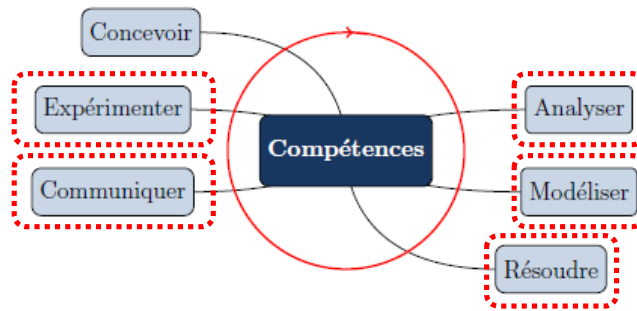


Problème technique :

Mettre en place d'un asservissement performant du système pour son axe de tangage.

**Matériel utilisé :**

- Nacelle NC10
- Logiciel d'acquisition associé au système
- Logiciel de modélisation simulation : Matlab Simulink

**I. Présentation du TP****1. Présentation de la nacelle**

La prise de vue aérienne par drone est un secteur en plein essor. Beaucoup de télé-pilotes se lancent sur ce segment avec un cadrage basé sur nacelle 2 ou 3 axes. Cette technique permet de réaliser des images intéressantes, avec des manœuvres sur des vues en oblique ou en courbe, très recherchées, car le rendu est excellent.

De façon à obtenir des images de qualité, la nacelle doit permettre à l'appareil de prise de vue de rester dans la direction prévue par l'utilisateur, quel que soit le mouvement du drone qui le porte. Pour cela le concepteur a prévu d'asservir les deux axes de tangage et de roulis de la nacelle.

Le support d'étude dans cette activité est la nacelle de Drone asservie dans un environnement recréé.

2. Objectif du TP

On se propose, par des mesures sur la nacelle de drone, de caractériser ses performances.

Ce document s'inscrit dans un cycle de 3 études, concernant l'axe de tangage :

- **identification temporelle de la boucle ouverte**
- identification fréquentielle de la boucle ouverte
- étude temporelle en boucle fermée et performances

Il s'agira alors de mettre en place un modèle de comportement de la nacelle, de conclure sur sa validité, prédire les performances du système et les vérifier expérimentalement.

Pour effectuer ces mesures, on dispose : de la nacelle équipée d'une caméra, d'un logiciel de commande et de visualisation des grandeurs physiques mesurées, et des commandes envoyées au calculateur.

II. Prise en main et Analyse du système

1. Mise en évidence des fonctionnalités du système

Vous pouvez vous aider ici de l'annexe « Prise en main du logiciel de mesure et de commande »

Mettre sous tension le système « Voir annexe »

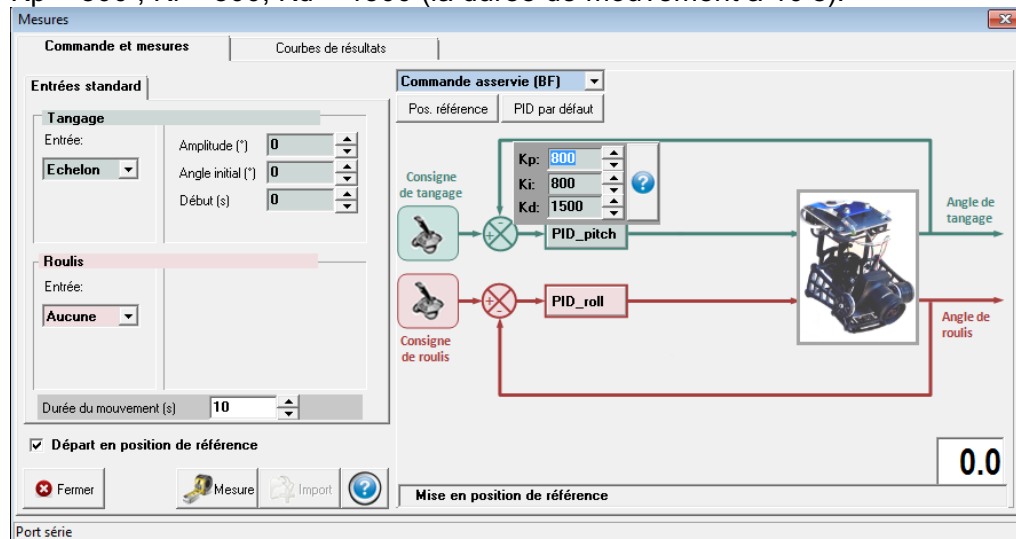
Ouvrir le logiciel Nacelle_NC10



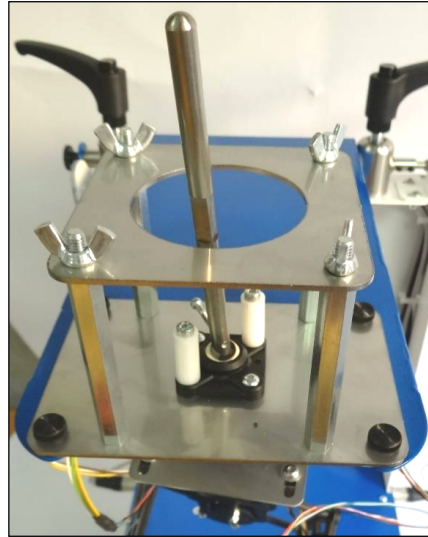
Aller dans Mesure et résultats

Régler le système en boucle fermée, les coefficients du correcteur des deux axes (tangage et roulis) à

$K_p = 800$; $K_i = 800$, $K_d = 1500$ (la durée de mouvement à 10 s).



Démonter les plaques en dévissant les écrous papillons et laisser uniquement la plaque avec un trou rond, permettant une mobilité sur 3 axes :



Mesure n°1 : Lancer un échelon de 0° en roulis et en tangage.

Déplacer la tige de la structure pendant la mesure.

Question 1. Observer le comportement et conclure sur le rôle du pilotage après avoir importé les mesures et les observer dans l'onglet « Courbes et résultats ».

2. Analyse et modélisation structurelle du système

Question 2. Proposer un schéma bloc représentant la structure d'un des axes de la nacelle (tangage par exemple) en indiquant de façon qualitative les contenus de chacun des blocs : paramètres d'entrée et de sortie avec leurs unités, correcteur, ensemble axe de tangage : support de caméra et moteur, capteur.

(Voir le dossier technique en annexe **et en particulier la description structurelle du système**)

Question 3. Quel est le type de capteur utilisé, sur quel ensemble est-il fixé, quelles grandeurs mesure-t-il pour en déduire la mesure de l'angle de tangage ?

Question 4. Quel est le gain supposé du capteur sur ce modèle ? Justifier.

Question 5. Quel est le type de moteur utilisé ? Y a-t-il présence d'un réducteur de vitesse ?

Question 6. Mettre en couleur les blocs qui figureront dans la boucle ouverte.

III. Identification temporelle de la boucle ouverte du système asservi

L'objectif de cette partie est de déterminer **expérimentalement**, à l'aide d'une **étude temporelle**, la fonction de transfert en **boucle ouverte** relative à l'axe de tangage de la nacelle afin de construire un modèle de comportement.

Pour la suite du TP il vous sera demandé d'agir uniquement sur l'axe de tangage, il est donc nécessaire de choisir « Aucun » comme type d' « Entrée » pour l'axe de roulis.

Remonter les plaques en revissant les écrous papillons pour bloquer les mobilités sur 3 axes :

1. Influence du gain proportionnel du correcteur Kp sur les performances de l'axe de tangage en boucle ouverte.

Régler le système en **boucle ouverte**, les coefficients du correcteur de l'axe de tangage à : $K_p = 1000$; $K_i = 0$, $K_d = 0$, la durée de mouvement à 2 s.

Question 1. **Mesure n°2 :** lancer un échelon de 20° en tangage. Importer les résultats.

Afficher la consigne et la courbe d'angle mesuré par la centrale inertielle en fonction du temps.

Question 2. *Analyser ces courbes et conclure sur le comportement.*

Mesure n°3 : effectuer 3 relevés successifs dans les conditions de la mesure n°2, mais en imposant au coefficient K_p les valeurs : 500, 1000 et 2000 ($K_i = 0$, $K_d = 0$) (La dernière mesure est instable pour l'arrêter refaite une mesure avec le réglage de K_p à 500)

Question 3. *Analyser ces courbes et conclure sur le comportement.*

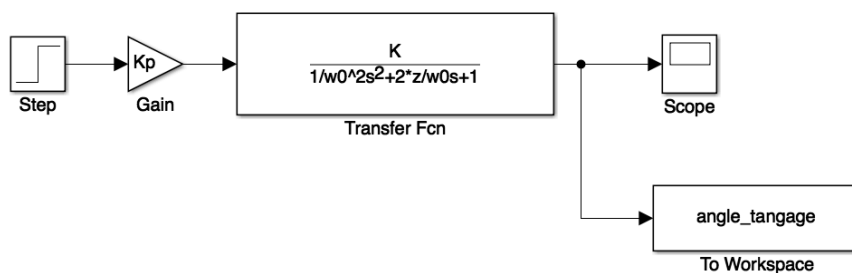
Question 4. *En réalisant plusieurs essais successifs, déterminer la valeur de K_p permettant au système d'avoir un gain statique de 1 pour la boucle ouverte.*

Mesure n°4 : effectuer une mesure pour valider le résultat précédent.

2. Identification

Identification : à partir des résultats obtenus à la mesure n°4, déterminer la fonction de transfert du système en boucle ouverte, à l'aide de relevés sur la courbe mesurée.

Question 5. *Simulation : réaliser la modélisation sous Matlab. Conclure.*



3. Analyse des écarts

Question 6. A l'aide des transferts de données sous Excel depuis le logiciel d'acquisition de mesure et depuis Matlab d'autre part, tracer les courbes associées.

Question 7. Comparer les (dépassements, pseudo pulsation, temps de réponse,...), diagnostiquer, évaluer les écarts et conclure sur la validité du modèle mis en place.

Tableaux des écarts

Objectif	Valider un modèle de la boucle ouverte de l'axe de tangage de la Nacelle de drone asservi en position.		
Paramètre représentatif	Position en sortie	Flexibilité (cahier des charges)	plus ou moins 5%
Caractérisation écart	Allure, ordre de grandeurs		
	Valeur		

		Plan d'action	Action à réaliser
Modélisation	Modèle de connaissance (issu de principes)	Ajouter une loi relative à un phénomène physique non pris en compte Faire varier la valeur d'un paramètre dans la simulation	Néant
	Modèle de comportement (issu de mesures)	Remettre en cause les mesures (tableau suivant) Remettre en cause la modélisation des valeurs mesurées	
	Modèle de produit	Remettre en cause la modélisation de certaines interactions (liaisons,...) entre composants (ensembles de pièces,...) Décomposer certains ensembles pour analyser d'autres interactions Remettre en cause les valeurs de paramètres (constructeur : inertie, masse, coefficients K_i ,...)	Néant
	Modèle de l'environnement	Remettre en cause la frontière d'étude et inclure d'autres composants Remettre en cause la modélisation des interactions avec l'extérieur	Néant
	Solveur	Choisir un solveur adapté (complexité, type d'étude : mécanique, automatique, RDM,...)	Néant

	Domaine de validité	Remettre en cause toutes les hypothèses (linéaires, continus, invariants)	
Mesure	Mesure	Analyser la documentation du capteur et de la chaîne de mesure pour estimer l'incertitude de mesure. Analyser la position du capteur dans la chaîne de mesure Réaliser l'étalonnage de la chaîne de mesure Analyser le traitement de la mesure : influence de la valeur de la fréquence d'échantillonnage, de la présence de filtres, de... Analyser l'affichage : influence de la mise en place de moyennes, du nombre de points affichés, de l'échelle,...	
	Environnement recréé	Imaginer et mettre en œuvre une solution permettant de recréer au mieux les éventuelles interactions extérieures manquantes	Néant
	Produit du laboratoire	Vérifier si la présence de capteurs a dégradé certaines performances du système Analyser le produit et conclure sur la réalité industrielle des solutions technologiques	Néant
	Protocole	Adapter la manipulation au type de modélisation réalisée Réaliser plusieurs mesures	
	Opérateur	Répertorier et remédier aux erreurs de manipulation, de lecture, d'interprétation,...	

Question 8. *Finally, the Nacelle system piloted in open loop allows after setting the proportional gain to the value 1, to make the axis of roll (respectively of yaw) move to the desired value imposed in input (or setpoint).*

Question 9. *Show with a simple manipulation the enormous inconvenience of piloting in Open Loop.*

IV. Identification fréquentielle de la boucle ouverte de l'axe de tangage

1. Identification

The objective of this part is to determine **experimentally**, with the aid of a frequency study, the transfer function in **open loop** relative to each axis of the nacelle in order to confirm or refine the model constructed above.

For the rest of the TP you will be asked to act only on the roll axis, it is therefore necessary to choose « None » as type of « Input » for the yaw axis.

On se propose de construire expérimentalement le diagramme de Bode de la commande en tangage de la nacelle en boucle ouverte.

Mesure n°5 : Pour toute la suite, nous allons régler la valeur du gain proportionnel K_p (voir l'écran du logiciel de pilotage en mode boucle ouverte) de telle façon que le gain de la Boucle Ouverte soit égal à 1.

Question 10. Montrer par un essai sur la nacelle en **boucle ouverte** que la valeur de K_p d'environ 1700 permet au système d'avoir un gain de 1 pour la boucle ouverte.

Régler alors les coefficients du correcteur permettant d'avoir un gain statique de 1 en Boucle Ouverte avec $K_i = 0$, $K_d = 0$.

Mesure n°6 : Pour tracer les diagrammes de Bode, effectuer les trois relevés proposés dans le fichier joint en imposant une entrée sinusoïdale d'amplitude 5° .
Pour chaque mesure, la durée du relevé sera fixée à 10 fois la période.

Importer les résultats. Afficher les courbes de commande et de réponse.

Question 11. Analyser le fichier Excel (tracer_bode_Nacelle_bo.xls) fourni dans le dossier « RESSOURCES » pour comprendre comment sont tracés les deux diagrammes.

Remplir le fichier Excel fourni, en mesurant l'amplitude et la phase.

Tracer le diagramme de BODE du système en tangage **en boucle ouverte**.

Question 12. Identifier la fonction de transfert du système en boucle ouverte.
Aidez-vous du tracé théorique pour valider votre résultat : un modèle du second ordre est préparé sous Excel, il suffit de renseigner les valeurs de K , z et ω_n dans le tableau fourni dans le fichier.

2. Diagnostiquer les écarts

Question 13. Comparer les courbes réponses issues de la mesure et celles théoriques correspondant au modèle choisi (asymptotes, pentes, valeurs,...), diagnostiquer, évaluer les écarts, remplir le tableau des écarts ci-dessous et conclure sur la validité du modèle mis en place.

Tableaux des écarts

Objectif	Valider un modèle de la boucle ouverte de l'axe de tangage de la Nacelle de drone asservi en position.		
Paramètre représentatif	Position en sortie	Flexibilité (cahier des charges)	plus ou moins 5%
Caractérisation écart	Allure, ordre de grandeurs		
	Valeur		

		Plan d'action	Action à réaliser
Modélisation	Modèle de connaissance (issu de principes)	Ajouter une loi relative à un phénomène physique non pris en compte Faire varier la valeur d'un paramètre dans la simulation	Néant
	Modèle de comportement (issu de mesures)	Remettre en cause les mesures (tableau suivant) Remettre en cause la modélisation des valeurs mesurées	
	Modèle de produit	Remettre en cause la modélisation de certaines interactions (liaisons,...) entre composants (ensembles de pièces,...) Décomposer certains ensembles pour analyser d'autres interactions Remettre en cause les valeurs de paramètres (constructeur : inertie, masse, coefficients K_i ,...)	Néant
	Modèle de l'environnement	Remettre en cause la frontière d'étude et inclure d'autres composants Remettre en cause la modélisation des interactions avec l'extérieur	Néant
	Solveur	Choisir un solveur adapté (complexité, type d'étude : mécanique, automatique, RDM,...)	Néant
	Domaine de validité	Remettre en cause toutes les hypothèses (linéaires, continus, invariants)	
Mesure	Mesure	Analyser la documentation du capteur et de la chaîne de mesure pour estimer l'incertitude de mesure. Analyser la position du capteur dans la chaîne de mesure Réaliser l'étalonnage de la chaîne de mesure Analyser le traitement de la mesure : influence de la valeur de la fréquence d'échantillonnage, de la présence de filtres, de... Analyser l'affichage : influence de la mise en place de moyennes, du nombre de points affichés, de l'échelle,...	
	Environnement recréé	Imaginer et mettre en œuvre une solution permettant de recréer au mieux les éventuelles interactions extérieures manquantes	Néant
	Produit du laboratoire	Vérifier si la présence de capteurs a dégradé certaines performances du système Analyser le produit et conclure sur la réalité industrielle des solutions technologiques	Néant

Protocole	Adapter la manipulation au type de modélisation réalisée Réaliser plusieurs mesures	
Opérateur	Répertorier et remédier aux erreurs de manipulation, de lecture, d'interprétation,...	

Question 14. Déterminer graphiquement le gain en BO : Kbolim permettant au système d'être en limite de stabilité. Quelle est la marge de phase maxi possible ?

Question 15. Finalement, le système Nacelle piloté en boucle ouverte permet après réglage du gain proportionnel en boucle ouverte à la valeur 1, de faire se déplacer l'axe de tangage (respectivement de roulis) de la valeur souhaitée imposée en entrée (ou consigne).

Montrer à l'aide d'une manipulation simple l'énorme inconvénient de piloter en Boucle Ouverte.

Question 16. Comparer les méthodes d'identification temporelle et fréquentielle.

V. Analyse BF en boucle fermée

1. Identification

L'objectif de cette partie est de déterminer, à l'aide d'une étude temporelle en boucle fermée, les performances de l'axe de tangage à partir de mesures et de simulations, en prenant appui sur les identifications réalisées dans les parties précédentes : **identification temporelle de la boucle ouverte** et **identification fréquentielle de la boucle ouverte**.

Pour la suite du TP il vous sera demandé d'agir uniquement sur l'axe de tangage, il est donc nécessaire de choisir « Aucun » comme type d' « Entrée » pour l'axe de roulis.

Mesure n°7 : Echelon en boucle fermée

Question 17. Réaliser la mesure en **boucle fermée** permettant d'afficher la réponse à un échelon de 20° , avec différentes valeurs de K_p : 500, 1000, ... K_i et $K_D = 0$
Chercher la valeur de K_p en limite de stabilité.
Evaluer l'évolution de la précision en fonction de K_p .
Conclure sur les performances de l'axe de tangage en Boucle Fermée.

Question 18. Construire le modèle sous MATLAB pour effectuer une simulation en boucle fermée.
On prendra les valeurs : $K = 1/1700$, $z_{bo} = 0.2$ et $\omega_{nbo} = 34$ rad/s obtenues dans les TP précédents.

2. Diagnostic des écarts

Question 19. A l'aide des transferts de données sous Excel depuis le logiciel d'acquisition de mesure avec la valeur de $K_p = 1100$ en limite de stabilité et depuis Scilab d'autre part avec le modèle établi en étude fréquentielle ou temporelle en BO (voir les TP précédents), tracer les courbes associées.

Comparer les (dépassements, pseudo pulsation, temps de réponse, ...), diagnostiquer, évaluer les écarts, remplir le tableau des écarts et conclure sur la validité du modèle mis en place.

Tableaux des écarts

Objectif	Valider un modèle de la boucle ouverte de l'axe de tangage de la Nacelle de drone asservi en position.		
Paramètre représentatif	Position en sortie	Flexibilité (cahier des charges)	plus ou moins 5%
Caractérisation écart	Allure, ordre de grandeurs		
	Valeur		

•

		Plan d'action	Action à réaliser
Modélisation	Modèle de connaissance (issu de principes)	Ajouter une loi relative à un phénomène physique non pris en compte Faire varier la valeur d'un paramètre dans la simulation	Néant
	Modèle de comportement (issu de mesures)	Remettre en cause les mesures (tableau suivant) Remettre en cause la modélisation des valeurs mesurées	
	Modèle de produit	Remettre en cause la modélisation de certaines interactions (liaisons,...) entre composants (ensembles de pièces,...) Décomposer certains ensembles pour analyser d'autres interactions Remettre en cause les valeurs de paramètres (constructeur : inertie, masse, coefficients K_i ,...)	Néant
	Modèle de l'environnement	Remettre en cause la frontière d'étude et inclure d'autres composants Remettre en cause la modélisation des interactions avec l'extérieur	Néant
	Solveur	Choisir un solveur adapté (complexité, type d'étude : mécanique, automatique, RDM,...)	Néant
	Domaine de validité	Remettre en cause toutes les hypothèses (linéaires, continus, invariants)	

Mesure	Mesure	Analyser la documentation du capteur et de la chaîne de mesure pour estimer l'incertitude de mesure. Analyser la position du capteur dans la chaîne de mesure Réaliser l'étalonnage de la chaîne de mesure Analyser le traitement de la mesure : influence de la valeur de la fréquence d'échantillonnage, de la présence de filtres, de... Analyser l'affichage : influence de la mise en place de moyennes, du nombre de points affichés, de l'échelle,...	
	Environnement recréé	Imaginer et mettre en œuvre une solution permettant de recréer au mieux les éventuelles interactions extérieures manquantes	Néant
	Produit du laboratoire	Vérifier si la présence de capteurs a dégradé certaines performances du système Analyser le produit et conclure sur la réalité industrielle des solutions technologiques	Néant
	Protocole	Adapter la manipulation au type de modélisation réalisée Réaliser plusieurs mesures	
	Opérateur	Répertorier et remédier aux erreurs de manipulation, de lecture, d'interprétation,...	