



# DOSSIER PEDAGOGIQUE

1 PRESENTATION DU TP	2
2 DECOUVERTE DU SYSTEME	3
3 MISE EN PLACE DU MODELE	3
4 VALIDATION DU MODELE	4
5 PREPARATION DE L'EXPOSE	4

## *Documents liés au TP :*

1. Ce document trame (commun à plusieurs supports éventuellement).
2. 2 fiches d'échanges à compléter pour faciliter l'échange entre les groupes.
3. Fiche méthode : comment réaliser un modèle de comportement.
4. Document « Modèle à réaliser » (propre au support « Nacelle »).

## DOSSIER PÉDAGOGIQUE

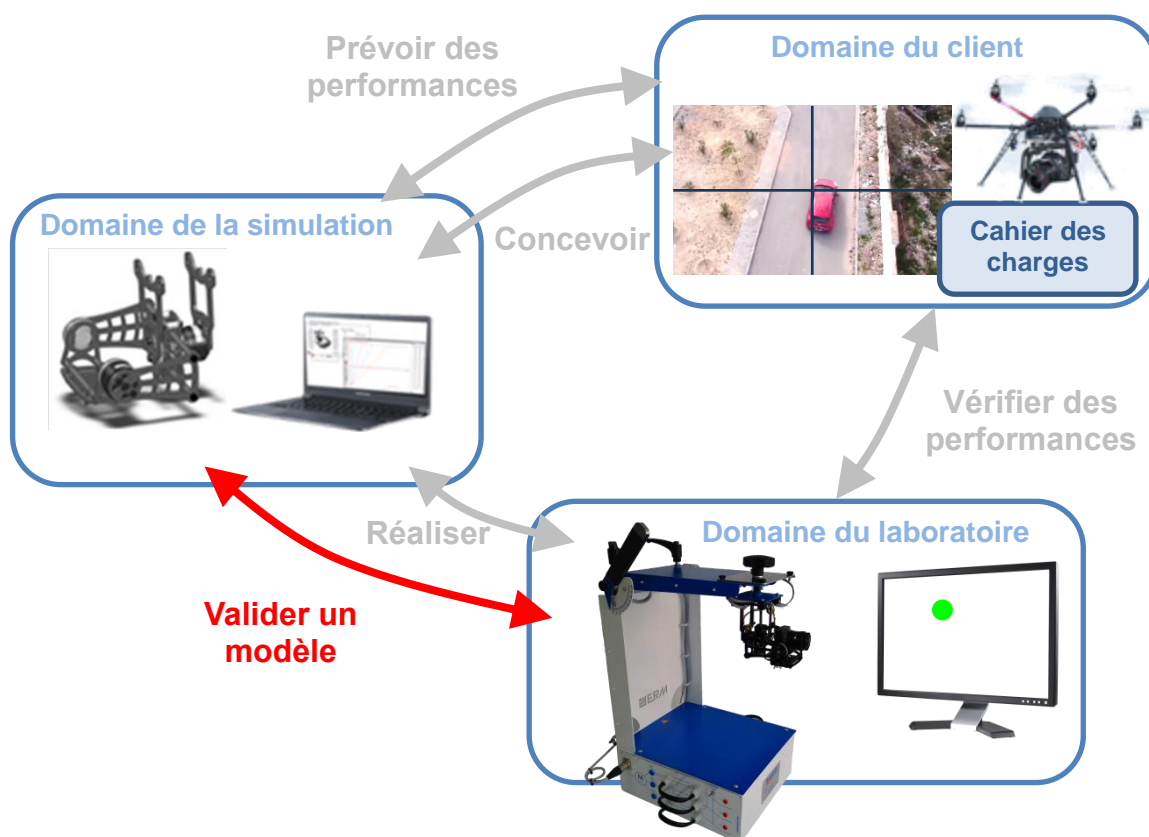
### Modélisation des SLCI

CPGE

Ce TP est proposé en ilot.

Le format pourra par exemple être le suivant :

- 2 séances de TP de 2h30 + 1 séance de présentation
- Equipes de 4 élèves :
  - 2 élèves analystes - expérimentateurs,
  - 2 élèves analystes - modélisateur,
  - 1 élève chef de projet (plutôt parmi les élèves expérimentateurs).



## 1 PRÉSENTATION DU TP

### Objectifs généraux:

L'objectif du TP est d'obtenir un modèle le plus pertinent possible du système étudié.

### 1. MISE EN PLACE DU MODELE

2 approches seront possibles pour mener à bien cette tâche :

- ❑ une approche théorique : le bloc est complété à l'aide de la mise en équation issues de lois connues (**modèle de connaissance**) ;
- ❑ une approche expérimentale : le bloc est complété à l'aide de mesures effectuées sur le système (**modèle de comportement**).

### 2. VALIDATION DU MODELE

Pour juger de la qualité du modèle obtenu, une simulation sera menée à partir du modèle. On comparera alors la réponse obtenue par simulation avec celle mesurée sur le système réel.

On pourra alors conclure sur la pertinence du modèle mis en place, et imaginer des pistes d'améliorations possibles.

Au cours de ce TP, des équipes de 4 étudiants seront constituées :

- ❑ 2 élèves auront le rôle d' « analystes et d'expérimentateurs » et travailleront avec le système réel.
- ❑ 2 élèves auront le rôle d' « analystes et de modélisateurs » et travailleront avec le système modélisé.

Rôle du groupe expérimentateur	Rôle du groupe modélisateur
<p>Son rôle est de <i>réaliser des mesures sur le système réel</i>.</p> <p>Il doit avoir une bonne connaissance de l'implantation des capteurs sur le système réel, ainsi que de la manière dont on peut solliciter celui-ci (échelon, rampe, grandeurs variables...).</p> <p>Il maîtrise les conditions de l'expérience, et est capable de mettre en forme les données expérimentales pour les communiquer au groupe « modélisateur ».</p>	<p>Son rôle est de <i>modéliser</i>.</p> <p>Il a une bonne connaissance de la structure du système étudié et de son schéma bloc.</p> <p>Il modélise soit en s'appuyant sur des modèles de connaissances, soit en utilisant des tracés expérimentaux qu'il demande au groupe « expérimentateur », en fonction de ce que les moyens de mesure du système sont capables de produire. Il exploite les données expérimentales pour réaliser son modèle.</p> <p>Il est en charge de la simulation (sous Scilab par exemple).</p>

**Rôle du chef de projet :** Un élève du groupe expérimentateur est désigné « Chef de projet ». Son rôle est de coordonner l'ensemble de l'équipe et de s'assurer du bon aboutissement du projet.

## 2 DÉCOUVERTE DU SYSTÈME

### Objectif intermédiaire :

⇒ Découvrir le système réel et le système modélisé.

Expérimentateurs	Modélisateurs
<p><b>Activité 1 : Mise en œuvre du système :</b></p> <p>Utiliser la documentation mise à disposition pour mettre en route le système et découvrir l'interface logicielle associée.</p> <p><b>Activité 2 :</b> Étudier l'architecture fonctionnelle du système (chaîne d'énergie/chaîne d'information).</p>	<p><b>Activité 1 : Analyse du schéma bloc donné en annexe :</b></p> <p>Identifier les grandeurs d'entrées et de sorties. Repérer les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Chaîne directe/ Chaîne de retour</li> <li><input type="checkbox"/> Partie commande/Partie opérative</li> <li><input type="checkbox"/> Capteur/Comparateur/Correcteur</li> </ul>

## 3 MISE EN PLACE DU MODÈLE

### Objectif intermédiaire :

⇒ Proposer un modèle pour les blocs du schéma bloc manquants

Expérimentateurs	Modélisateurs
<p><b>On propose de compléter la fiche de travail : « MOYENS EXPERIMENTAUX RECENSES » au cours des activités 3 et 4</b></p> <p><b>Activité 3 : Instrumentation du système :</b> Identifier le ou les capteurs sur le système, indiquer quelle est la grandeur mesurée. Dans la documentation technique, relever leurs caractéristiques. Recenser, parmi les informations de mesures proposées sur l'interface logicielle, celles qui sont issues des capteurs, et celles qui sont traitées (issues de calculs internes au logiciel). En effectuant quelques essais, vérifier la cohérence des informations délivrées par le capteur par rapport à la réalité. Assurer vous que l'étalonnage est correct (le 0) : pour cela faites en sorte que la grandeur mesurée soit nulle et que la valeur retournée par le capteur soit égale à zéro.</p> <p><b>Activité 4 : Analyse des types de commande</b> 4a. Identifier les grandeurs d'entrées du système : celles sur lesquelles il est possible d'agir (consignes). 4b. Recenser les types de consignes qu'il est possible d'envoyer au système (Échelon/Rampe/...). 4c. Nature de la commande : Le système est-il combinatoire/séquentiel/asservi ? S'il est asservi, est-il possible de le configurer en</p>	<p><b>Activité 2 : Mise en place des blocs en utilisant un modèle de connaissance :</b> <b>On propose d'utiliser la fiche de travail « Modèle à réaliser » associé à votre système.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- À l'aide de vos connaissances et des informations du dossier technique, recenser les lois que vous pouvez appliquer au système modélisé.</li> <li>- Écrire ces équations dans le domaine temporel, puis de Laplace.</li> <li>- En déduire la fonction de transfert recherchée.</li> </ul> <p><b>Activité 3 : Mise en place des blocs issus d'un modèle de comportement.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser la fiche méthode : « PROPOSER UN MODELE DE COMPORTEMENT ».</li> <li>- Indiquer de manière précise au groupe expérimentateur le type de mesure que vous avez besoin de réaliser.</li> </ul> <p><b>Vous pouvez compléter la fiche d'échange « mesurer/évaluer une grandeur ».</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- À l'aide des relevés fournis par le groupe expérimentateur, établir la loi de comportement.</li> <li>- En déduire la fonction de transfert recherchée.</li> </ul>

boucle ouverte/boucle fermée ?

#### Activité 5 : Mesures

Réaliser les mesures nécessaires pour la mise en place du modèle par le groupe « modélisateur ».  
Ce groupe devra vous indiquer quelles grandeurs il faut mesurer, combien de mesures sont à réaliser.  
Vous fournirez de manière préférentielle une impression papier de la courbe, tout en sauvegardant une version numérique pour des comparaisons éventuelles et la présentation.

#### Activité 4 : Comparaison de modèles

Pour les blocs que vous pouvez déterminer par les 2 méthodes (modèle de connaissance et de comportement), effectuer une comparaison des résultats obtenus. Proposer alors un modèle, en argumentant votre choix...

## 4 VALIDATION DU MODÈLE

#### Objectif intermédiaire :

⇒ Valider le modèle obtenu en comparant la réponse mesurée et la réponse simulée

On sollicitera le système par le même type de consigne. Cette consigne devra solliciter le système dans le domaine d'étude du modèle à réaliser.

Les 2 groupes doivent être bien d'accord sur le type de consigne test.

On propose de travailler préférentiellement avec une consigne de type échelon.

Expérimentateurs	Modélisateurs
<b>Activité 6 : Sollicitation du système</b> Réaliser un essai en sollicitant le système avec la consigne définie conjointement par le groupe. Enregistrer le résultat, si possible exporter les données vers un tableur (Excel) pour pouvoir comparer.	<b>Activité 5 : Simulation du système</b> Sur le logiciel Scilab, et à partir du schéma proposé (cf fichier <i>NomDuSysteme_base.zcos</i> ), réaliser une simulation en sollicitant le système avec la consigne définie conjointement par le groupe. Enregistrer le résultat, si possible exporter les données vers un tableur (Excel) pour pouvoir comparer.

#### Synthèse :

Comparez les réponses obtenues en superposant les courbes.

Estimer l'écart obtenu. Conclure quant à la pertinence du modèle mise en place.

Réfléchir à différentes causes qui pourraient expliquer l'écart.

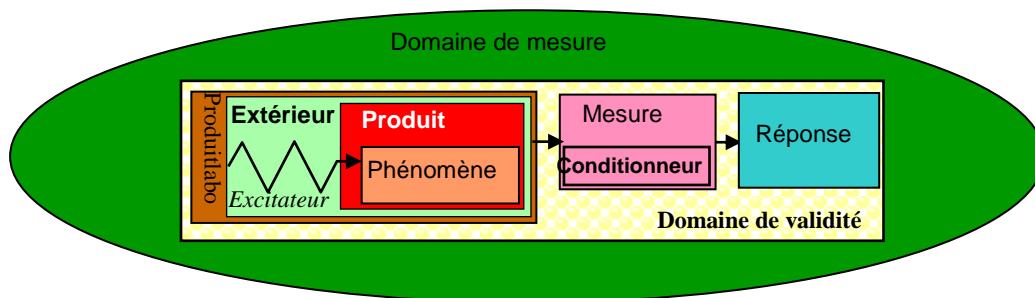
## 5 PRÉPARATION DE L'EXPOSÉ

La communication orale devra s'appuyer sur un support de présentation de type diaporama. L'exposé oral sera effectué par l'ensemble des étudiants de l'équipe, avec une répartition la plus équitable possible des prises de parole de chacun.

La durée de l'exposé est fixée à 10 minutes.

**FICHE D'ÉCHANGE : MESURER / EVALUER UNE GRANDEUR**

(A compléter par le groupe modélisateur pour définir clairement la mesure demandée, cette fiche pourra être complétée par le groupe expérimentateur.)

**Excitateur : Consigne à imposer**

Grandeur physique imposée	
Valeurs ou type de consigne (échelon/rampe/...)	

**Domaine de validité**

Phase de vie (situation de mesure)	
Niveau des Eléments du Milieu Extérieur ou <b>environnement recréé</b>	

**Protocole de mesure**

Grandeur(s) à mesurer :	Précision évaluée de la mesure :
Nombre de points de mesures :	

**Mise en forme des résultats demandée :**

Paramètre en abscisse :

Paramètre en ordonnée :

**FICHE D'ECHANGE: MOYENS EXPERIMENTAUX RECENSES****Grandeurs Mesurables sur le système**

Nom du paramètre sur schéma bloc	Nature grandeur physique mesurée/unité	Type de capteur	Etendue	Résolution	Précision

**Grandeurs Lues sur l'interface logicielle, Calculées à partir des grandeurs mesurées**

Nom du paramètre sur schéma bloc	Nature grandeur physique / unité	Grandeurs de bases utilisées pour le calcul	Lois utilisées pour calculer la grandeur

**Consignes :**

Grandeur imposée	Type de consigne possible (échelon/rampe)	Plage de variation possible



**FICHE METHODE : PROPOSER UN MODELE DE COMPORTEMENT**

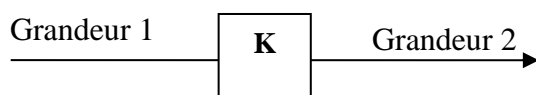
L'objectif est ici de déterminer une fonction de transfert d'une partie d'un système en utilisant des relevés expérimentaux.



La première chose est de s'assurer que les 2 grandeurs peuvent être mesurées soit avec l'instrumentation présente sur le système (capteurs,...), soit en mettant en place des moyens de mesures supplémentaires (par exemple comparateur, règles graduées...)

**Cas où le rapport entre les 2 grandeurs est indépendant du temps**

La fonction de transfert recherchée est alors une constante K.

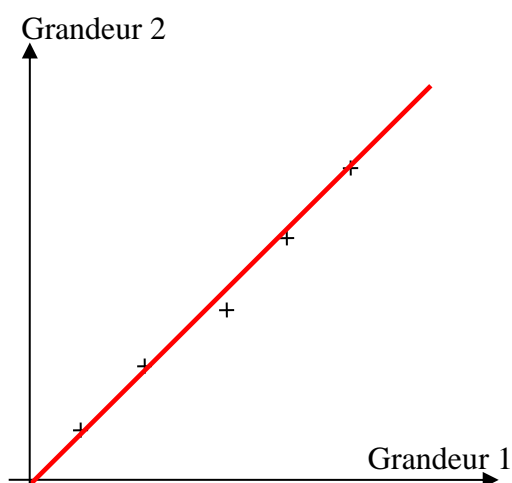


$$K = \frac{\text{grandeur 2}}{\text{grandeur 1}}$$

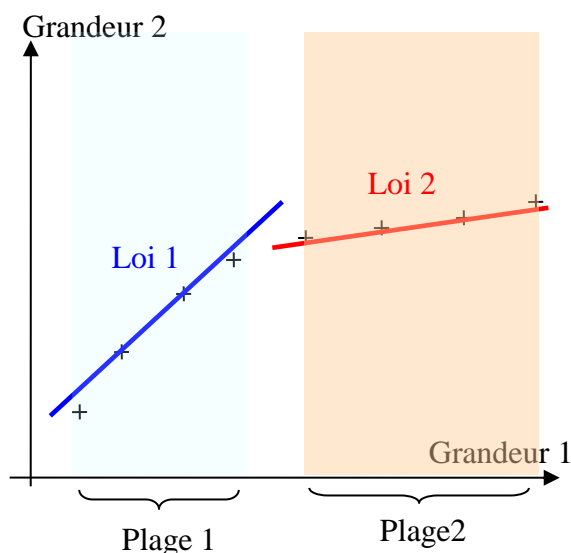
En effectuant une seule mesure de ces 2 grandeurs (grandeur 1 et grandeur 2) pour une configuration du système, on peut théoriquement déterminer la constante. Mais cette démarche est assez peu précise, et elle suppose que la loi est parfaitement linéaire ce qui n'est pas le cas.

La méthode à préférer est d'effectuer les mesures des 2 grandeurs pour un nombre important de mesures dans différentes configurations (voire dans toutes les configurations possibles du système si la mesure se fait de manière logicielle).

On trace alors la courbe suivante :



Dans ce cas de figure, la relation obtenue est linéaire, il suffit de déterminer le coefficient directeur de la droite pour avoir le coefficient K.



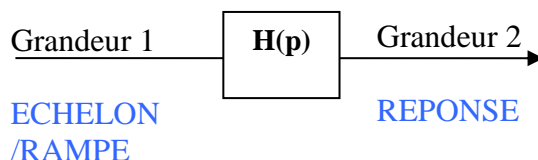
Ici, la relation obtenue n'est pas linéaire. Pour utiliser le modèle de fonction de transfert il faudra « linéariser ».

Ceci se fera en mettant en place des « zones » ou « plages ». Pour chacun de ces plages on aura une loi différente et donc un coefficient K différent.

Le modèle sera valide uniquement dans la plage choisie.

### Cas où le rapport entre les 2 grandeurs dépend du temps

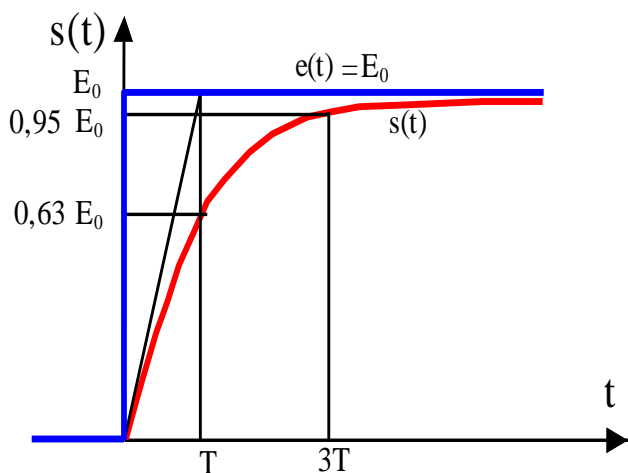
La fonction de transfert recherchée dépend de la variable de Laplace  $p$ .



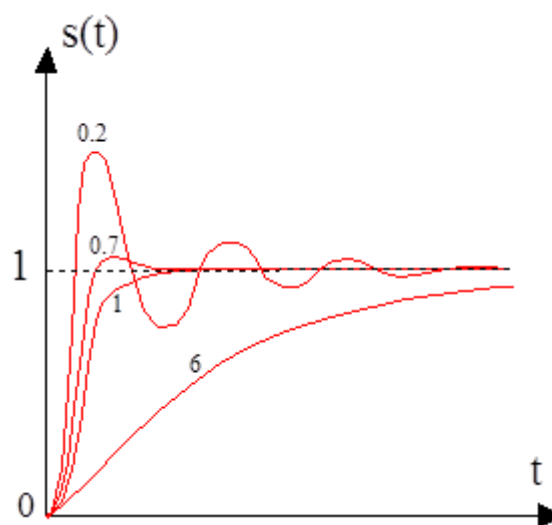
On peut alors travailler par « **identification** ». On fait l'hypothèse que la fonction de transfert recherchée est du premier ou du deuxième ordre.

On trace alors la réponse temporelle de la grandeur 2 à un signal type (échelon, rampe, ...) de la grandeur 1. En analysant la réponse on peut déterminer si le système est d'ordre 1 ou 2 ainsi que ces grandeurs caractéristiques.

#### Réponse à un échelon d'un système



#### Réponse à un échelon d'un système d'ordre 2



**Remarque importante :** pour pouvoir mettre en œuvre cette démarche il faut être capable d'imposer un échelon (ou une rampe) de la grandeur 1 sur le système.

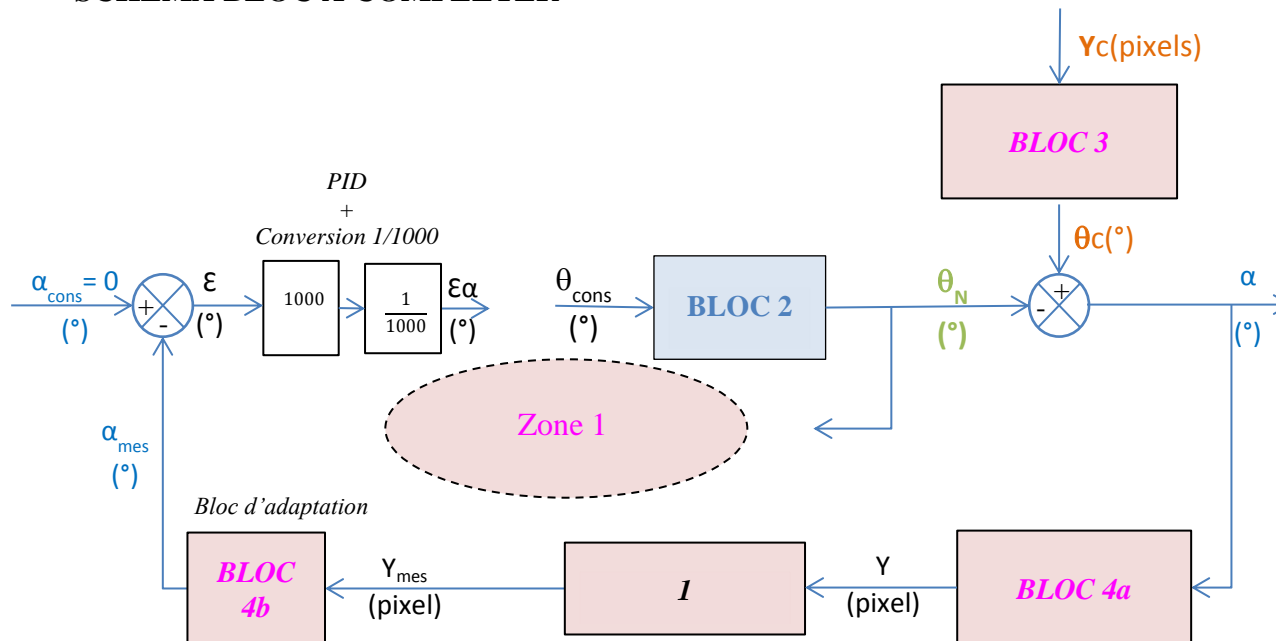
## ELEMENTS DU MODELE A REALISER

## DOMAINE D'ETUDE DU MODELE

L'asservissement vidéo se fait en mode « **Video + Gyro évolué** » avec un correcteur de 1000. Ceci revient, si on prend en compte le coefficient 1/1000, à un gain total de 1.

L'asservissement de la nacelle seule se fait en boucle fermée avec un correcteur PID de  $K_p=800$  ;  $K_i=800$  ;  $K_d=1500$ .

## SCHEMA BLOC A COMPLETER



$\alpha$	Angle entre l'axe de la caméra et l'axe nacelle/cible
$\alpha_{cons}$	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
$Y_{mes}$	Position mesurée de la cible dans l'image caméra, position obtenue par traitement d'image en pixels de l'image caméra

$\theta_N$	Position angulaire de la nacelle
$\theta_{N\_mes}$	Position angulaire de la nacelle mesurée par la plateforme inertielle
$\theta_{cons}$	Consigne d'angle $\theta_N$ , envoyée à la nacelle pour corriger l'écart angulaire $\alpha$

$\theta_c$	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

Cf notations dans document technique

	Modèle connaissance	Modèle comportement	Indications
<b>Zone 1</b>	<b>X</b>		<p>En mode « <b>Vidéo +Gyro évolué</b> », la consigne est élaborée en suivant la loi ci-dessous :</p> $\theta_{cons} = \alpha_{mes} + \theta_N$ <p>Justifier ce choix, et compléter la <b>zone 1</b> du schéma bloc.</p>
<b>BLOC 2</b>		<b>X</b>	<p>Obtenir ce bloc par identification en modélisant le comportement de la nacelle seule asservie (utiliser le Viewer NC10 Nacelle).</p> <p><i>Rappel du domaine d'étude : L'asservissement de la nacelle seule se fait en boucle fermée avec un correcteur PID de <math>K_p=800</math> ; <math>K_i=800</math> ; <math>K_d=1500</math>.</i></p>
<b>BLOC 3</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir d'une étude géométrique, prévoir le comportement de ce bloc. Réaliser des approximations si besoin.</li> <li>- En se plaçant dans le cas où la nacelle suit parfaitement la cible en régime établi, valider ce bloc de manière expérimentale.</li> </ul>
<b>BLOC 4a</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablir un modèle théorique du bloc 4a.</li> <li>- En bloquant les moteurs afin d'annuler la quantité <math>\theta_N</math>, valider la chaine de blocs 3-4a de manière expérimentale</li> </ul>
<b>BLOC 4b</b>	<b>X</b>		Déduire du blocs 4a la valeur du bloc 4c permettant de mesurer l'angle $\alpha_{mes}$