

D²C

Drone Didactique Contrôlé

TP : prépa

TP 0 : L'asservissement en tangage du drone :

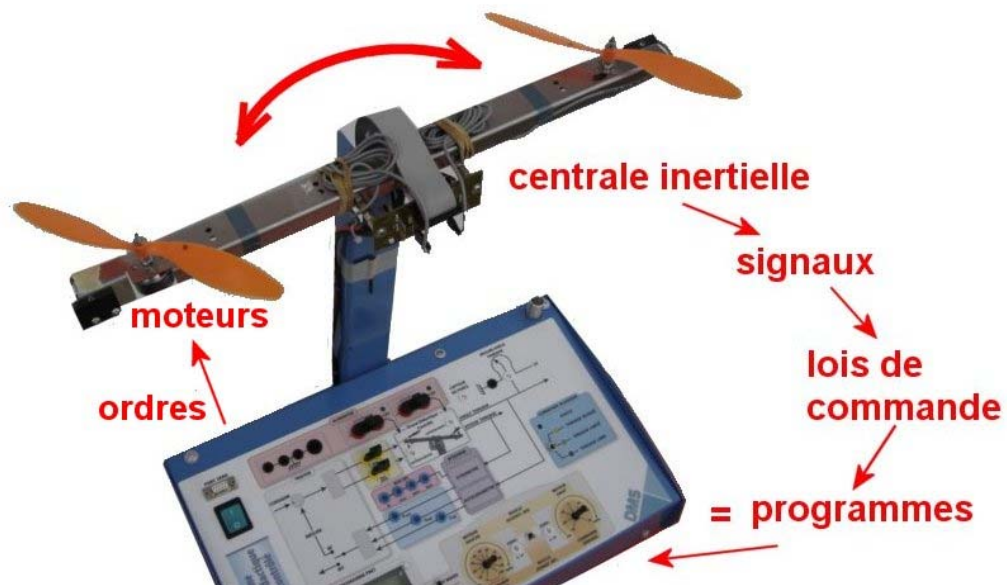
système instable



**Drone Didactique Contrôlé
(1 seul axe)**



comment contrôler ?



Préambule : le drone didactique pour l'étude de la commande de tangage du drone réel

Obtenir le vol stable d'un quadrirotor n'est pas chose facile ; la mise en place de boucles d'asservissement autour de la centrale inertielle, et de traitements numériques dans le micro-contrôleur permettent d'atteindre cet objectif.

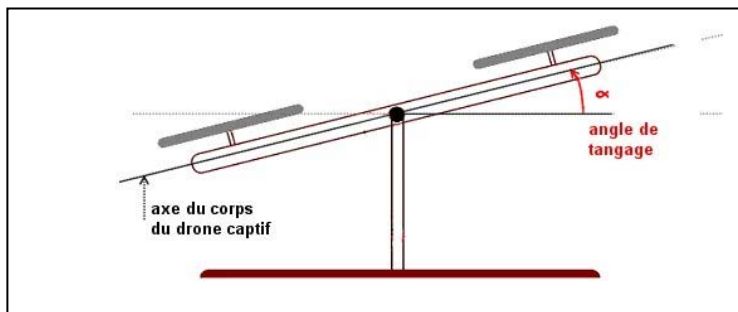
Pour pouvoir réaliser un vol en translation, le drone doit pouvoir être placé dans une position inclinée (voir les vidéos :

[Quadrirotor-pilotage-en-position.avi](http://youtu.be/5g1YTMuls0w) :
<http://youtu.be/5g1YTMuls0w>
et [Quadrirotor-pilotage-en-vitesse.avi](http://youtu.be/jQ-JHcsw1G8) :
<http://youtu.be/jQ-JHcsw1G8>

C'est l'étude du passage à cette position inclinée et du maintien de cette position inclinée qui est l'objet du travail proposé.

Le problème étudié ici n'est donc pas le problème de la stabilisation verticale (altitude) mais le problème de la stabilisation angulaire (tangage). (voir figure ci-contre)

Le travail proposé porte sur la « commande en vitesse angulaire de tangage » du drone et l'analyse de l'asservissement de cette vitesse de tangage, à partir du drone didactique qui possède tous les composants d'un drone réel.



L'ensemble du travail se décompose en 5 activités :

Activité 1 : décrire et prendre en main, le drone didactique

Travail 1 : réaliser la description

Travail 2 : mettre en service

Activité 2 : modéliser la boucle d'asservissement en vitesse de tangage

Travail 3 : finaliser la boucle de retour

Travaux 4 et 5 : expérimenter moteurs à l'arrêt pour comprendre le traitement des consignes

Travail 6 : modéliser le corps du drone D²C

Travail 7 : expérimenter pour obtenir la fonction de transfert de la motorisation

Activité 3 : simuler le comportement de la boucle d'asservissement en vitesse de tangage

Travail 8 : simuler le comportement, comparer au cahier des charges

Travail 9 : ajuster la valeur du gain du correcteur proportionnel

Activité 4 : simplifier le modèle

Travail 10 : obtenir la fonction de transfert équivalente et retrouver les résultats de simulation

Activité 5 : synthèse

Travail 11 : expérimenter sur le drone et comparer les résultats avec ceux de la simulation

Travail 12 : récapituler les résultats

Pour une démarche conduite en îlot, le travail pourra être décomposé comme suit :

Conducteurs de projet	Modélisateurs	Expérimentateurs
Travaux : 1, 10, 12	Travaux : 3, 6, 8, 9	Travaux : 2, 4, 5, 7, 11

Activité 1 : Décrire et prendre en main le drone didactique.

A1-1 – Analyse des constituants du drone didactique.

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 1 « Description du drone D2C (Sysml) ».

Travail 1 : Situer chaque composant des chaînes d'énergie et d'information du drone didactique, puis **réaliser** une description de l'ensemble avec un graphe « chaîne d'énergie – chaîne d'information », qui sera utilisé pour effectuer la présentation lors de la restitution orale des travaux.

A1-2 - Mise en service du drone didactique.

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 2 « Mise en œuvre du drone D2C ».

Travail 2 : Mettre en service et faire fonctionner manuellement le drone didactique :

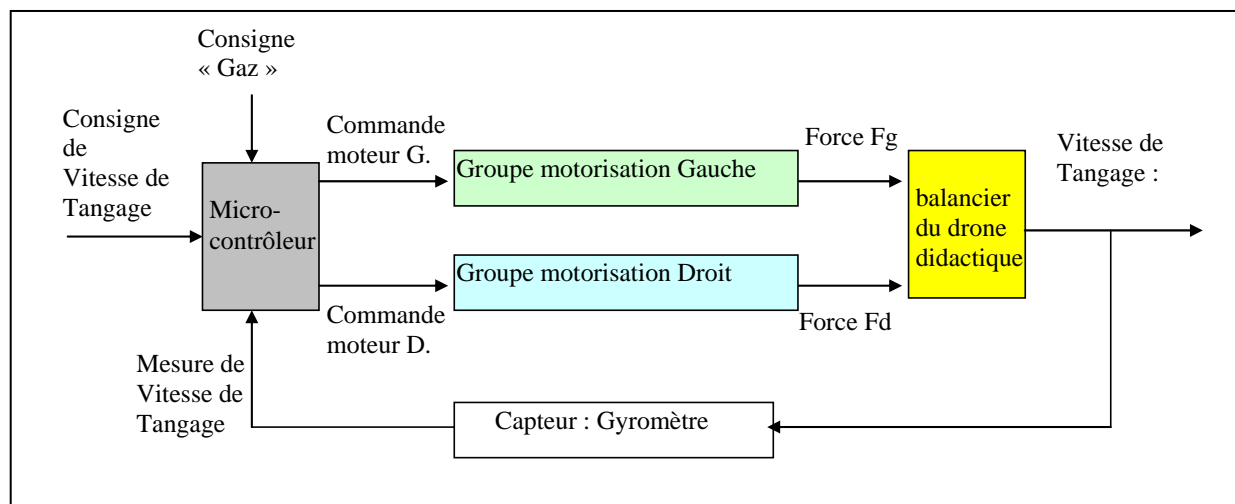
- d'une part avec la procédure de pilotage en mode « position » (§F2-1 puis §F2-2) ;
- et d'autre part avec la procédure de pilotage en mode « vitesse de tangage » (§F2-3) ;

Préparer la description du drone didactique dans chacun des deux modes de pilotage, en mettant en valeur dans chaque cas, les liens entre chaînes d'énergie et d'information, et en situant à bon escient le capteur associé à chacun des deux modes de fonctionnement.

Pour la suite on utilisera uniquement le mode « vitesse de tangage » (choix boucle : Gyro), avec le réglage suivant du correcteur : $K_p2 = 1$; $K_i2 = 0$; $K_d2 = 0$; Puls-Fd indifférent.

Activité 2 : Modéliser la boucle d'asservissement en vitesse de tangage.

Le schéma-bloc ci-dessous permet de présenter plus précisément la boucle d'asservissement autour du micro-contrôleur de la « carte pupitre », dans le cas d'une commande « en vitesse » :

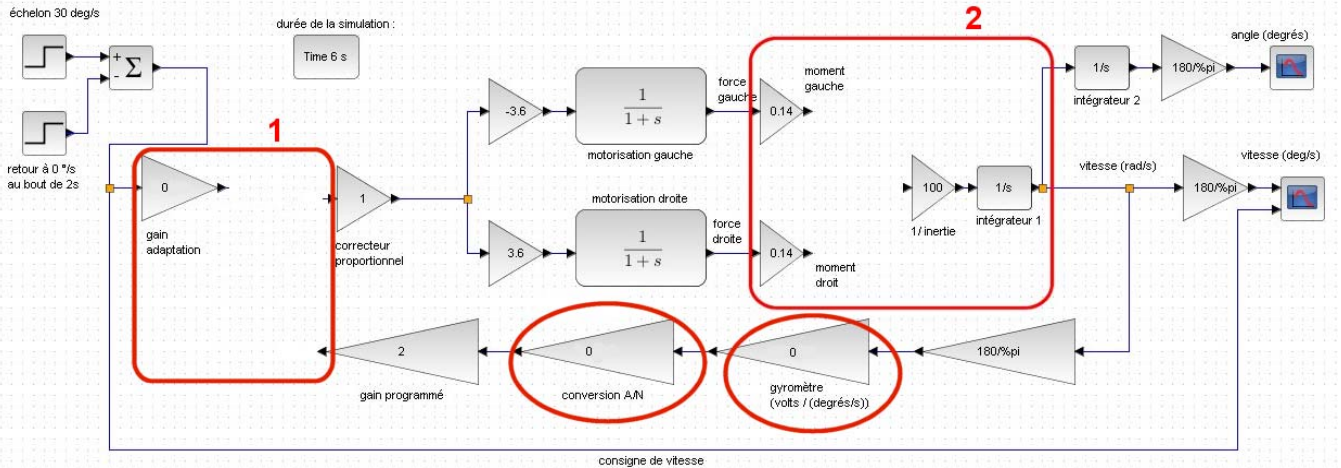


Le micro-contrôleur reçoit la consigne de vitesse de tangage, ainsi que la mesure de la vitesse réalisée par le gyromètre de la centrale inertielle du drone didactique ;

A2-1 Schéma-bloc à compléter :

Lancer le logiciel (Scilab ou Matlab) utilisé dans le laboratoire, pour utiliser le fichier à compléter :

- pour Scilab « **D2C_boucle_vitesse_acompleter.zcos** » (copie d'écran ci-dessous) :
- pour Matlab « **D2C_boucle_vitesse_acompleter.slx** »



(* : Les coefficient 3,6 sont dûs au mode de génération des commandes par « timer » interne au microcontrôleur)

A2-2 Finaliser la boucle de retour :

Travail 3 :

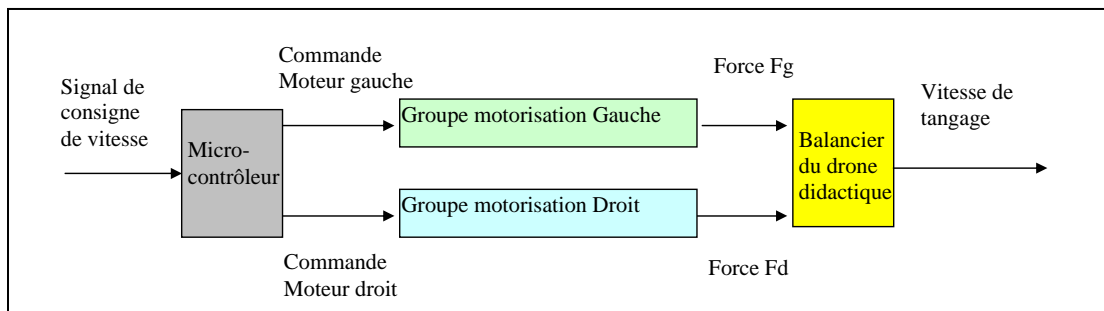
Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 6 « informations Gyromètre ».

Sachant que le convertisseur analogique/numérique du micro-contrôleur code sur 10 bits un signal d'une amplitude de 0 à 5 volts, **compléter** les 2 blocs entourés de la chaîne de retour du schéma-blocs.

A2-3 analyse des signaux de commande des moteurs

Objectif 1 : mettre en évidence l'évolution des signaux de commande lors d'une variation de la consigne de vitesse du drone didactique.

Donnée : On propose un schéma simplifié avec la chaîne directe seule.



Le micro-contrôleur réalise un calcul qui permet de générer les commandes de chaque moteur notées « commande moteur gauche » et « commande moteur droit » ;

Travail 4 :

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 3 « commande moteurs fonction de la consigne » et de la FICHE 4 « analyse des résultats d'acquisitions ».

Expérimenter conformément aux directives de la Fiche 3, pour analyser les signaux de commande des moteurs, lorsqu'une variation de consigne se produit.

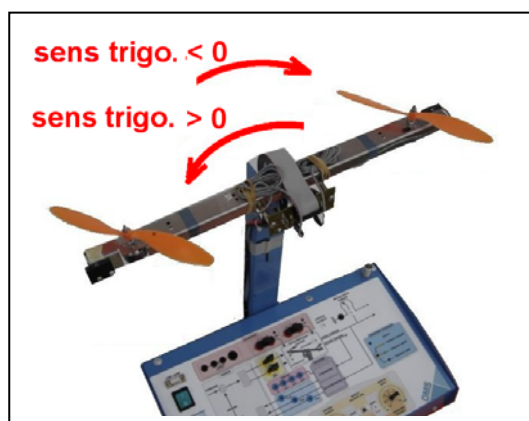
(on ouvrira préalablement la porte du système D2C (côté droit) pour supprimer l'alimentation en énergie des moteurs ; on placera manuellement le balancier en position horizontale ; celui-ci devant rester à l'horizontale pendant la manipulation associée à ce travail).

Nota : si le balancier ne peut rester en position horizontale, le professeur devra réaliser l'équilibrage statique du balancier à l'aide de rondelles métalliques ajoutées d'un côté ou de l'autre, sur les boulons visible au niveau des moteurs ou au-dessus de la carte « mesures ».

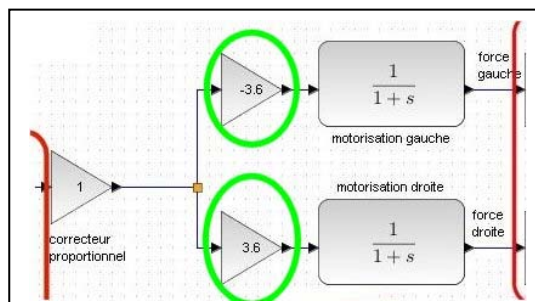
Analyser les courbes enregistrées (icône « Affichage mesure ») et **Reproduire puis Compléter** le tableau suivant en indiquant « FAIBLE » ou « FORT » dans les colonnes du signal de commande des moteurs :

Position du bouton du potentiomètre « commande tangage »	Signal « commande moteur gauche »	Signal « commande moteur droit »	Mouvement prévisible du balancier dû aux hélices
Côté gauche = SENS TRIGO > 0 → Consigne tangage négative.			
Côté droit = SENS TRIGO < 0 → consigne tangage positive.			

Sachant que chaque hélice fournit un effort de traction proportionnel au signal de commande du moteur, **en déduire** dans la colonne de droite du tableau, pour chaque position du bouton, le sens prévisible du mouvement du balancier qui serait généré par les hélices (SENS TRIGO >0 ou SENS TRIGO <0).

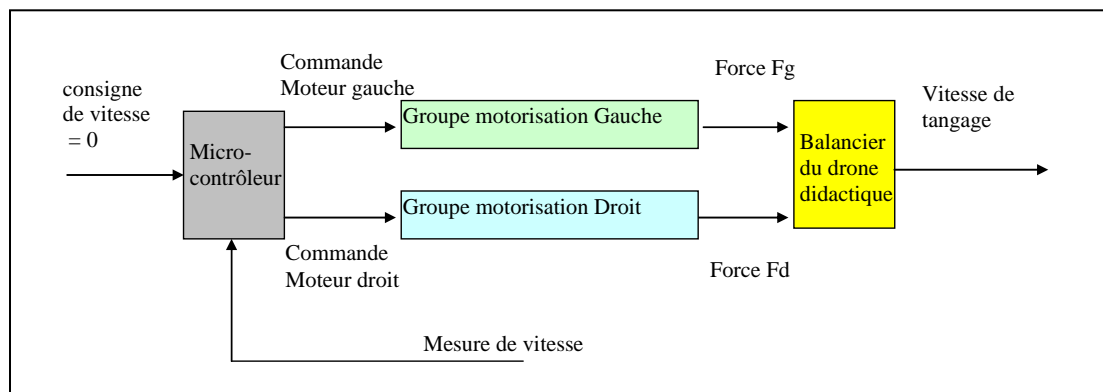


En raisonnant sur les sens des mouvements que l'on placera en consigne, justifier en conséquence les **signes** qui affectent les gains de 3,6 des lignes qui commandent les moteurs.



Objectif 2 : mettre en évidence l'évolution des signaux de commande lors d'une variation de la vitesse angulaire du drone didactique, la consigne étant maintenue à zéro °/s.

Donnée : Le diagramme simplifié prend en compte une partie de la boucle de retour.



Travail 5 :

Réaliser manuellement des mouvements de pivotement du balancier en laissant le bouton « commande tangage » immobile en position centrale (commande de vitesse nulle).

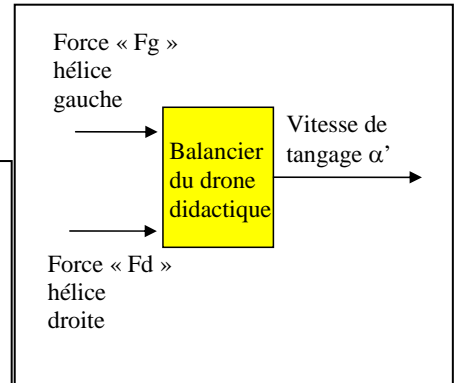
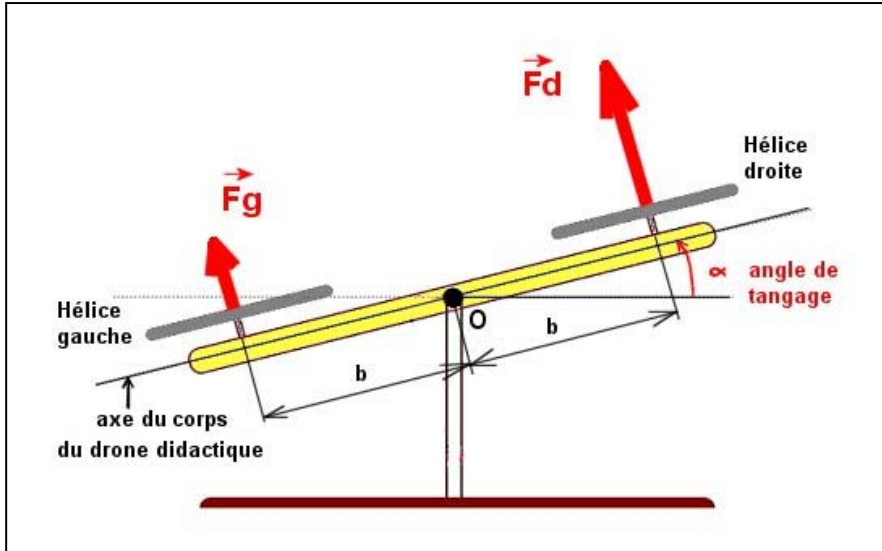
Analyser les courbes enregistrées (icône « Affichage mesure ») et **Reproduire puis Compléter** le tableau suivant en indiquant « FAIBLE » ou « FORT » dans les colonnes du signal de commande des moteurs et **en déduire** dans la colonne de droite du tableau, pour chaque sens d'évolution du balancier, le mouvement qui serait généré par les hélices (SENS TRIGO >0 ou SENS TRIGO <0).

Vitesse d'évolution du balancier	Signal « commande moteur gauche »	Signal « commande moteur droit »	Mouvement du balancier qui serait généré par les hélices
Côté gauche = SENS TRIGO > 0 → Mesure gyromètre négative.			
Côté droit = SENS TRIGO < 0 → Mesure gyromètre positive.			

A partir des observations effectuées dans les deux étapes, compléter le schéma-blocs (**zone 1**). La valeur du gain d'adaptation, sera déterminée en utilisant les résultats du **travail 3**.

A2-4- modélisation du balancier (corps) du drone didactique

L'objectif de ce paragraphe est de vérifier le modèle proposé pour faire le lien entre les grandeurs d'entrée du bloc « balancier du drone didactique » et la grandeur de sortie (figure ci-contre) :

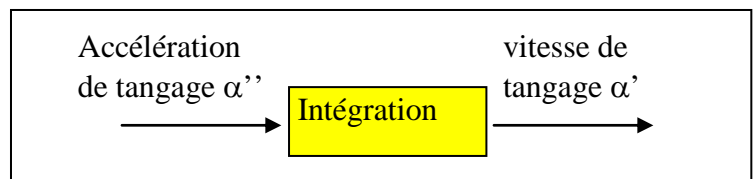


Données sur les grandeurs du mouvement de tangage :

Lors du mouvement, de tangage, il y a trois grandeurs qui dépendent du temps qui sont à prendre en compte :

- L'angle de tangage α (ou position angulaire) ;
- la vitesse angulaire de tangage (notée α') (on dit « alpha prim » ou aussi « alpha point ») ; on peut mémoriser le fait que la vitesse angulaire (α') caractérise la rapidité d'évolution de la position angulaire (α).
- l'accélération angulaire de tangage (notée α'') (on dit « alpha seconde » ou « alpha point-point »). L'accélération angulaire (α'') caractérise la rapidité d'évolution de la vitesse angulaire (α').

Le modèle de connaissance qui lie les différentes grandeurs est le **modèle de l'intégration** (notée « 1/p » avec la variable de Laplace, notée aussi « 1/s » dans le logiciel de simulation).



Le modèle de connaissance qui lie les grandeurs d'effort aux grandeurs de mouvement est donné par la relation dite « équation des moments du principe fondamental de la dynamique » (qui sera démontrée en deuxième année de classe prépa) :

$$[b.F_d - b.F_g - C_f] = J.\alpha''$$

où :

F_d et F_g : sont les forces générées par les hélices gauche et droite ;

b : est le bras de levier pour exprimer le moment des forces F_g et F_d calculé au point O ;

J : est appelé « moment d'inertie » du corps du drone didactique ;

α'' : est l'accélération angulaire du corps du drone didactique ;

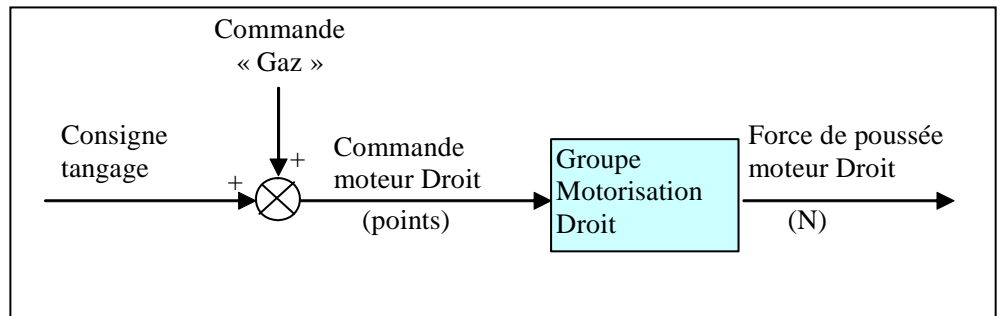
C_f : est un « couple de frottement » qui peut intervenir au point O de l'axe d'articulation pour freiner le mouvement de tangage ; On propose dans la suite de négliger le couple de frottement C_f : $C_f = 0$.

Travail 6 :

Sur le schéma-blocs de la boucle d'asservissement de vitesse de tangage, **compléter** la **zone 2** entourée pour représenter le modèle de connaissance associé à l'équation des moments du principe fondamental de la dynamique (une attention particulière sera portée aux signes de l'équation).

A2-5 fonction de transfert de la motorisation autour d'un point de fonctionnement

Pour obtenir le modèle de comportement de la motorisation seule, il s'agira de commander le système D2C en « boucle ouverte » ; l'analyse sera effectuée seulement sur le moteur droit et le schéma-bloc utile se réduit à celui de la figure ci-contre :



Il permet de visualiser la grandeur d'entrée « commande moteur » et la grandeur de sortie « Force ». C'est cette force dont le moment fait basculer le balancier du drone didactique, qui devra être mesurée.

A noter :

1- tous les traitements réalisés par le micro-contrôleur (et en particulier la grandeur « commande moteur », sont exprimés en « points », sur une échelle [-32767 +32767] qui correspond à un codage en binaire sur 15 bits signés.

2- Le signal noté « commande gaz » est celui qui, sur le drone réel, correspond à la vitesse de rotation nominale des moteurs permettant de réaliser le vol stationnaire ; sa valeur dépend des charges embarquées.

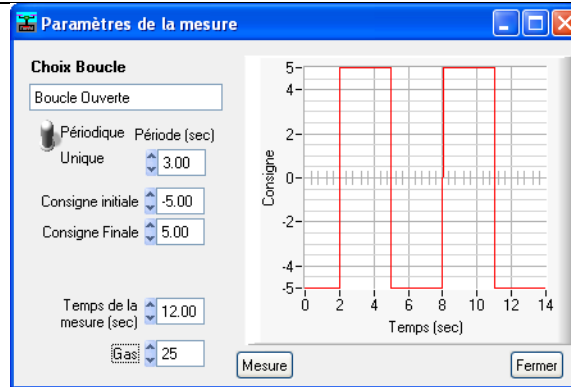
Sur notre drone didactique, on utilisera une valeur de 25% de la vitesse maxi, pour limiter les nuisances sonores. Mais il faut savoir que les valeurs qui seront obtenues pour le modèle de comportement, peuvent varier selon ce choix du « point de fonctionnement ».

Travail 7 :

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 5 « Mesure entrée-sortie motorisation » et de la FICHE 4 « analyse des résultats d'acquisitions ».

Expérimenter pour obtenir la réponse temporelle de la motorisation « groupe motorisation droit » dans les conditions suivantes :

- autour du « point de fonctionnement » Gaz à 25% ;
- consigne de deux créneaux successifs (qui reproduisent donc deux échelons positifs et deux échelons négatifs) choisi de -5% à +5% :



En déduire le gain « K_m » (en Newtons par points de commande) et la constante de temps « τ_m » d'un modèle approché équivalent du premier ordre, pour la motorisation, autour de ce point de fonctionnement.

Modifier sur le schéma-blocs de la simulation, la fonction de transfert de chaque moteur pour qu'elle corresponde au modèle de comportement identifié aux travaux précédents.

Activité 3 : Simuler le comportement de la boucle d'asservissement en vitesse de tangage.

A3-1 Cahier des charges à respecter :

On considère que cette boucle de vitesse est correctement réglée si les critères ci-dessous sont respectés :

fonction	critère	niveau
Obtenir un bon comportement de la boucle de vitesse	1- Marge de phase	> 45°
	2- Dépassement	< 25%
	3- Temps de réponse à 5%	< 0,5s

(Nota : le critère 1 qui porte sur l'étude fréquentielle ne sera pas étudié dans ce TP)

A3-2 Simulation

Travail 8 :

Le schéma-bloc complété est donné dans le fichier de simulation

« **D2C_boucle_vitesse_corrige1.zcos** »

(Nota : la grandeur « commande moteurs » n'est pas présente sur ces schémas car les grandeurs qui y sont traitées représentent uniquement des variations autour d'un point de fonctionnement ; donc les grandeurs qui restent constantes comme la commande des moteurs « commande gaz » n'apparaissent pas.)

Vérifier la conformité de ce schéma-bloc avec celui de votre fichier complété ; reprendre les points sur lesquels il y a des différences.

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 7 « simulation Scilab ».

Exécuter la simulation, et comparer la réponse aux exigences suivantes du cahier des charges :

- Rapidité : temps de réponse à 5% \leq 0,5 s
- Stabilité : dépassement \leq 25 %

Travail 9 :

Nota : l'exigence de rapidité ne peut pas être satisfaite simultanément à l'exigence de stabilité ; un correcteur plus compliqué que le correcteur proportionnel, permettra ultérieurement d'atteindre ces deux exigences ; on travaillera donc ici seulement sur l'exigence de stabilité :

Trouver une valeur du correcteur proportionnel qui permet de répondre à l'exigence de stabilité, tout en donnant la réponse la plus rapide possible

(on utilisera la valeur « K » dans le bloc du correcteur proportionnel et on exploitera les possibilités du logiciel pour tracer les réponses en fonction de plusieurs valeurs de ce paramètre).

Conclure sur l'effet d'une variation (augmentation ou diminution) du gain de la fonction de transfert en boucle ouverte, sur l'amélioration de la stabilité du système.

Activité 4 : Simplifier le modèle

Travail 10 :

A partir de la modélisation utilisée dans la simulation, **exprimer** la fonction de transfert en boucle fermée, en fonction du gain « K » du correcteur proportionnel.

Exprimer le coefficient d'amortissement « ksi » en fonction de « K ».

valider le résultat obtenu en simulation pour la valeur du coefficient K qui répond au critère de stabilité du cahier des charges. (On rappelle l'expression du dépassement en fonction du coefficient

$$\text{d'amortissement : } D\% = \frac{s_{\max} - s_{\infty}}{s_{\infty}} = e^{\frac{\pi \cdot \xi}{\sqrt{1-\xi^2}}})$$

Pour la valeur de K obtenue au **travail 9**, **tracer** en simulation sur un même graphe, la réponse du modèle complet et celle du modèle simplifié déduit de la fonction de transfert. **Conclure** en validant à nouveau le critère de stabilité du cahier des charges à partir du modèle simplifié.

Activité 5 : Synthèse

Travail 11 :

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la FICHE 2 « Mise en œuvre du drone D2C » et du §F2-4 en particulier.

Régler dans l'interface de drone didactique le gain Kp2 à la valeur du coefficient « K » obtenu en simulation pour respecter le critère de stabilité du cahier des charges ; **Expérimenter** sur le drone D2C, avec ce réglage conformément au §F2-4 de la fiche 2 (deux ou trois mesures sont conseillées, dans un sens et dans l'autre).

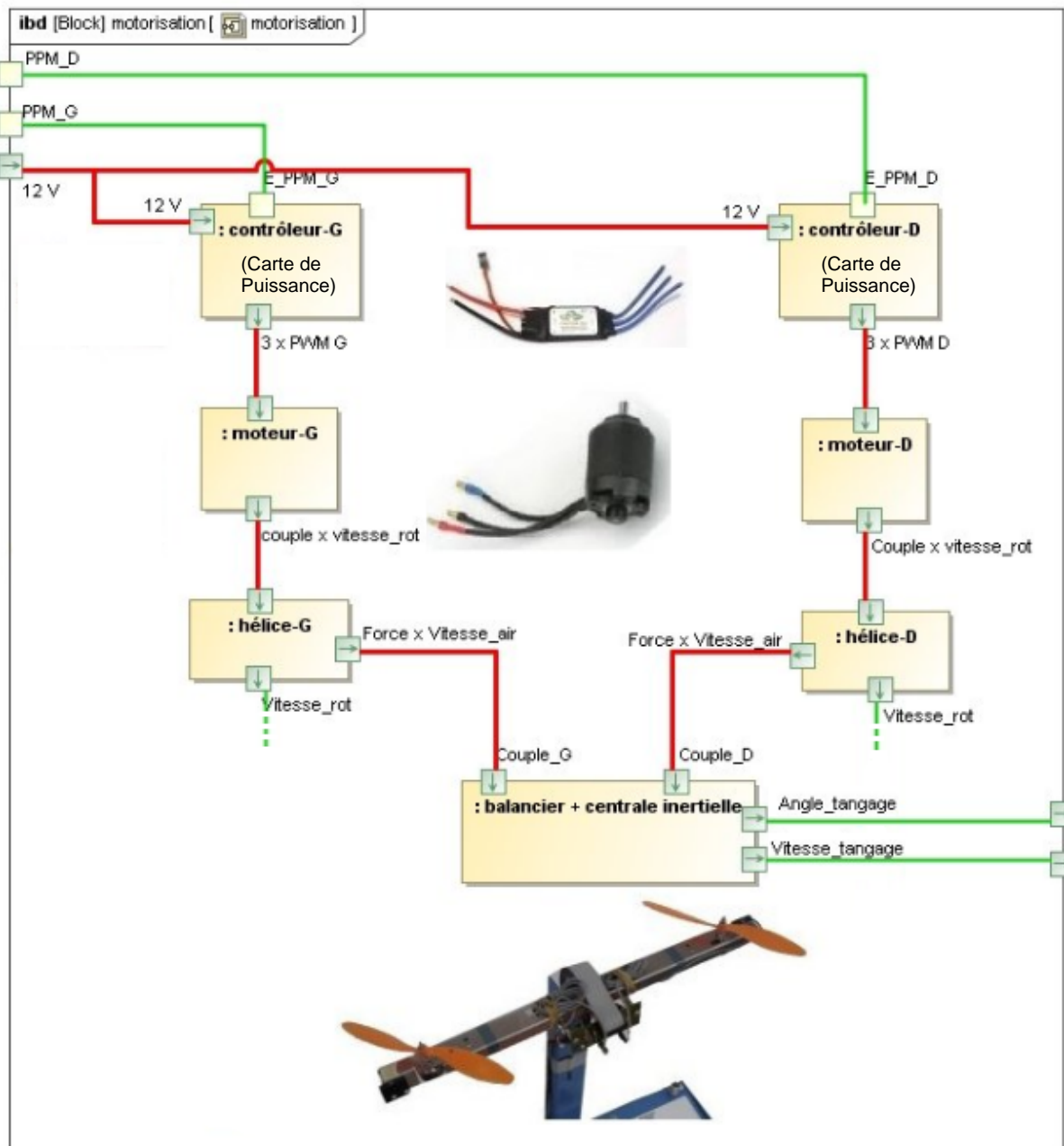
Comparer les résultats obtenus dans cette expérimentation, avec ceux de la simulation ; **trouver** des explications aux éventuels écarts constatés (Il faudra avoir à l'esprit que le correcteur proportionnel n'est pas un correcteur optimal et que toutes les perturbations ne sont pas corrigées par le système).

Travail 12 :

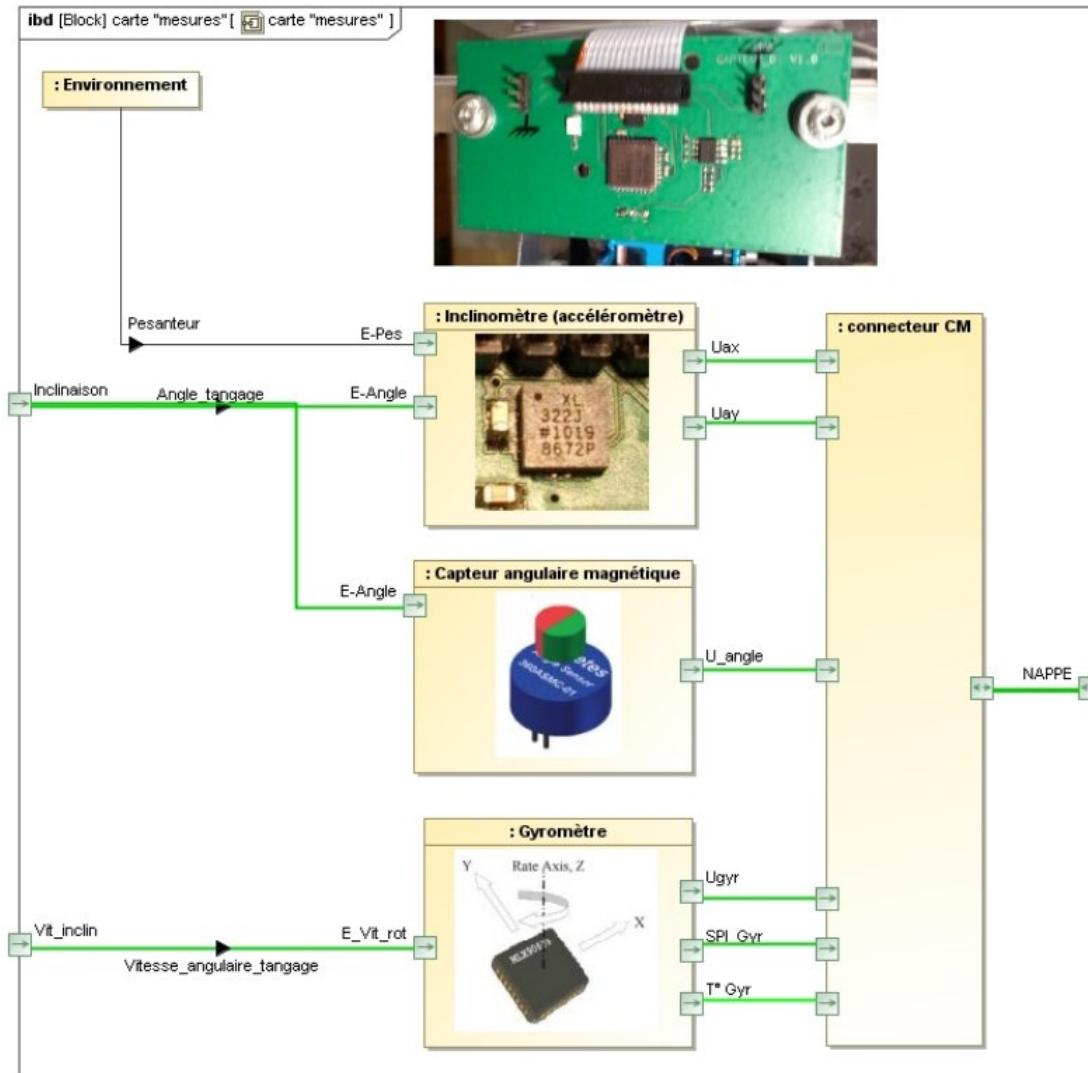
Récapituler les différentes activités dans un document Power-Point ou Open-Office, en vue d'une restitution orale ; Il s'agira pour chaque activité 1 à 4, de poser clairement la problématique et de présenter les résultats, par exemple à l'aide de copies d'écran.

FICHE 1 : Description du drone D²C (Sysml)

F1-1- Description de la motorisation

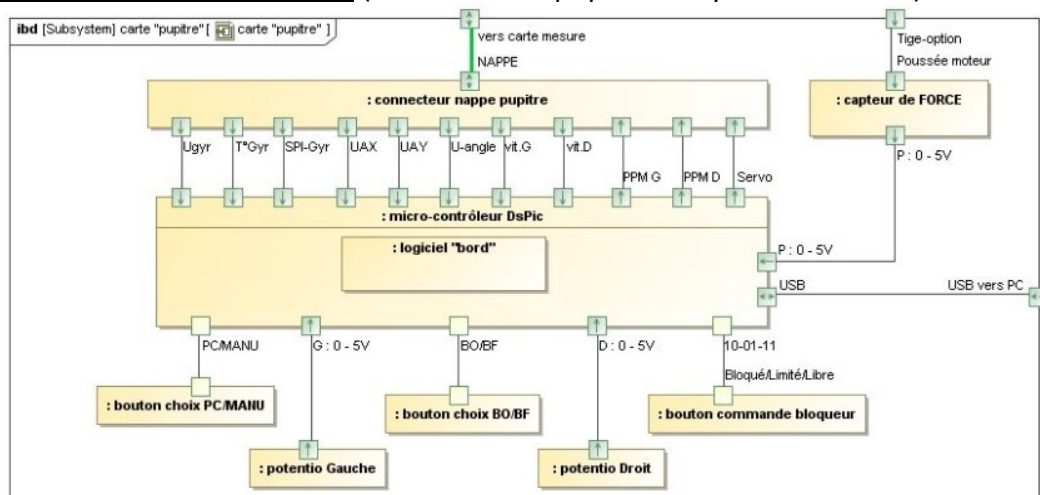


F1-2- Description de la « carte mesures » (située sur le balancier du système « D2C »)



Informations : l'inclinomètre est un accéléromètre qui fournit une information de position angulaire ; le gyromètre fournit une information de vitesse angulaire ; le « capteur angulaire magnétique » n'existe pas sur le drone réel ; il a été ajouté ici pour fournir une référence de mesure de la position angulaire (désignée par « angle pivot » dans les onglets d'acquisition du logiciel D2C_IHM).

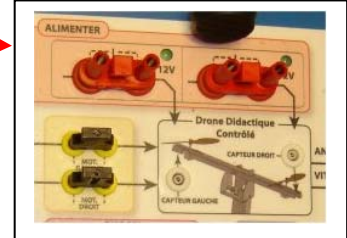
F1-3- Description de la « carte pupitre » (située sous le pupitre du système « D2C »)



FICHE 2 : Mise en oeuvre du drone D2C

F2-1- Liste des contrôles à réaliser avant démarrage :

- présence des 4 cavaliers de commande et d'alimentation des **moteurs** ;
- **porte d'accès** aux moteurs (coté droit du châssis) **fermée** ;
- **potentio « COMMANDE MOTEURS » en position gauche (0)** ;
→ mettre en énergie le système (bouton vert 1/0) ; si le système était en fonctionnement l'éteindre préalablement pour retrouver les réglages par défaut.



F2-2- Pilotage manuel en mode « position » :

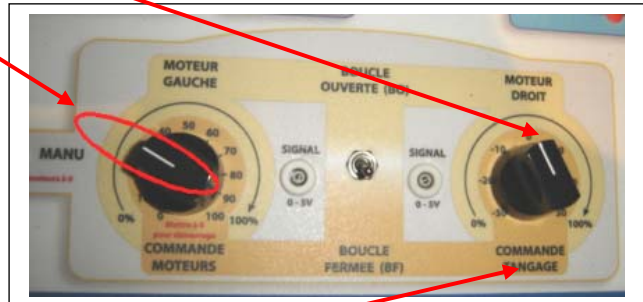
Ce mode est le mode par défaut que l'on retrouve à la mise en énergie du système, (ou sinon, à retrouver dans le logiciel « D2C_IHM » en cliquant sur « PID Reset »).

- bouton BO/BF sur « BF » (Boucle fermée) ; bouton PC/MANU sur « MANU »
- bouton « commande bloqueur » sur « tangage limité » pour rapprocher le balancier de l'horizontale ;
- potentiomètre « COMMANDE TANGAGE » en position centrale 0 ;

- Agir progressivement sur le potentiomètre « COMMANDE MOTEURS » pour le placer à une position d'environ 25 % ;
(le démarrage s'effectue à 18%)
Il s'agira de **choisir une vitesse suffisamment faible pour limiter les nuisances acoustiques**, mais suffisamment élevée pour obtenir un régime régulier des moteurs.

- Agir sur le bouton « commande bloqueur » vers « tangage libre » pour libérer complètement le balancier

- Agir ensuite sur le potentiomètre « COMMANDE TANGAGE », pour positionner le balancier du drone didactique à l'inclinaison voulue.



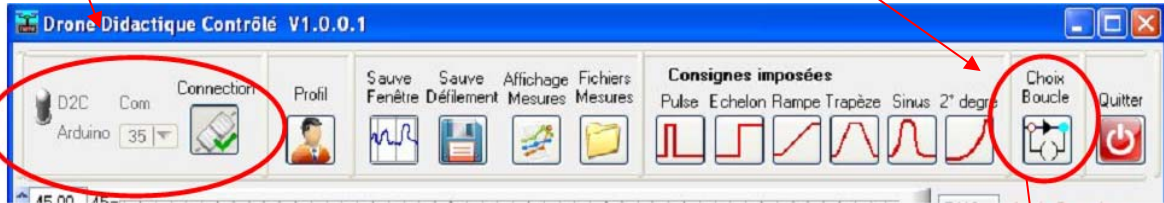
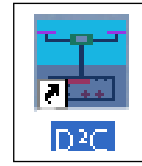
F2-3- pilotage manuel en mode « vitesse de tangage »

F2-3-1 choix de la boucle d'asservissement :

il faut lancer le logiciel D2C_IHM :

la liaison USB avec le drone didactique D2C étant établie (clic sur connexion) ;

choisir la boucle « gyro » :



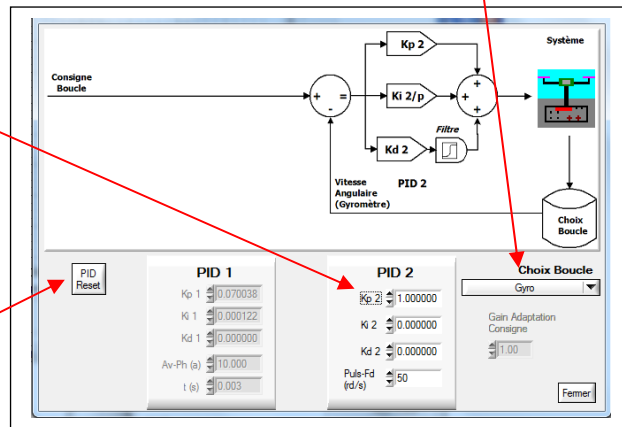
puis régler le PID2 tel que souhaité :

KP2 = 1

Ki2 = 0

Kd2 = 0

Puls-FD : indifférent



Nota :

Un clic sur « PID Reset » remet les grandeurs dans leur état par défaut, avec la boucle de commande en position

F2-3-2 Pilotage au pupitre, de la vitesse de tangage :

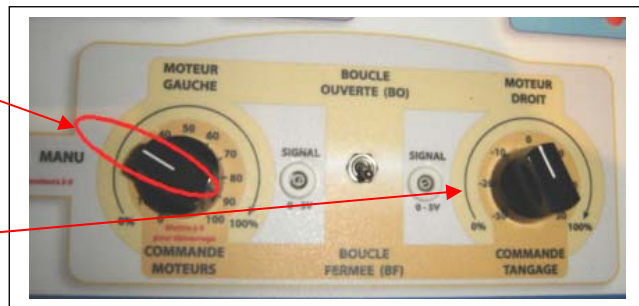
Sur le pupitre du drone didactique D²C :

- Agir progressivement sur le potentiomètre « COMMANDE MOTEURS » pour le placer à une position d'environ 25 % ;

(le démarrage s'effectue à 18%)

Il s'agira de **choisir une vitesse suffisamment faible pour limiter les nuisances acoustiques**, mais suffisamment élevée pour obtenir un régime régulier des moteurs.

- Agir ensuite sur le potentiomètre « COMMANDE TANGAGE », pour **gérer la vitesse d'évolution du balancier** du drone didactique.



F2-4- pilotage par le PC en mode « vitesse de tangage »

F2-4-1 choix de la boucle d'asservissement : voir le § 3-1

→ Ajuster la valeur de KP2 à celle obtenue en simulation pour respecter l'exigence du cahier des charges.

F2-4-2 pilotage avec consigne de vitesse de tangage programmée

Attention : 2 précautions sont à prendre :

1- il faudra positionner manuellement le balancier avec son inclinaison maximale, du côté de l'origine, en fonction du mouvement prévu selon le signe de la vitesse (« consigne finale ») :
inclinaison gauche si + 30 °/s, ou inclinaison droite si -30 °/s.

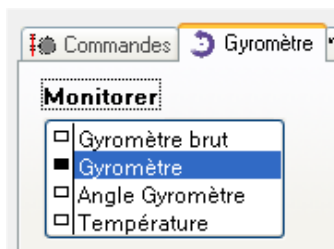
2- il faudra vérifier que le bloqueur est en position « tangage libre » et que la durée (« temps du pulse ») est suffisamment faible pour que le balancier ne vienne pas en butée en fin de mouvement ; le choix de 2s évite cet inconvénient pour la valeur de la commande moteurs « Gaz » choisie à 25%.

Sur le pupitre du D2C :

- Placer le bouton « PC/Manu » sur « PC »
- Placer le potentiomètre « commande moteurs » sur la position 0 (maxi à gauche)

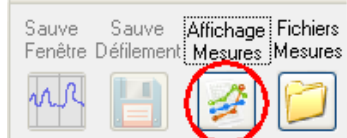
a- Choix des courbes à afficher :

monitorer : « **gyromètre** » et « **consigne boucle** » :
(cliquer sur « commandes » si pas d'accès direct)

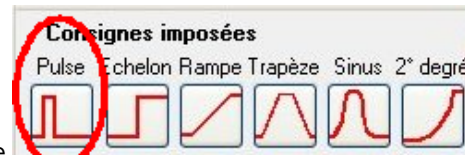


Une fois la mesure réalisée, les résultats seront enregistrés dans un fichier (à nommer préalablement) et une fenêtre de post-traitement s'affichera ;

un accès aux résultats enregistrés est toujours possible ultérieurement avec l'icône « Affichage Mesures » :



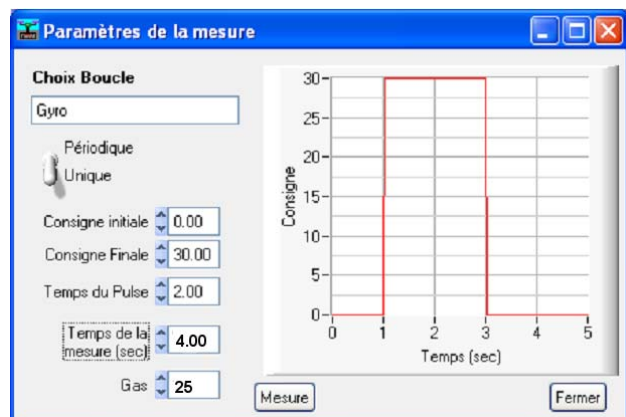
b- choix des consignes :



- pulse

- consigne initiale : 0 ; consigne finale 30°/s [ou -30°/s selon la position initiale] ; temps pulse : 2 s ; temps mesure : 4s ;

- point de fonctionnement des moteurs : Gaz à 25 (%)



- Ouvrir la porte ; Positionner manuellement le balancier du côté du départ (inclinaison gauche si « consigne Finale » positive ; inclinaison droite si « consigne Finale » négative),

- fermer la porte et cliquer sur « mesure » : donner un nom au fichier ; la mise en mouvement se fait dès le clic sur « Enregistrer »

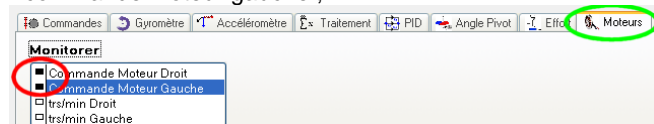
FICHE 3 : Commande moteurs fonction de la consigne

a) Conditions d'expérimentation « pupitre » et « système »

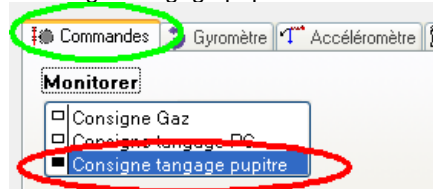
- système branché ; interrupteur « 0/1 » sur 1, « Arrêt Général » déverrouillé.
- connexion USB avec le PC en place ;
- 3 cavaliers noirs commande moteurs et bloqueur en place.
- 2 cavaliers rouges alimentation moteurs en place.
- tige de mesure d'effort enlevée ;
- **porte d'accès aux moteurs : ouverte ;**
- bouton « commande bloqueur » sur « tangage libre » ;
- **bouton « PC/MANU » sur MANU**
- **bouton BO/BF sur « Boucle fermée » ;**
- potentiomètre « Commande moteurs » au début en position gauche (0%), puis à 25% pour les expériences ;
- potentiomètre « Commande Tangage » initialement en position centrale

c) Conditions d'expérimentation : « affichage » (cliquer sur « commandes » si pas d'accès direct) moniter les grandeurs suivantes :

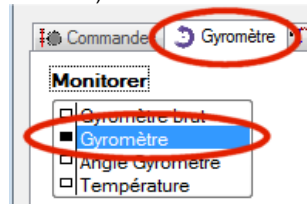
- commande moteur droit
- commande moteur gauche ;



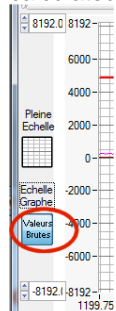
- Consigne tangage pupitre



- signal « gyromètre » (qui donne la vitesse d'inclinaison du balancier).



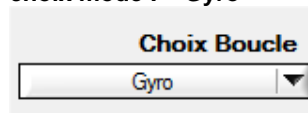
On pourra utiliser l'option « valeurs brutes » (= points du calculateur sur 15 bits signés) pour l'affichage des valeurs :



b) Conditions d'expérimentation « choix boucle »



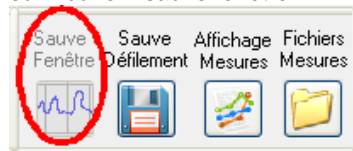
choix mode : « Gyro »



d) Conditions d'acquisition : il s'agit

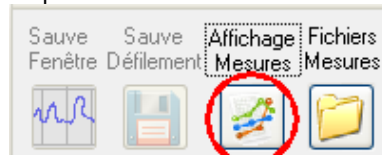
- 1- de placer le potentiomètre « commande moteurs » à la valeur 100% ;
- 2- de générer des mouvements de rotation du potentiomètre « commande tangage », en allers-retours entre les extrêmes gauche et droits du bouton ;

lorsqu'un aller-retour complet s'inscrit dans la fenêtre d'affichage, il s'agira de sauvegarder les courbes en cliquant sur l'icône « sauve fenêtre »



puis nommer le fichier.

Les graphes enregistrés sont accessibles dans une fenêtre de post-traitement avec l'icône « Affichage Mesures » :



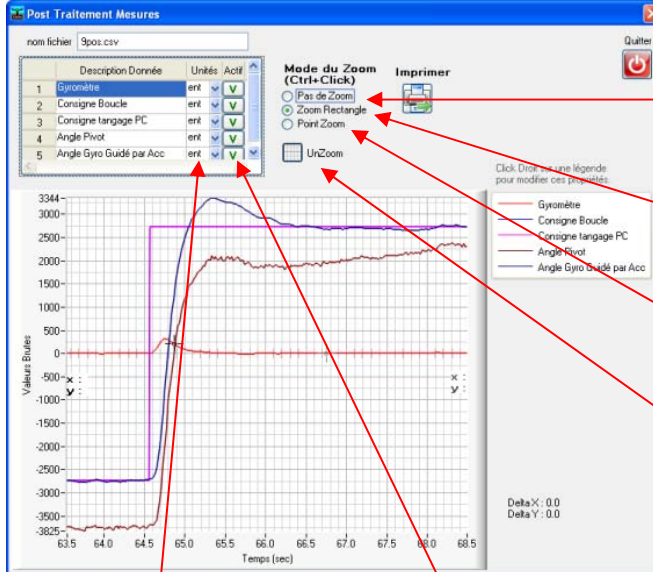
(il est conseillé de cliquer préalablement sur « Pause » pour limiter l'occupation du processeur du PC)

FICHE 4 : Analyse des résultats d'Acquisitions



cliquer sur l'icône « **affichage mesures** » pour faire apparaître le dossier de sauvegarde des enregistrements

L'ouverture d'un fichier fait apparaître la fenêtre de post-traitement :



« Pas de Zoom » = retourne à l'affichage par défaut (éventuellement après un deuxième clic sur « zoom rectangle »)

« Zoom rectangle » : La touche « **ctrl** » du clavier utilisée en association avec le bouton gauche de la souris permet de sélectionner un rectangle dans la fenêtre.

« Point Zoom » : La touche « **ctrl** » du clavier utilisée en association avec le bouton gauche (ou le bouton droit) de la souris permet de zoomer (ou dézoomer) sur un point de l'affichage.

« Unzoom » permet de revenir au zoom précédent.

« **Ctrl + Maj + clic** » permet de déplacer le graphe.

options d'affichage :

« **Actif** » = Choix des courbes à visualiser ; l'échelle d'affichage par défaut est l'échelle de gauche fournie sur la gamme de + ou - 32767 (+ ou - 15 bits du processeur) mais ajustées aux valeurs mini et maxi des courbes affichées.

« **Unité** » = Choix de l'unité pour une courbe ; (« ent » = échelle entière du processeur sur 32767 points)

Cette unité est alors proposée dans l'échelle de droite ;

Curseurs :

Deux curseurs sont disponibles pour l'analyse précise des courbes affichées ;

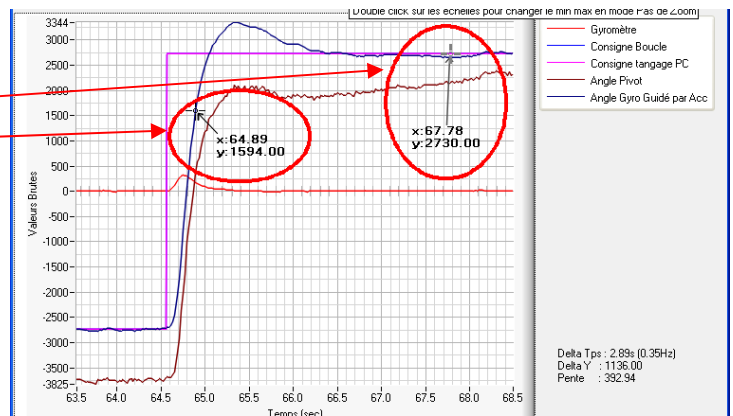
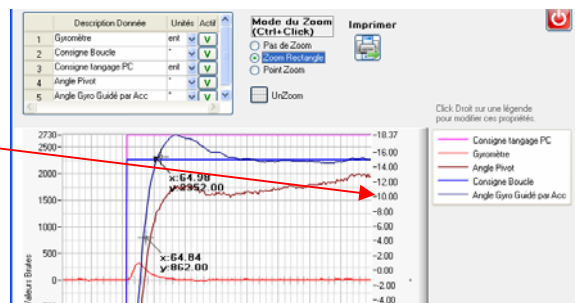
S'ils ne sont pas visibles, faire un clic sur une courbe, d'une part sur la **partie droite de l'affichage**, d'autre part sur la **partie gauche de l'affichage**.

x est l'abscisse (temps) ;

y est l'ordonnée : grandeur affichée

Ces curseurs peuvent être « glissés » à la souris et se positionnent sur le point de courbe le plus proche de l'endroit où ils sont « déposés ».

Ils peuvent aussi être déplacés avec les **flèches « gauche » et « droite »** du clavier.



Société DMS

Aéroparc Saint Martin – 12 rue de Caulet – 31300 TOULOUSE – ☎ : + 33 (0)5 62 88 72 72 📠 : + 33 (0)5 62 88 72 79

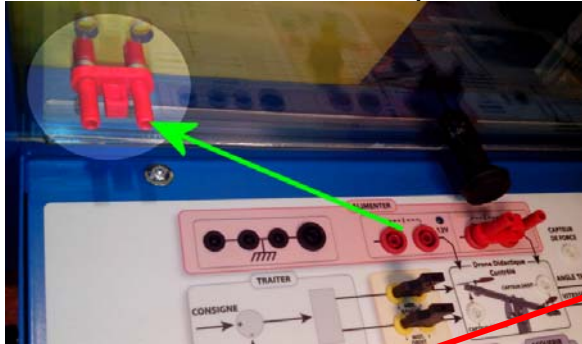
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Ce document et les logiciels fournis sont protégés par les droits de la propriété intellectuelle et ne peuvent pas être copiés sans accord préalable écrit de DMS.
Copyright DMS 2015

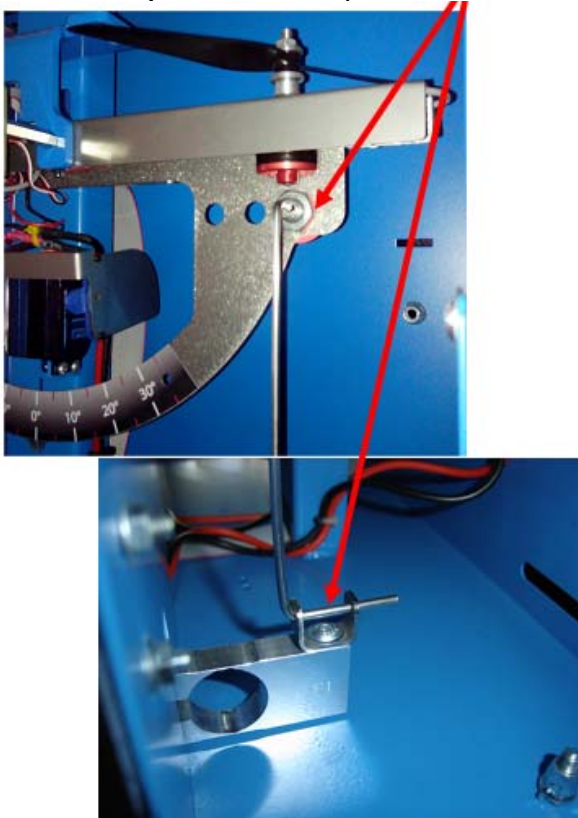
FICHE 5 : Mesure entrée-sortie motorisation

F5-a) Conditions d'expérimentation « pupitre » et « système »

- système branché ; interrupteur « 0/1 » sur 1, « Arrêt Général » déverrouillé ;
- connexion USB avec le PC en place ;
- 3 cavaliers noirs commande moteurs et bloqueur en place.
- cavalier alim moteur gauche enlevé et placé sur les perforations prévues à cet effet à gauche, dans le plexiglass ,
- cavalier alim moteur droit, seul en place.



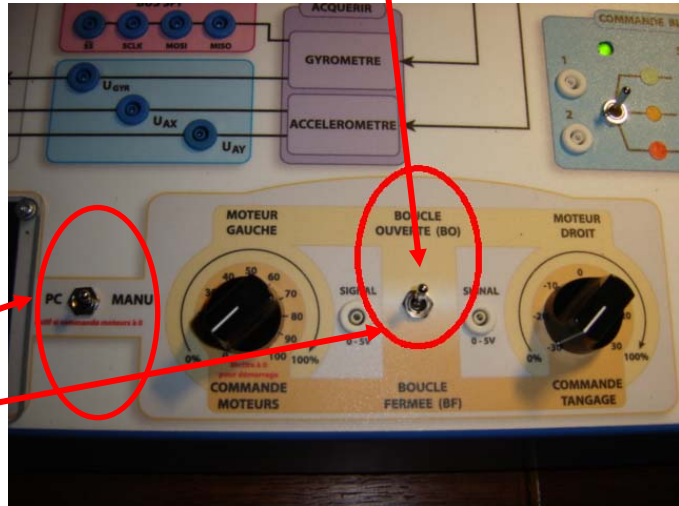
- bouton « commande bloqueur » sur « tangage libre » ;
- bouton « PC/MANU » sur PC
- bouton BO/BF sur « Boucle Ouverte » ;
- potentiomètre « Moteur Gauche » en position gauche (0%) ;
- potentiomètre « Moteur Droit » en position gauche (0%) ;
- tige de transfert d'effort en place (sans coincement après introduction).



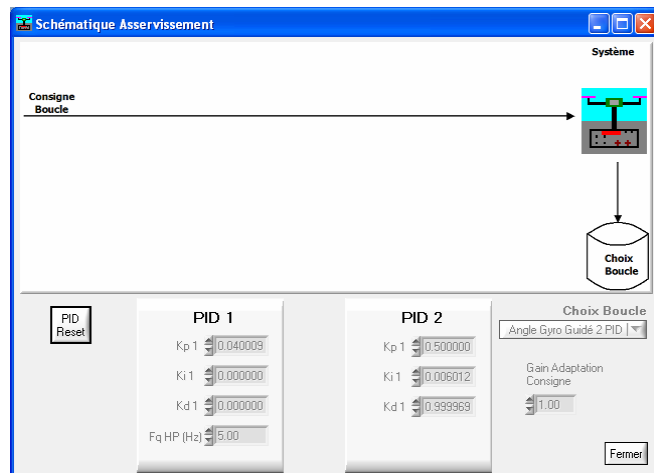
F5-b) Conditions d'expérimentation « choix boucle »



: boucle « ouverte » activée par le bouton du pupitre



la fenêtre « choix boucle » ne doit pas afficher de boucle :



F5-c) Conditions d'expérimentation : « affichage »

(cliquer sur « commandes » si pas d'accès direct)
monitorer : « **Commande moteur droit** »
et « **Effort milli N** » :



Une fois la mesure réalisée, les résultats seront enregistrés et une fenêtre de post-traitement s'affichera ;
un accès aux résultats enregistrés est toujours possible ultérieurement avec l'icône « Affichage Mesures » :

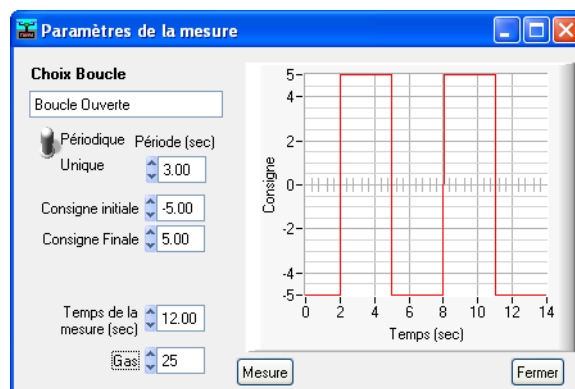


F5-d) Condition d'expérimentation : « consignes »

- Porte fermée pour autoriser la rotation du moteur.
- échelon



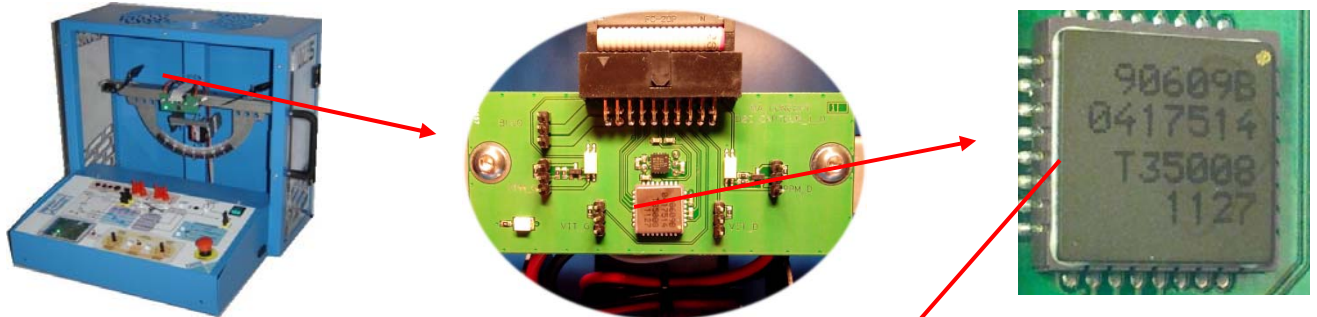
- périodique 3s ; temps de la mesure 12s ;
- point de fonctionnement des moteurs : Gaz à 25 (%)
- **consigne initiale : -5 %**
- **consigne finale : +5 %**



- cliquer sur « mesure » et **donner un nom** au fichier de sauvegarde pour lancer l'expérimentation.

FICHE 6 : Informations « gyromètre »

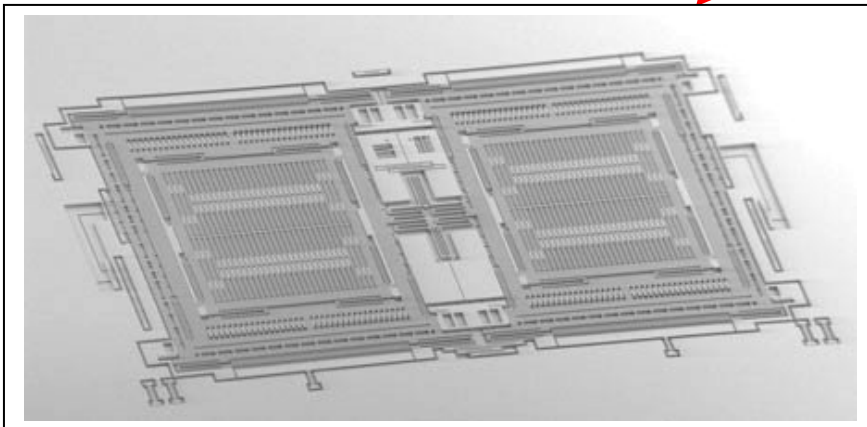
F6-1- Situation du gyromètre sur le drone didactique D²C



F6-2- Constitution du Gyromètre MLX 90609 de Melexis

Il se compose de puces de silicium : principalement pour l'élément de mesure et le circuit d'interprétation.

Le coeur de l'élément de mesure dans sa structure n'est reconnaissable qu'au microscope ; il s'agit d'un ensemble de peignes capacitifs réalisés en technologie de silicium micro-usiné (MEMS)

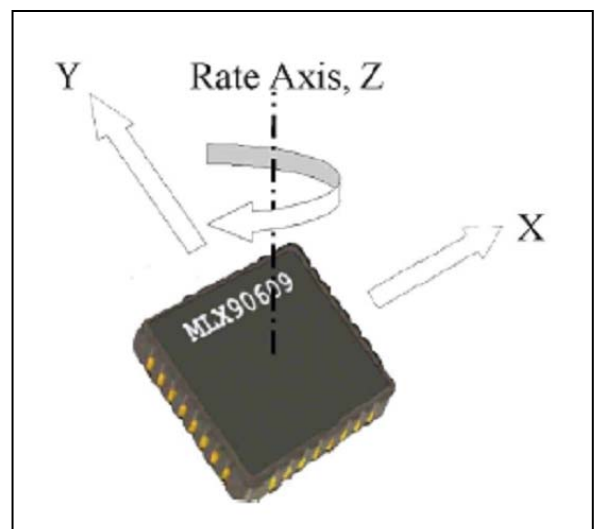


F6-3- axe de la mesure sur un axe :

L'axe de mesure est fixé par le constructeur :

Sur le Gyromètre MLX 90609 la mesure de vitesse s'effectue autour d'un axe nommé Z qui est perpendiculaire au plan de montage de la puce :

Nota : la rotation indiquée autour de l'axe Z est de sens trigo < 0 (donc de sens horaire > 0).



F5-4- Analyse des grandeurs d'entrée-sortie,

Un extrait (page 6) de la fiche technique est proposé ci-dessous ;

Les valeurs importantes concernant la version R2 choisie pour le drone didactique sont entourées :

4. MLX90609 Sensor Specific Specifications

DC Operating Parameters $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $V_{DD} = 4.75\text{V}$ to 5.25V (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Output Full Scale (on OUTAR pin)	$FS_{OUT} = U_{OUT, \Omega \max} - U_{OUT, \Omega \min}$			4		V
				1920		LSB
<u>Full Scale Range</u>	FS_{IN}	Factory set for N2 version Factory set for E2 version Factory set for R2 version		± 75 ± 150 ± 300		$^{\circ}/s$
Linearity ^{Note 2}		Output, best fit based			± 0.5	% FS_{OUT}
<u>Initial Scale Factor (sensitivity)</u>	$S_0 = \frac{FS_{OUT}}{FS_{IN}}$	Data are given for N2, E2 and R2 versions respectively and according to the Full Scale Range Setting. At 25°C , $V_{DD}=5\text{V}$.		26.67 13.33 ± 6.67		$\text{mV}/^{\circ}/\text{sec}$
				12.8 6.4 3.2		LSB/ $^{\circ}/\text{sec}$
Scale Factor drift (sensitivity drift) ^{Note 1}		$-40...+85^{\circ}\text{C}$ temperature range, supply voltage variation included	-5		5	% S_0
<u>Zero Rate Output (Bias)</u>	ZRO	at 25°C , $V_{DD}=5\text{V}$		2.5		V
				1008		LSB
Zero Rate Temperature drift (Bias drift) ^{Note 1}		$-40...+85^{\circ}\text{C}$ temperature range, $V_{DD}=5\text{V}$	-5	0	5	% FS_{OUT}
Zero Rate Supply Drift		$4.75...5.25\text{V}$ at 25°C		250		mV/V
				120		LSB/V
Bandwidth (-3 dB) ^{Note 2}		Selectable by external capacitor (section 6)			75	Hz
FLT to OUTAR capacitor value ^{Note 2}		7 Hz Bandwidth (-4.5 to -1 dB)		100 $\pm 5\%$		nF
Output Noise power spectral density		At 25°C		0.03		$^{\circ}/\text{sec}/\sqrt{\text{Hz}}$
Angular Rate Cross-sensitivity for $0x, 0y$ ^{Note 2}		for a full-scale angular rate along $0x, 0y$		1	2	% FS_{OUT}

FICHE 7 : Simulation « Scilab »

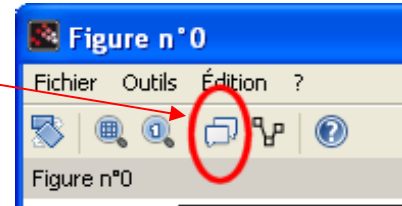
1- lancement d'une simulation

Pour lancer une simulation cliquer simplement sur la flèche (icône Démarrer) disponible dans les icones de lancement rapide de la fenêtre de travail.

2- Exploitation des courbes dans les fenêtres de tracé des courbes :

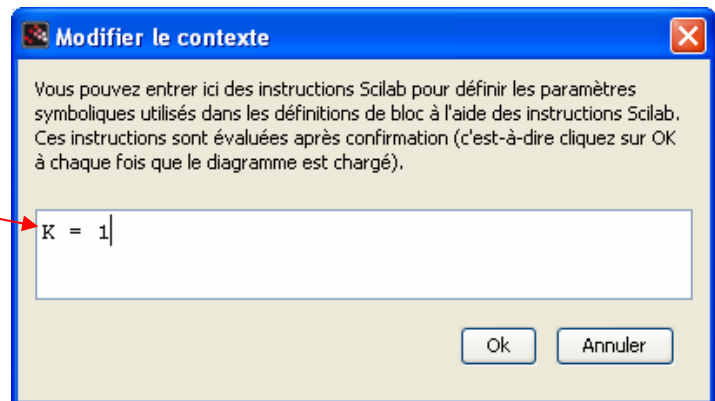
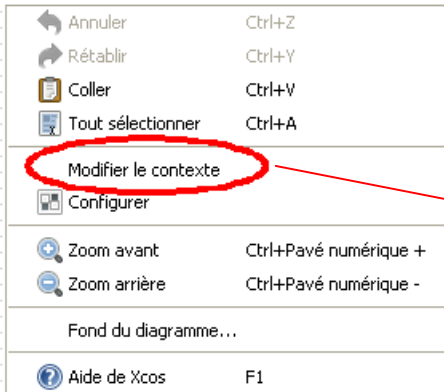
- **Pour zoomer** sur la(les) courbe(s) affichée(s) utiliser la rotation de la molette centrale de la souris.
- **Pour déplacer** la zone d'affichage des courbes après avoir zoomé maintenir le bouton clic gauche enfoncé et déplacer la courbe pour afficher la zone voulue

- **Pour afficher les valeurs** : utiliser le mode « datamanip » disponible en cliquant sur l'icône de la fenêtre de tracé puis cliquer sur la courbe.

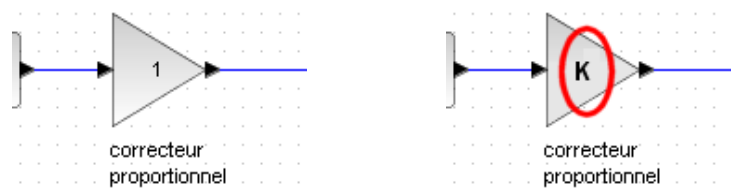


3- Utilisation des valeurs littérales sur le modèle :

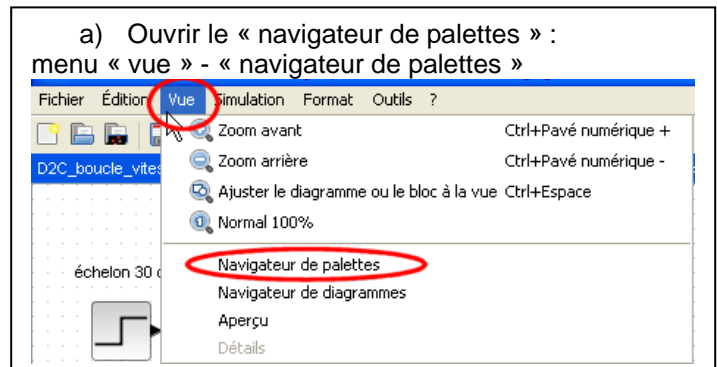
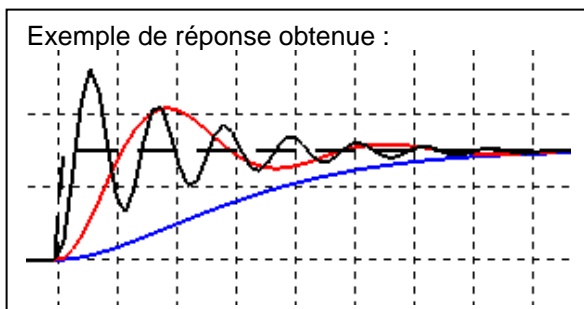
Dans la fenêtre de travail : **cliquer droit et sélectionner « Modifier le contexte »**, la fenêtre qui s'ouvre présente alors la zone pour mettre en place les variables littérales, avec des valeurs par défaut.



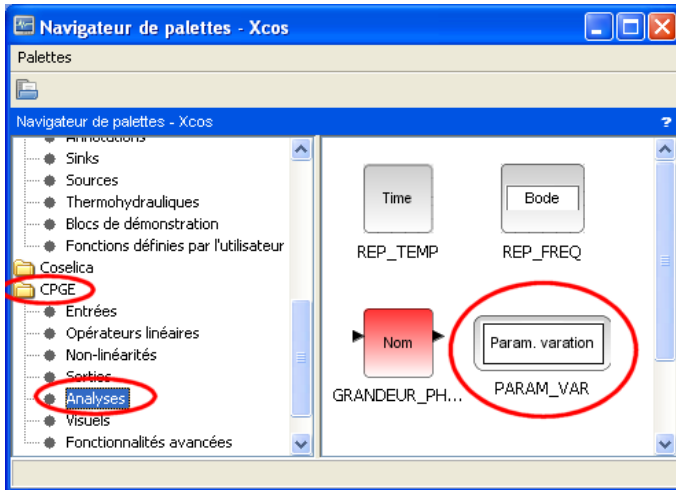
On peut alors ensuite exploiter les variables littérales dans le schéma-blocs :



4- Simulation avec plusieurs valeurs d'un paramètre :



b) dans la fenêtre qui s'ouvre, choisir la bibliothèque CPGE et **cliquer sur** le bloc PARAM_VAR et le **faire glisser** dans le schéma-blocs



c) Un double-clic sur ce bloc « PARAM_VAR » permet ensuite d'affecter plusieurs valeurs au paramètre choisi, en séparant celles-ci par un espace :

