

ESIP, spécialité AGE 2ème année

Représentation d'état : examen

Année scolaire 2003-2004

On considère la commande (très simplifiée) de l'orientation d'un satellite. Cette orientation est caractérisée par trois angles dont on suppose qu'ils peuvent être commandés indépendamment. L'objectif est ici de réguler uniquement l'angle de lacet θ (cf. figure 1). Pour cela, l'on peut réaliser de petits jets de gaz dans les directions indiquées par les flèches et, par réaction, le corps du satellite pivote autour de son centre de gravité G . Deux poussées sont effectuées simultanément en deux points du corps du satellite symétriques par rapport à G de telle sorte que le bras de levier est approximativement de d mètres. L'intensité de chaque poussée est de $F/2$ Newton. Le corps du satellite est donc soumis à un couple $T = Fd$ Newton mètres. J est le moment d'inertie (exprimé en $kg.m^2$).

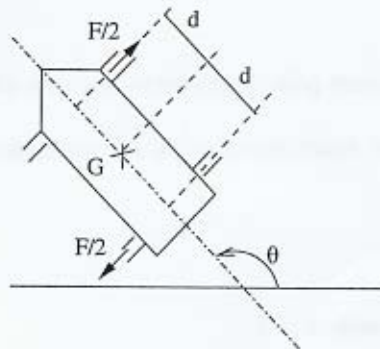


FIG. 1 - Schéma simplifié du satellite

L'entrée du procédé est donc $u = F$, la force issue de la réaction aux jets, et la sortie de ce dernier est donc $y = \theta$, l'angle de lacet.

1 Modélisation et analyse

1°/ Appliquer la relation fondamentale de la dynamique pour déterminer l'équation différentielle régissant le comportement entrée/sortie du satellite. Quel est son ordre ?

2°/ Montrer que la fonction de transfert est

$$G(p) = \frac{d}{Jp^2}$$

Quel est son ordre ?

3°/ Etablir un modèle d'état directement à partir de l'équation différentielle en justifiant la réponse. De quel ordre

est-il?

4°/ Par comparaison de l'ordre de la fonction de transfert et de celui du modèle d'état, que peut-on dire de la représentation d'état du satellite du point de vue de sa commandabilité?

4°/ Retrouver la fonction de transfert à partir du modèle d'état.

5°/ Etablir un autre modèle d'état à partir de la fonction de transfert. Que peut-on dire de ce modèle?

6°/ Analyser la stabilité du satellite.

2 Commande par retour d'état

1°/ Utiliser le critère de Kalman pour prouver la commandabilité du satellite.

2°/ Appliquer la procédure de placement de pôles par retour d'état pour placer un pôle double à -2 .

3°/ Calculer la précommande qui conduit à un gain statique unitaire.

3 Commande par observateur

On suppose que seule la position angulaire θ est mesurée.

1°/ Appliquer la procédure de Luenberger pour synthétiser un observateur d'ordre minimal (tout pôle de l'observateur sera affecté à la valeur -10).

2°/ Justifier la valeur -10 .

3°/ Synthétiser un observateur d'ordre plein (tout pôle de l'observateur sera affecté à la valeur -10).

4°/ Expliquer par un schéma simple comment construire une loi de commande à l'aide d'un observateur en joignant quelques commentaires.

4 Elimination de l'offset

On craint la présence d'un offset sur la commande $u = F$.

1°/ Sans faire ce calcul numérique, expliquer comment l'on peut éliminer cet offset en régime permanent tout en restant dans une logique de placement de pôles.

2°/ Donner l'expression temporelle complète de la loi de commande.

3°/ Appliquer la transformation de Laplace pour déterminer une expression de $U(p)$.

4°/ Faire un schéma-bloc de cette loi de commande en faisant apparaître un bloc de type PI dans une boucle de retour de sortie.

5°/ Est-ce absolument nécessaire d'utiliser un observateur dans ce cas là?

6°/ On utilise un observateur pour retourner l'état complet du système. Est-il nécessaire de recalculer un nouvel observateur?