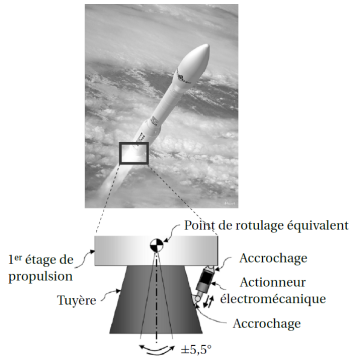


TD 02



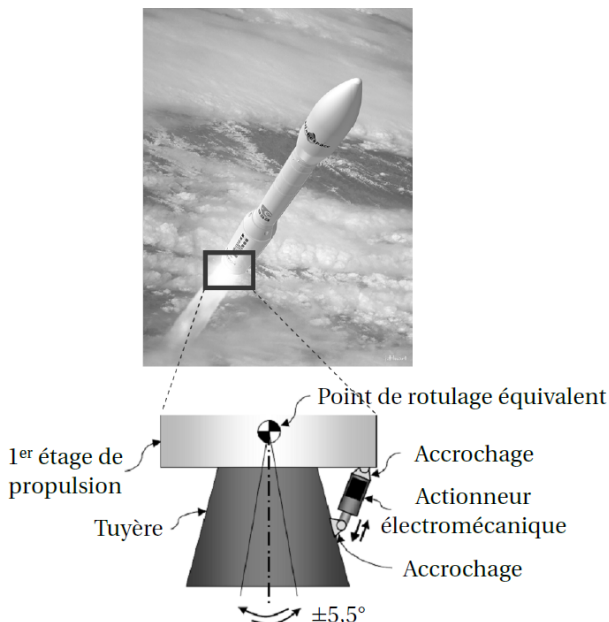
Actionneur électromécanique de la tuyère du lanceur européen VEGA

A. Caignot, V. Boyer, F. Golanski, D. Iceta, X. Pessoles, D. Violeau, Éd Vuibert.

Savoirs et compétences :

Analyser l'actionneur

Le développement du lanceur européen VEGA a démarré en 1998 et s'est achevé en 2011. Ce projet répondait à une demande de mise en orbite basse et polaire, à coûts réduits, de satellites scientifiques dont la masse peut aller jusqu'à 2000 kg. La minimisation des coûts s'est appuyée sur l'intégration de technologies avancées déjà disponibles et l'utilisation des installations des lanceurs Ariane.



Une des innovations de ce projet concerne le système de contrôle vectoriel de poussée (en anglais : « Thrust Vector Control ») du premier étage de propulsion P80. D'une longueur de dix mètres, le P80 est chargé de 88 tonnes de propergol solide. Ceci lui permet de disposer d'une poussée maximale de 3000 kN et d'un temps de combustion de

107 secondes. Alors que sur Ariane 5 le pilotage vectoriel de la poussée est assuré par des dispositifs à source de puissance hydraulique, sur le P80 cette tâche est assurée par des dispositifs à source de puissance électrique (en anglais : « Power By Wire »).

La tuyère est reliée à l'étage de propulsion, par une liaison qui permet de l'orienter autour du point fixe nommé « point de rotulage ».

Cahier des charges

Afin de bien contrôler la trajectoire de la fusée, il est indispensable d'orienter très rapidement et très précisément la tuyère. Le diagramme des exigences partiel de la figure suivante présente les valeurs des performances temporelles que doit réaliser l'actionneur.

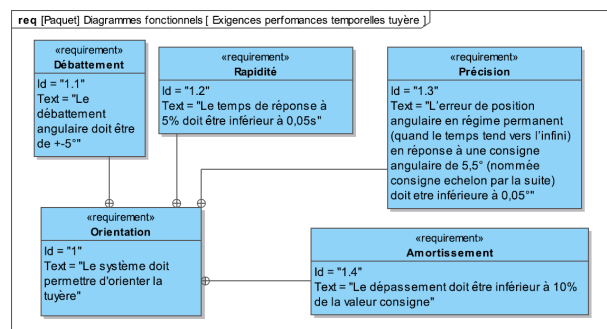


Diagramme partiel des exigences.

Objectif L'objectif est de vérifier les performances de rapidité et de précision décrites dans le diagramme des exigences. Un modèle multiphysique de l'actionneur va être mis en place afin de simuler le comportement de l'actionneur et de valider ou non son comportement vis-à-vis du cahier des charges.

Description structurelle

Les figures suivantes donnent la description des différents composants de l'actionneur.

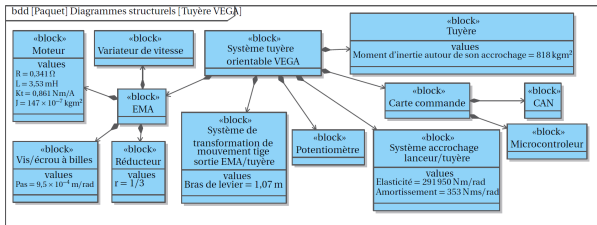


Diagramme de définition de blocs.

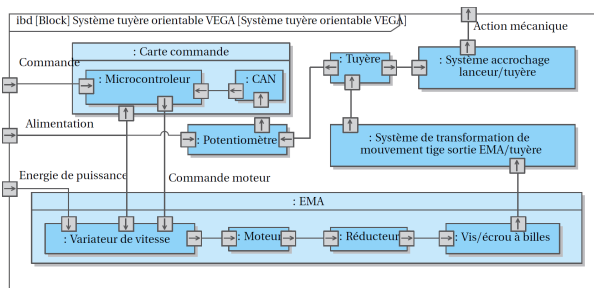
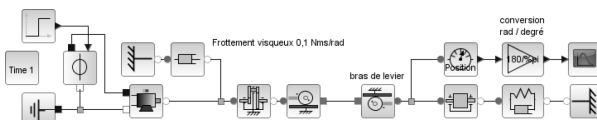


Diagramme de définition de blocs internes.

Modéliser l'actionneur

Afin de simuler le comportement dynamique de l'actionneur, il est nécessaire de représenter la charge qu'il devra mettre en mouvement. Pour un solide en rotation on parle d'inertie. Cette grandeur s'exprime en kgm^2 et quantifie la résistance d'un corps soumis à une accélération angulaire (le pendant de la masse qui caractérise la résistance d'un corps soumis à une accélération linéaire). Un frottement visqueux de l'arbre moteur est ajouté pour modéliser la manière dont est lubrifié le mécanisme.

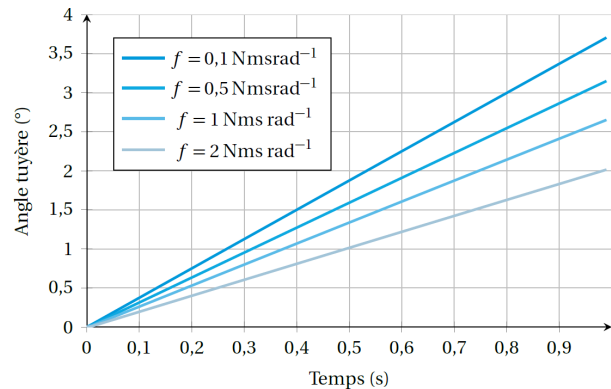


Modèle à compléter.

Question 1 En utilisant le diagramme IBD indiquer les noms des composants que représente chacun des blocs de la simulation. Identifier le bloc correspondant à la consigne et le bloc correspondant à la sortie. Quelles sont les unités de l'entrée et de la sortie ?

Question 2 En utilisant les données du diagramme BDD indiquer les paramètres à renseigner dans chacun des blocs de la simulation.

Une simulation est réalisée pour une consigne de tension de 200 V.

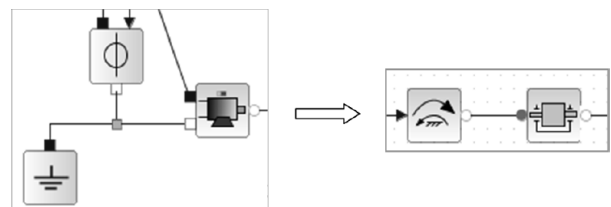


Réponse à un échelon de 200 V du modèle.

Question 3 En analysant la réponse obtenue, que représente le 1 dans le bloc « Time » de la simulation ? Quelle est l'influence du frottement visqueux sur la rapidité de la réponse du système ?

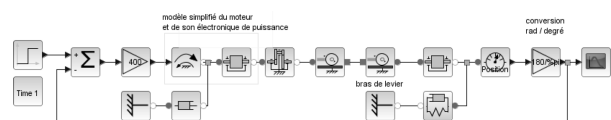
Question 4 Peut-on, avec ce modèle, choisir une consigne angulaire en entrée et étudier les performances exigées dans le cahier des charges ? Quels éléments du diagramme IBD n'ont pas été pris en compte dans ce modèle ?

Afin de simplifier le modèle et les calculs, le moteur et le générateur sont remplacés par une source de couple. Le couple est l'action que produit le moteur sur son axe afin de le mettre en rotation.



Simplification de la partie électronique.

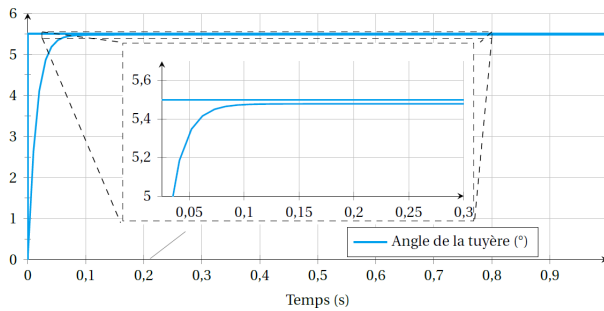
De plus, le modèle simplifié de la figure est complété afin de modéliser la partie commande du système.



Modèle avec la partie commande.

Analyser les performances prévues par le modèle

Pour une consigne de 5.5 degrés le résultat de la simulation est donné sur la figure suivante.



Réponse de l'actionneur sans saturation.

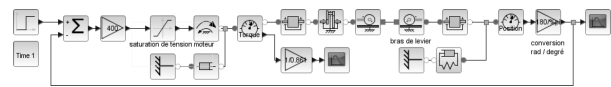
Question 5 Analyser le respect des exigences spécifiées dans le cahier des charges.

Conclusion

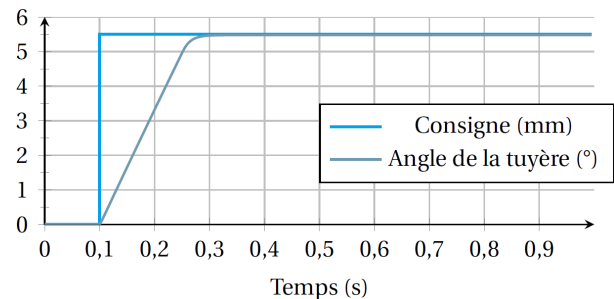
Lors de la simulation précédente la tension maximale simulée dépasse la tension maximale admissible de 200V du moteur réel. Afin de modéliser cette limite, un bloc (dit de « saturation » que l'on reverra dans le chapitre suivant) est placé en amont du moteur comme présenté figure suivante Le comportement de ce bloc est simple :

- si la valeur absolue de la tension d'entrée u du bloc est inférieure à u_{\max} alors la tension de sortie est égale à u ;
- si la valeur absolue de la tension d'entrée du bloc est supérieure à u_{\max} alors la tension de sortie est égale

à u_{\max} si u est positive (respectivement $-u_{\max}$ si u est négative).



Modèle avec saturation.



Simulation avec saturation.

Question 6 Expliquer alors l'allure de la réponse figure ci-dessus. Le cahier des charges est-il toujours respecté ?

Question 7 Quel est l'écart relatif (en pourcentage) vis-à-vis du cahier des charges ? En utilisant les analyses menées tout au long de l'exercice, indiquer quel paramètre permettrait de diminuer cet écart.