modèle effectif du système afin de concevoir et calculer un régulateur approprié.

Nous nous limiterons à présenter dans ce qui suit le cas du système complet où on s'intéresse au positionnement du bras, c'est-à-dire l'identification du procédé dont l'entrée est la commande de l'amplificateur de puissance alimentant le moteur et dont la sortie est l'angle instantané du bras par rapport au bâti (angle  $\beta$ ). Ceci est illustré dans la figure 4.



**Figure 4.** Schéma du système à commander

L'angle  $\beta$  est la combinaison linéaire des mesures de  $\theta$  et  $\alpha$  en tenant compte du rapport volts/degré de chaque potentiomètre de mesure.

Sur la base des indications du constructeur, la relation est :

$$V_{\beta}(\text{volts}) = V_{\theta}(\text{volts}) + 0.418V_{\alpha}(\text{volts})$$

où  $V_{\theta}$  et  $V_{\alpha}$  correspondent aux tensions fournies par les deux potentiomètres de mesure.

Le modèle en variables d'état du système est donné par [QUA 95] :

$$\dot{x} = Ax + bu$$

avec :

$$x^T = [\theta, \alpha, \dot{\theta}, \dot{\alpha}]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{K}{J_1} & -\frac{K_m^2 K_g^2}{R J_1} & 0 \\ 0 & -\frac{K(J_1 + J_2)}{J_1 J_2} & \frac{K_m^2 K_g^2}{R J_1} & 0 \end{bmatrix}$$

$$b^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{K_m K_g}{R J_1} & -\frac{K_m K_g}{R J_1} \end{bmatrix}$$

où :

$J_1$  - inertie totale de l'ensemble moteur engrenage, plate-forme

$J_2$  - inertie du bras

$K_g$  - rapport de l'engrenage

$K$  - raideur des ressorts

$K_m$  - constante électromécanique du moteur

$R$  - résistance électrique de l'induit.

Avec les valeurs données par le constructeur pour le bras de taille minimum (mais constitué des deux pièces) et les ressorts fixés en A et 3 (voir figure 2), la matrice A et le vecteur b ont les valeurs :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 766 & -53 & 0 \\ 0 & -1040 & 53 & 0 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 99 \\ -99 \end{bmatrix}$$

C'est cette configuration qui va être utilisée par la suite.