

Contenu de la présentation orale

(Version 4, novembre 2019)

Rappel : Il faut limiter le θ_{cmd} à ± 60 deg sinon la capsule décroche (α devient trop grand).

Identification intégration numérique et par lissage

Informations à fournir

- Méthode d'intégration choisie
- Intégration numérique des données accélérométriques pour obtenir numériquement la vitesse $v(t)$
- Erreur d'intégration de la vitesse en m/s
- Intégration numérique de la vitesse pour obtenir numériquement l'altitude $h(t)$
- Erreur d'intégration de l'altitude en m
- Équation des Y et X transformés pour l'approximation linéaire à deux paramètres
- Coefficients de l'approximation à deux paramètres, erreur RMS dans les Y transformés, coefficient R^2
- Identification de la densité de référence à la surface de la planète ρ_0 et du facteur d'échelle de la densité h_s
- Erreur RMS absolue dans les accélérations (en m/s^2)
- Erreur RMS relative dans les accélérations et comparaison avec la précision de l'accéléromètre

Commentaires

- Discuter la comparaison de l'erreur RMS relative avec la précision de l'accéléromètre

Graphiques (tous en fonction du temps)

- Accélération approximée (lissée) superposée sur les mesures accélérométriques des Russes
- Vitesse obtenue par intégration des mesures accélérométriques
- Altitude obtenue par intégration de la vitesse

Loi de guidage : validation de la RAA

Graphiques (tous en fonction de l'altitude)

- Accélération (D_{aero}/m) calculée avec la RAA superposée sur les mesures accélérométriques des Russes
- Vitesse calculée avec la RAA superposée sur celle obtenue par intégration des mesures accélérométriques

Commentaires

- Discuter la précision de la RAA par rapport aux données expérimentales des Russes

Loi de guidage : limites structurelles

Informations à fournir dans le tableau suivant (NB avec tolérance = 10^{-08})

v_{fin}^* (m/s)	γ_{ref} (deg)	h_{min} (m)	v_{min} (m/s)	$h_{départ}$, # itérations	h_{max} (m)	v_{max} (m/s)	$h_{départ}$, # itérations	$\widehat{\Delta t}_{lim}$ (s)
250								
300								

- h_{min} et v_{min} sont la basse altitude et basse vitesse où D_{aero} atteint 2000 N
- h_{max} et v_{max} sont la haute altitude et haute vitesse où D_{aero} atteint 2000 N
- $h_{départ}$ est l'altitude de départ choisie pour les itérations Newton-Raphson
- # itération est le nombre d'itérations Newton-Raphson requises pour converger avec la précision de 10^{-08}
- $\widehat{\Delta t}_{lim}$ est la durée prédite par la loi de guidage, incluant la gravité, pendant laquelle $D_{aero} > 2000$ N.

Commentaires

- Discuter Δt_{lim} en fonction de sa limite permise de 45 s
- Dans l'application de la méthode de Newton-Raphson, donner au long l'équation de la fonction F et de sa dérivée F' , cette dernière obtenue sous forme analytique.

Conception d'asservissements : loi de commande en translation

Informations à fournir

- Équation de la consigne γ_{ref} calculée en temps réel dans la simulation
- Équation de la commande par rétroaction linéarisante : θ_{cmd} et θ_{eq} en fonction de γ_{ref} et explication
- Équation dynamique asservie de $\dot{\gamma}$ et explication
- Valeur du gain proportionnel K_p et comment il a été calculé

Conception d'asservissements : loi de commande en rotation

Informations à fournir

- Équation de la commande par rétroaction linéarisante : δ_{cmd} et δ_{eq} en fonction de θ_{cmd} et explication
- Équation dynamique asservie de $\ddot{\theta}$ et explication
- Valeur du gain proportionnel K_p et du gain dérivé K_D et comment ils ont été calculés

Validation par simulation numérique

Informations à fournir dans le tableau suivant

v_{fin}^* (m/s)	Avec asservissement		Sans asservissement	
	v_{fin} (m/s)	Δt_{lim} (s)	v_{fin} (m/s)	Δt_{lim} (s)
250				
300				

- v_{fin} est la vitesse finale (obtenue par simulation) à $h_{fin} = 10$ km
- Δt_{lim} est la durée (obtenue par simulation) pendant laquelle $D_{aero} > 2000$ N

Graphiques **sans** asservissement

- Tous les graphiques sont en fonction du temps sauf indication contraire.
- Faire les zooms nécessaires, utiliser le « *data cursor* » pour indiquer des vitesses, altitudes, etc.
- $\gamma(t)$
- $v(h)$ en fonction de l'altitude h en km avec un *data cursor* à $h_{fin} = 10$ km pour y voir la vitesse
- $\theta(t)$ et $\alpha(t)$ sur le même graphique
- $q(t)$
- $D_{aero}(t)$ et $L_{aero}(t)$ sur le même graphique
- Intégrale du temps quand $D_{aero} > 2000$ N (voir comment en classe) avec un *data cursor* pour voir Δt_{lim}

Commentaires : simulation **sans** asservissement

- Est-ce que la simulation sans asservissement démontre qu'on peut atteindre une vitesse $v_{fin} \leq 300$ m/s ?
- Est-ce que la simulation sans asservissement démontre que la capsule va se désintégrer ($\Delta t_{lim} > 45$ s) ?

Graphiques **avec** asservissement pour chaque vitesse v_{fin} (250 m/s et 300 m/s)

- Tous les graphiques sont en fonction du temps sauf indication contraire.
- Faire les zooms nécessaires, utiliser le « *data cursor* » pour indiquer des vitesses, altitudes, etc.
- $\gamma(t)$ superposé sur γ_{ref} calculé en ligne (avec axes limités entre -25 deg et -10 deg pour bien voir)
- $\gamma(h)$ en fonction de l'altitude h en km
- $v(t)$
- $v(h)$ en fonction de l'altitude h en km avec un *data cursor* à $h_{fin} = 10$ km pour y voir la vitesse
- $h(t)$ en km
- $\theta(t)$ et $\alpha(t)$ sur le même graphique
- $q(t)$ avec axes limités entre -5 deg/s et $+5$ deg/s pour bien voir
- $D_{aero}(t)$ et $L_{aero}(t)$ sur le même graphique
- Intégrale du temps quand $D_{aero} > 2000$ N (voir comment en classe) avec un *data cursor* pour voir Δt_{lim}

Commentaires : simulation **avec** asservissement

- Discuter des différences entre le γ_{ref} de la simulation et le γ_{ref} prédit plus tôt avec la loi de guidage.
- Discuter des différences entre le Δt_{lim} par simulation et le $\bar{\Delta t}_{lim}$ prédit plus tôt avec la loi de guidage.
- Expliquer les raisons de ces différences.
- Identifier la vitesse finale qui rencontre tous les critères.