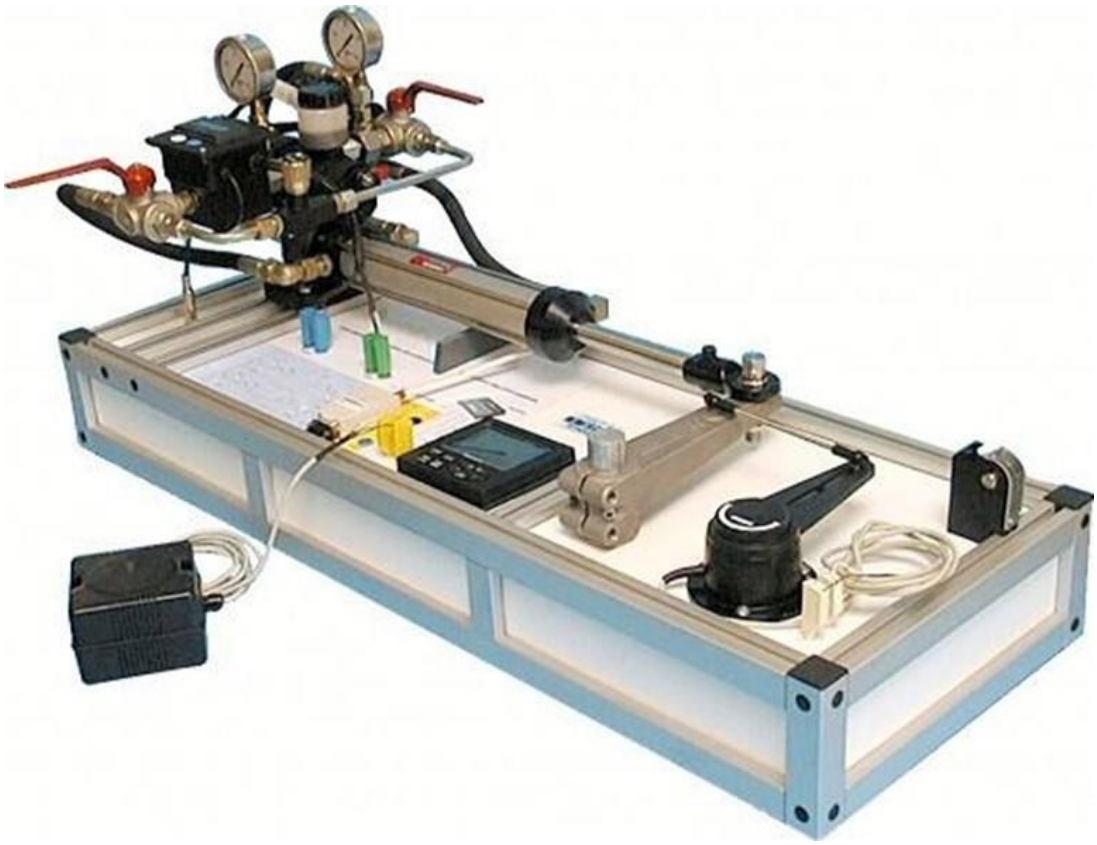
Travaux Pratiques – THEORIE DES MECANISMES
PILOTE AUTOMATIQUE HYDRAULIQUE

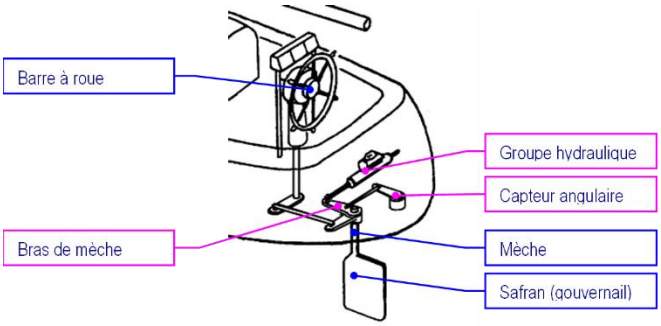


Objectifs du TP

L'activité principale de ce TP consiste à déterminer le degré d'hyperstatisme du système considéré, les sources de cet hyperstatisme et les solutions pour le réduire.

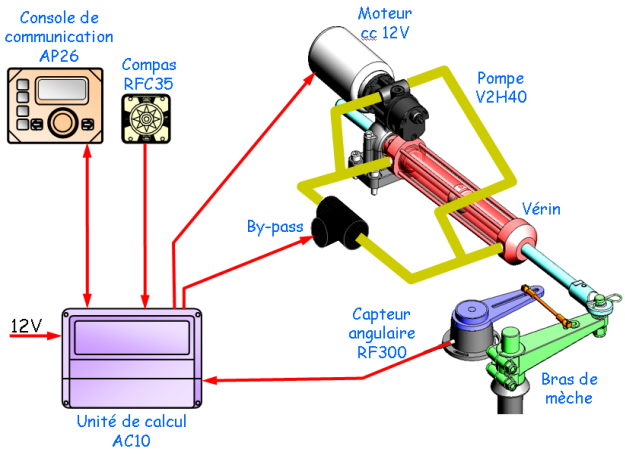
1 – Présentation et problématique industrielle

Le pilote automatique de bateau détermine l'orientation du safran (gouvernail) en fonction d'un cap de consigne, lorsque le barreur est occupé à d'autres tâches (réglage des voiles, repos, …). Le système agit pour cela sur le bras de mèche, solidaire du safran.

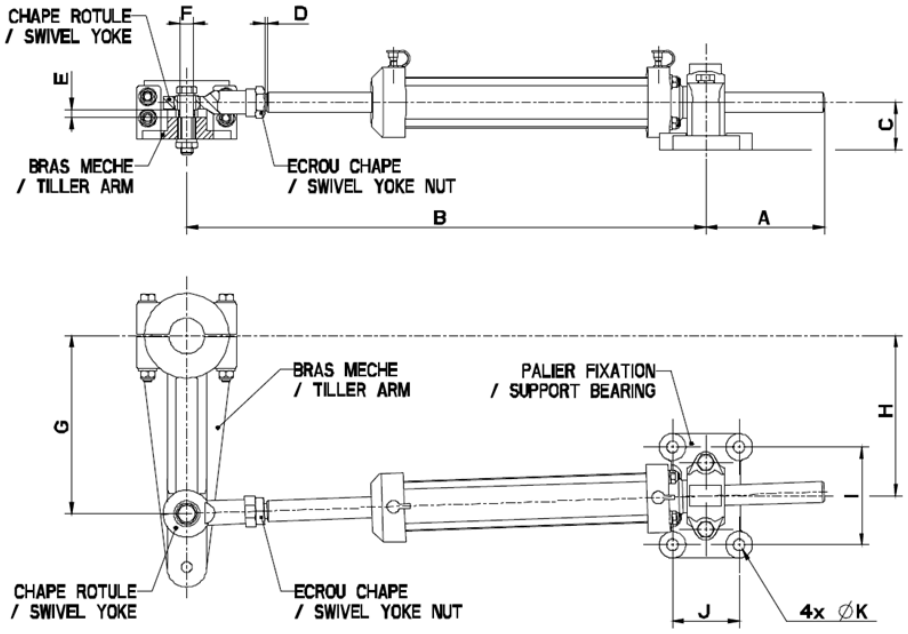


L'architecture du système étudié est la suivante :

- la **console de communication** permet de saisir les consignes du skipper et affiche les paramètres de navigation
- le **compas** fournit l'information du cap suivi
- le **capteur angulaire** fournit l'information de l'angle de barre
- l'**unité de calcul** prend en compte les consignes et les informations et distribue en conséquence l'énergie d'alimentation au moteur depuis une source de courant continu 12V
- le **groupe hydraulique** convertit et transmet l'énergie au bras de mèche afin de modifier l'orientation du safran tout en permettant le pilotage manuel (by-pass).



Le fabricant précise les instructions de montage permettant un fonctionnement satisfaisant de l'ensemble linéaire.



Types de vérins / *Types of Cylinders*



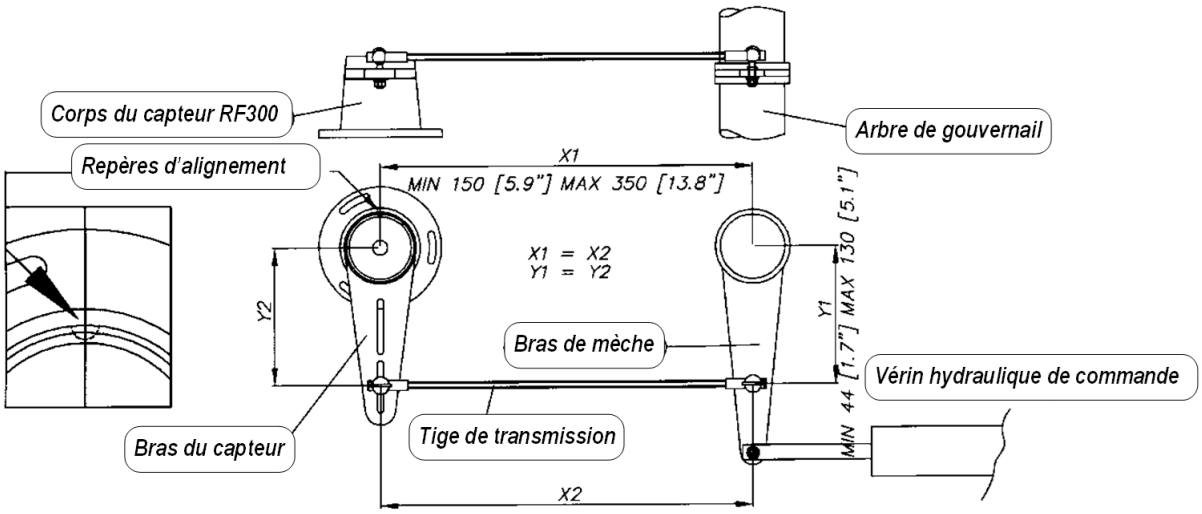
VHM 32 DT
VHM 35 DTP
VHM 40 DTP
VHM 40 DTP 254
VHM 50 DTP
VHM 50 DTP 300

Instructions de montage / *Mounting instructions*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	(Nm)
32 DT	97	444	42	3	9	15	129	117	75	40	8,5	36,30
35 DTP	122	520	51	3	9	15	180	163	85	55	11	36,30
40 DTP	121	535	51	9	9	17	180	160	85	55	11	55,89
40 DTP 254	146	612	51	6	9	17	220	200	85	55	11	55,89
50 DTP	134	583	53	5	13	20	200	180	110	75	13	77,70
50 DTP 300	170	691	53	5	13	20	260	240	110	75	13	77,70

1. Positionner le bras de mèche, safran à 0° (idem navigation en ligne droite).
2. Présenter le vérin, tige réglée à mi-course (cote **B**) en respectant impérativement les cotes **G** et **H**. Ce réglage permet d'obtenir 70° (2 x 35°) de battement du safran (pour 80° et 90°, nous consulter).
3. Nous recommandons de positionner la chape à rotule du vérin sur la face supérieure du bras de mèche en respectant impérativement la cote **E** à l'aide d'une entretoise et la cote **D** (cote de sécurité). Bloquer l'écrou (Nm) de la chape contre la chape à rotule.
4. Solidariser le vérin au bras de mèche et au bateau avec les visseries appropriées.

Le fabricant du capteur donne un schéma d'implantation (ci-dessous) et certaines directives d'implantation géométrique :



- X1=X2 et Y1=Y2 de manière à ce que l'ensemble se comporte comme un parallélogramme déformable et qu'il y ait identité entre l'inclinaison du bras de mèche et celle du bras du capteur qui est mesurée.
- Calage en altitude du corps du capteur RF300 de manière à ce que la tige de transmission soit horizontale, garantissant ainsi que le mécanisme évolue dans un plan perpendiculaire à l'arbre de gouvernail.
- Réglage de la position médiane par alignement des repères sur le capteur.

Il précise également la nature des éléments de liaison permettant de relier la tige de transmission au bras de mèche et au bras du capteur. Il est nettement préférable, en effet, que le bras du capteur ne subisse aucune contrainte qui pourrait endommager à la longue le guidage en rotation (non démontable) entre la partie mobile et la partie fixe.

Un montage isostatique s'impose donc, qui permettra à l'ensemble de fonctionner sans situations de blocage même si les conditions d'implantations ne sont pas exactement respectées.

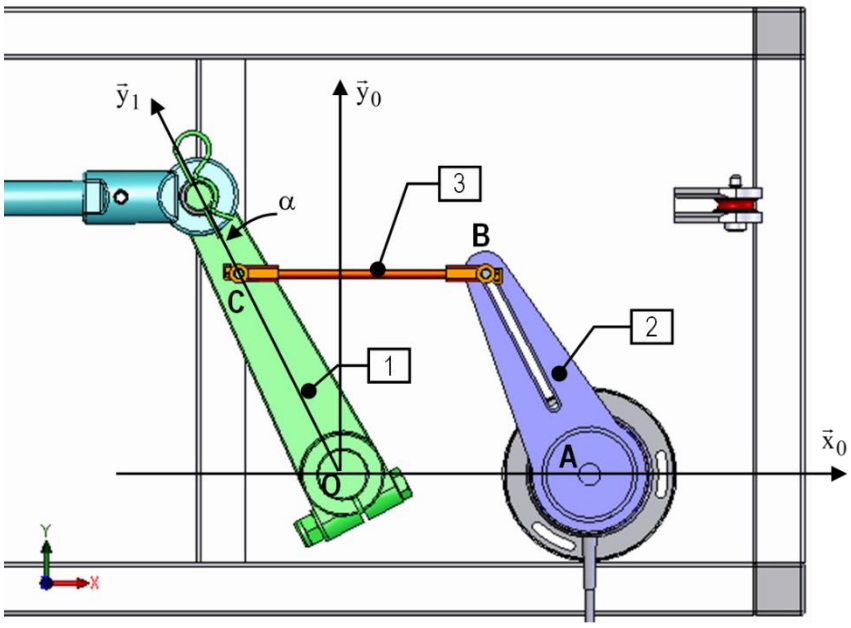
La problématique est donc la suivante :

- *Comment réaliser le montage isostatique de la tige de transmission entre le bras de mèche et le bras du capteur ?*
- *Comment assurer un montage isostatique de l'ensemble du système ?*
- *Quelle est l'incidence des cotes H et G sur le fonctionnement du système ?*

2 – Recherche d'une solution minimale pour le montage du capteur

On retient le paramétrage plan de l'application ci-contre :

- $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$
- $\overrightarrow{AO} = -L.\vec{x}_0$
- $\overrightarrow{BC} = -L.\vec{x}_0$



Le repère 0 $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est associé à la coque du bateau et donc ici au bâti du système.

Le repère 1 désigne l'ensemble {safran, axe de gouvernail, bras de mèche}.

Le repère 2 désigne le bras du capteur RF300.

Le repère 3 est associé à la tige de transmission BC

D'après la vue plane précédente définissant le paramétrage du système, déduire les liaisons correspondant pour la chaine 0,1,2 3 *au juste nécessaire des mobilités et du fonctionnement d'un point de vue cinématique.*

Tracer le graphe des liaisons et le schéma cinématique dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$.

Calculer le degré d'hyperstatisme via une approche cinématique.

Calculer le degré d'hyperstatisme via une approche statique.

A partir d'une fermeture cinématique écrite au point O, déterminer la mobilité du mécanisme. Vérifier la valeur de l'hyperstatisme trouvée précédemment.

Conclure sur la validité de cette solution à mobilités minimales au regard des directives d'implantation du capteur RF300.

Quelle(s) contrainte(s) géométrique(s) cette solution nécessite ?

Calculer la mobilité de la liaison 2/3 en B qui permettrait d'obtenir un mécanisme isostatique. En déduire une liaison usuelle possible.

Proposer un schéma cinématique de cette nouvelle solution.

Critiquer la validité de cette solution d'un point de vue de sa réalisation pratique et technologique.

Proposer une association de liaisons en série permettant d'obtenir la liaison précédemment identifiée mais mettant en œuvre des contacts surfaciques.

Tracer le schéma cinématique de cette association de liaisons en série.

3 – Analyse du montage du vérin

Afin d'éviter une usure prématurée des joints d'étanchéité entre le corps du vérin et l'ensemble tige + piston, le fabriquant du vérin précise que son montage doit être isostatique.

On retient le paramétrage plan du mécanisme présenté ci-dessous avec :

- $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ $\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_6) = (\vec{y}_0, \vec{y}_6)$ $\overrightarrow{OE} = -a.\vec{x}_0 + b.\vec{y}_0$
- $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OC} = r.\vec{y}_1$ $\overrightarrow{OA} = \overrightarrow{CB} = L.\vec{x}_0$ $\overrightarrow{OD} = R.\vec{y}_1$ $\overrightarrow{ED} = x(t).\vec{x}_6$

0 : coque du bateau de repère 0 $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ associé et représenté par le bâti du banc d'étude

1 : ensemble {safran + axe de gouvernail + bras de mèche}

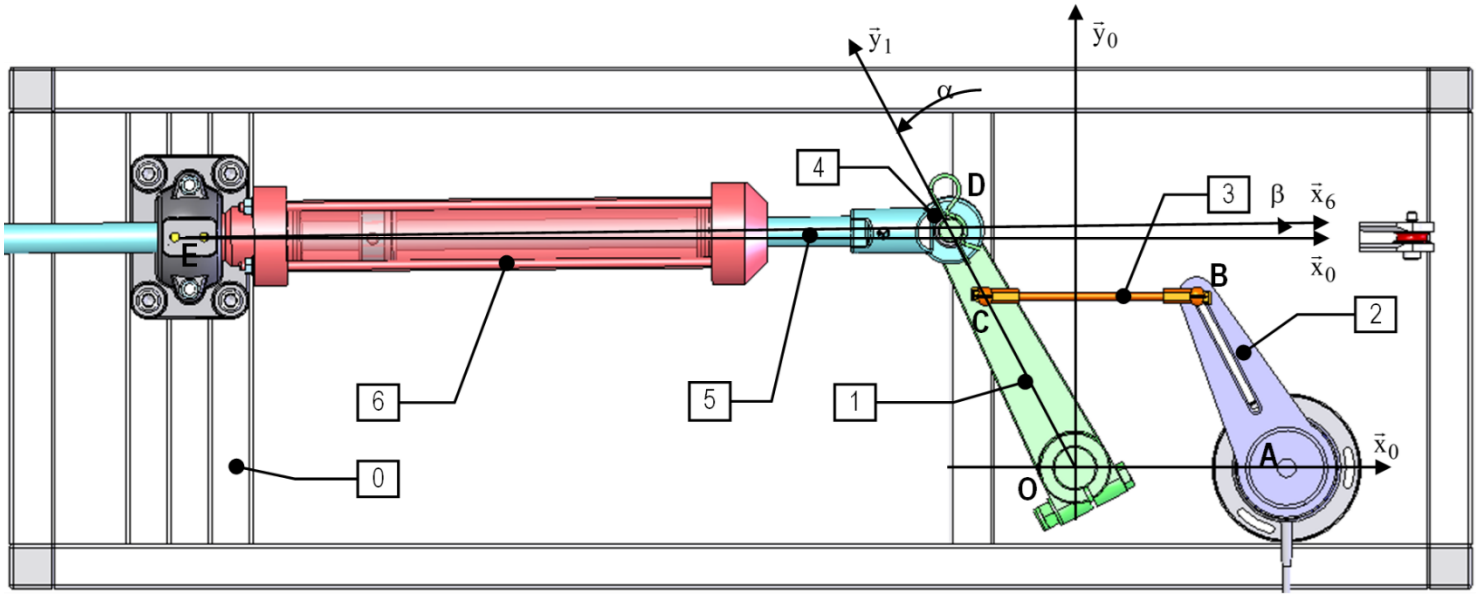
2 : bras du capteur RF300

3 : tige de transmission BC

4 : rotule de liaison entre 5 et 1

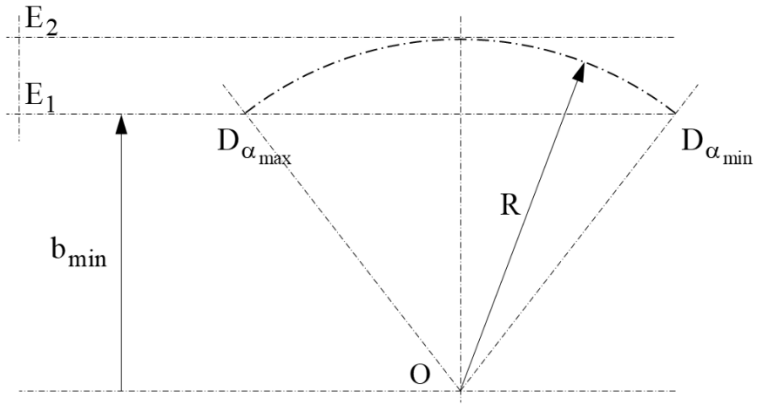
5 : ensemble {tige + piston}

6 : corps de vérin



Déterminer le degré d'hyperstatisme de la chaine solide 0,6,5,4,1. Pour identifier les mobilités, on pourra manipuler **SANS FORCER** les différentes pièces du système. Conclure sur le montage du vérin.

4 – Mise en évidence des côtes G et H



Les points précédents font référence au schéma global du pilote automatique de la partie précédente.

Le point E pourrait se situer entre les points extrêmes E_1 et E_2 définis ci-dessus. Ainsi la dimension b peut être choisie entre b_{min} et $b_{max} = R$. Le constructeur a retenu une valeur intermédiaire que l'on cherche à justifier.

Le vérin utilisé sur la maquette a comme référence : 40DTP

Exprimer et calculer b_{min} en fonction de R et de α_{max}.

On note $x_{vérin}(t)$ la grandeur $x(t) - x_0$ où x_0 représente la valeur de $x(t)$ pour $\alpha = 0°$.

A partir d'une fermeture géométrique, exprimer $x_{vérin}(t)$ en fonction de a, b, R et α.

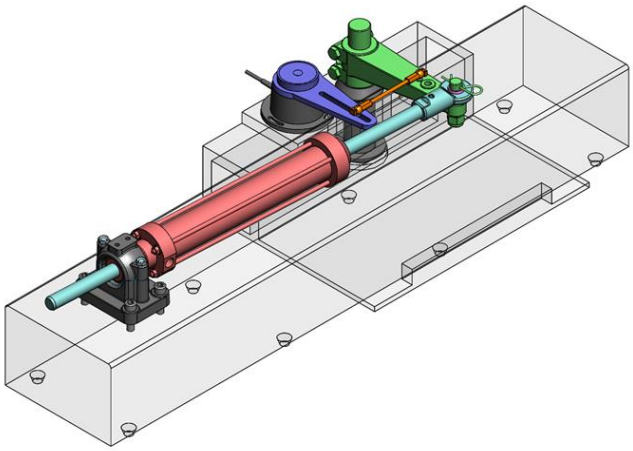
Tracer sous Python les courbes $\frac{\alpha}{x_{vérin}}$ en fonction de $x_{vérin}$ pour les valeurs de b suivantes :

- $b = b_{min}$
- $b = 0{,}16$ (valeur préconisée)
- $b = b_{max} = R$

A la lecture des courbes précédentes, indiquer en quoi la valeur de b préconisée semble plus performante sur la symétrie de comportement par rapport à la position médiane.

5 – Détermination de la loi entrée/sortie par simulation numérique

Ouvrir la maquette SolidWorks « PILOTE_THEORIE_MECA » dans le dossier « PILOTE CAO THEORIE MECA » (*penser à dé-zipper le dossier CAO avant de l'utiliser : « clic droit » sur le dossier zippé puis « Extraire le dossier »).*



Réaliser une simulation permettant d'obtenir la courbe $\frac{\alpha_{safran}}{x_{vérin}}$ en fonction du temps. Analyser le résultat obtenu.

Remarque : Pour la simulation, on choisira comme entrées la Rotule2 avec une vitesse nulle et la Glissière1 avec une vitesse de 0.1 m/s pour 200 positions et 1 seconde de simulation.

Comparer l'hyperstatisme trouvé *(« clic droit » sur « Analyse » dans Meca3D, puis « Hyperstatisme »*) à celui de la partie précédente ? Expliquer les éventuels écarts.

Quelle conséquence a ce degré d'hyperstatisme sur le mécanisme ?

Réaliser les modifications pertinentes à apporter au modèle pour réduire l'hyperstatisme.

Après avoir fait ces modifications, vérifier que le mécanisme doit pouvoir continuer à fonctionner.

6 – Détermination expérimentale de la loi entrée/sortie

Proposer un ou des essais expérimentaux permettant d'obtenir la loi entrée/sortie donnant courbe $\frac{\alpha_{safran}}{x_{vérin}}$ en fonction du temps.

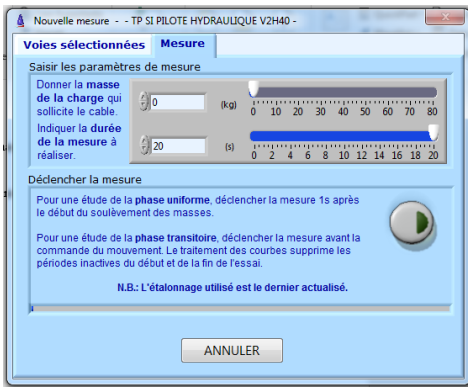
Mettre en place les essais expérimentaux afin d'obtenir cette loi entrée/sortie expérimentale.

Analyser les résultats obtenus.

7 – Vérification du bon réglage pour les côtes G et H

En suivant la procédure décrite ci-dessous, tracer à l'aide du logiciel TP SI PH la courbe $\frac{\alpha}{x_{vérin}}$ en fonction de $x_{vérin}$.

Vérifier que les masses et la porte masse ne sont pas accrochés au vérin.

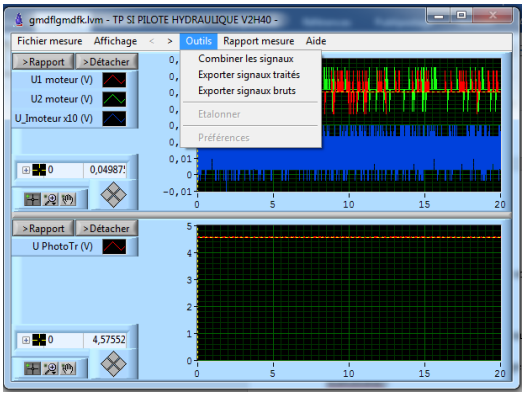


Lancer le logiciel puis cliquer sur « Fichier mesure » puis « Nouveau ».

Configurer la mesure (pas de charge ; temps d'acquisition maximal).

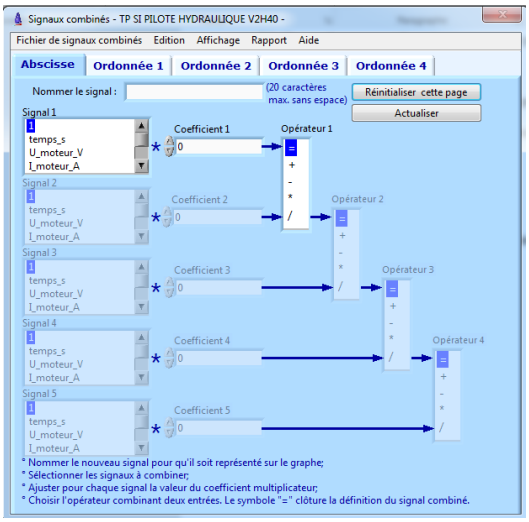
Mettre le vérin en position complétement sorti.

Procéder à une acquisition lors de la rentrée du vérin.



Cliquer sur « Outils » puis « Combiner les signaux ».

Construire alors la grandeur $\frac{\alpha}{x_{vérin}}$ et demander son tracé en fonction de $x_{vérin}$.



Conclure sur le choix des grandeurs H et G.

8 – Validation

L'objectif pour le groupe est de comparer pour la loi entrée/sortie en position, les résultats obtenus à partir des mesures expérimentales et ceux obtenus par les calculs analytiques et par la simulation numérique. Calculer les écarts et estimer d'où ils peuvent provenir.

