

Sciences Industrielles	TRAVAUX PRATIQUES	NACELLE DE DRONE Evaluation	Page : 1
---------------------------	-------------------	--------------------------------	----------

## PRESENTATION DE LA NACELLE :

### Drone de prise de vue aérienne

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, qui sont très recherchées par les films publicitaires par exemple, car le rendu est excellent.



### Nacelle de drone

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 recreé.



## PROBLEMATIQUE :

Il s'agit d'identifier le comportement de la Boucle Ouverte de façon temporelle puis fréquentielle, pour mettre en place un modèle de la FTBO, l'objectif final étant de discuter de la stabilité de la nacelle pilotée en mode **VIDEO + GYRO Evolué**.

## PRESENTATION (VOIR LES FIGURES 1 ET 2)

L'asservissement vidéo est réalisé par reconnaissance d'image.

Il permet d'assurer le maintien de l'axe de la camera sur le centre de l'image filmée.

Les mouvements de l'objet à filmer et du drone sont recréés par une cible mobile sur un écran auxiliaire.

**On se place dans la configuration de suivi dans la direction Y verticale (rotation de la nacelle autour de l'axe de tangage).**

L'angle  $\alpha$  entre l'axe de la caméra et la droite passant par A et C (centre de la cible), doit être le plus petit possible .

La consigne  $\alpha_{cons}$  est donc nulle. L'écart  $\varepsilon$  entre la consigne et la valeur mesurée  $\alpha_{mes}$  est prise en compte par le correcteur PID vidéo pour aller piloter l'axe de tangage de la nacelle.

La perturbation  $\theta_c$  représente l'angle associé à la position de la cible en mouvement,  $Y_c$  représente le déplacement correspondant à l'écran du centre de la cible en pixel écran.

La caméra, le traitement d'image permettent alors de réaliser la mesure de  $Y$  en pixel image

:  $Y_{mes}$

La centrale inertielle permet de réaliser la mesure de  $\theta_N$ .

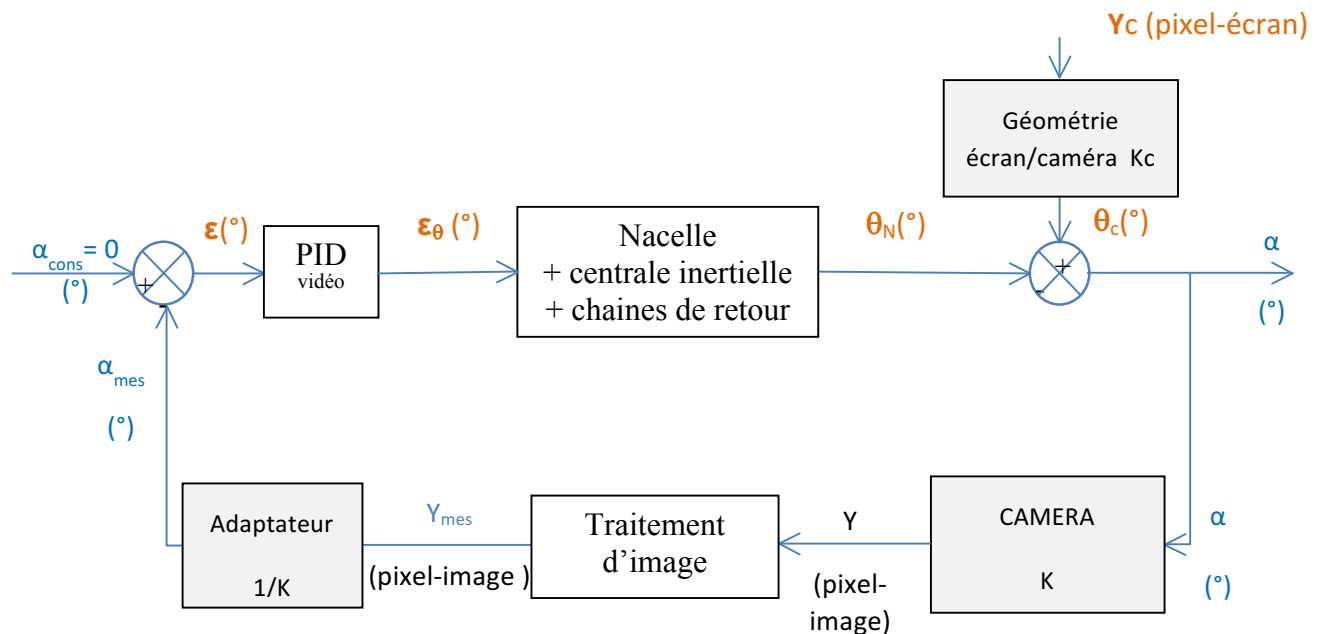


Figure 1

## **FONCTIONNEMENT EN BOUCLE FERMEE**

Ouvrir le logiciel Nacelle\_NC10\_video, régler la durée à 10 s (voir si nécessaire la notice d'utilisation jointe)

\* Lancer la poursuite pour un échelon de  $0^\circ$  en roulis et en tangage

Vérifier que le mode choisi est : **VIDEO + GYRO Evolué.**

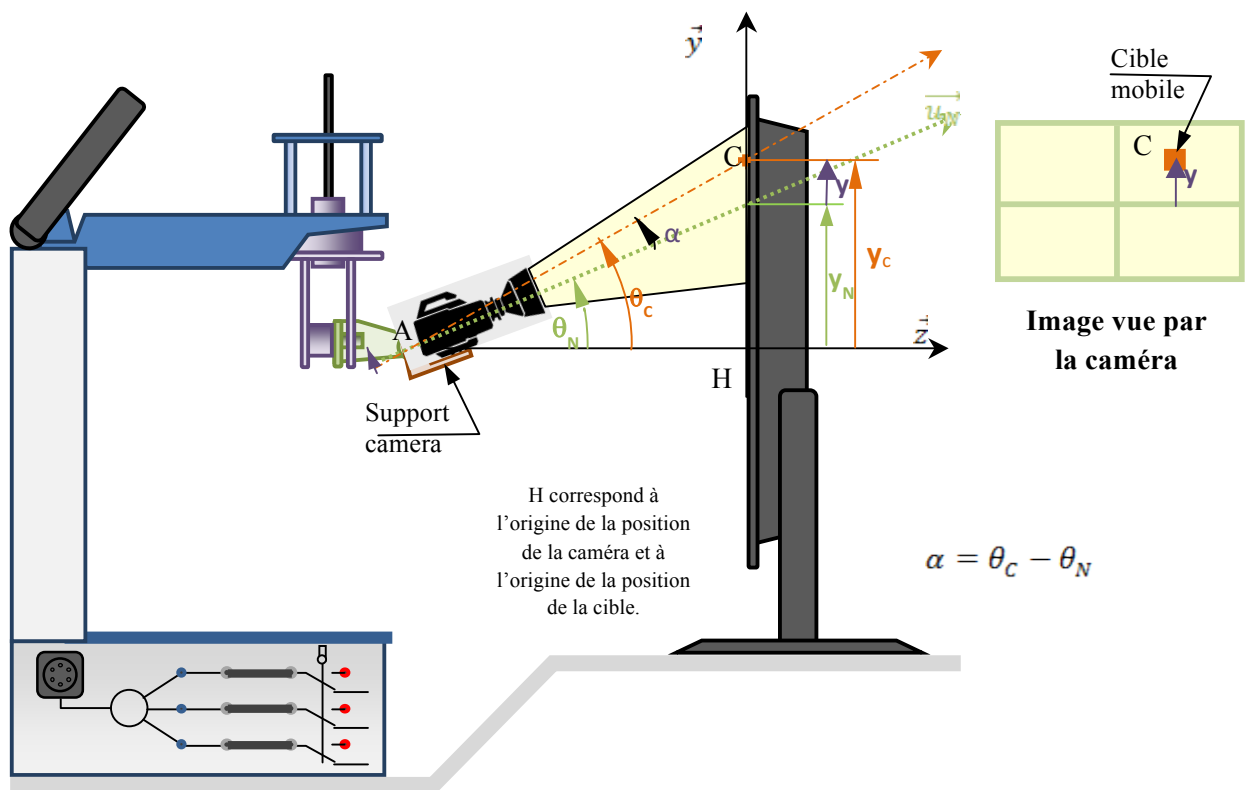
puis si nécessaire régler le correcteur PID vidéo :  $K_p = 1000$  ;  $K_i = 0$  ;  $K_d = 0$

Et le PID nacelle avec :  $K_{pBFnac} = 800$   $K_{iBFnac} = 800$   $K_{dBFnac} = 1500$

- Cliquer dans CIBLE sur la cible pour la centrer à l'écran: sur l'image du haut de la fenêtre écran la cible apparaît en couleur et sur celui du bas son image blanche apparaît (sinon appeler le professeur)
- Cliquer sur SUIVI pour lancer l'opération

Démonter la plaque en dévissant les écrous papillons et déplacer la tige de la structure.

- Observer le comportement et conclure sur le rôle du pilotage.



H : point situé à l'intersection de l'axe (A,z) et du plan de l'écran

C : point situé au centre de la cible

**Hypothèse :**

A : point situé à l'intersection de l'axe de tangage et de l'axe de la caméra ( $A, \vec{u}_N$ )

$(A, \vec{u}_N)$	Axe de la caméra (ligne de visée de la caméra)
$(A, \vec{u}_C)$	Axe défini par la droite (AC), droite « nacelle-cible »

$\alpha = (\vec{u}_N, \vec{u}_C)$	Angle entre l'axe de la caméra et la droite (AC)	(°)
$\alpha_{cons}$	Consigne d'angle $\alpha$ : nulle dans le cas d'un suivi	(°)
$\alpha_{mes}$	Image de l'angle $\alpha$ , issue de la mesure par traitement d'image	(°)

Y	Position réelle de la cible dans l'image caméra, en pixel de l'image caméra	(pixel)
$Y_{mes}$	Position mesurée de la cible dans l'image caméra, position obtenue par traitement d'image, en pixels de l'image caméra	(pixel)

$\theta_N = (\vec{z}, \vec{u}_N)$	Position angulaire de l'axe de la caméra et de son support	(°)
$\theta_{N\_mes}$	Position angulaire de l'axe caméra mesurée par la plateforme inertielle par rapport à l'horizontale	(°)
$\theta_{cons}$	Consigne d'angle $\theta_N$ , envoyée à la nacelle pour corriger l'écart angulaire $\alpha$	(°)

$\theta_c = (\vec{z}, \vec{u}_C)$	Position de la cible donnée en angle (angle entre l'horizontale et la droite (AC) )	(°)
$Y_c$	Position de la cible dans l'écran de projection, en pixel de l'écran.	(pixel)

Figure 2

## MISE EN PLACE DE L'OUVERTURE DE LA BOUCLE

La boucle sera ouverte au niveau du retour  $\theta_N$  sur le comparateur de perturbation.  
 La caméra n'est plus fixée sur son support  $S$ , mais posée sur le châssis en face de l'écran et à proximité de la nacelle, à la distance  $d$  de l'écran.  
 L'angle  $\theta_{NS}$  du support reste variable et l'angle  $\theta_{NC}$  de la caméra est nul (axe de la caméra fixe horizontal).

**Pour cela :** débrancher la camera fixée sur la nacelle et brancher la camera auxiliaire identique, préalablement fixée sur le châssis du système à proximité de la précédente.

Ainsi la caméra fixe pourra enregistrer les déplacements de la cible.  
 Ces informations seront transmises à l'axe de tangage de la nacelle.

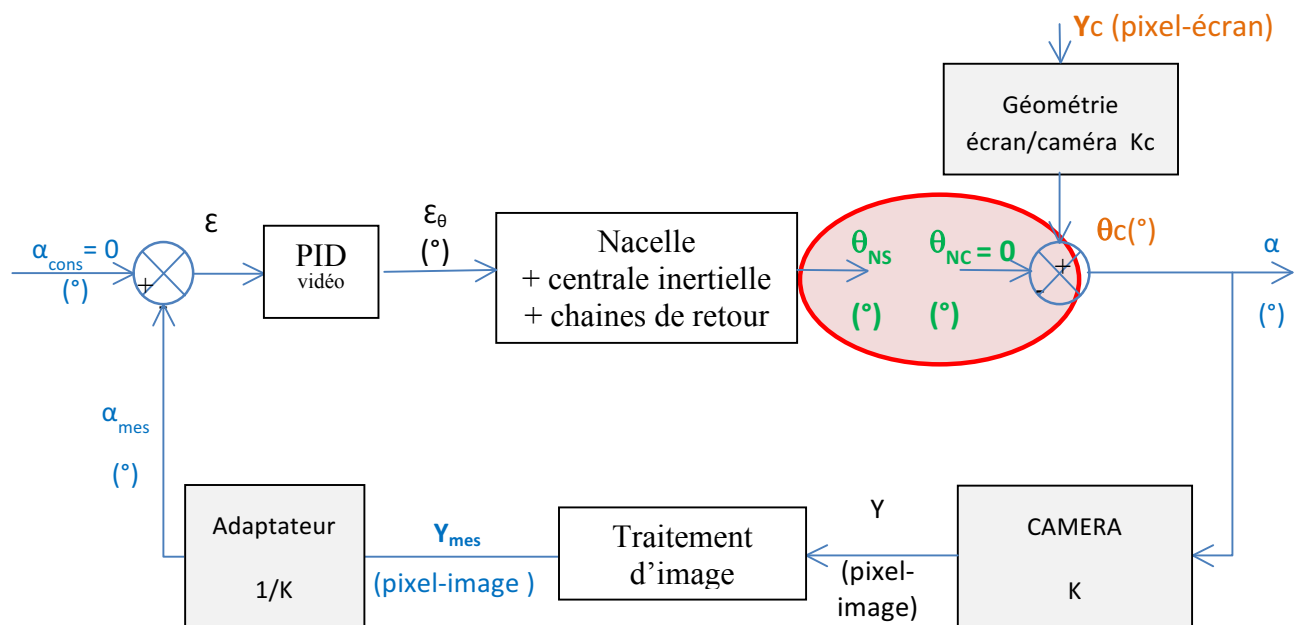


Figure 3

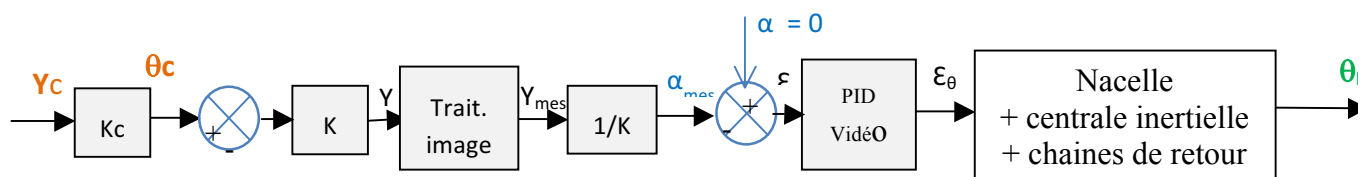


Figure 4

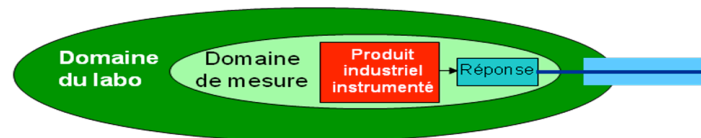
- Expliquer alors le fonctionnement de l'ensemble dans cette configuration en Boucle Ouverte.
- Donner l'expression littérale de la FTBO en fonction des variables données sur les schéma bloc
- Préciser quels sont les capteurs utilisés et quelles sont les grandeurs mesurées correspondantes (avec leur unité)

Sciences Industrielles	TRAVAUX PRATIQUES	NACELLE DE DRONE Evaluation	Page : 5
---------------------------	-------------------	--------------------------------	----------

## IDENTIFICATION DE LA BOUCLE OUVERTE

Il s'agit ici de réaliser des mesures sur l'axe de tangage de la nacelle pour mettre en place un modèle de l'asservissement vidéo en Boucle Ouverte.

### Etude temporelle en Boucle Ouverte

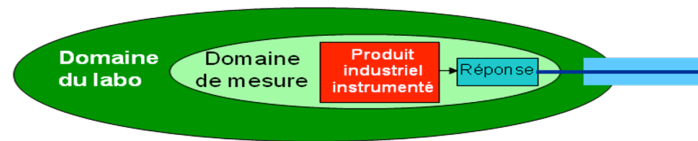


Donnée : Le rapport  $\theta_c / Y_c$  est défini par le gain  $K_c$ , avec  $K_c = 0.023 \text{ } ^\circ/\text{pixel\_ecran}$ .

Dans les mêmes conditions que précédemment, en fixant un temps d'étude de 2 secondes,

- *Mesurer la réponse indicielle de l'axe de tangage pour une amplitude d'échelon de perturbation  $Y_c$  de 200 pixels.  
**Pour cela cliquer Poursuite, puis sur la cible pour la centrer, puis sur suivi et enfin sur Visualiser les résultats.***
- *Afficher l'angle de tangage de la nacelle  $\theta_{N\_mes}$  (noté Mesure Tangage).*
- *Montrer que la fonction de transfert en boucle ouverte pourrait être modélisée par un intégrateur retardé.*
- *Conclure en proposant un modèle pour la FTBO. Evaluer numériquement les coefficients associés.*

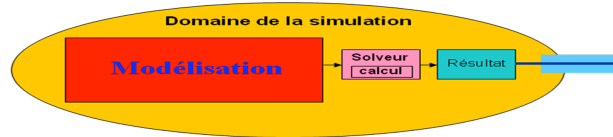
## Etude fréquentielle en Boucle Ouverte



Dans les mêmes conditions que pour l'étude temporelle,

- Lancer la mesure de la réponse fréquentielle de l'axe de tangage pour une amplitude d'entrée  $Y_c$  de 200 pixels de perturbation sinusoïdale et pour une période de 4 s sur une durée de 30 secondes
- Afficher la grandeur de sortie : angle de tangage de la nacelle  $\theta_{N\_mes}$  (notée Mesure Tangage) ainsi que la consigne ou entrée correspondante notée consigne  $Y_c$ .  
Commenter ces courbes.  
Expliquer en particulier pourquoi l'axe de la sinusoïde de sortie n'est pas horizontal.
- Réaliser les relevés pour une période de 4 s de :
  - valeur supérieure 1, puis inférieure, puis supérieure 2 par exemple, de la courbe associée à l'angle de tangage de la nacelle  $\theta_{N\_mes}$  (notée Mesure Tangage), dont l'axe n'est pas horizontal
  - retard en ms de la sortie par rapport à l'entrée  $Y_c$ .
- Ouvrir le fichier excel joint (...eleve), dont un extrait de tableau est donné ci dessous
- En justifiant toutes les prises de décision, remplir la colonne correspondante du tableau excel.  
Justifier aussi les valeurs déjà données dans cette colonne.
- Réaliser les mesures correspondant à des périodes élevées, puis faibles. Conclure.

Diagramme de Bode expérimental									
Période (s)	16,00	10,00	6,00	4,00	3,00	1,50	1,00	0,80	0,50
Fréquence (Hz)	0,06	0,10	0,17	0,25	0,33	0,67	1,00	1,25	2,00
Fréquence (log)	-1,20	-1,00	-0,78	-0,60	-0,48	-0,18	0,00	0,10	0,30
pulsation	0,4	0,6	1,0	1,6	2,1	4,2	6,3	7,9	12,6
Amplitude entrée $\theta_c$ (degré)	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Amplitude d'entrée $Y_c$ (pixel écran)	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Valeur Supérieure 1 (°)	88,0	52,0	32,4		15,2	8,6	5,9	2,5	4,0
Valeur Inférieure (°)	4,5	1,0	1,7		0,1	0,9	0,3	-2,7	0,0
Valeur Supérieure 2 (°)	89,0	53,0	32,8		15,2	8,4	6,3	2,3	3,6
Amplitude sortie moyenne $\theta_N$ (degré)	42,0	25,8	15,5		7,6	3,8	2,9	2,6	1,9
Gain (dB)	19,2	15,0	10,5		4,3	-1,6	-4,0	-5,1	-7,7
Phase (ms)	4230	2730	1680		850	500	370	340	250
Phase (°)	-95	-98	-101		-102	-120	-133	-153	-180



- *Procéder à l'identification de la boucle ouverte, en proposant un modèle sous forme d'une fonction de transfert en précisant les valeurs numériques caractéristiques des coefficients. Justifier.  
Vous pouvez vous aider en utilisant le tableau proposé sur le tableur.*
- *Discuter des marges de stabilité. Définir la limite de stabilité et comparer avec des essais sur la nacelle.*
- *Conclure sur l'ensemble de l'étude.*

Proposer un poster présentant une synthèse de votre travail.  
Sur ce poster devront apparaître les éléments clés des différents temps forts abordés précédemment ainsi que la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique.  
Les outils de communication nécessaires à sa rédaction sont laissés à votre initiative.